



AMÉRICA LATINA
E CARIBE

BRASIL

Grupo Banco Mundial

RELATÓRIO SOBRE CLIMA E DESENVOLVIMENTO PARA O PAÍS

2023

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized



© 2023 Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento/Banco Mundial
1818 H Street NW, Washington D.C. 20433
Telefone: 202-473-1000; Internet: www.worldbank.org

Esta obra foi produzida pelo pessoal do Grupo Banco Mundial com contribuições externas. A expressão “Grupo Banco Mundial” refere-se ao Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento, (BIRD), a Associação Internacional de Desenvolvimento (IDA), a Corporação Financeira Internacional (IFC) e a Agência Multilateral de Garantia de Investimento (MIGA), organizações juridicamente independentes.

O Grupo Banco Mundial não garante a exatidão, confiabilidade e integridade dos dados apresentados neste documento, nem as conclusões e opiniões nele apresentados, e não assume responsabilidade ou obrigações decorrentes de omissões ou erros no conteúdo (incluindo, entre outros, erros tipográficos e técnicos). As fronteiras, cores, denominações e outras informações apresentadas nos mapas desta obra não indicam nenhum julgamento do Grupo Banco Mundial sobre a situação jurídica de qualquer território, nem o endosso ou a aceitação de tais fronteiras.

O conteúdo deste documento serve unicamente como informação geral e não pretende servir como assessoria jurídica ou de investimento, nem de opinião relativa às oportunidades ou solicitação de qualquer tipo de investimento. É possível que as organizações do Grupo Banco Mundial ou seus afiliados tenham algum investimento ou interesse financeiro em determinadas empresas e partes mencionadas neste documento ou que lhes proporcione outro tipo de assessoria ou serviços.

Nada aqui constitui ou pode ser considerado uma limitação ou dispensa dos privilégios e imunidades do Grupo Banco Mundial, os quais são especificamente reservados.

Direitos e permissões

O material conteúdo neste documento está registrado como propriedade intelectual. O Grupo Banco Mundial incentiva a disseminação de seus conhecimentos e autoriza a reprodução total ou parcial do relatório para fins não comerciais, desde que citada a fonte e obtidas todas as autorizações exigidas para o uso (como indicado aqui). Todas as consultas sobre direitos e licenças devem ser encaminhadas ao seguinte endereço:

World Bank Publications,
The World Bank Group,
1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA;
e-mail: pubrights@worldbank.org

Índice

Siglas e abreviações	2
Agradecimentos	4
Introdução.....	5
1. Oportunidades Climáticas e de Desenvolvimento no Brasil.....	6
1.1. O Brasil precisará de mudanças para atingir o <i>status</i> de país de renda alta.....	6
1.2. Integrar considerações de mudança climática nas reformas e planos para estimular o crescimento pode ajudar o Brasil a gerenciar choques e criar oportunidades	9
1.3. O Brasil está em uma posição excepcional para se beneficiar das ações climáticas.....	12
1.4. O Brasil tem compromissos climáticos ambiciosos	18
1.5. Recomendações e estrutura deste CCDR	22
2. Reformas de Aumento da Produtividade para um Crescimento mais Rápido, Resiliente e Eficiente	23
2.1. Desenvolvimento inclusivo e com maior produtividade aumentaria a resiliência climática e reduziria as emissões de GEE	23
2.2. Reformas na política comercial podem ajudar a buscar oportunidades em cadeias de valor ecológicas	25
2.3. Cadeias de valor ecológicas criam grandes oportunidades de crescimento no Brasil	26
3. Políticas Econômicas Abrangentes para o Crescimento Resiliente e de Baixo Carbono	28
3.1. Um sistema de negociação de emissões poderia acelerar a descarbonização e otimizar os mercados globais de carbono.....	28
3.2. Uma abordagem centrada nas pessoas torna as ações climáticas mais justas e mais eficientes	31
4. Três Importantes Políticas e Investimentos Setoriais para Alinhar Desenvolvimento e Ações Climáticas	37
4.1. Reduzir o desmatamento ilegal e aumentar a produtividade agrícola	39
4.2. Sistemas de energia e transporte mais resilientes e de baixo carbono são possíveis.....	46
4.3. Como polos econômicos e populacionais, as cidades são fundamentais para as ações climáticas	56
5. Custos Econômicos, Necessidades de Investimento e Opções de Financiamento	62
5.1. As necessidades de investimento são significativas, mas administráveis	62
5.2. Múltiplas fontes para financiar a resiliência climática e zerar as emissões líquidas.....	65
6. Grandes oportunidades, mas também desafios reais para o Brasil	69
Referências	70

Siglas e abreviações

ABC	Plano de Agricultura de Baixo Carbono
AFOLU	Agricultura, florestas e outros usos do solo
ALMP	Programas do mercado de trabalho ativo
ANA	Agência Nacional de Águas
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ASP	Proteção social adaptativa
BAU	<i>Business as usual</i>
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BLUM	Modelo de uso do solo do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRT	Ônibus de trânsito rápido
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CBAM	Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira
CCC	Conta de Consumo de Combustíveis
CCDR	Relatório sobre Clima e Desenvolvimento para o País
CDR	Conta de Desenvolvimento Energético
CEPAC	Certificado de Potencial Adicional de Construção
CNJ	Conselho Nacional de Justiça
CNPE	Conselho Nacional de Políticas Energéticas
CO₂	Dióxido de carbono
CRA	Cota de Reserva Ambiental
DDES	Descarbonização profunda do sistema de energia
DRM	Gestão de risco de desastre
ETS	Sistema de negociação de emissões
EV	Veículo elétrico
FEBRABAN	Federação Brasileira de Bancos
GEE	Gás de efeito estufa
GNI	Renda Nacional Bruta
GtCO₂e	Gigatoneladas (bilhões de toneladas métricas) de dióxido de carbono equivalente
GW	Gigawatts
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Agência Internacional de Energia
ITR	Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural
LULUCF	Uso do solo, mudança no uso do solo e silvicultura
LVC	Captura de valor da terra
MME	Ministério de Minas e Energias
MtCO₂e	Milhões de toneladas (toneladas métricas) de dióxido de carbono equivalente
NBS	Soluções baseadas na natureza
NDC	Contribuição Nacionalmente Determinada
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PBMC	Painel Brasileiro sobre Mudanças Climáticas
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Pequenas e médias empresas
PNL	Plano Nacional de Logística
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PPC	Paridade do poder de compra
PPCDAm	Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal
P&D	Pesquisa e desenvolvimento

PSA	Pagamento por serviços ambientais
REDD+	Redução de emissões por desmatamento e degradação florestal
STF	Supremo Tribunal Federal
TCFD	Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima
tCO₂e	Toneladas (toneladas métricas) de dióxido de carbono equivalente
VTN	Valor da terra nua
ZPS	Sistema elétrico com zero emissões

Os valores monetários estão em dólares norte-americanos (US\$) e reais (R\$).

Agradecimentos

O Relatório sobre Clima e Desenvolvimento para o País (CCDR) do Brasil foi elaborado por uma equipe multissetorial do Grupo Banco Mundial liderada por Diji Chandrasekharan Behr, Stephane Hallegatte e Marek Hanusch, sob a supervisão de Genevieve Connors, Valerie Hickey, Doerte Doemeland e Jorge Araújo e a orientação de Anna Wellenstein e Robert Taliercio.

A equipe do CCDR é composta por (em ordem alfabética): Alessandra Becker Rieper, Alexander Lotsch, Alexandre Kossoy, Andre Jean Curtis, Barbara Cristina Noronha Farinelli, Bexi Francina Jimenez Mota, Bruce Ian Keith, Camilla Knudsen, Carina Lakovits, Carlos Antonio Costa, Carlos Bellas, Charl Jooste, Christian Borja-Vega, Claudia Mayara Tufani, Craig Meisner, Dieter Fischer, Diogo Falchano Bardal, Edson Correia Araújo, Emanuela Monteiro, Euijin Jung, Faruk Miguel Liriano, Florent McIsaac, Frederico Ferreira Fonseca Pedroso, Gabriel Lara Ibarra, Gabriel Sensenbrenner, Garo Batmanian, Guido Couto Penido Guimarães, Hannah Kim, Irving Rodolfo McLiberty Zurita, Jack Campbell, Jia Li, Jose E. Signoret, Juliana Menezes Garrido, Juliana Paiva, Kjetil Hansen, Malin Linnea Sofia Ed, Marcos Vaena, Maria Filipa Seara e Pereira, Maryla Maliszewska, Matteo Morgandi, Megan Meyer, Paul Brenton, Paula Restrepo Cadavid, Penelope Ann Mealy, Philippe Neves, Pierre Audinet, Prandhi Sawney, Ricardo Campante Vale, Satoshi Ogita, Susana Moreira, Tais Fonseca de Medeiros, Vicky Chemutai e Xavier Espinet Alegre.

Ana Elisa Luna Barros, Maria Elisa Dias Diniz, Mariana Kaipper Ceratti, Shirley Emerick e Yanny Rocha ajudaram com as atividades de comunicação e divulgação. Angela Dengo, Patricia Gomes de Araújo Pereira, Virginia Ricart Giro e Yesica Montes Gomez prestaram apoio operacional.

Os seguintes consultores e equipes de especialistas externos contribuíram para os documentos de apoio do CCDR: Amy Schweikert, Ariaster Baumgratz Chimeli, Carlos Eduardo Young, Carolina Heldt, Daniela Bonato, Guido Penido, Guilherme Lher, Jill Caviglia-Harris, Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho, José Caxieta, Katrina Mullan, Leise de Oliveira, Lucas de Almeida Nogueira da Costa, Lucas Melo, Marcio Alvarenga Junior, Mark Deinert, Natassia do Nascimento, Simone Bauch, Thales A. P. West e Thiago Péra, além da Agroicone (mais especificamente, Gabriela Mota da Cruz, Gustavo Palauro, Leila Harfuch e Luciane Chiodi Bachion, Marcelo Moreira e Sofia Arantes), Data Explorer Consultoria (mais especificamente, Francisco Gilney), PSR Consulting LLC. e RMGeo Consultants Inc. (mais especificamente, Martin Ciczowiec, Onil Banerjee, Saskia Oostdijk e Ziga Malek). A equipe também agradece a Christine Horansky, Donna L. Barne e Marion S. Davis pelo apoio na edição deste relatório, e a Daniela Marotta, pelo apoio na revisão final do relatório.

Luís Alberto Andres, Moritz Nebe, Nicolas Peltier, Pablo Ariel Acosta, Renato Nardello, Shireen Mahdi e Stephanie Gil forneceram orientação técnica durante toda a preparação do CCDR.

A equipe agradece aos revisores Cecilia M. Briceno-Garmendia, Giovanni Ruta, João Pedro Wagner de Azevedo, Marc Sadler, Sebastian Eckardt e Vivek Pathak, e a todos os outros revisores que enviaram seus comentários nas etapas de conceito, melhoria da qualidade e decisão.

A equipe também é grata a diferentes instituições do governo brasileiro pelas informações e *feedback* recebido sobre o relatório. Representantes do setor acadêmico, sociedade civil, setor privado e parceiros de desenvolvimento também forneceram informações inestimáveis durante a preparação do relatório. A elaboração do CCDR do Brasil contou com a orientação e liderança de Paloma Anós Casero (ex-Diretora do Banco Mundial para o Brasil), Johannes C.M. Zutt (Diretor do Banco Mundial para o Brasil), Carlos Felipe Jaramillo (Vice-Presidente Regional do Banco Mundial para a América Latina e Caribe), Martin Spicer (Diretor da Corporação Financeira Internacional) e Merli Margaret Baroudi (Diretora da Agência Multilateral de Garantia de Investimentos).

Introdução

O Relatório Sobre Clima e Desenvolvimento para o País (CCDR) referente ao Brasil examina as implicações das mudanças climáticas e das ações climáticas para os objetivos, as prioridades e os caminhos de desenvolvimento do Brasil. Ele identifica oportunidades para que o Brasil cumpra tanto os seus objetivos de desenvolvimento quanto os seus compromissos climáticos. Estabelece uma combinação de reformas políticas setoriais e econômicas, bem como investimentos direcionados a medidas de mitigação e adaptação de curto e médio prazo para alcançar um desenvolvimento mais rápido e inclusivo com baixo nível de emissões de gases de efeito estufa (GEE), doravante referido como de baixo carbono. A ideia é maximizar as sinergias entre os objetivos climáticos e de desenvolvimento, abordando ao mesmo tempo as compensações entre os objetivos das políticas públicas e os principais desafios da transição. O CCDR está estruturado em cinco seções:

- » A Seção 1 concentra-se no contexto de desenvolvimento do Brasil, incluindo suas prioridades, principais desafios econômicos (por exemplo, crescimento lento da produtividade) e os riscos e oportunidades criados por mudanças e desastres climáticos, bem como os esforços nacionais e globais de descarbonização. Descreve também as políticas e os compromissos climáticos existentes, incluindo a mais recente contribuição nacionalmente determinada (NDC) do Brasil e outros compromissos ambientais assumidos em nível subnacional.
- » A Seção 2 examina a interação entre o caminho de desenvolvimento do Brasil, incluindo seu ritmo e estrutura, e a resiliência climática e emissões de GEE. Propõe um conjunto de reformas específicas de aumento da produtividade para alcançar o crescimento inclusivo, melhorando ao mesmo tempo a eficiência e a resiliência.
- » A Seção 3 explora o papel de políticas econômicas abrangentes, desde reformas fiscais e regulações do setor financeiro até a proteção social e políticas trabalhistas, permitindo uma transição rumo a um crescimento mais resiliente e descarbonizado.
- » A Seção 4 apresenta três imersões em ações setoriais selecionadas por seu potencial impacto na redução das emissões de GEE, exposição ao risco climático e desenvolvimento. Elas abordam i) a redução do desmatamento, o aprimoramento da gestão da paisagem baseada no clima e a resiliência na agricultura; ii) a transição para infraestruturas de energia e de transporte mais ecológicas e resilientes; e iii) a possibilidade de ter cidades resilientes, de baixo carbono e produtivas.
- » A Seção 5 conclui com recomendações para pacotes de políticas multissetoriais e intervenções de investimento que devem ser priorizadas ao longo dos próximos cinco anos, e examina possíveis formas de financiamento dos investimentos adicionais necessários.

O CCDR foi fundamentado em análises novas e existentes sobre desenvolvimento e ações climáticas no Brasil conduzidas pelo Banco Mundial, por parceiros de desenvolvimento, instituições de pesquisa nacionais e subnacionais, universidades, grupos de analistas e organizações da sociedade civil.

1. Oportunidades Climáticas e de Desenvolvimento no Brasil

Principais Mensagens

- O Brasil está altamente exposto aos riscos das mudanças climáticas. Os impactos dos riscos globais das mudanças climáticas e das práticas locais nos biomas da Amazônia e do Cerrado são particularmente preocupantes, pois eles prestam serviços ecossistêmicos vitais ao Brasil, à América do Sul e ao mundo.
- O Brasil está em uma posição excepcional para se beneficiar das ações climáticas, devido às suas várias vantagens competitivas — especialmente o fornecimento de energia de relativamente baixo carbono, com grande potencial adicional de energia renovável. Suas emissões são dominadas pela mudança do uso do solo e da agricultura, e não pela energia, o que cria oportunidades específicas e custos diferentes em relação a outros países.
- Os objetivos e compromissos climáticos do Brasil são ambiciosos. O país tem vários planos e programas subnacionais e setoriais em vigor para cumprir seus compromissos de ações climáticas, mas não conta com uma estratégia centralizada e consolidada. A fraca governança, o uso de influência política e os desafios para o financiamento resultam em uma implementação deficitária e em atividades ilegais que prejudicam o crescimento e as ações climáticas.

1.1. O Brasil precisará de mudanças para atingir o *status* de país de renda alta

O Brasil visa aumentar sua produtividade e diversificar sua economia para se tornar um país de renda alta, mas seu atual modelo de crescimento provavelmente não resultará no rápido crescimento necessário para isso. O Brasil é um país de renda média-alta, com renda nacional bruta (GNI) per capita de US\$ 15.600 em 2021 (em termos de paridade de poder de compra - PPC).¹ Ele aspira se tornar um país de renda alta e ingressar na Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O crescimento do Brasil estagnou quando as tendências de crescimento passaram a ser menos favoráveis e com o fim do superciclo das *commodities*. Para alcançar o nível de país de renda alta, o Brasil precisa passar o seu modelo de crescimento baseado na acumulação dos fatores (expansão da mão de obra, capital e terra) para o crescimento liderado pela produtividade.² As principais restrições incluem uma base de capital humano reduzida, que foi ainda mais enfraquecida pela pandemia de Covid-19,³ e as distorções dos mercados de produtos devido à baixa concorrência e à estrutura do sistema tributário brasileiro, entre outros fatores. Também há distorções nos mercados de terras, de capitais (por exemplo, vinculação de crédito) e de trabalho (incluindo impostos e regulamentações trabalhistas).⁴ A infraestrutura é deficitária e os investimentos são quase que insuficientes para compensar a depreciação.⁵ Tudo isso resulta em uma economia ineficiente e de alto custo. As mudanças climáticas agravam esses desafios, mas também criam oportunidades.

¹ Veja os dados do Banco Mundial para GNI per capita, PPC (US\$ atual internacional): <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.PP.CD?locations=BR>. Usando o método Atlas, que é utilizado para as classificações de renda do banco, o GNI per capita do Brasil em 2021 era de US\$ 7.720. Veja dados do Banco Mundial de GNI per capita, o método Atlas (US\$ atual): <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD?locations=BR>.

² Dutz, M.A. 2018. Emprego e Crescimento: A Agenda da Produtividade. International Development in Focus. Washington, DC: Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/29808>.

³ O Índice de Capital Humano do Brasil era 0,55 em 2018; ver dados do Banco Mundial (escala de 0-1): <https://data.worldbank.org/indicator/HD.HCI.OVRL?locations=BR>, e a Análise do Capital Humano a ser publicada. O Índice de Capital Humano é uma métrica reduzida da quantidade de capital humano que uma criança nascida hoje pode esperar adquirir aos 18 anos, dado os riscos de saúde e educação deficitárias predominantes no país onde vivem. Quase todos os países desenvolvidos têm pontuação de 0,7 ou acima.

⁴ Dutz, M.A. 2018.

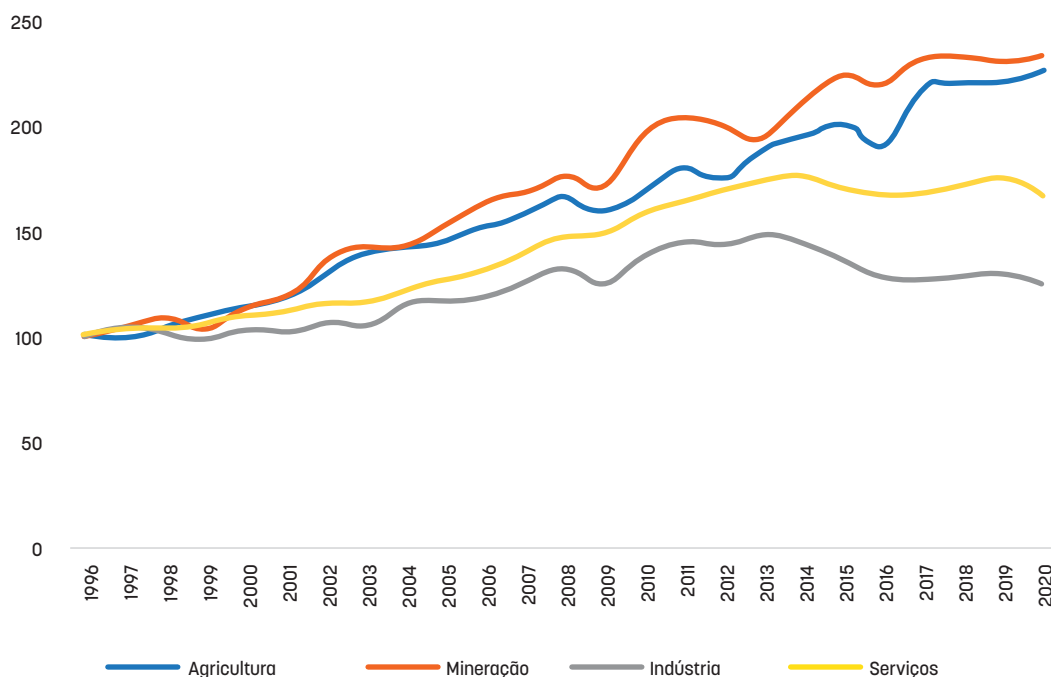
⁵ Banco Mundial. 2022. Avaliação de Infraestrutura, a ser publicada.

Mudança para um modelo de crescimento com maior produtividade

O crescimento econômico brasileiro nas últimas duas décadas vem sendo impulsionado principalmente pelos setores agrícola e extrativista, enquanto o desempenho da indústria manufatureira tem sido insípido. A agricultura cresceu quase 97% desde 2000 e, juntas, agricultura, silvicultura e pesca representaram 6,9% do produto interno bruto (PIB) em 2021.⁶ O agronegócio como um todo contribuiu com aproximadamente 27,6% do PIB em 2021⁷ e 20,1% do total de empregos.⁸ Da mesma forma, a indústria extrativista (ou seja, petróleo, gás e mineração) cresceu 87,9% desde 2000. A parcela da agricultura e das atividades extrativistas passou de 9,1% e 7,1% do total das exportações em 2000 para 39,3% e 35,7%, respectivamente, em 2021.⁹ Em contrapartida, a indústria manufatureira cresceu a passos mais lentos (figura 1). Esse padrão reflete o grande papel das exportações de *commodities* e do legado da industrialização por substituição das importações — um setor manufatureiro altamente ineficiente protegido por altas barreiras à importação.

Reformas para acelerar o crescimento da produtividade foram implementadas recentemente em áreas como o ambiente de negócios (como o novo regime falimentar), promoção de investimentos (abertura de novos setores para o investimento privado), eficiência do mercado de capitais (flexibilização das taxas de juros e nova lei sobre serviços de proteção ao crédito), regulamentação setorial (por exemplo, em saneamento, ferrovias e cabotagem) e promoção comercial. Mas ainda há muito a ser feito. Um estudo recente da OCDE constatou que reformas adicionais em áreas como a concorrência, comércio exterior e governança econômica poderiam aumentar o crescimento do Brasil em uma média de 0,9 ponto percentual por ano ao longo de 15 anos.¹⁰

FIGURA 1. Crescimento do PIB Setorial (2000=100)



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE)

⁶ Veja <https://data.worldbank.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=BR>.

⁷ Veja <https://www.cepea.esalq.usp.br/en/brazilian-agribusiness-gdp.aspx>. A definição de PIB do agronegócio é a soma de insumos, atividades agrícolas (agricultura e pecuária), processamento e agronegócio.

⁸ Castro, N.R., Barros, G.S.A.D.C., Almeida, A.N., Gilio, L. e Morais, A.C.D.P., 2020. The Brazilian agribusiness labor market: measurement, characterization and analysis of income differentials. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 58

⁹ Atlas da Complexidade Econômica, Harvard: <https://atlas.cid.harvard.edu/explore?country=32&product=undefined&year=2020&productClass=HS&target=Product&partner=undefined&startYear=1995>.

¹⁰ OCDE. 2020. Brazil: Reforms to spur competitiveness, productivity and trade would strengthen COVID-19 recovery: <https://www.oecd.org/brazil/brazil-reforms-to-spur-competitiveness-productivity-and-trade-would-strengthen-covid-19-recovery.htm>.

Redução das grandes desigualdades espaciais e sociais

O Brasil continua a ser um dos países mais desiguais da América Latina e do mundo. Os ganhos alcançados na redução da pobreza e na retirada de pessoas da pobreza extrema (US\$ 2,15, PPC de 2017) durante o superciclo das *commodities* foram, em grande medida, revertidos entre 2015 e 2018, quando o coeficiente de Gini aumentou de 51,9 para 53,9.¹¹ A parcela da população que vivia em situação de extrema pobreza em 2019 era de 5,9%, próximo aos níveis de 2011,¹² enquanto cerca de 26,2% da população vivia com menos de US\$ 6,85 por dia (PPC).¹³ Em resposta à crise mais recente, o governo implementou medidas ambiciosas de proteção social que amorteceram os efeitos dos choques na economia e protegeram temporariamente a renda das famílias, embora com um alto custo fiscal. Isso resultou em grandes reduções de curto prazo na desigualdade e na pobreza extrema, fazendo com que o coeficiente de Gini do Brasil caísse para 48,9, e a taxa de pobreza extrema diminuísse para 1,9% em 2020. No entanto, essas quedas, resultantes principalmente dos esforços do governo para responder à crise da Covid-19, duraram pouco, e as projeções indicam que, em 2021, a pobreza e a desigualdade voltaram a se aproximar dos níveis anteriores à pandemia, de 28,4%, e com um coeficiente de Gini de 52,9.¹⁴

O Brasil também apresenta notáveis disparidades regionais, raciais e de gênero. A região Norte é menos desenvolvida que a região Sul em diversos aspectos. Os índices de pobreza nos estados do Norte são 3 vezes maiores do que no Sul; a renda per capita é cerca de 50% menor em média; a população adulta tem 1,5 ano de educação a menos; e o acesso das pessoas a água e saneamento é 8 pontos percentuais menor. As mulheres brasileiras têm um nível de escolaridade maior e expectativa de vida mais longa do que os homens, mas estima-se que sua renda corresponda a apenas a três quintos da dos homens.¹⁵ Em 2019, cerca de 3 em cada 10 pessoas pobres eram mulheres afrodescendentes que viviam em áreas urbanas.¹⁶ O índice de pobreza entre as crianças em áreas urbanas era de 42,2%.¹⁷ As estimativas posteriores à pandemia ainda não estão disponíveis, mas as projeções sugerem que a distribuição da população pobre quase não mudou entre 2019 e 2021.

Tratar das graves lacunas na infraestrutura

O acesso à infraestrutura e aos serviços básicos expandiu-se significativamente em alguns setores, mas continua deficiente e com custos proibitivos em outros. O Brasil fez progressos substanciais no setor de eletricidade, tendo atingido acesso quase universal até mesmo nas zonas rurais.¹⁸ Da mesma forma, quase 100% das populações urbanas e rurais atualmente têm acesso pelo menos à água potável. Comparativamente, o Brasil tem lacunas significativas em saneamento, e apenas metade da população urbana está conectada ao sistema de esgoto.¹⁹ O objetivo do governo é atingir 92% do tratamento de esgoto até 2033, mas é possível que essa meta só seja atingida em 2050. Apesar de ambiciosos programas habitacionais, o déficit de moradias permanece significativo. A maior parte dos empreendimentos de habitação social no Brasil ainda não oferece moradias populares com acesso a serviços básicos, como transporte público, educação, saúde e proteção social. Muitos dos projetos apoiados pelo governo (por exemplo, Minha Casa, Minha Vida) oferecem moradias localizadas a uma distância considerável do centro

¹¹ Dados do Brasil para o índice de Gini: <https://pip.worldbank.org/country-profiles/BRA>.

¹² Dados do Brasil para o índice de Gini: <https://pip.worldbank.org/country-profiles/BRA>.

¹³ Veja os dados do Banco Mundial para a relação entre o número de habitantes pobres que vivem com US\$ 6,85 por dia (PPC de 2017) (% da população): <https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.UMIC?locations=BR>. Esta é considerada a linha de pobreza para os países de renda média alta.

¹⁴ Banco Mundial. Macro and Poverty Outlook — Brazil. October 2022.

¹⁵ PNUD. 2020. "Human Development Report 2020 — The Next Frontier: Human Development and the Anthropocene." New York: United Nations Development Programme. <http://hdr.undp.org/en/2020-report>. O Índice de Desenvolvimento de Gênero (tabela 4) mostra o que GNI per capita (PPC) esperado para as mulheres era US\$ 10.535 em 2017, enquanto o dos homens era US\$ 18.120. Veja também a tabela 2.3 e a figura 2.4 em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/37657/P1746910e33a8407d0b0850b8f0f5bcf18c.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¹⁶ Banco Mundial. 2022. Brazil Poverty and Equity Assessment: Looking Ahead of Two Crises. Washington, DC: Banco Mundial.

¹⁷ Ibid. A pobreza aqui é baseada em uma linha de pobreza de R\$ 499, que equivale à metade do salário mínimo. Não há um padrão nacional de pobreza no Brasil.

¹⁸ Veja os dados sobre o Brasil no Sustainable Development Report: <https://dashboards.sdindex.org/profiles/brazil>.

¹⁹ Para obter dados detalhados, de cada cidade no Brasil, sobre os principais indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, veja ICS e SDSN. 2021. "Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades — Brasil". São Paulo e Paris: Instituto Cidades Sustentáveis e Sustainable Development Solutions Network: <https://www.sustainabledevelopment.report>.

da cidade, o que torna a prestação de serviços desafiadora e onerosa.²⁰ Locais de desenvolvimento dispersos, combinados com transporte público de baixa qualidade resultam em congestionamentos, menor acesso a empregos e alta incidência de acidentes de trânsito e mortes.

O Brasil possui um espaço fiscal limitado e enfrenta tendências demográficas cada vez mais desafiadoras. O país tem feito progressos no sentido de reequilibrar seu orçamento, liquidando grande parte do programa de gastos emergenciais da pandemia. Mas os níveis da dívida continuam altos (73,5% do PIB em dezembro de 2022), e a rigidez do orçamento também é alta (mais de 90% dos gastos são obrigatórios). Melhorar a eficiência e eficácia da política fiscal será crucial para que o Brasil enfrente esses desafios e avance para alcançar seus objetivos de desenvolvimento. É necessário agir no sentido de conciliar a disciplina fiscal com as necessidades de desenvolvimento do país e manter espaço fiscal para financiar investimentos e programas voltados para as mudanças climáticas. Estes desafios serão ampliados pelas mudanças demográficas e o rápido envelhecimento da população, o que aumentará as pressões sobre o sistema previdenciário e os serviços públicos.

1.2. Integrar considerações de mudança climática nas reformas e planos para estimular o crescimento pode ajudar o Brasil a gerenciar choques e criar oportunidades

O Brasil tem importantes planos e reformas setoriais para abordar as mudanças climáticas. Diversas reformas realizadas nos últimos anos aumentaram a flexibilidade dos mercados (especialmente de terra, capitais e produtos) tornando a economia mais adaptável a choques, reforçando, ao mesmo tempo, o crescimento da produtividade.²¹ A política agrícola utiliza o crédito rural como seu principal instrumento, inclusive por meio do Plano de Agricultura de Baixo Carbono (plano ABC). O planejamento energético é crucial para o desenvolvimento nacional, e o Plano Nacional de Energia (PNE 2050)²² reconhece a necessidade de ampliar o fornecimento de energia para atender a demanda crescente, mesmo após considerar os ganhos de eficiência energética projetados para as próximas décadas. O Plano Nacional de Logística (PNL)²³ visa abordar a ineficiência e, em algumas regiões, a grande pegada ambiental da infraestrutura de transporte rodoviário e baixa conectividade para grande parte do território nacional. O objetivo é apoiar a integração de espaços e mercados, quando essa integração for importante, possibilitando, assim, o desenvolvimento regional. O PNL prevê investimentos na infraestrutura de transportes entre R\$ 730 bilhões e R\$ 1,2 trilhão até 2035, tendo como diretrizes o crescimento eficiente do sistema de transportes; o desenvolvimento econômico, social e regional; e a sustentabilidade ambiental.

As mudanças climáticas podem reduzir os ganhos esperados das reformas e planos

Como todos os países, o Brasil passará por rápidas mudanças nas condições climáticas, com impactos que podem variar por região. Até o final deste século, a temperatura média do Brasil deve aumentar 1,7 °C, para 5,3 °C, em relação à média de 1986–2005, dependendo da trajetória das emissões globais de GEE.²⁴ Todos os biomas do Brasil são vulneráveis ao impacto das mudanças de temperatura e precipitação, embora com diferenças regionais significativas.²⁵ Eventos climáticos severos devem se intensificar, provocando grande impacto nas cidades e áreas vulneráveis. O setor agrícola será consideravelmente impactado pelas mudanças climáticas. E estes impactos estarão concentrados nas regiões mais pobres do país, como o Nordeste, onde a população têm piores condições de renda, educação e moradia. A previsão de clima

²⁰ <https://www.urbanet.info/brazil-social-housing-shortcomings/> (acessado em novembro de 2022).

²¹ As reformas concentram-se na melhoria da alocação eficiente do crédito, eficiência do mercado de trabalho, redução do custo de fazer negócios, atração de investimentos (por exemplo, em saneamento) e abertura da economia ao comércio, entre outros.

²² Veja <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>.

²³ Veja <https://www.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-pnl>.

²⁴ Banco Mundial. 2021. "Climate Risk Country Profile: Brazil." Washington, DC: Grupo Banco Mundial. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2021-07/15915-WB_Brazil%20Country%20Profile-WEB.pdf.

²⁵ PBMC. 2013. "Sumário Executivo". In *Impactos, Vulnerabilidades e Adaptação: Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas*, eds. E.D. Assad e A.R. Magalhães. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. http://pbmc.coppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/relatorios-pbmc/item/impactos-vulnerabilidade-e-adaptacao?category_id=18.

mais quente no futuro também poderá transformar o interior semiárido do Nordeste em uma região árida, e os impactos na agricultura de subsistência, disponibilidade de água e saúde da população forçariam as pessoas a migrar para outras regiões.

Os impactos das mudanças climáticas na disponibilidade de água potável têm implicações significativas para a agricultura e para outros setores econômicos que fazem uso intensivo de água, tais como a indústria, a mineração e a hidroeletricidade. O Brasil detém cerca de 20% de toda a água potável do mundo,²⁶ mas enfrenta crises hídricas cada vez mais frequentes e intensas.

Isso se deve à crescente demanda de água no país,²⁷ combinada com os impactos das mudanças climáticas e da degradação do solo. O desmatamento na Amazônia está afetando negativamente os padrões pluviométricos em grande parte do Brasil,²⁸ e a perda de vegetação nativa no Cerrado, onde os principais aquíferos do país estão localizados, está aumentando a aridez e deixando os corpos d'água desprotegidos.²⁹ Na Bacia do Rio Paraná, existem mais de 50 grandes barragens e reservatórios, que contribuem para a produção de um imenso volume de eletricidade e armazenam enormes quantidades de água. Em 2021, no entanto, as piores condições de seca em décadas levaram os níveis de água em vários reservatórios a ficar em menos de 20% da capacidade.³⁰

O Brasil enfrenta riscos ambientais excepcionais, inclusive de pontos de inflexão

O desmatamento e outras atividades humanas agravam os riscos resultantes das mudanças climáticas, especialmente nos biomas ecologicamente vitais da Amazônia e do Cerrado. A evapotranspiração na bacia amazônica transfere 20 bilhões de toneladas (Gt) de água do solo por dia para a atmosfera,³¹ o que é maior do que a quantidade de água que o Rio Amazonas lança no oceano por dia (17 Gt). O vapor d'água produzido na bacia amazônica forma os “rios voadores” que espalham umidade e chuva em grande parte do Brasil e da América do Sul, desde as montanhas andinas até a Bacia do Prata. Este ciclo hídrico depende do retorno por parte das florestas de até 75% da precipitação ao ar, o que resulta em precipitação futura. O desmatamento na bacia amazônica interrompe esse ciclo, reduzindo a evapotranspiração, aumentando a temperatura da superfície terrestre e o escoamento pluviométrico, e diminuindo a precipitação geral.^{32,33} O desmatamento também reduz as funções de controle natural da erosão das florestas nativas, resultando no aumento das cargas de sedimentos em barragens hidrelétricas.

O ciclo formado pelo desmatamento contínuo e as mudanças climáticas podem levar a um ponto de inflexão, para além do qual grandes áreas da bacia amazônica (dentro e fora do Brasil) não mais teriam chuvas suficientes para sustentar os ecossistemas nativos e as florestas. Atingir um ponto de inflexão no bioma da Amazônia significaria danos irreversíveis à estrutura do bioma e a seus serviços ecossistêmicos. Isso inclui a perda de funções vitais de armazenamento de carbono, o que resulta na liberação de uma quantidade gigantesca de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. O Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) estimou que os impactos econômicos de atingir esse ponto de inflexão apenas no Brasil poderiam chegar a US\$ 184,1 bilhões (R\$ 920,5 bilhões ou 9,7% do PIB de 2022) até 2050.³⁴

²⁶ Getirana, A. 2016. “Extreme Water Deficit in Brazil Detected from Space.” *Journal of Hydrometeorology* 17 (2): 591–99. doi:10.1175/JHM-D-15-0096.1.

²⁷ Naspolini et al. 2020. “Brazilian Environmental-Economic Accounting for Water: A structural decomposition analysis.” *Journal of Environmental Management*, Vol 265, July 2020, 110508. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720304424>.

²⁸ Khanna, J. et al. 2017. “Regional Dry-Season Climate Changes Due to Three Decades of Amazonian Deforestation.” *Nature Climate Change* 7 (3): 200–204. doi:10.1038/nclimate3226.

²⁹ Anache, J.A.A. et al. 2019. “Hydrological Trade-Offs Due to Different Land Covers and Land Uses in the Brazilian Cerrado.” *Hydrology and Earth System Sciences* 23 (3): 1263–79. doi:10.5194/hess-23-1263-2019.

³⁰ Getirana, A., R. Libonati, e M. Cataldi. 2021. “Brazil Is in Water Crisis — It Needs a Drought Plan.” *Nature* 600 (7888): 218–20. doi:10.1038/d41586-021-03625-w.

³¹ Nobre, A.D. 2014. “O Futuro Climático da Amazônia: Relatório de Avaliação Científica” *Articulação Regional Amazônica*, 1, 42. Extraído de <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/futuro-climatico-da-amazonia.pdf>.

³² Para uma visão geral da ciência e das implicações econômicas da interrupção desses processos vitais, veja Banerjee, O. et al. 2021. “An Amazon Tipping Point: The Economic and Environmental Fallout.” IDB Working Paper Series, No. IDB-WP-01259. Banco Interamericano de Desenvolvimento. doi:10.18235/0003385.

³³ Khanna et al., 2017. “Regional Dry-Season Climate Changes Due to Three Decades of Amazonian Deforestation”.

³⁴ Banerjee et al., 2021. “An Amazon Tipping Point: The Economic and Environmental Fallout”.

A adaptação será crucial para manter a produtividade agrícola

A agricultura brasileira está exposta à variabilidade climática, que afeta a produtividade do setor. Espera-se que os impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura reduzam a produção e a renda. Esses impactos, no entanto, diferem entre culturas e regiões geográficas e dependem de como o setor agrícola se adaptará a eles. Estudos de modelagem recentes indicam que a temperatura média e o número de dias mais secos devem aumentar, especialmente nas partes centrais do Brasil.³⁵ As mudanças climáticas devem reduzir a produtividade das pastagens e grãos até 2050 e alterar as áreas mais adequadas para a pecuária e a produção agrícola. Com temperaturas médias crescentes e ondas de calor, a agricultura nas regiões Norte e Centro-Oeste deverá estar sujeita ao maior estresse climático. No entanto, historicamente, o Nordeste tem experimentado os impactos mais graves das secas, uma vez que a agricultura em pequena escala na região depende das chuvas.³⁶

As mudanças climáticas devem alterar as áreas adequadas para várias culturas. Muitas culturas básicas no Brasil, como o trigo e o milho, têm tolerância limitada ao calor, enquanto a soja e o algodão são impactados pelo estresse climático de forma mais moderada. A produtividade pecuária também é sensível ao aumento das temperaturas e das ondas de calor, e impacta negativamente a produção de laticínios. Nas últimas décadas, a irrigação teve um papel fundamental no crescimento da agricultura do Brasil. Atualmente, 13% de toda terra arável do Brasil conta com métodos e equipamentos de irrigação e, em 2017, 68% do consumo de água no país era para irrigação.³⁷ As ineficiências desses sistemas geram perdas de água significativas, sem que haja recarga ou outras medidas de sustentabilidade. O declínio dos índices de precipitação, períodos mais longos de seca e temperaturas mais altas decorrentes das mudanças climáticas devem aumentar as taxas de evaporação, reduzindo a disponibilidade tanto de águas de superfície como de águas subterrâneas. O aumento esperado do uso para irrigação provavelmente causará o aumento da concorrência por água para a agricultura e para energia hidrelétrica, ameaçando todos os setores que dependem de água, e expondo o crescimento do Brasil a riscos climáticos.³⁸

Com medidas de adaptação adequadas, o Brasil poderia reduzir significativamente o impacto das mudanças climáticas na produção agrícola, embora os impactos variem entre as regiões. Com um processo de adaptação ideal e a capacidade de realocar recursos e alterar a distribuição espacial das culturas (por exemplo, mudar as áreas de soja para o sul, e as áreas de pastagem para o sul e o leste),³⁹ os modelos sugerem que o impacto geral poderia ser menor para o Brasil em nível nacional, equivalente a 0,15% do PIB até 2042. No entanto, os maiores estados produtores de soja do Brasil, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, seriam os mais negativamente afetados, e esse processo de adaptação enfrentaria múltiplas barreiras e limitações.⁴⁰ Os diferentes impactos econômicos entre os estados poderiam provocar a saída de migrantes de estados como Mato Grosso do Sul e a Bahia e de migrantes para São Paulo e Rio Grande do Sul. Processos de adaptação desse tipo poderiam reduzir significativamente os custos agregados, mas envolveriam rupturas sociais e impactos para as famílias, e demandariam apoio para uma transição justa para os trabalhadores agrícolas.

³⁵ Zilli, M. et al. 2020. "The Impact of Climate Change on Brazil's Agriculture." *Science of The Total Environment* 740 (October): 139384. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139384.

³⁶ Por esta razão, durante o período de 2012–2016, o valor desembolsado em pagamentos de seguros agrícolas a agricultores do Nordeste pelo fundo Garantia Safra foi superior a US\$ 2,1 bilhões. Marengo, J.A., Galdos, M.V., Challinor, A., Cunha, A.P., Marin, F.R., Vianna, M.D.S., Alvares, R.C., Alves, L.M., Moraes, O.L. e Bender, F. 2022. "Drought in Northeast Brazil: A review of agricultural and policy adaptation options for food security." *Climate Resilience and Sustainability*, 1(1), p. 17.

³⁷ ANA. 2019. "Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil". Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf/view.

³⁸ Banco Mundial. 2021. Climate Risk Country Profile — Brazil. URL: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/brazil>.

³⁹ Zilli et al. 2020, "The Impact of Climate Change on Brazil's Agriculture".

⁴⁰ Usando simulações de equilíbrio geral computável (CGE), com base em trabalhos a serem publicados pelo Banco Mundial e dos Santos et al. (2022), é possível explorar as implicações de diferentes cenários de mudanças climáticas (expressos em Trajetórias de Concentração Representativa, ou RCPs) para a economia brasileira por meio de seus impactos na produção agrícola. Para tanto, a modelagem usa informações sobre padrões climáticos (principalmente mudanças de temperatura e precipitação) e concentrações de CO₂ associadas a diferentes RCPs em um nível espacialmente desagregado. Essas informações climáticas, extraídas do Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), foram então transformadas em medidas de adequação agrícola em nível municipal, usando modelos fornecidos pela EMBRAPA. (referência: dos Santos, W.P., Avanzi, J.C., Viola, M.R., Chou, S.C., Acuña-Guzman, S.F., Pontes, L.M. e Curi, N. 2022. "Projections of rainfall erosivity in climate change scenarios for the largest watershed within Brazilian territory". *Catena*, 213, p. 106225.)

Os riscos climáticos aumentarão para cidades, infraestrutura e assentamentos informais

As perdas por eventos relacionados ao clima no Brasil são recorrentes e significativas e demandam ações urgentes. Uma avaliação feita pelo Banco Mundial sobre a defesa civil e a proteção em nível nacional, estadual e municipal constatou que, entre 1995 e 2019, as perdas relatadas em todo o país por eventos relacionados ao clima custaram em média mais de R\$ 13,33 bilhões por ano.⁴¹ No geral, a seca é o risco climático mais caro do país (R\$ 199,8 bilhões entre 1995 e 2019), seguida por enchentes (R\$ 55 bilhões) e inundações ribeirinhas (R\$ 32,2 bilhões). O calor extremo é mais frequente e intenso em áreas urbanas devido ao efeito de ilha de calor. Os estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco e Santa Catarina reportaram as maiores perdas, respondendo por metade do total de R\$ 333,36 bilhões entre 1995 e 2019. Quase todos os municípios relataram perdas e danos durante o período, e 85% dos 5.570 municípios relataram perdas por desastres relacionados ao clima.

A concentração de pessoas, infraestrutura e atividade econômica nas cidades brasileiras significa que uma adaptação urbana inadequada resultaria em grandes custos econômicos gerais. Inundações e deslizamentos de terra representam riscos significativos para todas as cidades, exigindo mais investimentos para sua mitigação. Apesar dos esforços concertados do governo para construir moradias, o grande déficit habitacional tem levado as pessoas a continuarem a construir moradias informais, muitas vezes em áreas de risco como várzeas e encostas íngremes. Embora as secas afetem muito mais pessoas em todo o país, as enchentes causaram 88% das mortes por desastres entre 2000 e 2018 — um total de 2.435, principalmente em áreas urbanas.⁴²

Os perigos naturais interferem de maneira significativa na infraestrutura, com impactos negativos na competitividade da economia brasileira. As empresas brasileiras perdem valores equivalentes a aproximadamente 0,23% do PIB a cada ano devido a problemas de infraestrutura. A maioria (55%) é causada por falhas na infraestrutura de transporte, seguida por energia (44%) e água (2%).⁴³ Mais de 5% (120.000 km) da infraestrutura rodoviária e ferroviária brasileira está exposta a riscos de inundação. A redução prevista nos níveis de precipitação e mudanças nos padrões de chuvas sazonais também pode trazer riscos para o fornecimento de eletricidade no Brasil, que é predominantemente hidrelétrica, podendo resultar em crises periódicas de energia. O parque hidrelétrico está ficando velho e a idade média das grandes usinas é de 55 anos, o que acarreta reduções na eficiência e capacidade — tanto em virtude da idade como de manutenção inadequada.

1.3. O Brasil está em uma posição excepcional para se beneficiar das ações climáticas

As emissões de GEE do Brasil estão ligadas principalmente à mudança no uso do solo (principalmente o desmatamento) e à agricultura, em vez de à energia como na maioria dos países. As mudanças no uso do solo e a agricultura representaram 52% e 24%, respectivamente, das emissões totais de GEE do Brasil entre 2000 e 2020. A eletricidade e o transporte responderam por 12,5% e 45% das emissões de GEE do setor energético (como mostra a figura 2). Este resultado é muito diferente das médias globais: o consumo de energia (para eletricidade, aquecimento e arrefecimento, transporte, indústrias e outros usos) representa cerca de 3/4 das emissões globais, enquanto a agricultura, a silvicultura e o uso do solo juntos contribuem com cerca de 18% apenas.⁴⁴ A estrutura incomum de emissões do Brasil cria um conjunto diferente de oportunidades e estruturas de custos para a descarbonização se comparado a outros países.

⁴¹ Banco Mundial. 2020. *Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil — 1995–2019*. Washington, DC: Grupo Banco Mundial.

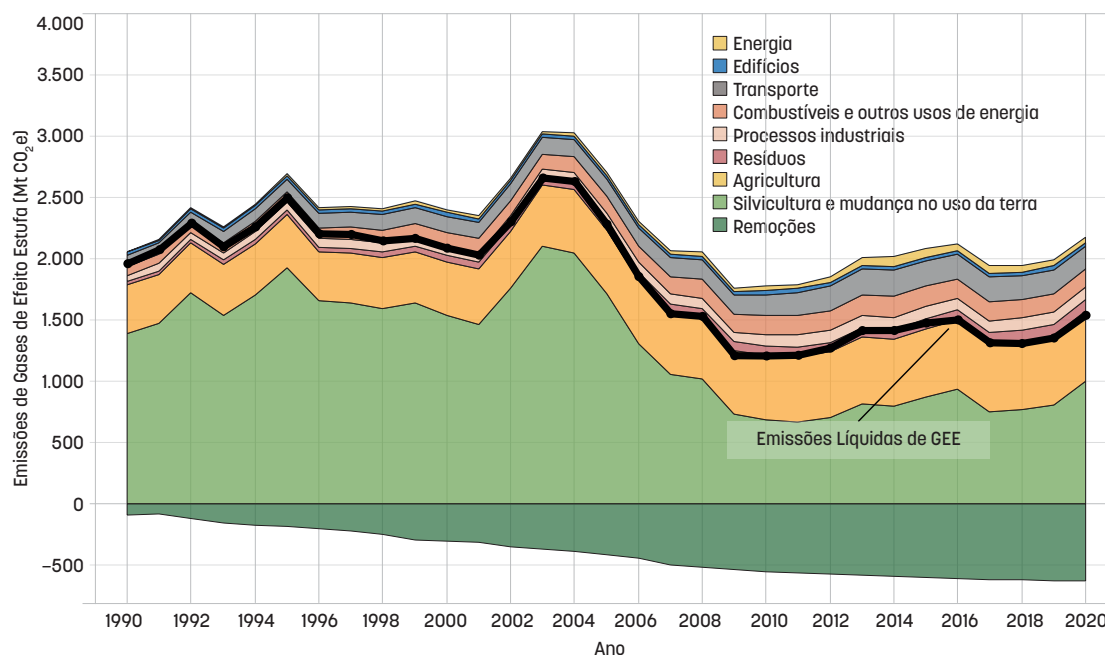
Os dados coletados no relatório são provenientes de relatos de incidentes apresentados pelos municípios para terem acesso a recursos federais para a resposta e recuperação. Dessa forma, estima-se que o custo dos desastres nas cidades brasileiras seja muito maior. Algumas cidades, como São Paulo, não apresentaram muitos relatos, mas isso não significa que não estejam enfrentando desastres, mas sim que essas cidades (geralmente mais sólidas financeiramente) podem estar cobrindo a maior parte dos custos sem buscar apoio federal.

⁴² Veja EM-DAT dashboard for Brazil: https://www.emdat.be/emdat_atlas/sub_html_pages/sub_html_BRA.html.

⁴³ Análise do Banco Mundial usando dados de Hallegatte, Stephane; Rentschler, Jun; Rozenberg, Julie. 2019. *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity*. Sustainable Infrastructure: Washington, DC: Banco Mundial. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31805> License: CC BY 3.0 IGO.

⁴⁴ Climate Watch. 2022. "Global Historical Emissions." Washington, DC: World Resources Institute. <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>.

FIGURA 2. Detalhamento das emissões de GEE no Brasil por setor



Fonte: Cálculos da equipe do Banco Mundial, com base em dados do SEEG.⁴⁵

Reduzir as mudanças no uso do solo e impulsionar uma maior produtividade agrícola poderiam mitigar os riscos climáticos e reduzir as emissões de GEE

O Brasil fez progressos marcantes na promoção do crescimento agrícola e redução do desmatamento nas últimas décadas. A transformação do setor agrícola foi impulsionada por reformas econômicas, incluindo a abertura ao comércio exterior, investimentos públicos e privados sustentáveis em inovação tecnológica e investimentos em crédito rural. De 2000 a 2013, a produtividade agrícola aumentou 105,6% comparado a 11,7% e -5,5% nos setores de serviço e manufatura, respectivamente. As políticas de conservação florestal, associadas a outros fatores econômicos, contribuíram para uma redução de 80% nas taxas de desmatamento na Amazônia de 2004 a 2012. No entanto, o desmatamento vem apresentando uma tendência ascendente recentemente, o que representa um desafio para cumprir os objetivos de sustentabilidade de longo prazo.

Nos últimos anos, as políticas agrícolas de baixo carbono do governo e iniciativas do setor contribuíram para reduzir a intensidade das emissões, mas mais ações são necessárias. As emissões setoriais cresceram a um ritmo mais lento do que a produção agrícola. Até agora, o Brasil utilizou 17,4 milhões de hectares em diferentes combinações de sistemas integrados de lavoura-pecuária-silvicultura, contribuindo para a remoção de 21,8 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂e) e ultrapassando em 21% as metas originais de NDC até 2020. Além disso, cerca de 50% do total de terras de cultivo no Brasil fazem parte de sistemas permanentes de tecnologia de plantio direto. No entanto, a longo prazo, incentivos econômicos mais robustos para incentivar a adoção de práticas de baixo carbono são necessários para reduzir ainda mais as emissões da agricultura e da pecuária, tais como melhorar a transferência de tecnologia, reformas no sistema de crédito rural para aumentar o financiamento verde e incentivos inovadores ao Pagamento por Serviços Ambientais.

⁴⁵Veja https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission.

A preservação das paisagens naturais do Brasil e a contenção do desmatamento contribuiriam para uma agricultura e uso do solo mais resilientes. Aumentar a produtividade da agricultura e da pecuária, assegurando ao mesmo tempo a proteção e gestão florestal, ajudaria a reduzir a conversão da vegetação nativa. Isso, juntamente com esforços adicionais para conter o desmatamento, conforme observado anteriormente, influenciaria positivamente a temperatura e a precipitação em escala regional e ajudaria a reduzir a erosão e a perda de nutrientes do solo.

As paisagens brasileiras poderiam remover grandes quantidades de CO₂ da atmosfera. Em 2020, as emissões brutas de GEE no Brasil totalizaram 2,16 bilhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO₂e), mas, após a remoção de aproximadamente 600 milhões de toneladas (Mt) pelos ecossistemas brasileiros, as emissões líquidas de GEE foram de 1,52 GtCO₂e.⁴⁶ Os capítulos 3 e 4 tratam com maior profundidade a questão sobre como lidar com as principais fontes de emissões de GEE no Brasil que envolveria abordar os fatores motivadores subjacentes da mudança no uso do solo, incluindo a agricultura e extensas áreas de pasto.

Manter a descarbonização do setor energético poderia dar ao Brasil uma vantagem competitiva na indústria manufatureira

O Brasil pode manter a liderança na redução de emissões se continuar a descarbonizar o seu setor energético. Em 2019, 46,2% do fornecimento total de energia teve origem em fontes renováveis, incluindo energia hidrelétrica e biomassa, e 82,3% de sua eletricidade foi gerada a partir de fontes renováveis. As participações correspondentes no mundo foram de 14,1% e 28,8%, respectivamente.⁴⁷ Em uma análise detalhada feita pelo governo como parte do mais recente Plano Decenal de Energia, a energia hidrelétrica e os produtos de cana-de-açúcar, como biomassa e etanol, se destacam representando, em conjunto, 30% do fornecimento total de energia.⁴⁸ A análise também demonstra que a energia hidrelétrica é a principal fonte de eletricidade, representando 83% da geração de energia em 2021, seguida pela eólica e biomassa, com cerca de 10% cada.⁴⁹ Em 2021, a eletricidade representou 18,5% do consumo total de energia. O Brasil implementou com sucesso políticas para apoiar a integração de energia solar e eólica, incluindo leilões de eletricidade renovável variável (VER), subsídios fiscais e incentivos, como a redução de custos de interconexão. Espera-se que as leis e regulamentos promulgados em 2021 facilitem ainda mais o aumento da geração distribuída e da energia eólica *offshore*.⁵⁰ Espera-se também que esse percentual aumente significativamente na próxima década. As análises projetam que a geração distribuída (principalmente renovável) mais do que dobrará, de modo que, até 2031, ela será responsável por 15% da geração total.

No entanto, preocupações com a confiabilidade da energia hidrelétrica, em meio à crescente escassez de água, levaram o governo a buscar expandir a produção de energia a gás, aumentando possivelmente a intensidade de carbono da economia brasileira. Em junho de 2021, como parte de uma nova lei para privatizar a Eletrobrás, a maior concessionária de geração e transmissão de energia do Brasil, o Congresso Nacional pediu que 8 gigawatts (GW) de nova capacidade termoelétrica sejam instalados até 2030. A lei exige que essas usinas sejam pelo menos 70% inflexíveis, o que resulta em um aumento substancial da energia termoelétrica no fornecimento da carga de energia de base do Brasil.

⁴⁶Dados do Greenhouse Gas Emission and Removal Estimating System (SEEG); veja <http://seeg.eco.br>.

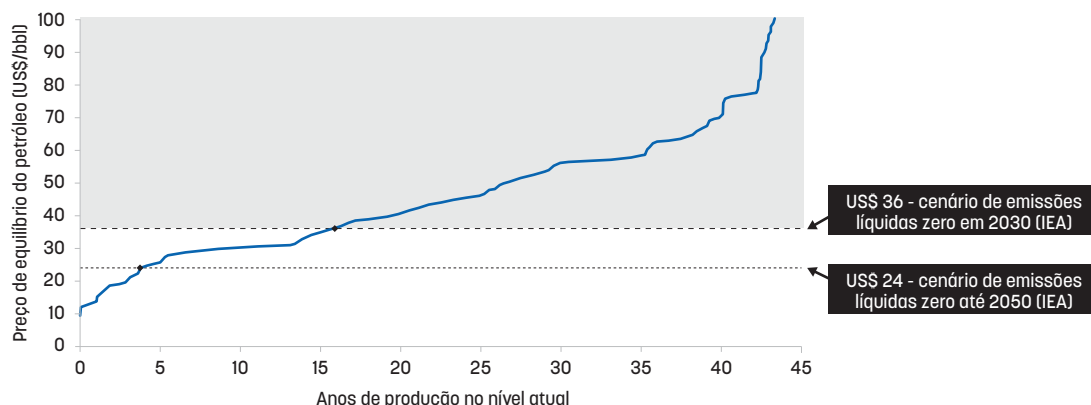
⁴⁷Veja os dados do fornecimento total de energia (TES) por fonte e da geração de eletricidade (por fonte) em Agência Internacional de Energia (IEA) Data Browser: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser>. As porcentagens foram calculadas pelos autores. Os dados de 2019 para o Brasil e o mundo, como relatado pela AIE, são usados para assegurar a comparabilidade. O último balanço energético nacional mostra que, em 2021, as energias renováveis representavam 44,7% do fornecimento de energia do Brasil e 78,1% da geração doméstica de eletricidade. O relatório observa que a escassez de água afetou o mix de eletricidade. Veja EPE. 2022. "Balanço Energético Nacional 2022: Relatório Síntese 2022". Empresa de Pesquisa Energética. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>.

⁴⁸Veja figura 11-3 em EPE, e MME. 2022. "Plano Decenal de Expansão de Energia 2031". Brasília: Empresa de Pesquisa Energética e Ministério de Minas e Energia. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>. A energia hidrelétrica representou até 12% do fornecimento de energia, e os produtos da cana-de-açúcar representaram 18%.

⁴⁹Veja tabela 11-3 em EPE e MME, 2022. Vale notar que quase metade da geração de biomassa é de geração própria ou fora da rede; a biomassa entregou 36 TWh de energia conectada à rede em 2021, e 30 TWh fora da rede. Quase toda a energia eólica está conectada à rede.

⁵⁰EPE e MME. 2022. "Plano Decenal de Expansão de Energia 2031".

FIGURA 3. Preço de equilíbrio estimado para as reservas de petróleo econômicas remanescentes no Brasil



Fonte: Rystad Energy

Paralelamente, o Brasil planeja aumentar sua produção de petróleo a partir de suas grandes reservas de petróleo e gás do pré-sal (*offshore*) em cerca de 80% em relação aos níveis de 2021.⁵¹ As reservas de petróleo e gás *offshore* do Brasil estão entre as maiores do mundo. Atualmente são globalmente competitivas e constituem uma importante fonte de renda nacional (figura 3). Projeções futuras de queda na demanda global de petróleo e gás em decorrência da tendência mundial de zerar as emissões líquidas até meados do século poderiam pôr em risco esses fluxos de receita. O preço de equilíbrio estimado do petróleo das reservas brasileiras é de aproximadamente US\$ 40 por barril,⁵² e o cenário de emissões líquidas zero da Agência Internacional de Energia (IEA) pressupõe um preço de US\$ 36 em 2030 e de US\$ 24 até 2050.⁵³ O Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) estima que a produção futura do Brasil poderia quase que duplicar o nível da produção nacional de 2016, a depender do ritmo da descarbonização global, destacando a grande incerteza da competitividade futura do petróleo brasileiro.⁵⁴ A produção de combustível representou 5% do total de emissões nacionais em 2019, a terceira maior participação no setor de energia (atrás de transportes e da indústria).⁵⁵ A Petrobras, maior empresa pública nacional de petróleo, reduziu sua intensidade de carbono da produção de petróleo para 15,9 kgCO₂e por barril de petróleo em 2021, abaixo da média global, e pretende eliminar a queima de gás.⁵⁶

A mudança modal, transporte de massa e eletromobilidade poderiam aumentar a resiliência e impulsionar a produtividade

As emissões do transporte são distribuídas de maneira relativamente equilibrada entre o transporte de carga e de passageiros. O transporte rodoviário é responsável por 91% das emissões de GEE provenientes dos transportes.⁵⁷ A atividade de transporte representou 45% das emissões totais no setor de energia em 2020⁵⁸ — distribuídas de forma relativamente igual entre transporte de carga e de passageiros. A divisão por modal de transporte de carga brasileiro é classificada

⁵¹ Ibid.

⁵² Goldman Sachs. 2021. "Top Projects 2021: A Tale of Shrinking Reserves and Rising Profits." Equity Research.

⁵³ IEA. 2021. "Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector." Paris: International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.

⁵⁴ Solano-Rodriguez, B. et al. 2019. "Implications of Climate Targets on Oil Production and Fiscal Revenues in Latin America and the Caribbean." Washington, DC: Banco Interamericano de Desenvolvimento. doi:10.18235/0001802.

⁵⁵ <https://plataforma.seeg.eco.br/sankey>. Os dados de 2018 foram selecionados para serem mais representativos (antes da Covid).

⁵⁶ <https://www.ogci.com/case-study/petrobras-applying-carbon-capture-and-eor-at-scale-in-ultra-deep-waters-case-study/>.

⁵⁷ Analysis of Brazilian Greenhouse Gas Emissions and Their Implications for Goals of Climate of Brazil 1970–2019. Greenhouse Gas Emission and Removal Estimation System - SEEG 8: Climate Observatory, 2020. Disponível em: https://Seeg-Br.S3.Amazonaws.Com/Documentos%20analiticos/Seeg_8/Seeg8_Doc_Analitico_Sintese_1990-2019.pdf.

⁵⁸ Dados de 2019 da Analysis of Brazilian Greenhouse Gas Emissions and Their Implications for Goals of Climate of Brazil 1970–2019. Greenhouse Gas Emission and Removal Estimation System - SEEG 8: Climate Observatory, 2020. Disponível em: https://Seeg-Br.S3.Amazonaws.Com/Documentos%20analiticos/Seeg_8/Seeg8_Doc_Analitico_Sintese_1990-2019.pdf.

como 66,2% rodoviário, 17,7% ferroviário, 14,8% hidrovial, 1,2% dutoviário e 0,1% aéreo.⁵⁹ O Brasil tem cerca de 1,7 milhão de quilômetros de estradas,⁶⁰ mas apenas 12,4% é pavimentada, com previsão de pavimentação de outros 9,1%. A baixa qualidade das estradas aumenta o tempo de viagem, os custos de manutenção e o consumo de combustível. Apenas 71 cidades brasileiras, concentradas em 11 estados, contam com serviço de transporte ferroviário de passageiros; 23 cidades têm sistemas de ônibus de transporte rápido (BRT);⁶¹ e apenas 64 cidades registraram veículos elétricos.⁶² O serviço de transporte público inadequado na maior parte do país, juntamente com a expansão urbana, aumentou a dependência de carros e motocicletas, acarretando altos custos econômicos e de bem-estar.⁶³ Em 2010, os congestionamentos de trânsito custaram ao Brasil aproximadamente 2,6% de seu PIB,⁶⁴ e os acidentes de trânsito geram perdas anuais de R\$ 56 bilhões em produção sacrificada, custos hospitalares e perdas materiais.⁶⁵ A poluição atmosférica, grande parte proveniente dos transportes, esteve associada a aproximadamente 44 mil mortes no Brasil em 2016.⁶⁶

As cidades brasileiras variam muito em seus perfis de emissões de GEE, recursos e principais oportunidades de descarbonização. O manejo de resíduos sólidos contribui com uma parcela significativa das emissões das áreas urbanas do Brasil, variando de 22% (0,5 tCO₂e per capita) a aproximadamente 8% (0,2 tCO₂e per capita) das emissões totais da cidade.⁶⁷ A geração de resíduos no Brasil deve aumentar de 81,9 milhões de toneladas (Mt) em 2020 para 122,3 Mt em 2050, ainda abaixo do aumento global de 73% projetado durante o mesmo período. Dada a proporção relativamente grande de resíduos que são despejados, as emissões totais de resíduos sólidos em 2020 no Brasil foram estimadas em 63,8 MtCO₂e, e devem aumentem para 94,1 MtCO₂e até 2035, em um cenário *business as usual* (BAU).⁶⁸

A baixa intensidade de carbono das exportações industriais brasileiras é uma vantagem competitiva

À medida que as economias avançadas se descarbonizam, seus padrões serão absorvidos pelo comércio global, criando novas expectativas para as exportações do Brasil, bem como novas oportunidades. O Brasil enfrentará mudanças na produção e no comércio, especialmente em setores de alta emissão. Para que o Brasil permaneça competitivo nos mercados globais, os recursos e investimentos precisarão migrar para setores de emissões relativamente baixas. Isto cria uma oportunidade para impulsionar a diversificação das exportações e da economia para além da agricultura e das indústrias extrativistas. O Brasil tem uma vantagem importante para construir um setor industrial de baixa emissão: sua matriz energética relativamente limpa e renovável e sua baixa intensidade de carbono na indústria produtiva, em comparação com seus pares (figura 4).

⁵⁹ EPL. 2021. "National Logistics Plan 2035: Executive Report (versão em inglês)." Brasília: Empresa de Planejamento e Logística. <https://ontl.epl.gov.br/planejamento/relatorios/>. Veja também EPL. 2021. "Anuário Estatístico de Transportes 2010-2020". Brasília: Empresa de Planejamento e Logística.

<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/AnuarioEstatisticodeTransportes2020QRcode21.06.2020.pdf>.

⁶⁰ CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (2017). Boletim Estatístico CNT — fevereiro de 2017. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Boletim/boletim-estatistico-cnt>.

⁶¹ <https://brtdata.org/>.

⁶² <https://brtdata.org/>.

⁶³ SEEG 8: Climate Observatory, 2020. Disponível em:

https://Seeg-Br.S3.Amazonaws.Com/Documents%20analiticos/Seeg_8/Seeg8_Doc_Analitico_Sintese_1990-2019.pdf.

⁶⁴ Vianna, G.S.B., e C.E.F. Young. 2015. "Em busca do tempo perdido: Uma estimativa do produto perdido em trânsito no Brasil". *Revista de Economia Contemporânea* 19 (3): 403-16. doi:10.1590/198055271933.

⁶⁵ Carvalho, S.C.P., F.D. Santos, e M. Pulquério. 2017. "Climate Change Scenarios for Angola: An Analysis of Precipitation and Temperature Projections Using Four RCMs." *International Journal of Climatology* 37 (8): 3398-3412. doi:10.1002/joc.4925.

⁶⁶ Ministério da Saúde. 2019. "Saúde Brasil 2018: Uma Análise da Situação de Saúde e das Doenças e Agravos Crônicos: Desafios e Perspectivas". Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde.

http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_2018_analise_situacao_saude_doencas_agrivos_cronicos_desafios_perspectivas.pdf.

⁶⁷ Veja C40 Cities Knowledge Hub:

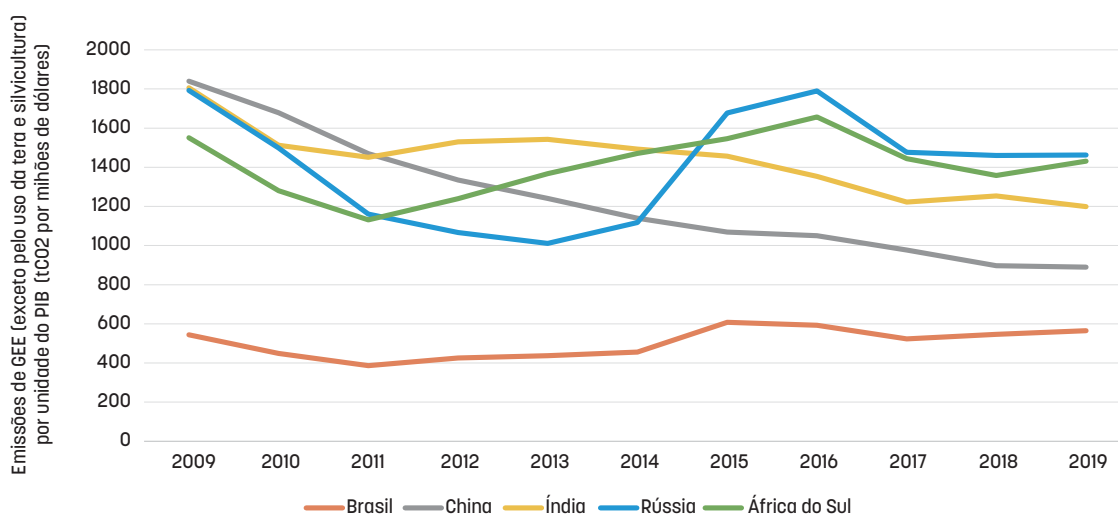
https://www.c40knowledgehub.org/s/article/C40-cities-greenhouse-gas-emissions-interactive-dashboard?language=en_US. O painel inclui dados relativos às quatro cidades brasileiras que são os membros do C40: São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Salvador. Observe que o inventário das emissões de GEE de cada cidade é de um ano diferente, variando de 2016 a 2018.

⁶⁸ Ibid.

Embora as exportações do Brasil sejam relativamente de baixo carbono, a intensidade de GEE da pauta de exportação brasileira aumentou em 28,1% de 2010 a 2018, passando de 967 tCO₂e por milhão de reais exportados para 1.239,6 tCO₂e.⁶⁹ Isso se deve à carne bovina e à soja, cuja produção está associada a uma grande quantidade de emissões provenientes da mudança do uso do solo e do desmatamento. Na condição de grande produtor e exportador agrícola, o Brasil deve adaptar, de forma proativa, a produção de carne bovina e de soja à agricultura de baixo carbono, evitando problemas de segurança alimentar, inflação impulsionada por alimentos, perda de competitividade externa e desequilíbrios externos.

Até agora, as políticas climáticas implementadas pelos parceiros comerciais do Brasil devem ter impactos relativamente pequenos na receita real agregada, na produção e no comércio do Brasil, mas provavelmente terão efeitos maiores no longo prazo. Com políticas globais consistentes com as NDC de seus parceiros comerciais e a introdução do Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM) da União Europeia (UE), o Brasil poderia ver uma queda da receita real de 0,1% em 2030 em relação à linha de base. O efeito do CBAM, portanto, é insignificante porque se aplica aos combustíveis fósseis, e as emissões do Brasil são provenientes da agricultura e de mudanças no uso do solo.⁷⁰ Extensões do CBAM ou outras políticas climáticas de comércio que visem essas emissões — especialmente no que diz respeito ao desmatamento — e mudanças tecnológicas e das cadeias globais de valor — poderiam, no entanto, ter um impacto muito maior no comércio e na competitividade do Brasil no médio prazo.

FIGURA 4. Intensidade de carbono da produção industrial no Brasil em relação a outros países do BRICS



Fonte: ClimateWatch

⁶⁹ Alvarenga Jr. et al. 2021. "Structural Change and Climate Change in Brazil: A Structural Decomposition Analysis of the Brazilian GHG emissions from 2000–2018." Working Paper, Environmental Economics and Sustainable Development Research Group (GEMA).

⁷⁰ Documento de apoio do CCDR. Junho de 2022. Brazil Trade and Climate Change Diagnostic. Banco Mundial.

1.4. O Brasil tem compromissos climáticos ambiciosos

O Brasil tem uma meta ambiciosa de zerar as emissões líquidas até 2050

A contribuição nacionalmente determinada (NDC) do Brasil, apresentada em 2015 e atualizada mais recentemente em 2022, tem como compromisso uma abordagem abrangente para a redução de emissões consistente com a meta global de 2 °C.⁷¹ A NDC também prevê reforçar e cumprir o Código Florestal; zerar o desmatamento ilegal; restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares (ha) de florestas até 2030; e aprimorar sistemas sustentáveis de manejo florestal. No setor de energia, as ações propostas são aumentar a participação de biocombustíveis sustentáveis para aproximadamente 18% e de energias renováveis (além da energia hidrelétrica) na matriz energética para aproximadamente 45% até 2030. O Brasil também se propõe a alcançar 10% de eficiência no setor elétrico até 2030. Na agricultura, as ações propostas são fortalecer o Programa de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC), restaurar mais 15 milhões de ha de pastagens degradadas até 2030 e aprimorar 5 milhões de ha de sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta até 2030. Na indústria, a NDC propõe novos padrões de tecnologias limpas, medidas de eficiência energética e infraestruturas de baixo carbono. No setor de transportes, a NDC estabelece medidas de eficiência, melhoria da infraestrutura e melhores serviços de transporte público em áreas urbanas.

A NDC do Brasil também identifica diversas prioridades para ações de adaptação. Elas incluem o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de risco e vulnerabilidade agrícola; a promoção da adaptação baseada em ecossistemas em áreas de risco de eventos extremos; a ampliação do escopo do Programa Nacional de Vigilância da Água Potável; e a avaliação da vulnerabilidade às mudanças climáticas das populações indígenas e suas terras. A NDC, no entanto, não estabelece metas quantitativas para adaptação, e as medidas elencadas não estão associadas a um plano de ação.

Na atualização mais recente da NDC em 2022, o Brasil anunciou o compromisso de reduzir pela metade suas emissões até 2030 (em relação aos níveis de 2005) e zerar as emissões líquidas de GEE até 2050. De acordo com as “diretrizes para uma estratégia nacional de neutralidade climática”, uma parcela fundamental das reduções de emissões do Brasil viria de a ação de “zerar o desmatamento ilegal” até 2028. O Brasil também aderiu ao *Global Methane Pledge* para reduzir as emissões globais de metano em 30% até 2030.⁷² Para o Brasil, reduzir as emissões de metano exigirá abordar as emissões geradas pela pecuária e reduzir o aumento das emissões de metano dos resíduos.

Mudanças climáticas em políticas e planos do Brasil

As políticas estruturantes que moldam a agenda climática no Brasil começaram com a elaboração do primeiro Plano Nacional sobre Mudança do Clima (Plano Clima ou PNMC) em 2007 pelo Comitê Interministerial sobre Mudança Climática e a publicação do PNMC em 2009. O PNMC, instituído por lei, é a principal pedra angular e marco regulatório para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas no Brasil. Estabelece os princípios básicos, objetivos, diretrizes e instrumentos de mitigação e adaptação. Os principais objetivos do PNMC incluem reduzir as emissões antropogênicas de GEE entre 36,1 e 38,9% abaixo das emissões projetadas em 2020, reforçar as reduções de GEE de várias fontes, e estimular o desenvolvimento do Mercado Brasileiro de Reduções de Emissões (MBRE).

⁷¹ O Brasil fez três submissões, mas seus compromissos não foram alterados; as atualizações reafirmaram os compromissos iniciais e/ou responderam a perguntas sobre aqueles compromissos. Veja Federative Republic of Brazil. 2015. “Intended Nationally Determined Contribution.” Brasília. <https://unfccc.int/sites/default/files/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>; 2020. “Brazil’s Nationally Determined Contribution (NDC) — Update.” Brasília. <https://unfccc.int/sites/default/files/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>; 2022. “Nationally Determined Contribution (NDC) — Annex: Information to Facilitate Clarity, Transparency and Understanding of Brazil’s NDC.” Brasília. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20%20FINAL%20-%20PDF.pdf>.

⁷² Veja <http://www.globalmethanepledge.org>.

O PNMC estabelece que as políticas públicas e os programas governamentais brasileiros devem ser compatíveis com o PNMC. Exige a preparação de planos específicos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas em setores-chave. Existem várias políticas e medidas setoriais que facilitam (por exemplo, o Código Florestal e o plano ABC e ABC+) ou dificultam a descarbonização e a resiliência às mudanças climáticas. Há também medidas subnacionais que visam avançar nas ações climáticas (por exemplo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte já adotaram metas para dissociar o desenvolvimento econômico do aumento nas emissões de GEE).

O Plano Nacional de Adaptação (PNA) brasileiro reconhece 11 setores que serão consideravelmente afetados pelas mudanças climáticas.⁷³ No entanto, ele não estabelece um roteiro ou objetivos claros. No nível setorial, independentemente do PNA, a avaliação da adaptação e da resiliência é mista. Por exemplo, as metas do setor da água não refletem a importância de aumentar a resiliência com mecanismos eficientes para permitir o uso sustentável da água, a restauração de bacias hidrográficas, o aumento da capacidade de armazenamento e reabastecimento de água e preços econômicos. No setor agrícola, o PNA não inclui informações sobre os impactos locais das mudanças climáticas, a resiliência, capacidade de adaptação, ou medidas de políticas específicas para aumentar a implementação da adaptação e melhorar os instrumentos de gestão de riscos agrícolas. Além disso, as abordagens mais amplas e tão necessárias envolvendo paisagens e cadeias de valor são ainda incipientes.⁷⁴

Capacidade do governo e arranjos institucionais para as ações climáticas

A estrutura de governança do Plano Nacional sobre Mudança Climática (PNMC) inclui um órgão decisório em nível federal com representantes dos governos federal e estaduais, pesquisadores e outros. A implementação do PNMC é feita por meio de programas e atividades setoriais. Houve um enfraquecimento recente dessa estrutura,⁷⁵ gerando falta de confiança nacional e internacional na vontade política e na capacidade de gestão do Governo Federal.

Governadores estaduais tentaram corrigir a falta de coordenação em nível federal por meio da Coalizão de Governadores para o Clima, que opera em nível subnacional.⁷⁶ Os 26 estados brasileiros e o Distrito Federal (juntos conhecidos como Unidades da Federação, ou UF) têm secretarias e agências dedicadas às políticas ambientais, e são pontos focais para conduzir planos e políticas sobre mudanças climáticas. As UFs se coordenam por meio da Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente (ABEMA),⁷⁷ que reúne as secretarias e agências de políticas ambientais, e dialogam com o Governo Federal.

O progresso da implementação varia entre as UFs. Entre as 27 UFs, 21 têm uma política sobre mudanças climáticas, 16 estabeleceram um fórum estadual com representação de partes interessadas, 10 têm um plano de ações climáticas e 4 estão preparando seus planos.⁷⁸ Sete UFs têm planos de adaptação, cinco relatam inventários de emissões de GEE e cinco têm metas de redução de GEE. Muitas UFs têm deficiências de capacidade técnica e de gestão, incluindo a mobilização de financiamento para as ações, e enfrentam dificuldades para se harmonizarem com o marco regulatório federal. No âmbito municipal, existem iniciativas técnicas, como o CB27,⁷⁹ que reúne 26 capitais brasileiras e o governo federal para

⁷³ MMA. 2016. "National Adaptation Plan to Climate Change." Volume I: General Strategy. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/clima/ozoniodesertificacao/clima/arquivos/pna_volume-i_en.pdf. Os setores incluem agricultura, biodiversidade e ecossistemas, cidades, gestão de riscos de desastres, indústria e mineração, infraestrutura, populações vulneráveis, recursos hídricos, saúde, segurança alimentar e nutricional e estratégia para zonas costeiras.

⁷⁴ Di Gregorio, M. et al. 2016. "Integrating Mitigation and Adaptation in Climate and Land Use Policies in Brazil: A Policy Document Analysis." CIFOR Working Paper No. 194. Centre for Climate Change Economics and Policy. <https://www.cifor.org/knowledge/publication/5997/>.

⁷⁵ O governo desativou diversos órgãos por meio de decretos ou atos normativos inferiores, incluindo os comitês diretivos e técnico-científicos que definiam as diretrizes de utilização dos recursos para redução do desmatamento e validação dos resultados alcançados.

⁷⁶ A coalizão é uma aliança não partidária que tem aumentado sua proeminência política desde 2020, inclusive por meio da participação de governadores em reuniões internacionais e de um relacionamento próximo com outros governos.

⁷⁷ Veja <https://www.abema.org.br>.

⁷⁸ Veja <https://www.globalcovenantofmayors.org/our-cities/>.

⁷⁹ Veja <https://forumcb27.com.br>.

fortalecer e coordenar as ações climáticas. Na esfera política, a Frente Nacional de Prefeitos (FNP)⁸⁰ promove o “Encontro de Municípios com Desenvolvimento Sustentável” a cada dois anos para discutir a sustentabilidade urbana no Brasil. Mesmo metrópoles e capitais regionais de maior capacidade enfrentam dificuldades em promover planejamento, regulamentação, acesso a financiamento e investimentos orientados ao clima. As exceções incluem São Paulo e Belo Horizonte, que promoveram o uso intensivo da terra e o adensamento de áreas estratégicas, associados a instrumentos de captura de valor da terra (LVC).⁸¹ Como resultado, essas municipalidades aumentaram as suas receitas próprias e as utilizaram para apoiar o desenvolvimento urbano inclusivo, compacto e orientado para o trânsito.

As empresas estatais desempenham um papel importante na economia brasileira, fornecendo serviços essenciais como água, energia, serviços financeiros e infraestrutura de transporte. A legislação que abrange as empresas públicas e de capital misto e suas subsidiárias exige que elas adotem práticas que levem ao desenvolvimento ambiental sustentável, inclusive na contratação de obras e serviços. Embora isso não esteja necessariamente ligado às mudanças climáticas, as principais empresas estatais já divulgam suas emissões de GEE.

O poder judiciário brasileiro aumentou sua ambição e desempenho em questões relacionadas às mudanças climáticas, com os tribunais superiores contando com estruturas para implementar a agenda climática. Em 2019, o Conselho Nacional de Justiça (CNJ) lançou o Observatório Nacional de Questões Ambientais, Econômicas e Sociais de Alta Complexidade e de Grande Impacto e Repercussão. Seu objetivo é conduzir análises e utilizar evidências para a formulação de políticas e iniciativas que protejam o meio ambiente natural da Amazônia Legal (uma área de mais de 5 milhões de quilômetros quadrados, compreendendo todos os nove estados brasileiros na bacia amazônica). O Painel de Ações Ambientais na Região Amazônica monitora ações judiciais na Amazônia Legal e tem uma parceria institucional com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) para assessoria técnica e compartilhamento de dados sobre desmatamento e exploração ilegal de reservas ambientais. Em 2021, foi criado um painel interativo nacional de dados ambientais e interinstitucionais (SireneJud), mas ele ainda carece de capacidade ou conhecimento de litígios climáticos no âmbito internacional.

A sociedade civil vem utilizando cada vez mais o litígio para promover as metas do PNMC e da NDC no Brasil. Existem diversos recursos relacionados ao clima na agenda de julgamento pelo Supremo Tribunal Federal (STF), inclusive para assegurar que o Código Florestal e as resoluções relacionadas com o licenciamento ambiental não sejam enfraquecidos ou estejam em conflito com outras leis, e retomar a implementação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), um dos planos do PNMC. Em julho de 2022, o STF emitiu a primeira decisão em uma ação judicial climática, exigindo a reativação plena, pelo Governo Federal, do Fundo Clima, criado como parte do Plano Nacional de Política Climática, que estava inoperante desde 2019.

A economia política das mudanças climáticas

Como em muitos países, os subsídios e impostos no Brasil beneficiam grupos específicos que conseguem exercer influência política, gerando ao mesmo tempo impactos econômicos negativos para a sociedade. Isso é evidente em dois dos principais setores de ações climáticas — o setor elétrico e a agricultura/uso do solo — nos quais o apoio político a intervenções de descarbonização profunda e fortalecimento da resiliência é limitado. No setor elétrico, os subsídios a combustíveis fósseis e benefícios fiscais da Lei nº 14.299 e as exigências de capacidade de gás previstas na Lei nº 14.182 criam barreiras à descarbonização. Com relação ao gás, a demanda obrigatória do setor elétrico é atualmente uma âncora para a retirada da produção de gás das reservas do pré-sal, consumindo cerca de 30% da oferta total de gás doméstico. Assim, uma redução na demanda de gás do setor elétrico atrapalharia a atual estratégia de desenvolvimento do setor de gás para fornecimento a residências no Brasil. Considerando os poderosos interesses constituídos, focados em promover a expansão da rede de distribuição de gás no Brasil, ajustes

⁸⁰ A FNP reúne todos os 412 municípios com população superior a 80 mil habitantes, que juntos representam 61% da população e 70% do PIB brasileiro.

⁸¹ Monteiro, Emanuela et al. 2022. “Urbanization and Climate: Enabling Resilient, Low-Carbon and Productive Cities.” Documento de apoio do CCDR do Brasil.

na legislação atual exigirão amplo engajamento das partes interessadas, evidências robustas sobre os benefícios econômicos dessas mudanças e mecanismos para compensar os grupos afetados. A mineração de carvão, entretanto, criou cerca de 20 mil empregos diretos e indiretos em 2018.⁸² Uma estratégia robusta de transição justa para as comunidades impactadas pela desativação de minas de carvão e usinas térmicas será imprescindível para mudanças neste segmento.

Desafios de governança deficitária e de financiamento restringem a implementação e criam espaço para atividades ilegais que minam as ações climáticas. Os desafios de governança decorrem das funções sobrepostas das agências governamentais e de regulamentações inconsistentes. Um exemplo é o setor fundiário, em que cinco diferentes entidades federais lidam com o registro de diferentes categorias fundiárias. Elas não estão coordenadas com as várias agências estaduais e municipais, que têm poderes sobrepostos e gerenciam bancos de dados separados e desconectados.⁸³ Essas complexidades facilitam a grilagem de terras, um dos principais impulsionadores do desmatamento. Em termos de desafios de financiamento, há um forte desequilíbrio entre os múltiplos mandatos das cidades e sua capacidade limitada de receita. Os municípios/as cidades têm apenas 18% do orçamento público total,⁸⁴ e sua capacidade de investimento depende fortemente de receitas próprias, como impostos sobre a propriedade e taxas de serviços, além de investimentos diretos feitos pelo Governo Federal.

O enfraquecimento das instituições responsáveis pela proteção ambiental envolveu cortes orçamentários, mudanças regulatórias e interferência de grupos de interesse especiais. Esse 'sequestro' resulta em regulamentos não alinhados com os interesses públicos, mas sim com os interesses da indústria regulada. Por exemplo, atualmente, alguns grupos de interesse agrícola (incluindo pecuaristas e outros afiliados à atividade pecuária) têm notável influência tanto em nível subnacional como federal. Além disso, o baixo risco de sanções graves e a possibilidade de anistia por desmatamento ilegal encorajam estes e outros grupos de interesses especiais (ver seção 4.1). O enfraquecimento do monitoramento e da fiscalização (devido a cortes orçamentários, congelamentos na contratação de pessoal e obstrução à tomada de decisões) restringe a viabilidade de reformas muito necessárias relacionadas à titularidade fundiária e aos sistemas de impostos, subsídios e crédito que atualmente promovem uma agricultura extensiva e práticas intensivas em carbono.

Equilibrar o poder desses grupos de interesse especial é difícil e requer diversos instrumentos, entre eles garantir que as instituições autônomas (por exemplo, o Tribunal de Contas da União, o Poder Judiciário) responsabilizem entidades públicas e privadas quando estas não cumprirem a lei. Também é importante estabelecer parcerias focadas em maior transparência e acesso a dados e informações, e fortalecer iniciativas do setor privado (de empresas, agentes financeiros e investidores) com foco na rastreabilidade e preferência por produção e compras sustentáveis.⁸⁵ Tornar a proteção florestal compatível com o desenvolvimento econômico requer o reconhecimento do caráter das florestas naturais como bens públicos, em que o valor dos serviços ecossistêmicos excede consideravelmente os valores da exploração privada.

A política pública, portanto, precisa estar atenta aos desafios da economia política. Por exemplo, o financiamento baseado em desempenho pode ajudar a gerar uma economia política mais propícia à proteção florestal. O relatório do Banco Mundial sobre a Amazônia, a ser publicado, e a Seção 4.1 deste CCDD apresentam sugestões sobre como as finanças climáticas e a negociação de carbono podem ser otimizadas para incentivar os governos e as pessoas a protegerem as florestas, vinculando o financiamento a reduções mensuráveis do desmatamento.

⁸² IBGE. 2021. "Anuário Estatístico do Brasil 2020". Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?id=720&view=detalhes>.

⁸³ Hanusch, ed. (a ser publicado). Equilíbrio Delicado para a Amazônia Legal Brasileira: Um Memorando Econômico. International Development in Focus. Washington, DC: Banco Mundial.

⁸⁴ Blanco Junior, C. et al. 2018. O desafio do planejamento metropolitano no pacto federativo brasileiro. In: Governança multinível e desenvolvimento regional sustentável: Experiências do Brasil e Alemanha. 1ª ed. São Paulo: Oficina Municipal; Fundação Konrad Adenauer, 2018, v. 1, p. 91-110.

⁸⁵ Hanusch, ed. (a ser publicado). Equilíbrio Delicado para a Amazônia Legal Brasileira: Um Memorando Econômico. International Development in Focus. Washington, DC: Banco Mundial.

1.5. Recomendações e estrutura deste CCDR

Como o Brasil pode reduzir sua exposição e vulnerabilidade aos riscos das mudanças climáticas e aproveitar as oportunidades oferecidas pelo desenvolvimento mais resiliente e ecológico? Este CCDR enfatiza ações em quatro dimensões que se desenvolvem e se reforçam mutuamente: reformas estruturais e medidas de aumento da produtividade, políticas abrangentes para crescimento resiliente e descarbonizado, políticas multissetoriais e pacotes de investimentos, além de ações para garantir financiamento para os investimentos necessários (figura 5). As reformas estruturais podem impulsionar a produtividade e a eficiência, e ajudar o Brasil a fazer a transição para um caminho de crescimento orientado pela produtividade que reduziria as pressões sobre o meio ambiente. Mas nem todo caminho de crescimento leva à mesma resiliência e emissões de GEE, e mudanças estruturais demandam tempo: reformas estruturais precisam ser complementadas com intervenções econômicas abrangentes para alinhar os incentivos às famílias e ao setor privado e melhorar sua capacidade de transição para um caminho de desenvolvimento mais limpo e resiliente. Mesmo com essas intervenções, aproveitar oportunidades em nível setorial — por exemplo, atreladas ao uso do solo ou ao setor elétrico — requer intervenções dedicadas, além de regulamentos, políticas e investimentos setoriais certos. E esses investimentos só poderão ser feitos se o capital público e privado puder ser mobilizado e direcionado para as necessidades mais urgentes.

FIGURA 5. Recomendações deste CCDR: uma combinação de reformas estruturais, políticas climáticas que envolvam toda a economia, medidas setoriais direcionadas e financiamento



2. Reformas de Aumento da Produtividade para um Crescimento mais Rápido, Resiliente e Eficiente

Principais Mensagens

- Ao fazer da produtividade seu principal motor de crescimento, o Brasil pode alcançar um crescimento mais forte e inclusivo. Ele também pode tornar sua economia mais resiliente, ao preservar as riquezas naturais, evitar possíveis pontos de inflexão nos serviços ecossistêmicos, reduzir as emissões de carbono e diversificar o crescimento e as exportações.
- Reformas de políticas públicas que aumentem a flexibilidade e facilitem a realocação de capital e mão de obra entre empresas, setores e regiões podem reduzir os custos de adaptação criados pelos impactos das mudanças climáticas e pelas políticas para reduzir as emissões.
- A política comercial pode ajudar o Brasil a gerar oportunidades de participar de cadeias globais de valor para além das *commodities* primárias, aproveitando suas vantagens latentes em produtos ecológicos de maior valor agregado.

2.1. Desenvolvimento inclusivo e com maior produtividade aumentaria a resiliência climática e reduziria as emissões de GEE

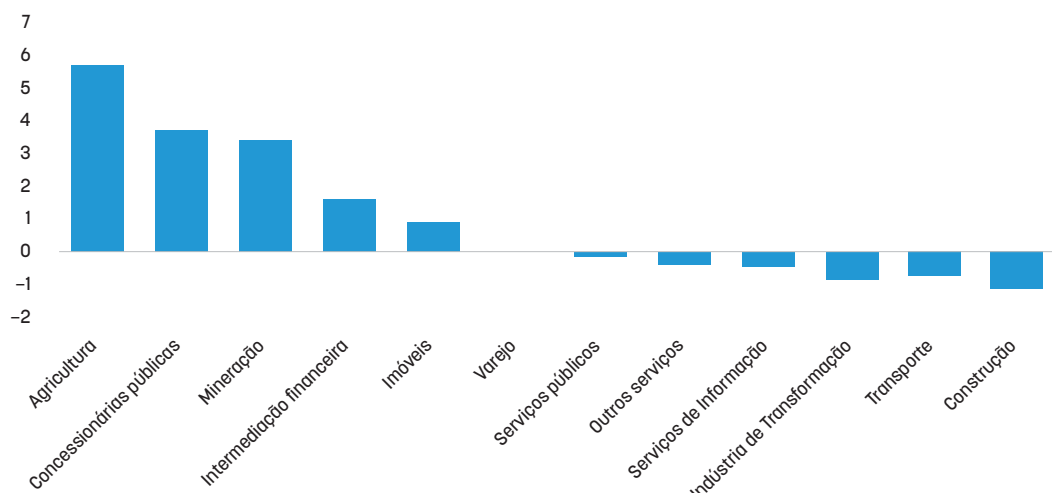
As pessoas que vivem na pobreza são particularmente vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas e a outros riscos naturais. Fatores socioeconômicos, como acesso a serviços de infraestrutura, produtividade no trabalho, inclusão financeira e cobertura pela proteção social, estão entre as previsões mais importantes do nível de gravidade com que as pessoas serão afetadas pelos impactos das mudanças climáticas.⁸⁶

Um modelo de crescimento mais sustentável e eficiente tornaria o Brasil mais resiliente. É fundamental assegurar que todos os novos investimentos e mudanças políticas levem em conta os riscos climáticos — uma dimensão fundamental da adaptação e resiliência. Em meio à crescente escassez de água, é importante evitar o desperdício e minimizar a ineficiência. Da mesma forma, se o Brasil não conseguir conter o desmatamento e a conversão de terras, a Amazônia poderá chegar a um ponto de inflexão, resultando na destruição permanente da floresta e em impactos sobre os padrões de precipitação em todo o país e a América do Sul. Isso afetaria a produtividade agrícola, a energia hidrelétrica e outras atividades econômicas, bem como a segurança hídrica das pessoas. Um modelo de crescimento que combine proteção e gestão florestal com maior diversificação reduziria esses riscos climáticos.

O desempenho da produtividade brasileira tem sido fraco e instável contribuindo para menor resiliência e aumento dos impactos ambientais. Os setores de *commodities* (agricultura e mineração) tiveram melhor desempenho que muitos outros setores, como a manufatura (figura 6). Os setores de *commodities* representam menos de 10% do PIB, mas dominam as exportações, o que reflete a alta produtividade e competitividade desses setores.

⁸⁶Veja, por exemplo: IPCC. 2022. "Summary for Policymakers." In Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by H.-O. Pörtner et al. Cambridge, UK, and New York: Cambridge University Press (in press). <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>; Global Commission on Adaptation. 2019. "Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience." Rotterdam and Washington, DC: Global Center on Adaptation and World Resources Institute. <https://gca.org/global-commission-on-adaptation/report>; Hallegatte, S. et al. 2016. Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty. Climate Change and Development. Washington, DC: Banco Mundial. doi:10.1596/978-1-4648-0673-5_fm.

FIGURA 6. Crescimento da produtividade setorial (crescimento médio, 1996–2020)



Fonte: Banco Mundial, usando dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística na Fundação Getúlio Vargas (IBRE).

Diferentes caminhos de crescimento têm diferentes implicações para o PIB, o desmatamento e as emissões de GEE. Com base em um modelo computável de equilíbrio geral, que mapeia as economias regionais no Brasil com uma matriz atrelada ao uso do solo e emissões,⁸⁷ a tabela 1 mostra como o crescimento anual da demanda agrícola externa ou da produtividade⁸⁸ em vários setores afetaria o PIB, o desmatamento, as emissões e as exportações de produtos de mineração (inclusive o petróleo). A tabela mostra, por exemplo, que um aumento da demanda global por alimentos aumentaria o PIB brasileiro em relação à linha de base, mas teria um custo significativo para as florestas naturais e aumentaria as emissões. Ao mesmo tempo, a exportação de produtos de mineração seria substituída em parte pelas exportações agrícolas, pois ganhos de produtividade em setores além da mineração reduzem a competitividade relativa da exportação de produtos extrativos.

TABELA 1. Cenários macroeconômicos (variação percentual acumulada em comparação com a linha de base após 12 anos)

Um aumento permanente de 0,5 ponto percentual em...	PIB Brasileiro (% de variação na linha de base)	Terras florestadas (milhões de hectares)	Emissões de GEE (MtCO ₂ e)	Exportações de produtos de mineração (incluindo petróleo) (% de variação na linha de base)
... demanda agrícola externa	0,50	-1,0	29,2	-17,38
... produtividade total dos fatores	17,89	3,62	-141,0	-58,52
... agricultura	0,80	0,8	18,2	-6,22
... agricultura na Amazônia	0,19	-0,1	15,0	-1,70
... mineração	0,30	0,2	-0,7	29,47
... serviços	10,10	-0,1	3,1	-23,75
... indústria de transformação	5,00	1,9	-67,8	-26,89

Observação: O sombreamento em azul indica valores que são positivos para a economia e benéficos para as florestas naturais e para o clima. Fonte: Análise do Banco Mundial, com base em Ferreira-Filho e Hanusch (2022).

⁸⁷ Veja Ferreira-Filho, JBS., e M. Hanusch. 2022. "A Macroeconomic Perspective of Structural Deforestation in Brazil's Legal Amazon." Policy Research Working Paper 10162, Washington, DC: Banco Mundial.

⁸⁸ Aumento do crescimento da demanda/produtividade em 6 pontos percentuais em 12 anos; crescimento de 6% da produtividade é o que a agricultura tem mostrado nos últimos anos.

O impacto do crescimento da produção agrícola nas emissões dependerá de fatores econômicos e institucionais. A demanda global por alimentos continua aumentando, e uma fonte substancial da demanda recente por carne bovina e soja (como ração para gado) é decorrente do rápido crescimento do consumo de carne na China.⁸⁹ O aumento da demanda agrícola aumenta a demanda por terra. A não aplicação da legislação florestal e a falta de governança efetiva da terra empurra o “arco do desmatamento” ainda mais para a Amazônia (ver Seção 4). As emissões aumentam devido à conversão de terras e às próprias atividades agrícolas.

O aumento da produtividade agrícola pode levar ao aumento das emissões e a efeitos indiretos, a menos que o setor faça uma transição substancial para práticas e tecnologias agrícolas menos intensivas em carbono, e a proteção florestal seja reforçada. Apesar das melhorias, com as emissões crescendo mais lentamente do que a produção agrícola, a agricultura brasileira continua a ser intensiva em emissões (especialmente a pecuária). Isso explica o aumento geral das emissões quando a produtividade agrícola melhora (Quadro 1). Além disso, há efeitos indiretos, especialmente no “arco do desmatamento”: aumentos na produtividade podem indiretamente piorar o desmatamento local, à medida que agricultores mais competitivos tomam parte do mercado de outros agricultores (o “efeito Jevon”).⁹⁰ As emissões agrícolas poderiam ser reduzidas com a adoção de mais práticas e tecnologias agrícolas de baixa emissão de carbono, e/ou mudanças no comportamento do consumo (por exemplo, diminuir o consumo de carne bovina). A Seção 4 discute como fortalecer a governança florestal e fundiária, que é importantíssima para conter o “efeito Jevon”.

Os ganhos de produtividade na indústria de transformação reduziram as emissões do Brasil em relação à linha de base, e esse fator pode ser ampliado quando o fornecimento de energia se tornar ainda mais verde. O aumento da produtividade da indústria de transformação reduz a competitividade relativa dos setores mais intensivos em recursos — neste caso, a mineração e a agricultura — e acelera a transição para setores com níveis mais baixos de emissões de GEE. As exportações de petróleo diminuiriam, e, conseqüentemente, o desmatamento (tabela 1). Em parte devido à matriz energética verde do Brasil, as emissões provenientes de um aumento da produtividade da indústria de transformação continuariam limitadas pela redução das emissões da agricultura e menor nível de desmatamento.

2.2. Reformas na política comercial podem ajudar a buscar oportunidades em cadeias de valor ecológicas

As altas barreiras comerciais do Brasil dificultam ainda mais o crescimento da produtividade e a expansão do setor de manufatura. A tarifa média de importação no Brasil foi de 13,6% em 2020⁹¹ — com pouca variação nas últimas duas décadas. Enquanto isso, a tarifa média no México caiu de 18% para 6,7%, e na China de 12,4% para 7,4%. Comparado a outros países, o Brasil cobra impostos relativamente altos sobre a importação de bens intermediários para uso industrial e bens de capital. Isso prejudica a capacidade das empresas brasileiras de competir no mercado global e integrar-se às cadeias globais de valor. Por exemplo, a tarifa média sobre insumos industriais processados é de 12,1% no Brasil, em comparação com 6,8% na China e 4,5% na Turquia. A fim de aproveitar as oportunidades na transição de baixo carbono, é importante que o Brasil reformule suas políticas comerciais para permitir que seu setor de manufatura expanda a produção para exportação.

⁸⁹ O aumento da demanda agrícola também tem origem no Brasil. Políticas de saúde pública poderiam ser implementadas para incentivar uma mudança para dietas mais saudáveis e mais baseadas em vegetais, o que melhoraria a saúde da população e teria benefícios conjuntos em termos de redução de emissões.

⁹⁰ Hertel, Thomas. 2012. “Implications of Agricultural Productivity for Global Cropland Use and GHG Emissions: Borlaug vs. Jevons.” GTAP Working Paper No. 69.

⁹¹ Indicadores de Desenvolvimento Mundial.

O Brasil também possui tarifas elevadas e inúmeras medidas não tarifárias sobre bens ambientais.⁹²

As importações de bens ambientais são um mecanismo fundamental para o acesso a novas tecnologias que podem impulsionar a competitividade do carbono em toda a indústria, sejam equipamentos e peças relacionados a energia renovável, máquinas para manejo de resíduos ou instrumentos para medição de emissões. O Brasil também impõe um número relativamente alto de medidas não tarifárias (MNTs) comparado a países da região. Um total de 2.501 medidas não tarifárias são impostas sobre os bens ambientais que entram no Brasil.⁹³ A categoria de usinas de energia renovável tem o maior número, com 817 MNTs.

Facilitar as reformas comerciais relacionadas a bens e serviços ambientais é fundamental para impulsionar a produção e o comércio ecológicos e o crescimento subsequente. A reforma comercial pode apoiar a descarbonização ao ajudar a reequilibrar o modelo de crescimento do Brasil para além das *commodities*. Para reduzir ainda mais os impactos negativos do comércio sobre os ecossistemas brasileiros são necessárias salvaguardas eficazes. O Brasil também precisa melhorar os padrões de qualidade e reduzir os custos de certificação para facilitar as exportações de bens sustentáveis para mercados avançados, como a União Europeia (UE). Além disso, é importante liberalizar os serviços ambientais, que são fundamentais para o bom funcionamento e uso dos bens ambientais.

2.3. Cadeias de valor ecológicas criam grandes oportunidades de crescimento no Brasil

O Brasil tem um potencial considerável para produzir bens e serviços ecológicos, para os quais a demanda deve crescer com as tendências de descarbonização. De acordo com o roteiro da IEA de zerar as emissões líquidas, os acréscimos anuais de capacidade em energia solar fotovoltaica (FV) deverão aumentar quase cinco vezes na próxima década, enquanto os acréscimos anuais de capacidade eólica deverão aumentar três vezes.⁹⁴ Espera-se que o número de veículos elétricos cresça em escala ainda maior, aumentando 18 vezes, de cerca de 3 milhões de veículos vendidos por ano em 2020 para 56 milhões em 2030.⁹⁵ O crescimento desses mercados globais criará importantes oportunidades econômicas, especialmente se o Brasil se beneficiar de medidas globais que recompensem a produção verde nas cadeias globais de valor. O Brasil tem potenciais vantagens competitivas: por já ter no mercado produtos que requerem habilidades e expertise semelhantes, é possível que consiga produzi-los a um custo competitivo, conquistando, assim, uma participação de mercado maior.⁹⁶ Entre esses produtos, estão aqueles relacionados à cadeia de valor de turbinas eólicas, incluindo geradores de corrente alternada (CA), transformadores de dielétricos líquidos e peças para motores e geradores elétricos.

Atualmente, o Brasil também é competitivo em vários materiais essenciais usados em baterias para veículos elétricos (VE) e ônibus movidos a hidrogênio. Enquanto o mercado de grafite é amplamente dominado pela China, o Brasil tem a terceira maior reserva de grafite do mundo⁹⁷ e é o segundo maior produtor de grafite natural em flocos.⁹⁸ O país também é competitivo em coque de petróleo calcinado, o material de anodo das baterias de lítio. O Brasil está cada vez mais competitivo no segmento de ônibus elétricos e desenvolver ainda mais sua competitividade o colocaria em boa posição nesse mercado

⁹² Os bens ambientais são definidos utilizando a lista da Cooperação Econômica da Ásia-Pacífico: https://www.apec.org/meeting-papers/leaders-declarations/2012/2012_aelm/2012_aelm_annex. Ela descreve as características ambientais dos produtos acordados, tais como produção de energia renovável; controle e remoção de poluentes do ar; destruição de resíduos sólidos e perigosos; purificação do ar e da água; produtos renováveis e ecológicos; e atividades de medição para realizar pesquisa e desenvolvimento (P&D) para proteção ambiental.

⁹³ Prandhi Sawney, Euijin Jung, Andre Jean Curtis, Maria Filipa Seara E. Pereira, Jose E. Signoret, Maryla Maliszewska, Vicky Chemutai e Paul Brenton. 2022. Brazil Trade and Climate Change Diagnostic. Documento de referência do CCDR do Brasil.

⁹⁴ IEA. 2021. "Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector."

⁹⁵ Veja <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.

⁹⁶ Mealey, Penelope. 2022. "Capturing benefits of the green transition: Green competitiveness and jobs in Brazil." Documento de referência do CCDR.

⁹⁷ USGS. 2020. "Graphite." In Mineral Commodity Summaries 2020, 72–73. Reston, VA: U.S. Geological Survey. <http://dx.doi.org/10.3133/mcs2020>.

⁹⁸ INN. 2021. "Graphite Mining in Brazil: A Key Component in the Future of Energy Storage." Investing News Network. June 23, 2021. <https://investingnews.com/inspired/graphite-mining-in-brazil/>.

global em expansão.⁹⁹ No que diz respeito a VEs, no entanto, outros países competitivos estão reduzindo agressivamente os custos, e seria melhor para o Brasil reduzir as tarifas e importar VEs mais baratos do exterior.

Práticas de mineração inteligentes em relação ao clima serão cruciais para a expansão sustentável do setor de minerais verdes do Brasil. O Brasil é o maior produtor mundial de nióbio, o segundo maior produtor de minério de ferro e manganês, e está entre os maiores produtores de bauxita e estanho. Minerais como o manganês e as terras raras, são cruciais para as tecnologias que apoiam a descarbonização global, e a demanda por eles deve aumentar nas próximas décadas. As grandes reservas brasileiras de minerais colocam o país em uma posição invejável.¹⁰⁰ No entanto, a crescente demanda por manganês, grande parte da qual ocorreu no estado do Pará, resultou em mineração ilegal, inclusive em territórios indígenas no estado.¹⁰¹ As atividades de mineração também demonstraram causar desmatamento significativo, dentro e fora dos limites das áreas de concessão para mineração.¹⁰² Práticas de mineração inteligentes em relação ao clima podem reduzir a pegada das atividades de mineração. Essas práticas incluem o uso de energia renovável para o funcionamento de máquinas e transportes de mineração, incentivar a inovação para impulsionar a eficiência de recursos e energia, adotar práticas de mineração inteligentes em relação à floresta para evitar e minimizar os impactos negativos nas áreas florestais e gerenciar dados geológicos e impactos ambientais.¹⁰³ Os trabalhos recentes em mineração inteligente em relação ao clima também destacam a importância de abordar os problemas sociais criados por novas operações de mineração.¹⁰⁴

O Brasil tem perspectivas favoráveis para produzir, consumir e/ou exportar hidrogênio verde, o que pode ajudar a acelerar a transição energética, diversificando as exportações e atraindo investimentos. Dada sua ampla oferta de energia limpa, infraestrutura e proximidade com os mercados regionais, o Brasil poderia se tornar um importante produtor de hidrogênio verde e seus derivados (amônia e metanol). Esta é uma grande oportunidade econômica, uma vez que o hidrogênio verde é considerado crucial para a descarbonização da indústria e para outros usos energéticos que são difíceis de eletrificar.¹⁰⁵ Construir uma economia de hidrogênio competitiva requer o desenvolvimento simultâneo da oferta de hidrogênio, infraestrutura de transporte e demanda de forma a garantir um ciclo de emissões líquidas de GEE zero/baixa se minimizar os impactos significativos (minerais, hídricos) na terra, no meio ambiente e sociais. O Brasil poderia usar hidrogênio verde para descarbonizar a indústria (refino de petróleo, petroquímicos, produtos químicos, aço etc.) e transporte (especialmente frete de longas distâncias, caminhões pesados de mineração), e contribuir para a flexibilidade do sistema elétrico.

⁹⁹ Atualmente, o fornecimento de ônibus elétricos está limitado pela importação de componentes elétricos. Os atores brasileiros estão focados principalmente em adaptar a carroceria do veículo a motores elétricos para montar ônibus elétricos para projetos-piloto de VE nas cidades brasileiras.

¹⁰⁰ Hund, K. et al. 2020. "Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition." Climate-Smart Mining Facility report. Washington, DC: Grupo Banco Mundial. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/05/11/mineral-production-to-soar-as-demand-for-clean-energy-increases>.

¹⁰¹ Gomes, Danielly. 2022. Manganese Is Exploited and Transported Illegally in Pará (Podcast Portuguese). <https://pulitzercenter.org/id/node/22415>.

¹⁰² Sonter, L. J., Herrera, D., Barrett, D. J., Galford, G. L., Moran, C. J., e Soares-Filho, B. S. 2017. "Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon." Nature Communications, 8(1), 1-7.

¹⁰³ Hund et al. 2020. "Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition."

¹⁰⁴ Ibid.

¹⁰⁵ IEA. 2021. "Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector." Paris: International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.

3. Políticas Econômicas Abrangentes para o Crescimento Resiliente e de Baixo Carbono

Principais Mensagens

- É necessário um conjunto de intervenções econômicas abrangentes para proporcionar os incentivos certos às famílias e ao setor privado e lhes permitir aproveitar as oportunidades relacionadas com o clima.
- As opções incluem um sistema de negociação de emissões (ETS) ou uma ampla reforma tributária que precificaria as emissões de carbono (com receitas possivelmente recicladas pela redução de outros impostos). Compensações florestais verificadas e de alta qualidade poderiam integrar o uso sustentável do solo a uma arquitetura mais ampla de preços de carbono.
- Uma abordagem centrada nas pessoas é importante, uma vez que a população pobre é desproporcionalmente prejudicada pelas mudanças climáticas e pode ser afetada negativamente por políticas climáticas mal projetadas. O fortalecimento da governança e políticas adequadas de educação, formação e mercado de trabalho podem apoiar a transição econômica do Brasil.

3.1. Um sistema de negociação de emissões poderia acelerar a descarbonização e otimizar os mercados globais de carbono

O Brasil estabeleceu a base para um ETS

Em maio de 2022, o decreto nº 11075 estabeleceu a base para os mercados de carbono no Brasil e há um projeto de lei para regulamentar o sistema nacional de negociação de emissões (ETS) no Congresso Nacional.^{106, 107} Análises e amplas consultas públicas realizadas no âmbito do Projeto de Parceria para Prontidão de Mercado (*Partnership for Market Readiness - PMR*) no Brasil determinaram que, no país, um ETS tende a atrair mais apoio político do que um imposto sobre o carbono.¹⁰⁸

Um passo necessário para a implementação de um ETS é a existência de um sistema obrigatório nacional de medição, relatório e verificação (MRV) de GEE para grandes emissores. Esse sistema é crucial para a implementação de um ETS, pois fornece a entrada de dados para o seu funcionamento, permitindo a definição de limites de emissões, cumprimento de obrigações, etc. O desenvolvimento desses sistemas é complexo. No Brasil, no entanto, um MRV obrigatório para energia e grandes emissores da indústria poderia ser construído a partir de uma iniciativa voluntária atualmente administrada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) que visa estruturar um sistema nacional corporativo de MRV de GEE.¹⁰⁹

¹⁰⁶ O Projeto de Lei (PL 528/2021, posteriormente anexado ao PL 2.148/2015) ainda não foi votado. O decreto é um importante passo inicial para o estabelecimento de um mercado de carbono, e exige que os ministérios relevantes estabeleçam metas de redução de emissões setoriais, além de prever a criação de um registro centralizado para emissões corporativas de GEE, projetos de mitigação de GEE e créditos de carbono resultantes. O decreto, no entanto, não implica nenhuma participação obrigatória.

¹⁰⁷ Veja http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11075.htm.

¹⁰⁸ O Projeto de Parceria para Prontidão do Mercado no Brasil, liderado em conjunto pelo Ministério da Economia e pelo Banco Mundial, analisou conjuntos alternativos de instrumentos de política climática para identificar qual pacote de políticas geraria os melhores impactos socioeconômicos, permitindo o cumprimento da NDC. O projeto foi capaz de entregar um conjunto robusto de resultados e recomendações analíticas, analisando e adequando a melhor experiência internacional às realidades econômicas, institucionais, regulatórias e tecnológicas dos principais setores emissores brasileiros: agricultura (pecuária), energia (geração de energia e combustíveis), indústria e uso do solo, mudança no uso do solo e silvicultura (LULUCF). Para mais informações, veja <https://www.thepmr.org/country/brazil-0>.

¹⁰⁹ <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/central-de-conteudo/noti/mcti-prepara-modulo-para-relatar-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-do-setor-privado>.

No contexto brasileiro, o setor industrial é o melhor candidato à inclusão em um ETS. Com base na experiência internacional, a implementação antecipada seria relativamente simples para os grandes emissores industriais. O setor de energia é outro candidato. No entanto, as características estruturais e os instrumentos políticos existentes tornariam a implementação imediata complexa para todo o setor energético. Da mesma forma, a agricultura, as florestas e outros usos do solo (AFOLU) não são atualmente bons candidatos à inclusão direta em um ETS devido aos desafios técnicos de regular as emissões da fermentação entérica e da natureza ilegal do desmatamento. No entanto, com as metodologias adequadas para assegurar a qualidade e a integridade, as compensações florestais verificadas poderiam ser incluídas e oferecer oportunidades para reduções de emissões de baixo custo, criando ao mesmo tempo receita adicional para apoiar o reflorestamento e a restauração de florestas.

Quadro 1. Créditos de carbono: Comércio internacional no contexto do Acordo de Paris

O Brasil tem uma experiência considerável com mercados internacionais de carbono, principalmente devido ao longo envolvimento com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que foi estabelecido no âmbito do Protocolo de Quioto. O Brasil foi o quarto maior vendedor global de Reduções de Emissões Certificadas (RECs) e foi classificado como o terceiro maior país anfitrião de atividades de projetos de MDL registradas.¹¹⁰ O Brasil também é um dos principais atores nos mercados voluntários de carbono, abrigando o terceiro maior número de projetos de redução e remoção de emissões.¹¹¹

O Artigo 6 do Acordo de Paris, que cria a estrutura geral para o comércio internacional de carbono poderia desempenhar um papel crucial nos fluxos financeiros e de investimento nas próximas décadas. Um estudo de 2021 estimou que o mercado criado pelos mecanismos do Artigo 6 poderia chegar a US\$ 300 bilhões em 2030 e US\$ 1 trilhão em 2050, considerando as metas de neutralidade climática.¹¹² Espera-se também que os mercados voluntários de carbono experimentem um crescimento significativo nas próximas décadas, constituindo mais uma fonte de demanda por créditos de carbono globalmente.^{113, 114}

Dado seu histórico no desenvolvimento de projetos de crédito de carbono e comércio de carbono, o Brasil é normalmente colocado entre os países com maior potencial de venda nos mercados internacionais de carbono.¹¹⁵ Além disso, tem um potencial considerável para gerar créditos de carbono a partir de soluções baseadas na natureza (NBS) vinculados às extensas florestas do país (REDD+ e aflo/reflorestamento), bem como outras fontes de mitigação de emissões, como bioenergia e várias formas de energia renovável. Se o Brasil conseguir otimizar esse potencial, suas vantagens competitivas naturais poderiam se materializar, atraindo fluxos significativos de capital e investimentos estrangeiros e impulsionando o desenvolvimento do país.

¹¹⁰ <https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html> (acessado em setembro de 2022).

¹¹¹ Climate Focus Voluntary Carbon Market Dashboard (acessado em setembro de 2022).

¹¹² Yu, S. et al. 2021. "The Potential Role of Article 6 Compatible Carbon Markets in Reaching Net-Zero." Working Paper. The International Emissions Trading Association and University of Maryland. <https://www.ieta.org/The-Potential-Role-of-Article-6-Compatible-Carbon-Markets-in-Reaching-Net-Zero>.

¹¹³ TSVCM. 2021. "Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets: Final Report." Institute of International Finance. https://www.iif.com/Portals/1/Files/TSVCM_Report.pdf.

¹¹⁴ <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/a-blueprint-for-scaling-voluntary-carbon-markets-to-meet-the-climate-challenge>.

¹¹⁵ IETA. 2019. "The Economic Potential of Article 6 of the Paris Agreement and Implementation Challenges." Washington, D.C.: University of Maryland and CPLC.

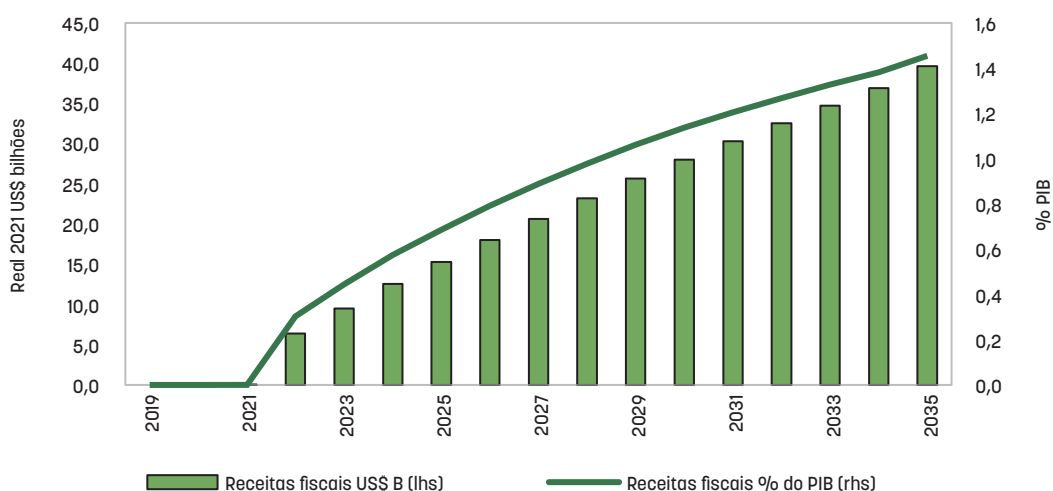
Como parte de uma ampla reforma fiscal, um imposto sobre o carbono poderia ajudar a reduzir os GEE e aumentar a eficiência

Há espaço significativo para melhorar o sistema tributário brasileiro, tornando-o ao mesmo tempo mais produtivo e mais ecológico. O sistema tributário brasileiro é excessivamente complicado, com uma infinidade de impostos federais e subnacionais cobrados sob diferentes justificativas.¹¹⁶ Propostas de reformas tributárias no Brasil vêm sendo debatidas há vários anos. No âmbito das mudanças propostas, poderia haver uma oportunidade de prosseguir com a implementação de um imposto sobre o carbono, bem como revisar e eventualmente eliminar gradualmente subsídios a atividades intensivas em emissões.

As taxas de carbono poderiam incentivar o desenvolvimento de baixo carbono e financiar mudanças fiscais com neutralidade nas receitas, o que permitiria ao Brasil agilizar e simplificar seu sistema tributário, sem aumentar a pressão sobre as finanças públicas. Para viabilizar essa política de estímulo com neutralidade líquida de receitas, a taxa sobre o carbono deve ser combinada com a redução nos impostos que mais dificultam o crescimento econômico e a geração de empregos no Brasil, bem como nos que são menos equitativos. Na literatura internacional sobre reformas tributárias ambientais, a mudança tributária de melhor desempenho tem sido reduzir os impostos sobre os salários dos trabalhadores de baixa renda.¹¹⁷

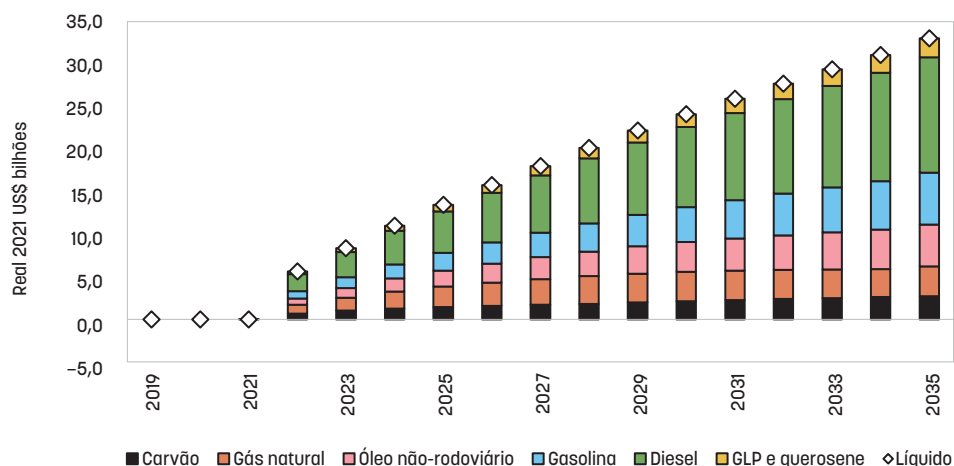
Um imposto relativamente modesto sobre o carbono poderia ser uma importante fonte de receitas para o Brasil na próxima década. Para ilustrar o potencial de um imposto sobre o carbono de simplificar e agilizar o sistema tributário do Brasil, foi realizada, para este CCDD, uma análise do impacto da introdução de uma taxa de carbono sobre os combustíveis fósseis para todas as atividades econômicas *upstream*. O modelo começou com uma taxa de R\$ 75 (~US\$ 14) por tCO₂ no início de 2022, que aumentaria para R\$ 350 (~US\$ 67) em termos reais até 2030. Como mostrado na figura 7, esse imposto sobre o carbono arrecadaria cerca de R\$ 140 bilhões (US\$ 28 bilhões, ou 1,2% do PIB) em receitas adicionais em 2030 oriundas de combustíveis fósseis, comparado à manutenção do atual regime de impostos especiais sobre consumo.

FIGURA 7. Aumento das receitas públicas do imposto sobre o carbono



¹¹⁶ Grupo Banco Mundial. 2019. "Doing Business 2020: Comparing Business Regulation in 190 Economies — Economy Profile of Brazil." Washington, DC. <https://www.doingbusiness.org/content/dam/doingBusiness/country/b/brazil/BRA.pdf>.

¹¹⁷ Heine, D., e S. Black. 2018. "Benefits beyond Climate: Environmental Tax Reform." In Fiscal Policies for Development and Climate Action, 1-63. International Development in Focus. Banco Mundial. doi:10.1596/978-1-4648-1358-0_ch1.



Fonte: Análise do Banco Mundial feita para o CCDR.

Ao mesmo tempo, uma reforma tributária fundamentada pelo clima poderia reduzir os subsídios implícitos a atividades intensivas em carbono. Estes tendem a ser aplicados no setor de energia, concedendo subsídios diretos e/ou renúncias fiscais a atividades relacionadas a combustíveis fósseis. Programas como REPETRO, REIDI/REPENEC e REPEX são os principais geradores de renúncias fiscais para o setor de combustíveis fósseis. Os subsídios a combustíveis fósseis também incluem renúncias fiscais para importações, equipamentos e investimentos, além de subsídios para operações de usinas a carvão, que sozinhas totalizaram quase R\$ 1 bilhão (US\$ 200 milhões) em 2020.^{118, 119} As renúncias e os subsídios fiscais para o carvão foram recentemente prorrogados até 2040 pelo Congresso nacional.¹²⁰ No contexto de uma reforma tributária que inclua um imposto sobre o carbono, o objetivo deve ser eliminar gradualmente as renúncias fiscais e os subsídios promovidos pelo REIDI/REPENEC, REPEX e CDE-carvão, desativando usinas a carvão até 2040, a menos que elas apresentem tecnologias de captura de carbono para neutralizar as emissões.

3.2. Uma abordagem centrada nas pessoas torna as ações climáticas mais justas e mais eficientes

As políticas e intervenções precisam ser projetadas levando em consideração sua eficiência e os impactos agregados, mas também suas implicações distribucionais. Mesmo choques com impacto limitado, tais como reduções de curto prazo na produção agrícola, podem afetar seriamente regiões, comunidades ou trabalhadores individualmente. O mesmo se aplica à transição verde: mesmo que produza aumentos líquidos na geração de emprego, ela continuará a acabar com postos de trabalho vinculados ao carvão e a outras atividades de elevada intensidade de carbono. Independentemente da magnitude dos efeitos agregados, os impactos das mudanças climáticas e das políticas climáticas podem ser díspares e afetar pessoas e comunidades por meio de canais muito diferentes. Antecipar, evitar ou mitigar esses impactos na medida do possível e ajudar as pessoas afetadas é fundamental para garantir uma transição justa e sustentável.

¹¹⁸ REPETRO, REIDI/REPENEC e REPEX são os principais programas que geram renúncias fiscais para o setor de combustíveis fósseis, atuando na importação e exportação de equipamentos e máquinas, no desenvolvimento da infraestrutura de petróleo e gás, incluindo refinarias, e até mesmo na importação de petróleo bruto e derivados.

¹¹⁹ INESC. 2021: "Subsídios aos combustíveis fósseis no Brasil: conhecer, avaliar, reformar". Brasília.

¹²⁰ Extensão de subsídios de carvão se enquadram na Lei nº 14.299/2022 (<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2022/lei-14299-5-janeiro-2022-792216-publicacaooriginal-164327-pl.html>); expansão e extensão de benefícios fiscais se enquadram no programa REPETRO (MP 795/2017 - <https://www.congressonacional.leg.br/materias/medidas-provisorias/-/mpv/130444>).

É provável que as mudanças climáticas aumentem a pobreza, pelo menos no curto prazo

As mudanças climáticas provavelmente afetarão o capital humano e terão efeitos persistentes no bem-estar e na produtividade que podem ser transmitidos por gerações. A última avaliação de pobreza e equidade feita pelo Banco Mundial para o Brasil constatou que cerca de 19% das pessoas vivem em municípios considerados de alto risco ambiental; cerca de 8%, em municípios com alta vulnerabilidade socioeconômica; e 2% em municípios com ambos os tipos de riscos.¹²¹ A população pobre está menos preparada para lidar com as consequências das mudanças climáticas. Por contar com níveis relativamente baixos de acumulação de ativos e menos poupança, essas pessoas tendem a viver em áreas propensas a inundações e são mais dependentes do setor agrícola.

Há evidências da relação entre emprego formal e mudanças climáticas.¹²² Após curtos períodos de chuva, o emprego formal tende a encolher temporariamente, mas se recupera nos trimestres subsequentes. Em contrapartida, curtos períodos de seca levam à redução do emprego até 12 meses depois. Período mais longos de tempo mais seco ou mais chuvoso (seis meses ou mais) apresentam uma resposta menos significativa. Isso talvez aconteça porque as anomalias climáticas prolongadas dão tempo à agricultura e setores associados para ajustar suas necessidades de emprego. Embora esses efeitos sobre o emprego sejam relativamente pequenos, é possível que eles subestimem o impacto total por se concentrarem no emprego formal, e uma resposta mais consistente ser mais provável no emprego informal.

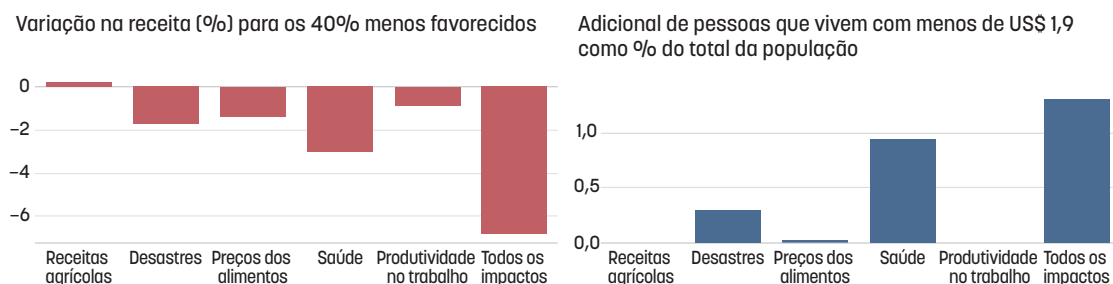
Os futuros impactos das mudanças climáticas sobre a pobreza no Brasil são altamente incertos, mas podem ser significativos, mesmo a curto prazo. Eles dependem dos futuros choques climáticos e da variabilidade natural do sistema climático, das condições socioeconômicas e da eficácia das medidas de adaptação tomadas por indivíduos, comunidades e governos. A análise demonstra que, se as condições socioeconômicas estagnarem, os choques climáticos podem aumentar a taxa de pobreza extrema entre 0,6% e 1,3% já em 2030.¹²³ Em um cenário de desenvolvimento mais otimista, com crescimento mais inclusivo, mudanças estruturais e melhor acesso a serviços de infraestrutura, o impacto poderia ser reduzido, variando de 0,4 a 1 ponto percentual. A figura 8 fornece estimativas do impacto das mudanças climáticas sobre a pobreza e a renda dos 40% menos favorecidos, no cenário mais pessimista. As receitas agrícolas quase não seriam afetadas até 2030, porque os efeitos da média das mudanças climáticas na produção e nos preços dos alimentos (incluindo pelos mercados globais de alimentos) seriam compensados. O impacto dos preços dos alimentos, no entanto, afeta a renda real, especialmente dos 40% menos favorecidos. A saúde, que inclui o aumento da prevalência de doenças transmissíveis por vetores e pela água e os danos causados pelos desastres naturais (principalmente inundações e secas) são os dois principais canais pelos quais as mudanças climáticas podem aumentar a pobreza no curto prazo. Esses resultados destacam a importância do acesso a serviços de saúde para mitigar os impactos das mudanças climáticas, bem como a importância da gestão proativa de riscos (ver seção 4.3).

¹²¹ Banco Mundial. 2022. "Brazil Poverty and Equity Assessment: Looking Ahead of Two Crises." Washington, DC. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099230007062256153/P1746910e33a8407d0b0850b8f0f5bcf18c>.

¹²² Patterson, D. et al. 2022. "Geospatial ESG: The Emerging Application of Geospatial Data for Gaining 'environmental' Insights on the Asset, Corporate and Sovereign Level." WWF, Grupo Banco Mundial e Global Canopy. https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022-01/Geospatial_ESG_Report.pdf.

¹²³ Análise baseada em trabalho anterior pelo Banco. Veja Jafino et al. 2020. "Revised Estimates of the Impact of Climate Change on Extreme Poverty by 2030." A análise parte da mais recente pesquisa domiciliar para representar a demografia e a estrutura socioeconômica. Cenários básicos para possíveis evoluções da população até 2030 foram desenvolvidos, considerando mudanças demográficas e crescimento econômico com um clima estável. Em seguida, cinco tipos de impactos das mudanças climáticas foram introduzidos: impactos das condições em constante mudança na renda dos agricultores (com base no clima global e no modelo agroeconômico); impactos sobre a renda das famílias em virtude de inundações, secas e tempestades; impactos de mudanças nos preços dos alimentos na renda efetiva (pressupondo o consumo fixo de alimentos em termos reais); impactos relacionados à saúde sobre a renda e os gastos com saúde (doenças transmitidas pela água); e o impacto de temperaturas mais altas na produtividade do trabalho. Cada qual reduz a renda real das famílias de diferentes formas, a depender de suas fontes de renda, da parte que é gasta com alimentação e seu acesso à proteção social e aos serviços de infraestrutura.

FIGURA 8. Efeitos dos diferentes impactos das mudanças climáticas na renda das famílias (40% menos favorecidos) e na taxa de pobreza extrema até 2030, em um cenário de alto impacto

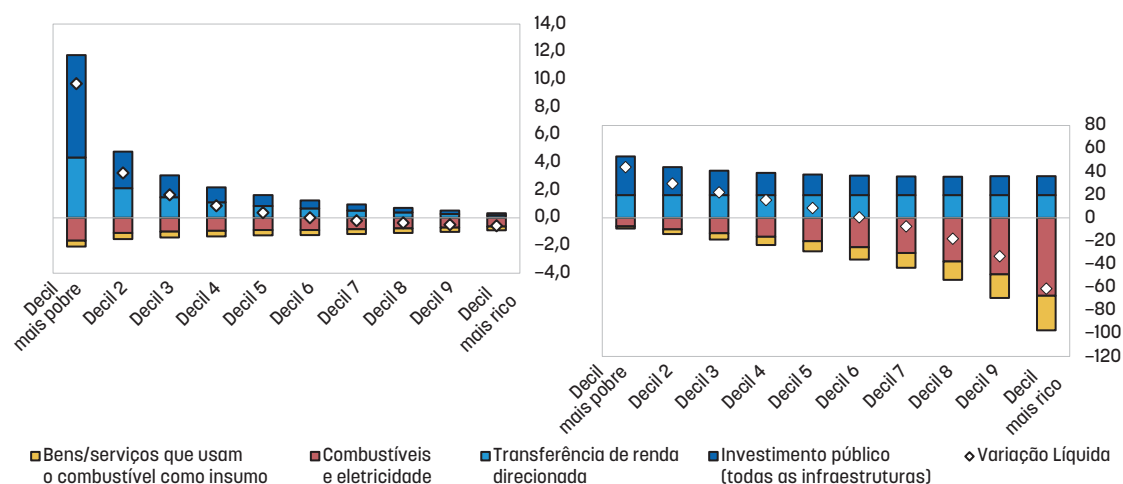


Fonte: Resultados para o Brasil, com base em Jafino et al. (2020).¹²⁴

Políticas climáticas podem ser elaboradas para contribuir para a redução da pobreza

Intervenções complementares podem mitigar os efeitos socioeconômicos negativos das políticas climáticas, particularmente em pessoas de baixa renda. Por exemplo, a precificação do carbono pode ter impactos prejudiciais sobre a equidade, a não ser que parte das receitas seja usada para proteger a população mais pobre, que é mais afetada por choques de preços. A figura 9 mostra os resultados da modelagem do efeito de usar cerca de metade das receitas arrecadadas com a cobrança de um imposto de carbono para financiar uma transferência de renda universal (não direcionada) per capita. Essa abordagem tornaria a política favorável tanto à população pobre quanto à equidade; ela também beneficiaria mais as famílias rurais do que as urbanas, porque os moradores de áreas rurais tendem a ser mais pobres e também consomem menos combustíveis fósseis. É óbvio que a implementação dessa conversão não é simples ou sem custos, e uma série de opções de conversão de receita pode ser considerada. Por exemplo, os impactos líquidos para a equidade seriam mais progressivos se, em vez de envolverem uma única transferência de renda única de igual valor, as receitas do imposto de carbono fossem usadas para impulsionar ou estender um regime de proteção social testado.

FIGURA 9. As transferências de renda tornam a política favorável tanto à população pobre quanto à equidade: perda relativa (à esquerda) e absoluta (à direita) no consumo devido a aumentos de preços diretos e indiretos nos decis de renda em 2022



Fonte: Simulações realizadas pelo Banco Mundial com a Carbon Pricing Assessment Tool (CPAT), ferramenta desenvolvida conjuntamente pelo Banco Mundial e pelo Fundo Monetário Internacional.

¹²⁴ Jafino et al. 2020. "Revised Estimates of the Impact of Climate Change on Extreme Poverty by 2030."

Investimentos em capital humano, melhoria na proteção social e políticas trabalhistas ativas podem impulsionar a resiliência e assegurar uma transição justa

Estratégias bem-sucedidas para ajudar os trabalhadores e as comunidades na transição podem assumir muitas formas, mas deveriam ir além da simples compensação financeira. As políticas estruturais podem ser orientadas para aumentar a resiliência a choques (por exemplo, melhorar o acesso a instrumentos financeiros e empréstimos), facilitar uma maior flexibilidade e mobilidade no mercado de trabalho e criar novas oportunidades de emprego por meio de incentivo à inovação e à diversificação econômica. Políticas mais específicas, entretanto, poderiam ser dirigidas a trabalhadores afetados, tais como pacotes de aposentadoria antecipada ou apoio financeiro e recontração. Poderiam ser distribuídas juntamente com iniciativas mais amplas de nível comunitário ou regional, tais como capacitação e investimentos em capital humano, programas de desenvolvimento econômico local e regeneração ambiental. O fundamental para a gestão de impactos de longo prazo é ir além de simples mecanismos de compensação e investir em intervenções de desenvolvimento humano e econômico, incluindo investimentos e medidas para melhorar a infraestrutura; políticas e regulamentos para atrair novos negócios; programas de educação formal e desenvolvimento de competências; apoio à pesquisa e desenvolvimento; e expansão de fatores de *soft location* (por exemplo, instituições de ensino superior, cultura e lazer, infraestrutura natural) para atrair — e evitar — a migração de pessoas, negócios e investimentos.¹²⁵

Transições trabalhistas

Alguns trabalhadores que perdem seus empregos em setores extrativos de emissão elevada podem conseguir empregos mais verdes, mas precisarão de apoio para administrar desajustes salariais, de competências e de localização.¹²⁶ Alguns empregos verdes podem exigir competências semelhantes aos empregos relacionados a combustíveis fósseis. No entanto, muitos trabalhadores do setor “marrom” (especialmente os que trabalham na extração de petróleo e gás) poderiam demandar apoio de políticas públicas para ajudá-los a superar barreiras relacionadas a diferenças em competências, salários e locação geográfica. Um desafio importante é que os salários da indústria de petróleo e gás tendem a ser mais altos que as alternativas de emprego para pessoas com competências semelhantes. Embora os trabalhadores da indústria de carvão mineral possam facilmente fazer a transição para outros setores de mineração, diferenças na distribuição espacial dos recursos minerais podem implicar uma mudança para conseguir esses empregos. Também é necessário apoio para garantir que lugares com altas concentrações de empregos marrons não percam sua viabilidade econômica, senso de comunidade e identidade, e possam desenvolver atividades e meios de sustento alternativos. Estratégias de desenvolvimento regional podem ajudar a mitigar esses impactos.

Setores que não são nem verdes nem marrons poderiam oferecer possibilidades de transição mais viáveis para os trabalhadores deslocados do setor marrom. Por exemplo, para os trabalhadores da indústria de petróleo e gás, o emprego no transporte por gasoduto e marítimo poderia proporcionar oportunidades de emprego mais bem remuneradas, com exigências mínimas de reciclagem profissional. Embora esses setores possam não se expandir em resposta à descarbonização global, eles oferecem oportunidades de emprego mais condizentes, em termos de salários, competências e geografia, para os trabalhadores deslocados do setor marrom, o que indica a importância de considerar todos os canais de redistribuição de mão de obra.

Políticas do mercado de trabalho ativas e proteção ao desemprego

A transição de “empregos marrons” pode levar a impactos de longo prazo em determinados grupos de trabalhadores. Programas do mercado de trabalho ativo (ALMPs) e seguro-desemprego podem ser importantes para mitigar o impacto negativo sobre a população pobre e vulnerável.¹²⁷ Eles podem aumentar a empregabilidade dos que foram deslocados pela transição verde, adaptando seu conjunto de competências a “postos de emprego ecológico”.¹²⁸ e fechar a lacuna de competências. O Brasil já conta com uma série

¹²⁵ Diluiso, F. et al. 2021. “Coal Transitions—Part 1: A Systematic Map and Review of Case Study Learnings from Regional, National, and Local Coal Phase-out Experiences.” *Environmental Research Letters* 16 (11): 113003. doi:10.1088/1748-9326/ac1b58.

¹²⁶ Mealy P. 2022. “Capturing benefits of the green transition: Green competitiveness and jobs in Brazil.” Documento de apoio do CCDD do Brasil.

¹²⁷ Rigolini, J. 2021. “Social Protection and Labor: A Key Enabler for Climate Change Adaptation and Mitigation.” *Social Protection and Jobs Discussion Paper No. 2108*. Washington, DC: Banco Mundial. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36669>.

¹²⁸ OIT. 2017. “Active Labour Market Policies.” *Green Initiative Policy Brief*. Genebra: Organização Internacional do Trabalho. http://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/publications/WCMS_614301/lang--en/index.htm.

de instrutores com conhecimento institucional e capacidade que poderiam ajudar os trabalhadores nas transições do mercado de trabalho. Quando projetados com base na demanda e nas necessidades locais, os programas de treinamento brasileiros têm um impacto positivo nas taxas de emprego. O Governo procura aumentar a oferta de cursos voltados para o meio ambiente no âmbito do Sistema S (provedor nacional de treinamento, financiado por contribuições do setor privado, que oferece treinamento profissional gratuito em áreas-chave da indústria e do comércio). O sucesso dos ALMPs varia de acordo com o grupo-alvo, a concepção do programa e como eles são implementados. Mulheres e trabalhadores desempregados há muito tempo são os que geralmente veem os maiores benefícios, mas ALMPs são muitas vezes menos eficazes para os jovens e para os participantes com mais idade.¹²⁹ Programas de reciclagem profissional devem ser direcionados para aqueles que mais podem se beneficiar mais deles, como mulheres e minorias, trabalhadores que migram da indústria, trabalhadores demitidos ou aqueles com mais idade.¹³⁰

Para garantir treinamento de qualidade para os trabalhadores afetados pela transição verde, os gastos precisam ser aumentados para garantir a continuidade dos programas de ALMP e resultados positivos.

Desde a crise de 2014, os cortes orçamentários reduziram ou descontinuaram a maioria dos ALMPs existentes no Brasil. Em vez de introduzir novos provedores de capacitação profissional, o Governo deve potencializar os programas existentes que já contam com o conhecimento institucional e a capacidade de ajudar a desenvolver habilidades para a transição verde. Em vista disso, as atividades de treinamento não englobam tudo o que é necessário para suavizar a transição verde dos trabalhadores. É também essencial investir em sistemas de informação do mercado de trabalho e serviços de emprego. Para apoiar os trabalhadores durante as transições, também será importante coordenar o programa de seguro-desemprego existente com os ALMPs para garantir que os trabalhadores tenham apoio de renda, bem como treinamento e apoio para intermediação trabalhista.¹³¹

Proteção social e educação formal

Políticas adequadas de proteção social podem ajudar as populações mais vulneráveis do Brasil a se adaptarem às mudanças climáticas, resistirem a choques e fazerem uma transição mais tranquila para uma economia de baixo carbono. Um sistema de proteção social adaptativa (ASP) combina diferentes abordagens setoriais, incluindo proteção social, gestão de riscos de desastres (DRM) e adaptação às mudanças climáticas, para fortalecer a resiliência de pessoas pobres e vulneráveis. O objetivo é aumentar sua capacidade de se preparar, lidar e se adaptar a mudanças e choques que podem afetar grandes faixas da população.¹³²

O Brasil tem um sistema de proteção social maduro e altos níveis de cobertura de assistência social, mas há espaço para melhorias para criar um verdadeiro sistema de ASP. Com base no Teste de Estresse de PS lançado pelo Banco Mundial em 2021,¹³³ a pontuação média geral do Brasil mostra que o país goza de um sistema de proteção social “estabelecido”, em termos de prontidão e escalabilidade, para responder aos desastres naturais mais recorrentes e perturbadores provocados pelo clima. O país tem ligações claras entre DRM e proteção social, sistemas de alerta precoce bem estabelecidos e um cadastro social com alta cobertura. Porém, considerando que as famílias de baixa renda estão super-representadas em áreas expostas a riscos climáticos, há espaço para expandir os recursos para a resposta ao choque de proteção social e para modernizar ainda mais o cadastro social com informações de vulnerabilidade às mudanças climáticas.

¹²⁹ Card, D., J. Kluge, e A. Weber. 2018. “What Works? A Meta Analysis of Recent Active Labor Market Program Evaluations.” *Journal of the European Economic Association* 16 (3): 894–931. doi:10.1093/jeea/jvx028.

¹³⁰ Cavaco, S., D. Fougère, e J. Pouget. 2013. “Estimating the Effect of a Retraining Program on the Re-Employment Rate of Displaced Workers.” *Empirical Economics* 44 (1): 261–87. doi:10.1007/s00181-010-0391-6.

¹³¹ Veja, por exemplo, Morgandi, M. et al. 2020. “Enhancing Coverage and Cost-Effectiveness of Brazil’s Unemployment Protection System: Insights from International Experience.” Washington, DC: Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/35168>. O relatório apresenta um conjunto de recomendações sobre como melhorar o sistema de seguro-desemprego, incluindo a adaptação das condições de acesso, generosidade de benefícios e responsabilidades conjunta pelas melhores práticas e implementação de algumas políticas complementares para estender a proteção aos desempregados excluídos, como instrumentos de poupança.

¹³² Bowen, T. et al. 2020. *Adaptive Social Protection: Building Resilience to Shocks*. Washington, DC: Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/33785>.

¹³³ Banco Mundial. 2021. “Stress Testing Social Protection: A Rapid Appraisal of the Adaptability of Social Protection Systems and Their Readiness to Scale-Up.” A Guide for Practitioners, Version 1. Washington, DC: Banco Mundial. <https://blogs.worldbank.org/voices/preparing-today-tomorrow-stress-testing-social-protection-systems>. O teste fornece uma rápida avaliação da capacidade adaptativa de um sistema de proteção social em resposta a um choque. Ele examina políticas, acordos de coordenação, sistemas e instrumentos de entrega, pré- e pós-emergência.

A proteção social pode apoiar a mitigação das mudanças climáticas por meio de programas com foco na redução do desmatamento ou na restauração dos ecossistemas. A proteção social pode apoiar os esforços de combate ao desmatamento por meio de pagamentos por serviços ambientais (PSA) ou programas de obras públicas. Programas de PSA, como o extinto programa Bolsa Verde ou o programa Bolsa Floresta existente no estado do Amazonas, podem servir como importantes intervenções de proteção social para as comunidades florestais.

A educação formal também pode desempenhar um papel essencial na resposta a crises climáticas. O setor de educação pode desempenhar um papel importante na mudança de comportamentos e normas sociais em favor de comportamentos mais resilientes e de menos desperdício.¹³⁴ Isso requer o fortalecimento dos currículos e da formação de professores, com a inclusão de conhecimento e considerações ambientais, bem como de informações básicas sobre perigos, riscos e comportamento. O sistema educacional também precisa levar em conta a adaptação às mudanças climáticas e o desenvolvimento de baixo carbono, o que exigirá uma força de trabalho com uma formação básica sólida, além de competências profissionais avançadas.

¹³⁴ Iniciativas emergentes em municípios como São Paulo poderiam ser replicadas.

4. Três Importantes Políticas e Investimentos Setoriais para Alinhar Desenvolvimento e Ações Climáticas

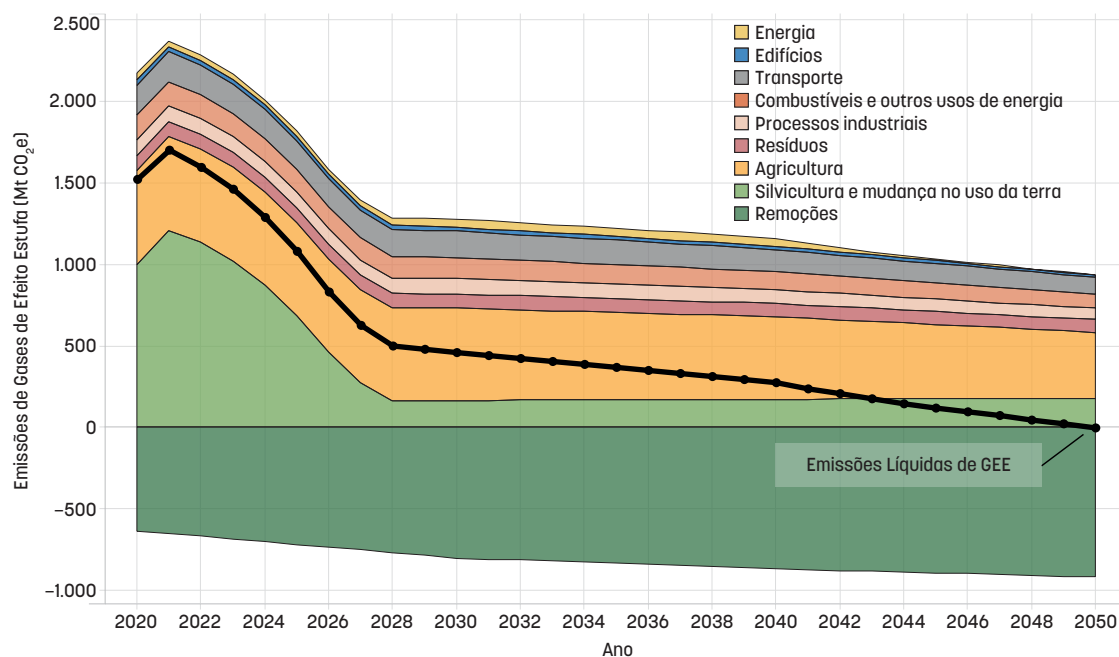
Principais Mensagens

- Medidas de monitoramento e fiscalização de custo relativamente baixo para impedir o desmatamento ilegal (de acordo com o Código Florestal) e aumentar as remoções de carbono terrestres e florestais podem reduzir significativamente as emissões. Medidas complementares serão igualmente necessárias para promover a agricultura inteligente em termos climáticos, aumentar a produtividade agropecuária e promover o crescimento diversificado e inclusivo nas zonas rurais por meio de atividades econômicas baseadas nas florestas.
 - O Brasil está bem-posicionado para criar um sistema de energia resiliente e sem carbono, que possa sustentar a descarbonização de setores que têm mais dificuldade para reduzir, por meio da eletrificação e da transição para combustíveis sem carbono, tais como o hidrogênio verde. No setor de transportes, investimentos e regulamentação destinados a aumentar a eficiência energética e a eletrificação, e para reduzir a utilização de automóveis com a melhoria do transporte público, são fundamentais.
 - Ganhos econômicos poderiam ser gerados com o aumento da resiliência de novos ativos e investimentos, especialmente em infraestrutura. Reformas difíceis, do ponto de vista político, relacionadas a subsídios, impostos e políticas nos setores de agricultura/fundiários e de energia são fundamentais para evitar que o Brasil perca sua vantagem inicial na descarbonização da economia.
-

Para atingir seus objetivos climáticos e zerar as emissões líquidas até 2050, o Brasil não pode contar exclusivamente com mudanças estruturais e medidas econômicas: precisará priorizar também intervenções direcionadas aos setores. Embora o Brasil possa se beneficiar de uma transição resiliente e de baixo carbono, vários obstáculos se interpõem no caminho. Eles incluem políticas setoriais que distorcem os incentivos (por exemplo, na agricultura, terra e energia), a falta de regulações importantes (por exemplo, relacionadas à eletromobilidade) e o fato de que algumas ações geram bens públicos, mas não retornos diretos para os que fazem os investimentos.

Esta seção avalia mais profundamente três áreas em que as intervenções poderiam ter benefícios particularmente expressivos, em termos de emissões de GEE, exposição a risco climático e crescimento inclusivo. A primeira é conter o desmatamento e aumentar a gestão da paisagem com base no clima (seção 4.1). A segunda é a transição para energia, infraestrutura e transporte mais “verdes” e resilientes para indústrias e setores de transformação (seção 4.2). A terceira é possibilitar cidades resilientes e de baixo carbono (seção 4.3). Para criar uma âncora comum para essas três avaliações, a análise do CCDR inclui um caminho ilustrativo para zerar as emissões líquidas até 2050 (figura 10). Este não é o único caminho compatível com a meta de mitigação de longo prazo do Brasil, mas destaca os papéis potenciais de diferentes setores e é usado para discutir viabilidade, desafios, custos, benefícios e opções de políticas públicas.

FIGURA 10. Emissões e remoções de GEE do Brasil, por setor, 2020–2050



Fonte: Análises realizadas pelo Banco Mundial para o CCDR.

O caminho ilustrativo para o desenvolvimento mais resiliente e de baixo carbono analisado no CCDR visa zerar as emissões líquidas até 2050 com uma combinação de alguns elementos-chave:

- » **Remoção de carbono da atmosfera por meio de mudança no uso do solo:** plantações e sistemas integrados de manejo da terra, plantio direto, recuperação de pastagens degradadas, áreas protegidas e terras indígenas, restauração de florestas nativas e florestas secundárias.
- » **Desmatamento líquido zero,** consistente com a promessa do Brasil de zerar o desmatamento ilegal até 2028 e zerar as emissões líquidas até 2050. Presume-se que o desmatamento legal permaneça constante,¹³⁵ e a destinação de áreas protegidas deve aumentar até 2030 e posteriormente permanecer constante. Entre 2030 e 2050, a redução das emissões provenientes do uso do solo e das florestas segue a estimativa de potencial de mitigação com eficiência de custo.
- » **Agricultura mais produtiva, com desmatamento muito limitado:** O crescimento da produção agrícola após 2028 acontece principalmente por meio de ganhos de produtividade em terras já desmatadas e em áreas disponíveis para o desmatamento legal segundo o Código Florestal (ou seja, terras particulares registradas no Cadastro Ambiental Rural e não destinadas como Área de Preservação Permanente ou Reserva Florestal Legal).
- » **Um setor de energia totalmente descarbonizado, com 99% de energias renováveis e 1% de energia nuclear,** além do novo fornecimento de hidrogênio verde, permitirá que outros setores, como transporte e indústria, se descarbonizem por meio de eletrificação e mudança de combustível. Pressume-se que a descarbonização de sistemas de energia de autogeração e isolados siga, de modo geral, o mesmo caminho que a rede nacional.
- » **Reduções de emissões em todos os setores, por meio da eletrificação, mudança de combustível e troca de modais:** As emissões dos transportes também são reduzidas por meio da troca de modais do transporte de carga rodoviário para o ferroviário e fluvial/marítimo, e do uso de veículos particulares

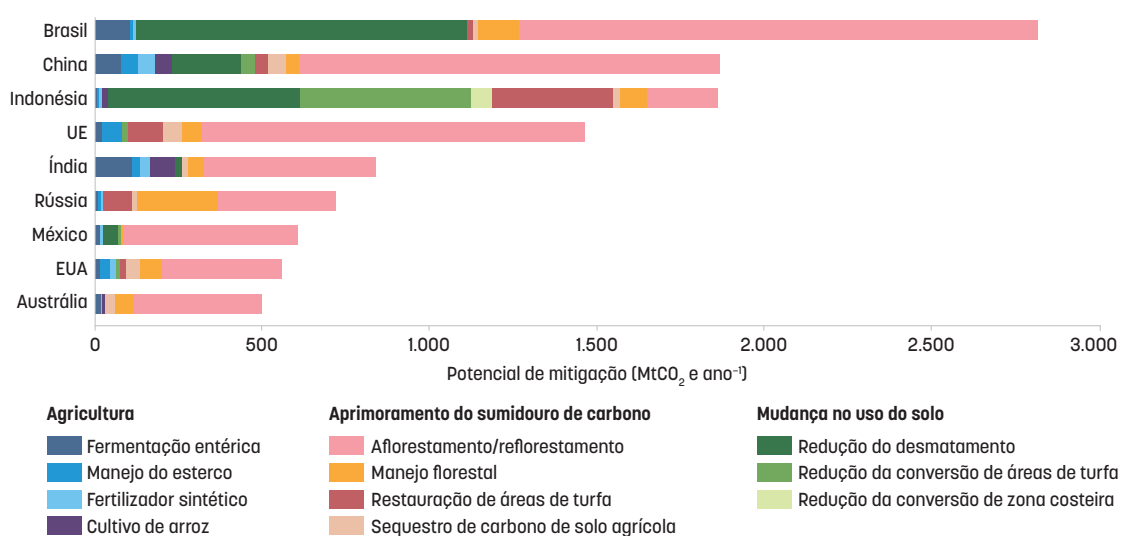
¹³⁵Embora, sem o desmatamento ilegal, a busca por meios legais para limpar a terra deva aumentar, o estoque de terras legalmente limpas está prestes a se esgotar. Supomos que, no longo prazo, o efeito líquido será neutro.

para o transporte público nas zonas urbanas. As premissas do Ministério da Ciência e Tecnologia para as reduções nas emissões de 2020 a 2050 foram usadas para resíduos (16%), uso de energia na indústria e na agricultura (10% a 20%), produção de combustíveis (23,5%), construção (50%) e emissões fugitivas (90%); pressupõe-se que as emissões de combustíveis de navegação se mantenham constantes.

4.1. Reduzir o desmatamento ilegal e aumentar a produtividade agrícola

O Brasil pode frear o desmatamento ilegal até 2028, conforme compromisso assumido na COP26, e se beneficiar da redução de emissões de GEE a um custo gerenciável. Um estudo de 2021 constatou que o Brasil tem o maior potencial total de mitigação com eficiência de custo a partir de medidas baseadas na terra do que qualquer outro país, $1,7 \pm 0,5 \text{ GtCO}_2\text{e}$ ao ano.¹³⁶ A maior parte desse potencial está na proteção das florestas (figura 11). A maior parte do desmatamento no Brasil já é considerada ilegal (de acordo com o Código Florestal de 2012); portanto, cumprir o compromisso de 2028 por si só causaria um grande impacto. De acordo com o Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)¹³⁷ de 2004 e outras políticas de proteção ambiental, e durante o *boom* das *commodities* de 2004 a 2012, o Brasil reduziu o desmatamento na Amazônia em cerca de 80%,¹³⁸ o que resultou em uma redução de 65% nas emissões do Brasil decorrentes da mudança no uso do solo. Desde então, essa tendência tem se revertido devido ao enfraquecimento da implementação do Código Florestal, à desvalorização de instituições envolvidas no monitoramento florestal e na aplicação das leis florestais, às mudanças na lei fundiária,¹³⁹ à continuação dos subsídios que motivam a pecuária extensiva e a um ambiente macroeconômico menos favorável.

FIGURA 11. Potencial para reduzir as emissões: uma amostra comparativa



Fonte: Baseado em Roe e outros (2021).¹⁴⁰

¹³⁶ Roe, S. et al. 2021. "Land-Based Measures to Mitigate Climate Change: Potential and Feasibility by Country." *Global Change Biology* 27 (23): 6025–58. doi:10.1111/gcb.15873.

¹³⁷ O PPCDAm foi renovado diversas vezes, e um plano foi desenvolvido para o Cerrado. Para uma visão geral das metas-chaves e links para as versões diferentes do plano, veja <https://climate-laws.org/geographies/brazil/policies/plan-to-control-illegal-deforestation-and-recovery-of-native-vegetation-ppcdam-and-ppcerrado>.

¹³⁸ West, T.A.P., e P.M. Fearnside. 2021. "Brazil's Conservation Reform and the Reduction of Deforestation in Amazonia." *Land Use Policy* 100 (January): 105072. doi:10.1016/j.landusepol.2020.105072.

¹³⁹ Sant'Anna, A.A., e L. Costa. 2019. "Bailing out Environmental Liabilities: Moral Hazard and Deforestation in the Brazilian Amazon." LACEA Working Paper No. 0031. Latin American and Caribbean Economic Association. http://vox.lacea.org/?q=wps/bailing_environmental_liabilities.

¹⁴⁰ Roe et al. 2021. "Land-Based Measures to Mitigate Climate Change: Potential and Feasibility by Country."

A exploração ilegal de madeira, a agricultura (incluindo a pecuária) e a grilagem, em resposta à fraca aplicação da lei, governança fundiária deficiente e os fatores macroeconômicos (demanda e preço das commodities, taxas de câmbio) foram identificados como impulsionadores do desmatamento.

A apropriação ilegal de terras para expansão da pecuária e especulação fundiária, entre outras coisas, é um importante motivador do desmatamento nos biomas da Amazônia¹⁴¹ e do Cerrado.¹⁴² Entre as razões subjacentes para essas atividades, encontram-se a cobrança limitada de multas,¹⁴³ o enfraquecimento do monitoramento e da fiscalização e a possibilidade que alterações do Código Florestal possam resultar na legitimação do desmatamento ilegal e na concessão de direitos de posse formal da área. Nessas circunstâncias, os benefícios esperados do uso do solo¹⁴⁴ e os lucros de curto prazo com a venda de madeira superam os custos esperados.

O desmatamento ilegal ocorre mais frequentemente em terras sem destinação de uso.¹⁴⁵ Em julho de 2017, a nova lei de regularização fundiária (Lei nº 13.465) estabeleceu um processo pelo qual os que tivessem ocupado terras públicas sem destinação de uso antes de 2011 (que era crime segundo uma lei federal de 1966) poderiam receber a posse formal da terra. Segundo a lei, o Governo poderia aprovar sua reivindicação, e os compradores teriam que pagar ao Governo o valor da terra nua (VTN). Muitas vezes, o VTN cobrado em algumas áreas chegava a ser até 82% mais baixo do que o preço de mercado.¹⁴⁶ Em 2019, 32.490 lotes foram processados para concessão de títulos fundiários a seus ocupantes, representando 8,6 milhões de hectares na Amazônia brasileira.¹⁴⁷ A nova lei efetivamente incentiva a derrubada de florestas nativas para aquisição de direitos fundiários, uma prática histórica. Continuar a permitir a grilagem significa desacelerar a demarcação de terras indígenas e a criação de unidades de conservação — atividades que ajudam a conter o desmatamento ilegal e também beneficiam povos indígenas e comunidades locais.

Subsídios, políticas de crédito rural e a estrutura do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) são incentivos adicionais para desmatar terras para a agricultura. O Plano Safra, o principal programa de crédito subsidiado, apoia a atividade pecuária nos estados menos desenvolvidos da Amazônia Legal e a produção agrícola nos estados mais avançados. Desde 2008, para ter acesso a essa fonte de crédito subsidiado é exigida a titularidade fundiária. Em 2021–2022, do orçamento no valor de R\$ 244 bilhões (US\$ 48,8 bilhões) do Plano Safra, apenas R\$ 5 bilhões (US\$ 1 bilhão) foram destinados ao programa ABC,¹⁴⁸ o que explica em parte porque o crédito não está resultando na intensificação da agricultura. Além disso, incentivos fiscais para a agricultura aumentaram de 8,93% do total em 2006 para 12,01% em 2021. O Instituto Escolhas estimou que a indústria de carne bovina recebeu R\$ 123 bilhões (US\$ 24,6 bilhões) em subsídios entre 2008 e 2017.¹⁴⁹ Ao mesmo tempo, a estrutura do ITR,¹⁵⁰ um imposto progressivo sobre a propriedade rural vinculado à produtividade da terra, que pode ser legalmente usada para a

¹⁴¹ Brito, Brenda et al. 2019. "Stimulus for Land Grabbing and Deforestation in the Brazilian Amazon." *Environmental Research Letters* 14 (6): 064018. doi:10.1088/1748-9326/ab1e24.

¹⁴² Schneider, M., A.A. Biedzicki de Marques, e C.A. Peres. 2021. "Brazil's Next Deforestation Frontiers." *Tropical Conservation Science* 14 (January): 19400829211020470. doi:10.1177/19400829211020472.

¹⁴³ West, T.A.P., e P.M. Fearnside. 2021. "Brazil's Conservation Reform and the Reduction of Deforestation in Amazonia." *Land Use Policy* 100 (January): 105072. doi:10.1016/j.landusepol.2020.105072.

¹⁴⁴ Assunção, J., C. Gandour, e R. Rocha. 2015. "Deforestation Slowdown in the Brazilian Amazon: Prices or Policies?" *Environment and Development Economics* 20 (6): 697–722. doi:10.1017/S1355770X15000078.

¹⁴⁵ São terras que não são designadas como unidades de conservação, terras/territórios indígenas, terras privadas ou assentamentos rurais em nível federal, estadual ou municipal.

¹⁴⁶ Brito, B. et al. 2021. "10 Essential Facts About Land Tenure Regularization in the Brazilian Amazon." Belém: Imazon. <https://imazon.org.br/publicacoes/10-essencial-facts-about-land-tenure-regularization-in-the-brazilian-amazon-2/>.

¹⁴⁷ Brito et al. (2019) estimaram, usando um preço médio do mercado de terras de 2016 por município e os quatro cenários para pagar o VTN, que, ao usar um VTN significativamente menor do que o preço de mercado, o governo deixou de arrecadar entre \$ 5 bilhões e \$ 8 bilhões. Veja Brenda Brito et al. 2019. "Stimulus for Land Grabbing and Deforestation in the Brazilian Amazon".

¹⁴⁸ O programa ABC faz parte de uma estratégia nacional para reduzir as emissões de GEE pelo setor agrícola. No cerne do Plano ABC está uma nova linha de crédito rural a juros baixos para financiar a implementação de práticas agrícolas ou tecnologias, que provavelmente contribuirão para a mitigação e/ou adaptação às mudanças climáticas. O programa está organizado em seis eixos: i) recuperação de pastagens degradadas; ii) integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais; iii) sistema de plantio direto; iv) fixação de nitrogênio biológico; v) silvicultura; e vi) tratamento de resíduos animais. Além disso, o plano propõe ações específicas para adaptação às mudanças climáticas.

¹⁴⁹ Leitão, S. et al. 2020. "Do Pasto ao Prato: Subsídios e Pegada Ambiental da Carne Bovina." São Paulo: Instituto Escolhas. <https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/2020/07/Do-pasto-ao-prato-subsidios-e-pegada-ambiental-da-cadeia-da-carne-SUM%C3%81RIO-EXECUTIVO2.pdf>.

¹⁵⁰ O ITR visa aumentar a receita e a produtividade fundiária. O imposto incide progressivamente em alíquotas que variam de 0,03% a 20%, e é baseado na área e no valor da terra, bem como na área produtiva como um percentual da área total.

agricultura, tornou a pecuária extensiva compatível com uma faixa mais baixa do ITR.¹⁵¹ Isto é possível porque as tabelas de produtividade usadas para determinar o valor do ITR não foram atualizadas para promover o crescimento da produtividade. Além disso, a probabilidade de o produtor ser penalizado pelo desmatamento ilegal é baixa.

O desmatamento zero pode ser alcançado sem comprometer o desenvolvimento

O Brasil poderia cumprir seu compromisso de zerar o desmatamento ilegal até 2028 e zerar o desmatamento líquido até 2050 sem comprometer o desenvolvimento. Uma análise, feita especialmente para este CCDR, usando a Plataforma Integrada de Modelagem Econômico-Ambiental (IEEM), mostra que o Brasil pode cumprir seus compromissos climáticos com impacto positivo no PIB, nas receitas de exportação, na riqueza e nos ganhos sociais. Isso exigiria uma combinação da aplicação efetiva da legislação florestal e governança florestal (cenário NZD), com o desenvolvimento de atividades econômicas baseadas na terra, incluindo atividades econômicas baseadas na floresta, e aumento da produtividade agrícola na Amazônia (cenário DEA). A tabela 2 apresenta os resultados da modelagem, que internalizam a contribuição dos serviços ecossistêmicos para a economia.¹⁵²

TABELA 2. Impacto econômico da contenção do desmatamento, com e sem medidas complementares para mitigar compensações (internalização do impacto dos serviços ecossistêmicos na economia)

	NZD	DEA	NZD + DEA Combinados
Impactos econômicos acumulados (até 2050) em R\$ bilhão (diferença do BAU)			
PIB	-92,24	498,18	472,78
Poupança genuína	1860,39	574,37	1990,29
Consumo privado	-105,25	455,88	415,66
Investimento privado	-15,38	33,49	27,84
Exportações	-62,66	200,33	164,43
Importações	-36,72	232,74	220,54
Impactos do uso da terra (milhões de hectares)			
Floresta nativa	16,58	4,11	16,00
Lavoura	-3,68	1,36	-1,43
Pecuária	-12,90	-2,21	-11,31

Fonte: Análise feita para o CCDR por Banerjee et al. (2022).¹⁵³

Observação: A poupança genuína é estimada como a poupança nacional bruta, reduzida pela depreciação do estoque de capital, pelo esgotamento dos estoques florestais e minerais e pelos custos dos danos das emissões de GEE.

Várias medidas importantes para reduzir as emissões de GEE também aumentariam a resiliência às mudanças climáticas. Conter o desmatamento nos dois principais ecossistemas brasileiros — os biomas da Amazônia e do Cerrado — reduziria os riscos climáticos para a agricultura, a geração de eletricidade (hidrelétrica), o abastecimento de água interno e o setor financeiro. Para o setor agrícola, a perda de vegetação nativa na Amazônia e no Cerrado tem implicações para a erosão, temperatura e precipitação. Um estudo recente estimou que, em 2012, o calor extremo devido à perda de vegetação nativa custou à indústria da soja US\$ 99 por hectare em perda de receita (em dólares, 2005).¹⁵⁴ O estudo também projetou

¹⁵¹ Hanusch, ed. 2022. Equilíbrio Delicado para a Amazônia Legal Brasileira: Um Memorando Econômico. International Development in Focus. Washington, DC: Banco Mundial. Citing IPAM 2016.

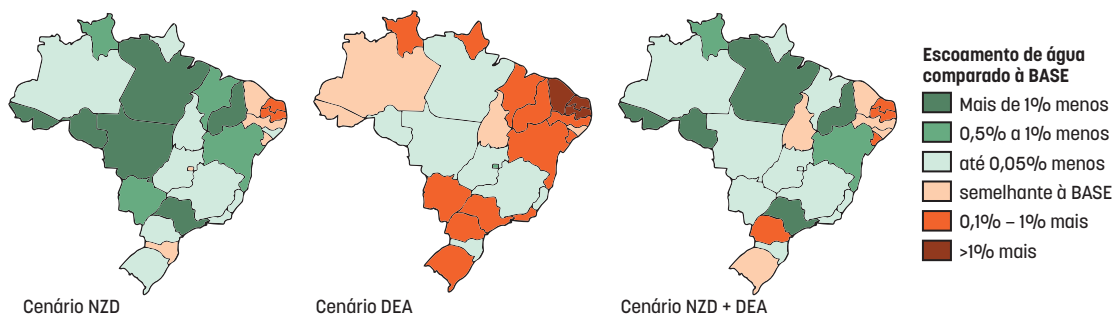
¹⁵² O modelo de equilíbrio geral usado para a análise foi implementado usando cenários diferentes. Para alguns dos cenários, supõe-se que o desmatamento é exógeno, a fim de conseguir zerar o desmatamento ilegal no prazo assumido pelo governo brasileiro.

¹⁵³ Banerjee, O. et al. 2022. "Synergies and Trade-offs Between Policies for Reducing Deforestation in Brazil." A Contribution to the World Bank's Country Climate and Development Report for Brazil. Mimeo

¹⁵⁴ Flach, R. et al. 2021. "Conserving the Cerrado and Amazon Biomes of Brazil Protects the Soy Economy from Damaging Warming." World Development 146 (October): 105582. doi:10.1016/j.worlddev.2021.105582.

que, até 2050, o valor de regulação da calor extremo proporcionado à indústria da soja pela vegetação nativa poderia crescer de 25% a 95%. A modelagem para este relatório sugere efeitos igualmente expressivos para o escoamento de água, conforme ilustrado pelos mapas na figura 12.

FIGURA 12. Implicações para o escoamento de água com a contenção do desmatamento em relação ao cenário *business as usual* (BASE)



Fonte: Análise feita para o CCDR por Banerjee e outros (2022).¹⁵⁵

Será necessária uma combinação de políticas

Análises demonstraram que políticas setoriais robustas que reforçam a aplicação do código florestal e promovem a conservação desempenham um papel fundamental na redução do desmatamento. Uma combinação de políticas é necessária por que a eficácia de uma medida pode depender da presença de outras, tais como melhorar a aplicação da lei com recursos adequados para o monitoramento de florestas por satélite (por exemplo, o monitoramento via satélite do desmatamento e alertas sobre mudanças na cobertura florestal com o PRODES¹⁵⁶ e DETER¹⁵⁷, respectivamente) e os órgãos de fiscalização, acabar com a interferência dos grupos de interesse e eliminar incertezas relativas a mudanças nas leis. Pode ser ainda mais eficaz, se complementada por listas de municípios prioritários, que inclui os municípios com as taxas mais altas de desmatamento no bioma amazônico, e a destinação de áreas de uso sustentável e territórios indígenas. As análises realizadas para o CCDR constataram que, entre 2000 e 2020, a lista de municípios prioritários foi mais eficaz quando combinada com áreas protegidas e iniciativas do setor privado (por exemplo, a moratória da soja).

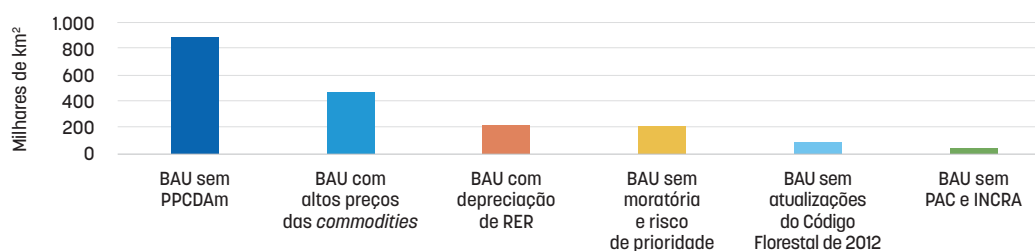
A capacidade da combinação de políticas setoriais para conter o desmatamento pode ser reforçada com determinadas condições macroeconômicas. Uma análise econométrica feita para o CCDR identifica os impactos de políticas setoriais — como a moratória de *commodities* agrícolas e o PPCDAm — e o efeito de variáveis macroeconômicas (preços das *commodities*, taxas de câmbio) sobre o desmatamento total na Amazônia Legal (figura 13). Modelos de políticas que controlam influências com variação de tempo sobre o desmatamento (como preços, taxas de câmbio, etc.) estimaram qual teria sido o desmatamento na ausência de diferentes políticas e condições macroeconômicas. Por exemplo, o desmatamento teria sido mais alto em mais de 800 mil quilômetros quadrados sem o PPCDAm, e em mais 400 mil quilômetros quadrados com preços de *commodities* mais altos. A análise mostra o impacto significativo dos fatores macroeconômicos, mas também o papel fundamental das políticas setoriais, e de sua implementação e aplicação.

¹⁵⁵ Banerjee, O. et al. 2022. "Synergies and Trade-offs Between Policies for Reducing Deforestation in Brazil." Uma contribuição para o Relatório sobre Clima e Desenvolvimento para o País - Brasil - do Banco Mundial. Mimeo.

¹⁵⁶ O projeto PRODES realiza o monitoramento por satélite do desmatamento na Amazônia Legal e produz, desde 1988, taxas anuais de desmatamento na região, que são usadas pelo governo brasileiro para estabelecer políticas públicas.

¹⁵⁷ O DETER é um levantamento rápido dos alertas de evidências de mudanças na cobertura florestal da Amazônia, realizado pelo INPE. O DETER foi desenvolvido como um sistema de alerta para apoiar a vigilância e o controle do desmatamento, realizado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e outros órgãos ligados a esse tema.

FIGURA 13. Diferença no desmatamento total na Amazônia Legal, considerando políticas diferentes e cenários macroeconômicos contrafactuais no período 2000–2020



Fonte: Análise realizada para o CCDR por Cavaglia-Harris et al. (2022).¹⁵⁸

Observação: A análise simula o desmatamento em um cenário BAU e uma série de cenários contrafactuais, em que determinadas políticas não foram implementadas ou variáveis macroeconômicas assumem valores diferentes

Combater a grilagem será fundamental

O mapeamento de terras públicas sem título de propriedade, a modernização do sistema de registro fundiário e a atualização do imposto fundiário poderiam ajudar a reduzir a grilagem. O mapeamento de terras públicas sem título de propriedade forneceria ao Governo dados espaciais que podem facilitar a destinação de terras públicas como áreas protegidas (incluindo terras de uso sustentável e territórios indígenas). A regularização de reivindicações de terras particulares poderia, assim, ser decidida com base nessas informações. O mapeamento também ajudaria a determinar quais as terras públicas que poderiam ser destinadas para uso privado. As terras públicas destinadas para uso privado poderiam então ser vendidas para entidades privadas interessadas, de maneira compatível com as normas aplicáveis à venda de imóveis públicos. A modernização das práticas de registro, análise e validação fundiária seria uma importante ação complementar.¹⁵⁹ O apoio para acelerar a da validação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) reforçaria esse trabalho. Este último permitiria o uso de incentivos e instrumentos do Código Florestal em vigor, incluindo o mecanismo de negociação de Cotas de Reservas Ambientais (CRAs). As CRAs permitem que os proprietários de terras compensem suas obrigações de recuperação de florestas pagando para proteger a vegetação nativa em outros locais, inclusive em outras propriedades privadas em que o proprietário tenha mantido uma extensão maior de área florestal nativa dentro das Reservas Legais do que o exigido pelo Código Florestal de 2012.¹⁶⁰ Outra medida complementar fundamental é alterar os parâmetros do imposto sobre a propriedade territorial rural (ITR). Este poderia recompensar a adoção de boas práticas e o uso eficiente de áreas que possam ser cultivadas ou usadas para pasto, ajudando a reduzir o desmatamento ilegal.

O aumento da produtividade na agricultura aumentará a resiliência e reduzirá as emissões de GEE

Fortalecer a resiliência agrícola também será importante para reduzir a exposição a riscos climáticos e aumentar a produtividade. O setor agrícola brasileiro perde, em média, o equivalente a 1% de seu valor de produção anual bruto devido a eventos climáticos extremos.¹⁶¹ Ampliar a agricultura irrigada para além da área atual de 8,2 milhões de hectares,¹⁶² de maneira a reconhecer as diferenças regionais, também poderia aumentar a produtividade. A agricultura irrigada é, em média, 2,51% mais eficiente se comparada às culturas que dependem da chuva. Expandir a irrigação implica altos custos de investimento, mas também oferece resiliência à precipitação variável. Sistemas de irrigação de precisão aumentariam a eficiência,

¹⁵⁸ Cavaglia-Harris, Jill, Katrina Mullan, Thales A. P. West. 2022. "Policy Mixes to Address Deforestation in the Brazilian Amazon." Documento de referência do CCDR do Brasil.

¹⁵⁹ Veja Stassart, J. et al. 2021. "Weak Land Governance, Fraud and Corruption: Fertile Ground for Land Grabbing." Transparency International. <https://comunidade.transparenciainternacional.org.br/land-grabbing>.

¹⁶⁰ Soares-Filho, B. et al. 2016. "Brazil's Market for Trading Forest Certificates." PLOS ONE 11 (4): e0152311. doi:10.1371/journal.pone.0152311.

¹⁶¹ Arias, D. et al. 2017. "Agricultural Market Insurance Development: Policy Note - Brazil." Policy Note. Washington, DC: Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/32203>.

¹⁶² ANA. 2021. "Atlas Irrigação 2021: Uso da Água na Agricultura Irrigada (2ª Edição)." Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1b19cbb4-10fa-4be4-96db-b3dcd8975db0>.

reduzindo a concorrência por recursos hídricos. Aumentar o uso de instrumentos de seguro sensíveis ao clima na agricultura pode catalisar a adoção dessas práticas. Os seguros para silvicultura e pecuária, que estão crescendo no Brasil, também podem ser úteis para estimular práticas que levem em consideração o clima.

A ampliação do Plano ABC+ em prol da agricultura de baixo carbono tem potencial considerável de reduzir as emissões de GEE nos setores AFOLU, mas melhores incentivos para os agricultores são necessários.¹⁶³ As projeções indicam que a implementação total do Plano ABC+ com vistas a alcançar as metas de NDC (cenário NDC) oferece a oportunidade de reduzir as emissões de GEE em 48% até 2030, em relação ao cenário *business as usual* (tabela 3). Possibilitar aos agricultores a adoção de mais práticas ABC+, no entanto, exigirá a reforma e o redirecionamento dos principais programas de crédito rural subsidiados no âmbito do Plano Safra, a fim de promover práticas associadas às metas de NDC, bem como apoiar os agricultores com o registro no CAR e a conformidade com o Código Florestal para facilitar seu acesso ao crédito rural. Assistência técnica e serviços de extensão eficazes também são importantes. A análise do Banco Mundial constatou que US\$ 1 de investimento público em treinamento e assistência técnica pode alavancar US\$ 8 em investimento privado dos agricultores em melhores práticas agrícolas e de restauração.¹⁶⁴

TABELA 3. Emissões de GEE (em MtCO₂e) com e sem o Plano ABC+

		2020	2030 (BAU)	2030 (ABC+)	Alteração		
Agricultura, silvicultura e outros usos do solo (AFOLU)	Agricultura	Pecuária	345	358	327	-32	-10%
		Sistemas de cultivo	145	159	154	-5	-3%
		Total	490	517	481	-36	
	Uso do solo, mudança no uso do solo e silvicultura (LULUCF)	Emissões brutas	926	928	680	-248	-36%
		Remoções	-497	-551	-700	-150	21%
Total		429	377	-21	-398		
Emissões líquidas		918	894	460	-434	-94%	

O aumento da produtividade da agricultura pode apoiar a criação de empregos qualificados ao longo das cadeias de valor.¹⁶⁵ Esses empregos têm sido criados em fazendas modernizadas e por meio de vínculos com indústrias que fornecem insumos para o setor agrícola, e com a logística associada à distribuição de *commodities* agrícolas. Os setores do agronegócio tornaram-se um importante empregador, especialmente nas cidades secundárias. Tal como acontece em outros setores, os programas de mercado de trabalho ativo, que proporcionam o treinamento necessário, serão importantes para que o Brasil aproveite as oportunidades da demanda de trabalho qualificado.

As medidas políticas devem ser adaptadas às variações regionais para apoiar uma transição justa

A implementação de uma série de medidas políticas para reduzir o desmatamento e aumentar o manejo de paisagens baseado no clima e a resiliência da agricultura terá de ser adaptada em todos e em cada um dos biomas. O bioma da Amazônia (que é maior que a União Europeia) apresenta uma ampla gama de realidades e desafios locais (por exemplo, acessibilidade, questões ecológicas e demográficas, capacidade institucional local). Em geral, no entanto, a implementação bem-sucedida exigirá a vinculação

¹⁶³ O Plano ABC+ é a próxima geração do Plano ABC. O plano ABC concentra-se atualmente em um menu limitado de soluções tecnológicas que abordam a vulnerabilidade climática de uma gama selecionada de agricultores e cadeias de valor.

¹⁶⁴ Pereira, O.J.R. et al. 2018. "Assessing Pasture Degradation in the Brazilian Cerrado Based on the Analysis of MODIS NDVI Time-Series." *Remote Sensing* 10 (11): 1761. doi:10.3390/rs10111761.

¹⁶⁵ Arias, D. et al. 2017. "Agriculture Productivity Growth in Brazil: Recent Trends and Future Prospects." *Brazil Productivity Growth Flagship Report*. Washington, DC: Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/29437>.

do monitoramento das florestas por satélite de alta resolução com medidas que penalizem atividades ilegais e recompensem o manejo resiliente e ambientalmente inteligente de ativos naturais. A implementação também exigirá uma vontade política forte e contínua, em nível nacional e subnacional, para pôr fim a atividades ilegais e levar a cabo reformas setoriais, de crédito e fiscais. Melhorar a participação do setor privado na criação de soluções de mercado para sistemas alimentares sustentáveis será fundamental para uma implementação eficaz. As poucas tentativas do governo de abordar questões ambientais motivaram o setor privado a encontrar suas próprias soluções e evitar riscos à sua reputação nos mercados globais. No futuro, será importante incentivar o setor privado para que se torne mais consciente em termos de clima e sustentabilidade.

Abordagens de manejo de paisagens e dos recursos naturais que reconhecem a interação entre todos os usos do solo e façam a coordenação entre os setores (por exemplo, abordagens para o manejo da paisagem) ajudariam a assegurar que as políticas e investimentos mantenham os benefícios ambientais. O Brasil tem experiência no manejo de paisagens inteligente em termos de clima no Cerrado a partir de investimentos coordenados por vários ministérios, embora em uma escala relativamente modesta. Esses investimentos apoiam práticas de manejo agrícola e florestal inteligentes em termos de clima (incluindo restauração florestal), expandindo o uso de sistemas de monitoramento em tempo real e fortalecendo a aplicação da lei. A ampliação desses investimentos exigirá o fortalecimento da governança local, planejamento e capacidade de gestão, e a melhoria da adoção e envolvimento das partes interessadas na governança e operacionalização do manejo da paisagem. As abordagens de manejo de paisagens envolvem baixos custos de capital e poderiam ser adaptadas e ampliadas tanto na Amazônia quanto no Cerrado.

Uma transição justa será imperativa, ao mesmo tempo em que aumentará a produtividade agrícola inteligente em relação ao clima e reduzirá o desmatamento ilegal, para evitar a criação de impactos negativos sobre o trabalho formal e informal. Ela poderia implicar o desenvolvimento de complementaridades entre os programas de proteção social e a formalização de empregos rurais. Além disso, poderia apoiar a diversificação das economias rurais com atividades econômicas florestais. Muitas das ações mencionadas para eliminar o desmatamento ilegal, combater a grilagem e melhorar a produtividade agrícola também apoiam atividades econômicas florestais, especialmente se complementadas com outras condições favoráveis de investimentos em concessões produtivas para bens e serviços florestais. Essas medidas conjuntas possibilitariam a atividade agroflorestal sub-bosque das reservas legais, a colheita de produtos florestais não madeireiros, a negociação de Cotas de Reservas Ambientais (CRAs), o emprego no ecoturismo e outras atividades econômicas com manejo sustentável de florestas em pé, gerando benefícios econômicos e equidade social. Essas atividades econômicas estariam alinhadas aos objetivos de zerar o desmatamento ilegal até 2028 e o desmatamento líquido até 2050,¹⁶⁶ e asseguram que oportunidades e benefícios econômicos sejam acessíveis às comunidades locais, promovendo o desenvolvimento inclusivo.¹⁶⁷

Os novos investimentos e os custos para conter o desmatamento ilegal, zerar o desmatamento líquido e aumentar a produtividade agrícola são relativamente modestos. Eles estão associados com a implementação da aplicação efetiva da legislação florestal e governança florestal e fundiária, o aumento da agricultura inteligente para o clima e a iniciação das atividades de remoção de carbono (ver detalhes no capítulo 5). A análise para este relatório usa o investimento de capital necessário até 2030, principalmente para a melhoria do uso do solo (por exemplo, restauração de áreas de florestas naturais, plantio de florestas e recuperação de áreas de pastagem) e apoio a biomassa e biocombustíveis de segunda geração. As receitas acumuladas, no entanto, excedem os custos, conforme constatações a partir de uma análise de equilíbrio parcial que concluiu que a diferença de produção entre os cenários NDC e BAU permanece positiva para a soja, o milho, a cana-de-açúcar e a carne bovina (esta última com a intensificação da atividade pecuária).

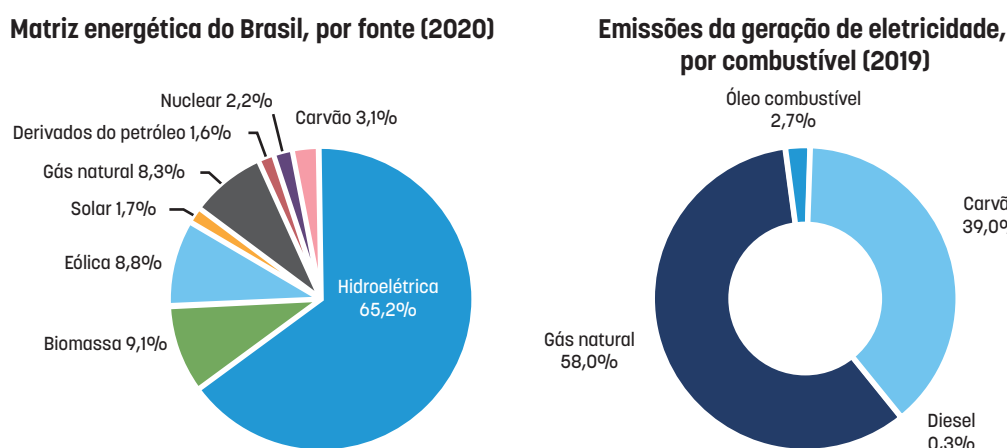
¹⁶⁶ Beraldo Souza, T. do V.S. et al. 2019. "Economic Impacts of Tourism in Protected Areas of Brazil." *Journal of Sustainable Tourism* 27 (6): 735–49. doi:10.1080/09669582.2017.1408633; Torres, C.M.M.E. et al. 2017. "Greenhouse Gas Emissions and Carbon Sequestration by Agroforestry Systems in Southeastern Brazil." *Scientific Reports* 7 (1): 16738. doi:10.1038/s41598-017-16821-4.

¹⁶⁷ As atividades econômicas florestais aqui sugeridas estariam alinhadas com a noção de que alguns especialistas e estudiosos estão promovendo uma bioeconomia amazônica que gerencie de forma sustentável as florestas em pé, promovendo a prosperidade econômica e a equidade social. Veja, por exemplo, Bergamo, D. et al. 2022. "The Amazon Bioeconomy: Beyond the Use of Forest Products." *Ecological Economics* 199 (September): 107448. doi:10.1016/j.ecolecon.2022.107448.

4.2. Sistemas de energia e transporte mais resilientes e de baixo carbono são possíveis

Os elementos do setor energético brasileiro oferecem ao país uma oportunidade única de descarbonização. As políticas e legislações sobre as mudanças climáticas do Brasil têm um histórico de promoção do aumento das energias renováveis. Medidas como leilões de eletricidade renovável variável (VER), subsídios fiscais e incentivos, como a redução de custos de interconexão levaram ao desenvolvimento de um setor energético relativamente de baixo carbono no Brasil (figura 14).¹⁶⁸ No entanto, políticas e legislações recentes, incluindo a lei que exige a instalação de 8 GW de nova capacidade térmica até 2030, diminuem as ambições climáticas do Brasil, colocando o país numa trajetória de aumento das emissões provenientes do setor energético. De acordo com o mais recente Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE, 2031),¹⁶⁹ espera-se que a energia renovável represente 48% da matriz energética brasileira em 2031, o que excede a meta original do país de 42% até 2030. Os combustíveis fósseis desempenham um papel menor com apenas 16,2 GW de capacidade de gás e 3,2 GW de capacidade de carvão (Anuário Estatístico EPE, 2022). No entanto, espera-se que algumas políticas e legislação recentes facilitem ainda mais a expansão de fontes renováveis e a modernização do setor elétrico, outras ameaçam reduzir a ambição climática do Brasil e colocam o país numa trajetória de aumento das emissões do setor de energia. Além disso, os subsídios para combustíveis fósseis são significativos, e as exceções e subsídios fiscais para o carvão foram recentemente prorrogados até 2040 pelo Congresso Nacional.¹⁷⁰

FIGURA 14. Visão geral da matriz energética e emissões de GEE do Brasil



Um sistema elétrico com emissões zero pode ser alcançado a um custo incremental insignificante

Uma análise de cenários efetuada para este relatório demonstra que Brasil poderia ter um setor elétrico com zero emissões (brutas) até 2050, a um custo incremental insignificante para o sistema elétrico, em comparação ao cenário *business as usual* (BAU).¹⁷¹ O sistema elétrico com zero emissões modelado (denominado ZPS) usaria 99% de energia renovável e 1% de energia nuclear (figura 15), e custaria

¹⁶⁸ <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>.

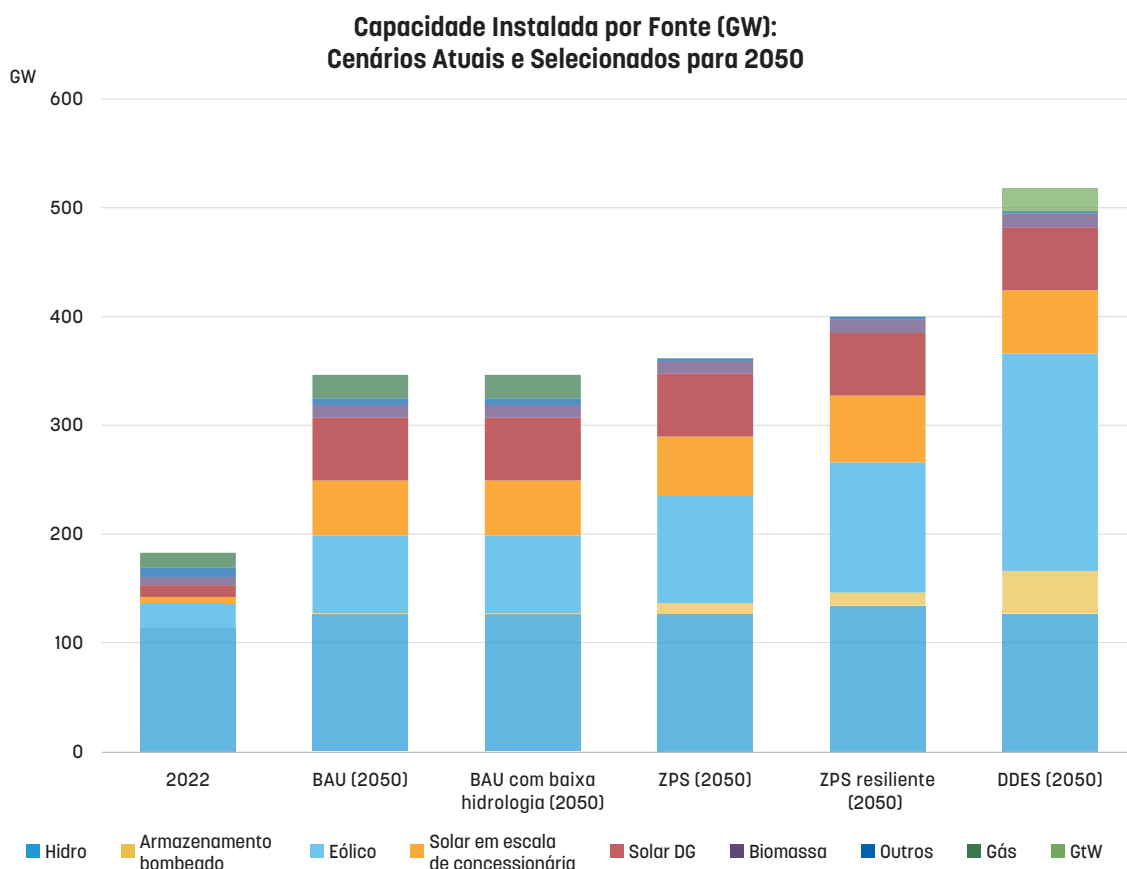
¹⁶⁹ <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>.

¹⁷⁰ Extensão de subsídios de carvão se enquadram na Lei nº Law 14.299/2022 (<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2022/lei-14299-5-janeiro-2022-792216-publicacaooriginal-164327-pl.html>); expansão e extensão de benefícios fiscais se enquadram no programa REPETRO (MP 795/2017 - <https://www.congressonacional.leg.br/materias/medidas-provisorias/-/mpv/130444>).

¹⁷¹ O trabalho foi feito por PSR. Os modelos utilizados foram o TimeSeries Lab para prever a disponibilidade de recursos, o OptGen para prever o planejamento do sistema de menor custo, e o SDDP para simular as operações do sistema e estimar os custos e emissões do setor.

R\$ 375 bilhões, em comparação a R\$ 374 bilhões para o cenário BAU (figura 16).¹⁷² Comparado com o BAU, o ZPS permite 4% a mais de capacidade instalada (361 GW em vez de 346 GW em 2050), com o acréscimo de 10 GW do armazenamento hidrelétrico bombeado até 2050, e um adicional de 9,9 GW de nova capacidade de transmissão. Projetar o ZPS para ser mais resiliente às mudanças climáticas e menos disponibilidade de água exige um aumento de 15% na capacidade do sistema (para 400 GW até 2050), mas a análise demonstra que os custos líquidos seriam menores do que com o sistema elétrico BAU, sob as mesmas condições de baixa hidrologia, devido a despesas operacionais mais baixas (R\$ 421 bilhões contra R\$ 431 bilhões).¹⁷³

FIGURA 15. Capacidade instalada (painel superior, GW) e geração (painel inferior, TWh) em 2020 e 2050, em cenários selecionados



¹⁷² O BAU pressupõe a continuidade das políticas existentes para apoiar o aumento da energia renovável variável, um nível conservador de eletrificação da economia, excluindo a penetração de hidrogênio verde, um nível moderado de resposta à demanda, influxos hidrológicos equivalentes a 100% da média de longo prazo (LTA), bem como a implementação dos 8 GW de expansão de energia a gás, nos termos da Lei nº 14.182, e prorrogação dos subsídios para geração de energia a carvão, nos termos da Lei nº 14.299, e baseia-se no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2031 (veja <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>).

¹⁷³ Para os fins desta análise, o cenário de hidrologia baixa pressupõe influxos hidrológicos a 80% do LTA.

Geração de energia por fonte (TWh): Cenários Atuais e Selecionados para 2050

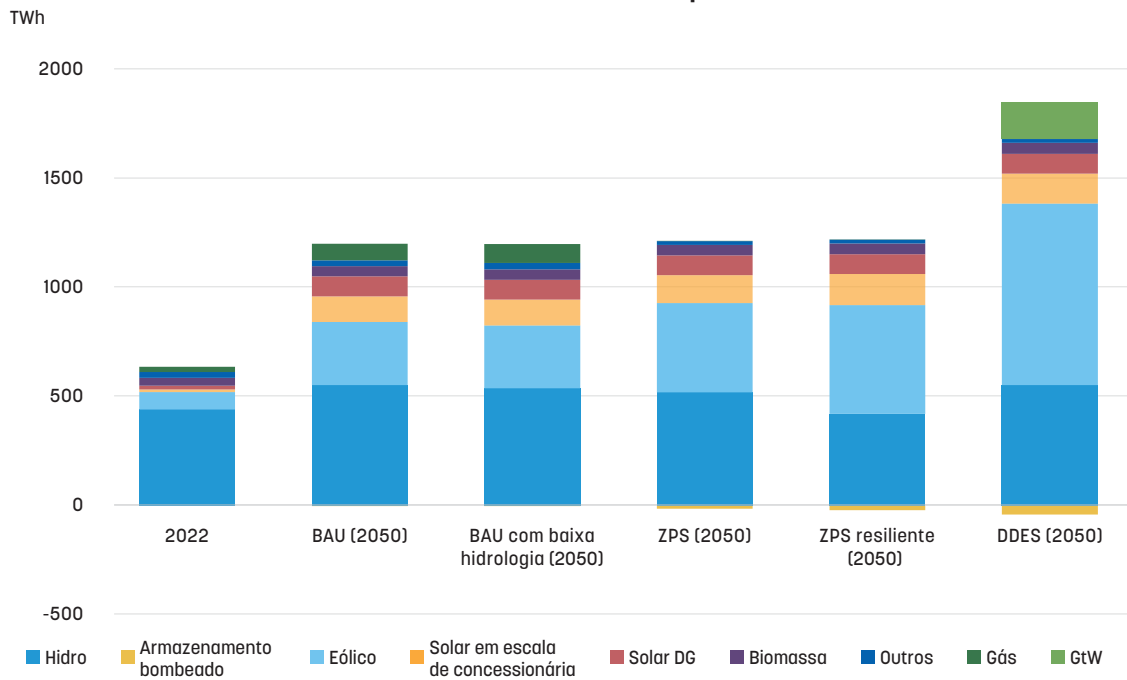
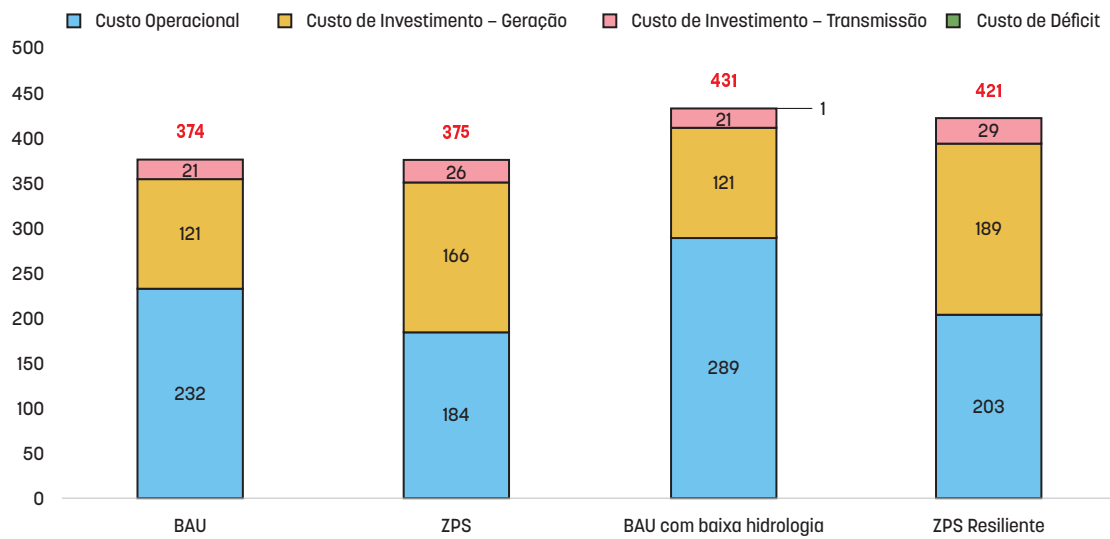


FIGURA 16. Custo líquido presente do sistema elétrico brasileiro em 2050, em diferentes cenários (R\$ bilhão)



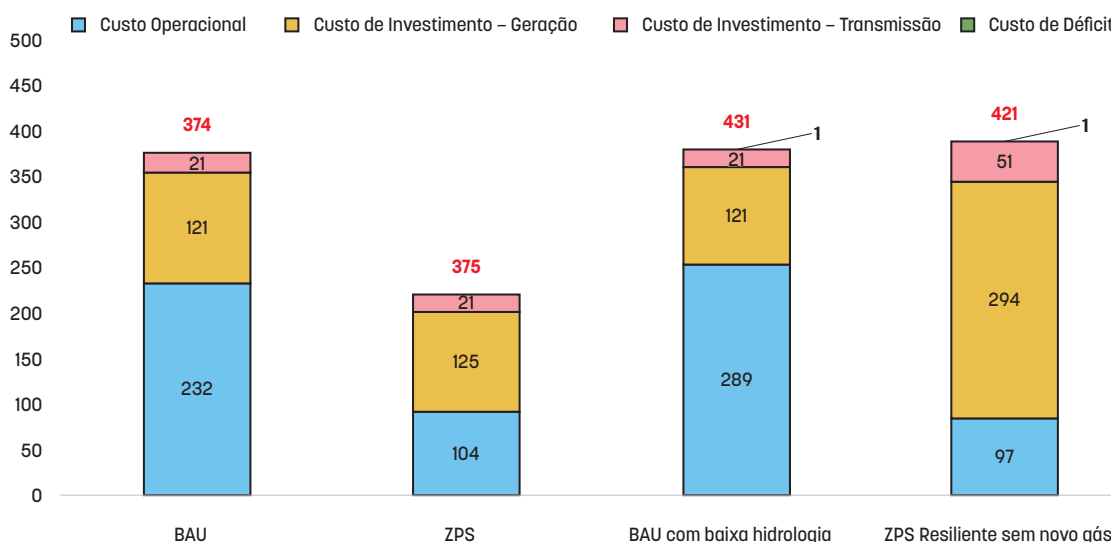
Fonte: Análise PSR para o Banco Mundial.

Os 8 GW adicionais de capacidade de gás não são necessários, mesmo com maior escassez de água

Os atuais planos de expansão térmica brasileiros acrescentariam custos significativos para o sistema elétrico e para a economia em geral. Renunciar os 8 GW adicionais de capacidade do gás representaria uma economia para Brasil de 20% em custos do sistema elétrico no cenário BAU (R\$ 250 bilhões contra R\$ 374 bilhões). A análise demonstra ainda que, em um cenário com disponibilidade reduzida de água, o custo líquido para tornar o ZPS tão resiliente sem os novos 8 GW de gás, adicionando mais capacidade e armazenamento de energia renovável, seria apenas 2,5% maior (R\$ 442 bilhões contra R\$ 431 bilhões);

ver figura 17). Isto mostra que o Brasil poderá, com eficiência de custo, construir a resiliência às mudanças climáticas sem adicionar os 8 GW de capacidade de gás inflexível. A capacidade adicional de gás também aumentaria significativamente o custo de alcançar o objetivo líquido zero do Brasil em 2050 por meio da imobilização de ativos (veja abaixo).

FIGURA 17. Custo ao valor presente líquido do sistema elétrico brasileiro, com e sem 8 GW de nova capacidade de gás (R\$ bilhão)



Fonte: Análise PSR para o Banco Mundial.

Um sistema de energia descarbonizado pode ajudar a descarbonizar outros setores e aumentar a competitividade brasileira

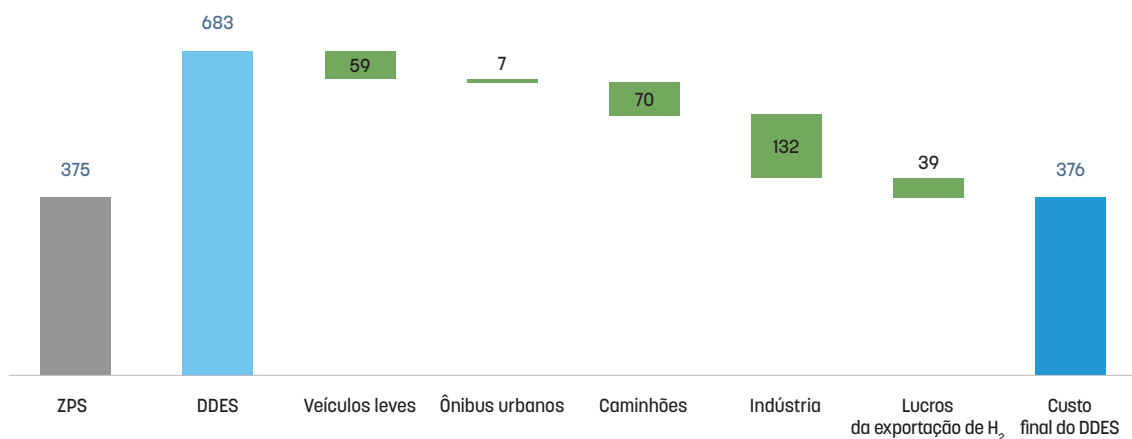
O sistema de energia brasileiro pode ser usado para descarbonizar de forma eficiente setores de transporte e indústria com maior dificuldade de redução. O cenário de descarbonização profunda do sistema de energia (DDES) pressupõe maior eletrificação de setores de uso final (como o transporte e a indústria) em comparação aos cenários BAU ou ZPS, bem como o uso de hidrogênio verde para comutação de combustível interna e de exportação.¹⁷⁴ O cenário DDES, portanto, considera o aumento da demanda de eletricidade comparado a outros cenários que pressupõe uma demanda constante. Esta mudança acelerada para a eletricidade não aumenta os custos energéticos em toda a economia, uma vez que a economia de combustível nos setores de transportes e da indústria, acrescida dos lucros com a exportação de hidrogênio verde, compensa o aumento dos custos de expansão do sistema elétrico (figura 18). Este cenário exigiria, no entanto, investimentos significativos na expansão do sistema e na introdução de tecnologias inovadoras, particularmente se projetadas para serem resilientes uma menor disponibilidade

¹⁷⁴ O modelo faz as seguintes suposições: 1) No setor de transporte: a participação de VEs no total de vendas de veículos leves aumentaria para 80% até 2050 (contra 70% no BAU), e a participação de ônibus elétricos aumentaria para 91% (contra 83% no BAU). As premissas seguem o relatório NEF da Bloomberg *Electric Vehicle Outlook 2021* para 2050, com uma redução de 10% para veículos leves, devido à estimativa de que o etanol ainda terá um papel importante como combustível no Brasil. 2) Na indústria, a participação da eletricidade no total de demanda de energia do setor aumenta para 35% (contra aproximadamente 20% no cenário BAU), em linha com as suposições no relatório da IEA *Net Zero by 2050*. 3) Além disso, supõem-se 2,5 Mt de consumo de hidrogênio verde para o setor de transportes (predominantemente por veículos pesados); 1,8 Mt para migração de combustível (aço, amônia, refinarias, indústrias de alto e médio calor e turbinas de ciclo combinado); e 1,38 Mt é assumido para exportação. Essas suposições são derivadas de uma redução conservadora de 40% e atraso de 10 anos, em comparação à avaliação recente da McKinsey do potencial de hidrogênio verde no Brasil. BloombergNEF. 2021. "Electric Vehicle Outlook 2021." Bloomberg New Energy Finance.

<https://about.bnef.com/blog/electric-vehicle-sales-set-to-rise-faster-than-ever-but-more-policy-action-needed-to-get-on-track-for-net-zero/>; IEA. 2021. "Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector"; Gurliit, W. et al. 2021. "Hidrogênio Verde: Uma Oportunidade de Geração de Riqueza com Sustentabilidade, para o Brasil e o Mundo." McKinsey & Company — Our Insights (blog). 25 de novembro de 2021. <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>.

hídrica. Espera-se que o crescimento do sistema elétrico atinja 726 GW de capacidade instalada, incluindo, entre outros, um enorme aumento de energia eólica *onshore* e *offshore*, armazenamento bombeado e capacidade de transmissão.

FIGURA 18. Custo ao valor presente líquido no cenário de descarbonização profunda do sistema elétrico (DDES) (R\$ bilhões)



Fonte: Análise PSR para o Banco Mundial.

O Brasil pode aproveitar as suas condições únicas para descarbonizar seu sistema elétrico a um custo econômico baixo, a fim de aumentar a segurança energética, a competitividade econômica e a inovação. O Brasil tem uma enorme vantagem para crescer e abrir novos mercados de exportação, particularmente para a Europa, que demandará cada vez mais e pagará um prêmio por *commodities* de baixo e zero carbono, em virtude de políticas como o Mecanismo Europeu de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM). O Brasil também pode aproveitar sua vantagem comparativa em tecnologias limpas para criar novos postos de trabalho, como a eólica *offshore*, em que ativos e competências da indústria de petróleo e gás *offshore* podem ser redistribuídos, apoiando uma transição justa e acelerando a curva de aprendizado tecnológico para a descarbonização.

Políticas públicas são cruciais para o Brasil descarbonizar seu sistema de energia

O Brasil promulgou recentemente um conjunto de leis e regulamentos que devem facilitar a ampliação da geração de energia renovável, inclusive a geração solar distribuída, eólica *offshore*,¹⁷⁵ e o recém-lançado Programa Nacional de Hidrogênio (PNH2). O país também está em processo de modernização de seu setor energético por meio de uma série de leis e regulamentos atualizados destinados a assegurar uma expansão sustentável e competitiva do sistema elétrico.

Reduzir o do apoio do governo à geração ineficiente e dispendiosa de energia à base de combustíveis fósseis é fundamental para melhorar a competitividade econômica e, ao mesmo tempo, diminuir as emissões. A indústria de petróleo e gás representa cerca de 13% do PIB do país e 50% do fornecimento interno de energia.¹⁷⁶ O Brasil planeja aumentar sua produção de petróleo a partir de suas grandes reservas de petróleo e gás associado do pré-sal em cerca de 80%, em relação aos níveis de 2021, de 2,9 milhões de barris por dia para cerca de 5,2 milhões de barris até 2030.¹⁷⁷ A produção de combustível foi responsável por 5% do total de emissões nacionais em 2019, a terceira maior participação no setor de energia.¹⁷⁸ É

¹⁷⁵ Em janeiro de 2022, o Congresso aprovou a Lei 14.300 para o desenvolvimento da geração distribuída, e o MME aprovou recentemente o Decreto 10.496, que prevê a cessão do uso de espaços físicos e a exploração de recursos naturais de empresas *offshore*.

¹⁷⁶ <https://www.perfilnews.com.br/participacao-do-setor-de-petroleo-e-gas-chega-a-13-do-pib-brasileiro/>.

¹⁷⁷ EPE e MME. 2022. "Plano Decenal de Expansão de Energia 2031".

¹⁷⁸ <https://plataforma.seeg.eco.br/sankey>. Os dados de 2018 foram selecionados para serem mais representativos (antes da Covid).

importante garantir que os planos para aumentar a extração de seus recursos de petróleo e gás *offshore* não resultem internamente no uso não econômico desses recursos, que aumentaria as emissões, gerando elevados custos de oportunidade. A estratégia do Brasil para extrair seus recursos de petróleo e gás natural também deve ser fundamentada em uma análise robusta das políticas e dos reforços institucionais necessários para garantir que as receitas associadas sejam utilizadas para maximizar seu impacto na redução da pobreza e no desenvolvimento econômico.¹⁷⁹ Este é um desafio que poucos países conseguem enfrentar com sucesso.¹⁸⁰

Medidas legais e regulatórias são necessárias para criar o ambiente propício para investimentos de curto prazo que possam deslocar o papel de equilíbrio do sistema que os combustíveis fósseis desempenham atualmente no sistema de energia. Com a supressão do apoio governamental a combustíveis fósseis, serão necessárias novas capacidades de geração e armazenamento de energia renovável para garantir a segurança do abastecimento. A modernização do setor elétrico será crucial para viabilizar essa transformação. A repotencialização e a reabilitação de ativos hidroelétricos são fundamentais para acompanhar o crescimento da demanda, tanto em termos de energia quanto de capacidade. Entretanto, muitos contratos de concessão expirarão nos próximos cinco anos, criando um desincentivo para o investimento. É crucial que o Brasil implemente normas para incentivar leilões de capacidade e novos instrumentos para serviços de sistema complementares. Essas medidas permitirão uma distribuição mais otimizada dos recursos hidrelétricos e novos investimentos em armazenamento. Além disso, serão necessários novos instrumentos regulatórios, tais como contratos de resposta à demanda, para apoiar uma maior flexibilidade do sistema.

Novas políticas, normas e avanços tecnológicos são necessários para descarbonizar a indústria e os transportes, incentivando ao mesmo tempo a eficiência energética. O Brasil deve continuar a melhorar o ambiente favorável ao desenvolvimento de hidrogênio verde, inclusive fortalecendo a capacidade da agência reguladora (ANP) e adotando e implementando novos regulamentos federais. Também são necessárias alterações no marco regulatório do setor de distribuição de eletricidade, tais como o abandono dos regimes de limitação de preços e a migração para regimes de limitação de receita com incentivos para a eficiência energética em geral, bem como uma melhor concepção das tarifas de tempo de utilização. A ampliação da infraestrutura de medição avançada (AMI), incluindo o uso de medidores inteligentes, será necessária para permitir a eletrificação da economia. Espera-se que a energia eólica se torne a fonte dominante de geração de eletricidade no cenário resiliente do DDES, com o papel crescente e importante da energia eólica *offshore*; é necessária legislação complementar para iniciar investimentos *offshore* em larga escala pelo setor privado.

A energia hidrelétrica continua a ser a espinha dorsal do setor elétrico brasileiro, mas novas estratégias são necessárias para que ela possa apoiar a resiliência e a descarbonização. O Brasil deve se concentrar em aprimorar o manejo dos recursos hídricos e dos modelos setoriais para que possam captar de forma adequada os impactos esperados das mudanças climáticas. Garantir a segurança hídrica deve ser prioridade máxima, inclusive normas para estabelecer direitos hídricos claros e metodologias atualizadas para assegurar que os usos da água em todos os setores sejam adequados. Incentivos para aumentar os investimentos em armazenamento desempenharão um papel fundamental na mitigação dos riscos de seca para o sistema elétrico. Por fim, o papel potencial que a gestão orientada para a demanda (DSM) pode desempenhar para responder a períodos de escassez de energia deve ser mais bem estudado, e incentivos mais robustos devem ser colocados em prática para incentivar a participação em programas DSM (incluindo ajustes à tarifa por tempo de uso durante o período de “bandeira branca” para fornecer incentivos financeiros mais robustos a usuários finais de eletricidade).

¹⁷⁹ Fajnzylber, P., D. Lederman, e J. Oliver. 2013. “Pre-Salt Oil Discoveries and the Long-Term Development of Brazil.” Economic Premise No. 113. Washington, DC: Banco Mundial. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/662121468020927537/Pre-salt-oil-discoveries-and-the-long-term-development-of-Brazil>; veja também Jorgensen, O.H. 2013. “Efficiency and Equity Implications of Oil Windfalls in Brazil.” Policy Research Working Paper No. 6597. Washington, DC: Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/15835>.

¹⁸⁰ A melhor prática internacional é possivelmente a da Noruega, que criou um fundo nacional com as receitas do petróleo, usando apenas o lucro real do fundo para reduzir a dívida pública e financiar investimentos produtivos para a economia. Veja Basu, R. 2020. “Intergenerational Equity, the Public Trust Doctrine, Norway and North Sea Oil.” MPRA Paper No. 102856. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/102856/>.

Contrariamente a muitos outros países, dada a baixa dependência do Brasil do carvão para a eletricidade, o custo de desativação de usinas a carvão para cumprir com os objetivos climáticos deve ser modesto. A maioria das usinas a carvão do Brasil já ultrapassaram sua vida útil, com uma média de idade de 33 anos, e o Brasil planeja desativar todas as suas outras usinas a carvão mesmo no cenário BAU (embora os contratos existentes devam ser prorrogados até 2040, nos termos da Lei nº 14.299). Para administrar o fechamento das usinas, o Brasil precisa oferecer apoio às comunidades afetadas. O custo atual é estimado em R\$ 59 milhões (US\$ 12 milhões) para desativação, mais transferências econômicas de R\$ 1,4 bilhão (US\$ 280 milhões) para cobrir os custos sociais associados de uma transição justa. Os benefícios da transição do carvão incluem a redução da poluição atmosférica e a capacidade de redirecionar os atuais subsídios para operações de usinas a carvão, que totalizaram quase R\$ 1 bilhão (US\$ 200 milhões) em 2020¹⁸¹ para usos mais produtivos para a economia.

Os custos sociais e de desativação são significativamente maiores no setor de gás, especialmente se a capacidade de produção de gás planejada for ampliada em 8 GW. Os recursos de geração de energia a gás do Brasil são muito mais novos e, segundo a Lei nº 14.182, novas usinas a gás com 8 GW de capacidade seriam adicionadas nos próximos oito anos. O custo para desativar todas as usinas a gás e zerar as emissões líquidas é estimado em R\$ 2,2 bilhões (US\$ 440 milhões). As transferências econômicas exigidas estão estimadas em R\$ 550 milhões (US\$ 109 milhões) para apoiar as comunidades em uma transição justa, e em R\$ 217 bilhões (US\$ 43 bilhões) para compensar os proprietários das usinas pela desativação, após a rescisão dos respectivos contratos, mas antes do fim de sua vida útil. Sem os 8 GW das usinas a gás adicionais, o custo de compensação cairia para R\$ 23,6 bilhões (US\$ 4,7 bilhões).

A descarbonização da logística e do transporte exigirá investimentos muito expressivos

A forte dependência do transporte rodoviário no Brasil e em veículos que utilizam combustível fóssil tem um alto custo ambiental, especialmente em termos de poluição do ar e emissões de GEE. Os automóveis particulares são o principal meio de deslocamento de passageiro interurbano, representando aproximadamente 57% do total em 2017, seguido pelo transporte aéreo (24%) e uso de ônibus (16%).¹⁸² De forma semelhante, dois terços do transporte de carga no Brasil foram feitos por rodovias em 2017,¹⁸³ similar à parcela em países com os territórios muito menores, como Bélgica e França.¹⁸⁴ Uma divisão mais equilibrada de modal de transporte de carga no Brasil, semelhante a outros países de grande extensão, como China e os Estados Unidos, poderia ser de 42% em transporte rodoviário, 43% em transporte ferroviário e 14% em transporte hidroviário.

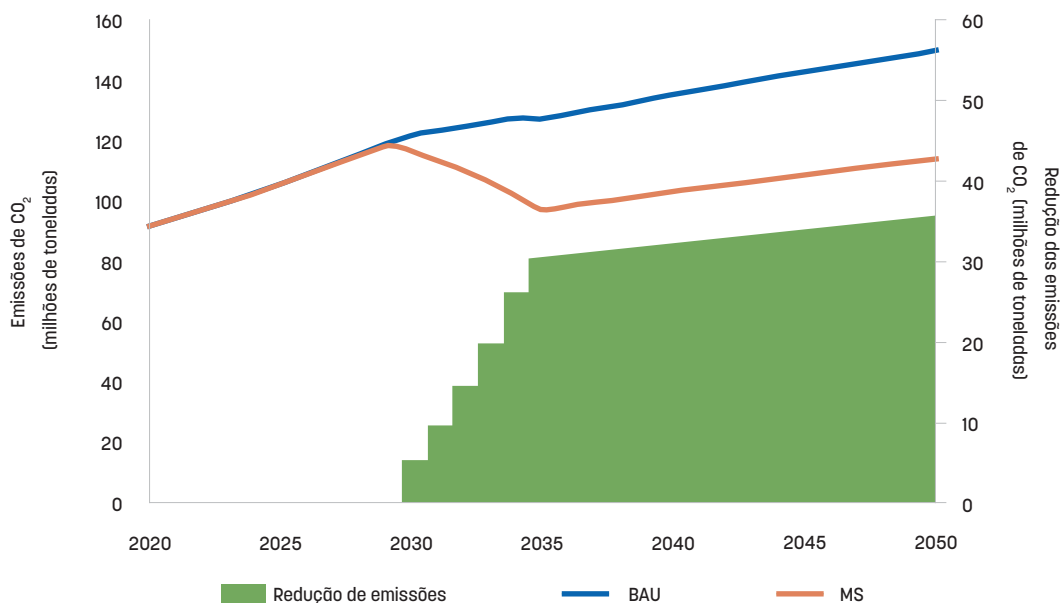
¹⁸¹ INESC. 2021. "Subsídios aos Combustíveis Fósseis no Brasil (2020): Conhecer, Avaliar, Reformar." Instituto de Estudos Socioeconômicos. <https://www.inesc.org.br/subsidios-aos-combustiveis-fosseis-no-brasil-2020-conhecer-avaliar-reformar/>.

¹⁸² EPL. 2021. "National Logistics Plan 2035: Executive Report" (versão em inglês).

¹⁸³ Em 2017, as participações foram 66,2% para rodovias, 17,7% para ferrovias, 9,2% para cabotagem costeira (transporte costeiro), e 5,6% para hidrovias, com o transporte de carga aéreo e outros meios que compõem o restante. Veja a tabela 6 em EPL, 2021.

¹⁸⁴ Veja os dados de transporte de carga da OCDE: <https://data.oecd.org/transport/freight-transport.htm>.

FIGURE 19. Emissões de CO₂ nos cenários BAU e de troca de modal para transporte de carga



Fonte: Estimativas dos funcionários do Banco Mundial usando dados de EPL (2021) e o modelo ESALQ-LOG.

Observação: Considerando apenas emissões produzidas por modais rodoviários, ferroviários e hidroviários.

No setor de transporte de carga, uma estratégia de troca de modal, com investimentos feitos no período 2020–2035, poderia reduzir as emissões a partir de 2030, mudando de caminhões para barcas e/ou trens) (figura 19). A estratégia levaria as emissões ao pico até 2030, com queda até 2035, quando toda a nova infraestrutura ferroviária e hidroviária estaria em pleno funcionamento. Entretanto, com o crescimento da economia brasileira, o aumento das emissões seria retomado até 2050, mas a níveis abaixo do pico em 2030.¹⁸⁵ Mesmo com a troca de modal, o transporte rodoviário será necessário para viagens de curta distância das regiões de produção para os terminais multimodais, exigindo medidas adicionais como a troca de combustível para eletricidade ou hidrogênio.¹⁸⁶

O caminho para que Brasil consiga zerar as emissões líquidas do transporte de carga também requer, portanto, migrar para o transporte em caminhões elétricos ou abastecidos com hidrogênio. Os combustíveis renováveis em geral (incluindo biocombustíveis) foram identificados como uma opção para reduzir as emissões durante a transição (quadro 2). Entretanto, isto tem de ser feito de forma a não comprometer o desenvolvimento de veículos elétricos e a hidrogênio — opções contempladas por muitos outros países comprometidos com metas de emissão.¹⁸⁷

Quadro 2: Expansão de biocombustíveis: oportunidades e riscos

O Brasil há muito tempo apoia a produção de biocombustíveis (etanol e biodiesel). Atualmente, o país estabelece uma mistura obrigatória de 27% de etanol anidro na gasolina e 11% de biodiesel no diesel. Cerca de 34 bilhões de litros de biocombustíveis foram consumidos no Brasil em 2018, principalmente derivados de produção agrícola.¹⁸⁸ O uso de bioetanol

¹⁸⁵ Espinet Alegre, Xavier e Tais Fonseca De Medeiros. 2022. Transport Deep Dive. Documento de referência do CCDD do Brasil.

¹⁸⁶ Ibid.

¹⁸⁷ Ibid.

¹⁸⁸ Lei Ordinária 13.576, de 26.12.2017; disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13576.htm.

creceu a partir da indústria da cana-de-açúcar do Brasil, ao passo que a obrigatoriedade de inclusão do biodiesel foi introduzida em 2003, com o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB).

A obrigatoriedade da mistura de biodiesel aumentou rapidamente, de 2% em 2008 para 10% em 2018. O Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE) propôs aumentar a taxa de mistura em 1 ponto percentual ao ano para atingir 15% até 2025, se determinadas exigências técnicas forem atendidas. A rápida expansão da indústria brasileira de biodiesel acompanha a expansão da indústria da soja, que fornece mais de dois terços de todo o biodiesel. Misturas obrigatórias são importantes para o biodiesel, em que o consumo é impulsionado pela obrigatoriedade e pelo aumento no consumo de diesel.

A contribuição nacionalmente determinada (NDC) de 2016 do Brasil no âmbito do Acordo de Paris estabelece a meta de aumentar a participação de biocombustíveis sustentáveis na matriz energética para aproximadamente 18% até 2030. Uma análise abrangente, incluindo do Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC), demonstrou que o impacto da produção de biocombustíveis na conversão do uso da terra, direta e indireta, depende da matéria-prima e da estrutura política. Esse dado é importante, dado o impacto da produção agrícola no desmatamento. O Programa RenovaBio visa contribuir com a NDC ao reduzir redução das emissões de GEE na produção, comercialização e uso de biocombustíveis. O programa é um instrumento de precificação de carbono para combustíveis líquidos. Ele usa um ativo negociável (cBio) representativo de 1 tCO₂e de emissões de biocombustíveis evitadas em relação a uma linha de base de combustível fóssil.

À medida que o Brasil avança na eletrificação do transporte, os biocombustíveis podem ser um combustível transitório, desde que se possa contar com a estrutura certa de políticas públicas e as matérias-primas certas. Os veículos elétricos (VEs) são a opção energética mais eficiente entre as tecnologias limpas, em termos de emissões de GEE e qualidade do ar. Eles também têm o menor custo de redução de emissões de GEE quando comparados ao diesel VI e ao biodiesel. No entanto, o RenovaBio pode ajudar a reduzir emissões durante a fase de transição, ainda mais do que a mistura obrigatória, se seus rigorosos critérios ambientais forem atendidos, quais sejam, nenhum desmatamento, conformidade com as exigências de reserva legal do código florestal vigente (por exemplo, 80% no bioma da Amazônia) e conformidade com o zoneamento agrícola. Se forem atendidos, esses critérios podem restringir os impactos adversos diretos no desmatamento.

A indústria de biocombustíveis tornou-se mais produtiva por meio da intensificação agrícola, duplicidade de cultura e uso de tecnologias de segunda geração (incluindo o reaproveitamento de resíduos agrícolas, como palha, bagaço e vinhaça). A indústria ajudou a criar indústrias de coprodutos, como o biometano e eletricidade de intensidade de baixo carbono a partir de resíduos agrícolas. Os modelos que comparam um cenário *business-as-usual* (BAU) com um cenário NDC, que inclui o RenovaBio e outros compromissos de uso do solo, constataram que o cumprimento das metas do RenovaBio para biocombustíveis aumentaria em 19% a produção de cana-de-açúcar e o uso de milho produzido como uma segunda cultura. Isso implicaria um aumento de 794 mil hectares de cana-de-açúcar e 610 mil hectares de milho como segunda cultura.¹⁸⁹ Para o biodiesel, não haveria aumento na produção de soja (inclusive para a mistura de 15%), uma vez que as

¹⁸⁹ O etanol de milho no Brasil é 95% oriundo de segunda cultura. O milho de segunda cultura é uma "cultura sequencial" (duas lavouras no mesmo ano) à soja. Não é necessária uma área adicional para o milho da segunda cultura. Os 239 mil ha adicionais de milho da primeira lavoura são um efeito induzido. (Documento de referência para o CCDD do Brasil: Moreira, M. et al. 2022. "Options for Greener and Climate-Smart Growth deep understanding of Brazilian agriculture and land use sectors." Agroicone).

exigências seriam atendidas no cenário BAU. Um sistema de atribuição de créditos eficaz poderia ajudar ainda mais o setor a desenvolver-se de forma sustentável, se orientado para biocombustíveis de segunda geração.

A política deve manter-se vigilante com relação a possíveis consequências não intencionais. Além de garantir o cumprimento dos critérios do RenovaBio, será necessária uma proteção florestal eficaz (ver capítulo 4) para minimizar o desmatamento indireto. Embora as evidências apontem cada vez mais para uma concorrência limitada entre as culturas destinadas à produção de combustíveis e as culturas destinadas à produção de alimentos,¹⁹⁰ é necessário acompanhar os efeitos indiretos do uso do solo e os impactos sobre os preços dos alimentos. Em termos de poluição atmosférica, as misturas com elevado teor de biodiesel podem conduzir a problemas de compatibilidade nas frotas que não estão adaptadas à sua utilização, levando ao aumento das emissões de óxido de nitrogênio (NOx), bem como a custos de manutenção mais elevados para os veículos.

O sistema de transporte brasileiro enfrenta riscos significativos de mudanças climáticas

As mudanças climáticas devem aumentar a exposição da rede de infraestrutura de transporte brasileira a inundações, deslizamentos de terra, incêndios e calor extremo. Até 2040, o aumento da exposição ao calor extremo deve variar de 55% (grandes aeroportos) a 94% (hidrovias) dos ativos.¹⁹¹ Mais de 30% a 50% dos ativos de infraestrutura de transporte estão em áreas onde está previsto um aumento em eventos extremos de precipitação. Até 2040, a ocorrência média anual de eventos intensos de precipitação deve ser no mínimo 20% mais alta do que o Brasil experimentou entre 1970 e 1999.¹⁹²

O Brasil precisa fazer grandes investimentos em infraestrutura de transportes nos próximos anos para melhorar o acesso e manter a infraestrutura existente. O Brasil precisaria investir pelo menos R\$ 2,170 bilhões (ou US\$ 434 bilhões) somente em infraestrutura rodoviária para cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionados a transporte até 2030. Para o acesso rural adequado, o Brasil deve investir R\$ 775 bilhões (US\$ 155 bilhões) em novas infraestruturas, R\$ 350 bilhões (US\$ 70 bilhões) para manter a rede existente, e R\$ 540 bilhões (US\$ 108 bilhões) para substituir ativos que cheguem ao fim de sua vida útil antes de 2030. Além disso, para atingir o nível de cobertura de transporte das cidades com melhor desempenho na América Latina e no Caribe, em todas as cidades com mais de 500 mil habitantes até 2030, o Brasil precisará investir R\$ 400 bilhões (US\$ 80 bilhões) em novas infraestruturas de transporte coletivo.¹⁹³

Tornar todos os novos investimentos em infraestruturas mais resilientes aos riscos naturais, incluindo impactos das mudanças climáticas, aumentaria os custos iniciais, mas eles se pagariam ao longo do tempo. As necessidades de investimento serão aumentadas tanto pelas necessidades de descarbonização quanto pela necessidade de garantir que toda infraestrutura seja resiliente aos riscos atuais e futuros. A análise de exposição sugere que a exposição do sistema rodoviário a inundações e deslizamentos de terra aumentará para 38% em 2030 e 65% em 2040. Supondo que as futuras estradas

¹⁹⁰ Moreira, M et al. 2022. "Options for Greener and Climate-Smart Growth deep understanding of Brazilian agriculture and land use sectors." Agroicone. Documento de referência do CCDR do Brasil.

¹⁹¹ Dados para o aumento médio anual da década de 2040, de acordo com o modelo CMIP5 RCP8.5 da extremidade superior (percentil 95).

¹⁹² A métrica de precipitação intensa mede a soma máxima anual de cinco dias de precipitação ("período de cinco dias mais chuvosos"). Os resultados apresentados da exposição são o aumento da precipitação intensa em uma base média anual para cada década (2030, 2040), em relação ao valor médio anual para 1970-1999.

¹⁹³ Em um cenário com eficiência de custo, que pressupõe que os aumentos na infraestrutura de transporte coletivo sejam alcançados usando uma combinação de ônibus de transporte rápido (75%), trilhos de superfície (10%) e metrô (15%). Estas estimativas aumentam significativamente se forem utilizadas as cidades da OCDE como referência, ou se forem utilizadas soluções ferroviárias para resolver os déficits existentes.

tenham a mesma exposição e com base em uma simples avaliação do custo de resiliência por quilômetro¹⁹⁴ a 20% do custo de construção de ativos expostos a inundações, e 2% para ativos em áreas com aumento das chuvas, estima-se que as necessidades de investimento adicional para tornar as rodovias resilientes ao clima sejam de R\$ 110 bilhões, ou US\$ 22 bilhões (cerca de R\$ 15 bilhões ao ano, descontados a 6%), com perdas evitadas estimadas em R\$ 235 bilhões (US\$ 47 bilhões) e uma relação custo-benefício em torno de 2,1.¹⁹⁵ Em contrapartida, a análise econômica sugere que a modernização das estradas fora do calendário normal de substituição tem uma relação custo-benefício inferior a 1, com exceção dos ativos mais críticos. Por exemplo, a modernização dos principais corredores para exportação de soja custaria cerca de R\$ 2 bilhões (US\$ 400 milhões) para benefícios de R\$ 2,6 bilhões (US\$ 520 milhões) e uma relação custo-benefício de 1,3.

4.3. Como polos econômicos e populacionais, as cidades são fundamentais para as ações climáticas

Diante dos crescentes riscos de desastres, a construção da resiliência urbana será importante

Promover a resiliência e adaptar as cidades brasileiras aos impactos das mudanças climáticas requer capacitação em nível municipal e garantia de financiamento para investir em múltiplas áreas. O Brasil conta com planejamento, políticas públicas e marco regulatório nacionais robustos, que norteiam vários aspectos do desenvolvimento urbano. Historicamente, embora várias leis ambientais tenham restringido o uso de planícies aluviais, por exemplo, muitas dessas áreas foram e continuam a ser ocupadas por aqueles que não têm meios para obter terra, habitação, infraestrutura e serviços urbanos acessíveis. As capacidades dos governos locais variam entre os 5.570 municípios brasileiros; portanto, a ação deve ser adaptada e responsiva à ampla gama de desafios que enfrentam. No entanto, mesmo os municípios mais capacitados enfrentam restrições em termos de capacidade de planejar e, o mais importante, aplicar as normas de uso e ocupação do solo.

O Brasil deve usar o planejamento urbano, a gestão e o financiamento para apoiar a criação de cidades verdes e resilientes. Isso irá variar dependendo da escala e capacidades das cidades. No curto prazo, metrópoles e capitais regionais podem se concentrar em fortalecer seu planejamento e marcos regulatórios para criar novos incentivos e oportunidades para ações climáticas, como foi feito em São Paulo, Belo Horizonte e Porto Alegre. As três cidades estão harmonizando planos setoriais (por exemplo, planos de desenvolvimento urbano, planos de mobilidade e transporte urbano, planos de gestão urbana hídrica, água, saneamento, drenagem e planos de água e saneamento, etc.), com um marco regulatório abrangente, incluindo zoneamento, normas de uso do solo, padrões de construção e outros instrumentos financeiros e de gestão urbana. Há também coordenação com outros níveis de governo. Todos esses elementos fornecem as condições e incentivos para que investimentos públicos e privados se materializem segundo as diretrizes, ações e metas definidas em seus Planos de Ação Climática.

As cidades também precisam fortalecer sua capacidade de planejamento urbano, gestão urbana e mobilização de financiamento para que possam melhor atender às necessidades de mitigação e adaptação. De particular importância são as iniciativas de capacitação para compreensão dos impactos econômicos das enchentes e secas; planejamento e tomada de decisões sensíveis ao clima e baseados em evidências; melhora da coleta e uso de dados, inclusive para monitorar o progresso para alcançar os compromissos e resultados climáticos; compartilhamento de conhecimento; e incentivo a investimentos do setor privado em resiliência climática. Para centros urbanos sub-regionais menores, as prioridades de curto e médio prazo seriam capacitação para preparar e analisar seu desenvolvimento urbano, planos e regulamentos de uso do solo e planos de ações climáticas. Este último identifica ações de mitigação e adaptação em nível municipal para reduzir emissões e aumentar a resiliência às mudanças climáticas.

¹⁹⁴ Miyamoto International. 2019. "Overview of Engineering Options for Increasing Infrastructure Resilience: Final Report." Documento de referência do relatório Lifelines. Washington, DC: Grupo Banco Mundial. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/474111560527161937/Final-Report>.

¹⁹⁵ Com base na exposição do ativo à projeção do RCP8.5 de aumento da precipitação intensa em 2030 e 2040.

Investimentos em resiliência urbana precisam abordar os desafios combinados de exclusão social, atraso no acesso à infraestrutura e serviços, e exposição e vulnerabilidade a eventos climáticos extremos, por meio da combinação de intervenções estruturais e não estruturais. As soluções em larga escala podem variar desde a modernização de assentamentos informais, novas infraestruturas cinzas e verdes para melhorar a drenagem e a mitigação de enchentes, até a criação de soluções baseadas na natureza (NBS),¹⁹⁶ tais como parques lineares urbanos e regeneração de áreas de valor ambiental ao longo de cursos d'água. Esses tipos de intervenções são adequados para metrópoles e capitais regionais brasileiras de maior escala e devem ser implementados de forma sistemática. Medidas não estruturais também são necessárias e apropriadas para uma escala mais ampla de cidades, em que os governos locais enfrentam restrições fiscais e de investimentos mais rígidas. As medidas incluem melhor conhecimento de riscos e impactos dos perigos e o fortalecimento de sistemas precoce, preparação e resposta a desastres. Aumentar a capacidade de preparação para desastres também exigirá uma coordenação eficaz com sistemas de defesa e proteção civil, além de engajamento da comunidade.¹⁹⁷

O Brasil precisa ampliar as oportunidades de financiamento de infraestrutura resiliente. Apesar da existência de políticas e planos para a gestão do risco de desastres, a falta de investimento levou a medidas limitadas de mitigação dos riscos de desastres. Em termos de financiamento, as reservas plurianuais não são utilizadas em âmbito nacional, e apenas alguns estados criaram seus próprios fundos para desastres. Esforços foram feitos, como a criação do Fundo Nacional de Calamidade (FUNCAP), mas eles permanecem não operacionais.¹⁹⁸ O país ainda carece de uma estratégia *ex ante* para a gestão financeira de desastres e apoio às cidades mais expostas.

Quadro 3. Estudos de casos de melhores práticas de São Paulo, Belo Horizonte e Porto Alegre¹⁹⁹

São Paulo, Belo Horizonte e Porto Alegre, todas capitais de estado,²⁰⁰ criaram ambientes propícios para as ações climáticas. Todas as três estão harmonizando planos setoriais (desenvolvimento, transporte e mobilidade, gestão da água, saneamento, drenagem, etc.) com uma configuração regulatória abrangente, incluindo zoneamento, regulamentação de uso do solo, normas de construção e outros instrumentos de gestão urbana e financeiros. Há também coordenação com outros níveis de governo. Em última análise, de forma geral, esses esforços podem fornecer condições e incentivos para que os investimentos públicos e privados se concretizem.

¹⁹⁶ Soluções baseadas na natureza são ações para proteger, manejar de forma sustentável ou restaurar ecossistemas naturais que abordam desafios sociais, tais como mudanças climáticas, saúde humana, segurança alimentar e hídrica e redução do risco de desastres de forma eficaz e adaptável, proporcionando simultaneamente bem-estar humano e benefícios para a biodiversidade.

¹⁹⁷ Por exemplo, em nível estadual, a Assistência Técnica de Modelagem de Inundações de Santa Catarina (<http://www.hudd.com.br/websigsc/>) capacitou tanto o governo quanto a sociedade civil para enfrentar melhor os riscos de desastres no estado. Os produtos permitem que os setores privado e público, bem como a sociedade civil, adaptem e mitiguem os riscos de desastres (susceptibilidade a inundações e deslizamentos de terra) com a nova plataforma do Sistema de Informação Geográfica (SIG) implementada com os resultados da Assistência Técnica (AT) do Banco Mundial. Como exemplo, o Governo de Santa Catarina lançou o Programa SC Resiliente (veja <https://www.seresiliente.sc.gov.br/>) usando a AT para apoiar algumas das recomendações da política.

¹⁹⁸ Banco Mundial. 2014. "Coping with Losses: Options for Disaster Risk Financing in Brazil." Washington, DC: Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/29397>.

¹⁹⁹ Monteiro, Emanuela et al. 2022. "Urbanization and Climate: Enabling Resilient, Low-Carbon and Productive Cities." Documento de referência para o CCDR do Brasil.

²⁰⁰ Belo Horizonte é a capital de Minas Gerais, na região Sudeste do Brasil, tem população estimada em 2,53 milhões de habitantes (estimativas do IBGE, 2021). São Paulo é a capital do estado de São Paulo, na região Sudeste do Brasil, e também é a maior cidade do Brasil em termos de população, estimada em 12,3 milhões de habitantes (estimativas do IBGE, 2021). Porto Alegre é a capital do Rio Grande do Sul, na região Sul do Brasil, com população estimada em 1,49 milhão de habitantes (estimativas do IBGE, 2021). Belo Horizonte, Porto Alegre e São Paulo têm o 813º, o 317º e o 231º maior PIB municipal per capita entre os 5.570 municípios brasileiros, respectivamente. Elas também fazem parte da 3ª, 7ª e 1ª regiões metropolitanas mais populosas do país, respectivamente (IBGE, 2019). Todos esses municípios atingiram quase 100% das taxas de urbanização.

O momento e a abordagem de cada cidade têm sido diferentes, destacando a necessidade de adaptar os esforços para um desenvolvimento mais verde, mais resiliente e inclusivo.

Em Belo Horizonte e Porto Alegre, os planos de ações climáticas e os mais recentes planos e normas de desenvolvimento urbano têm sido desenvolvidos paralelamente, facilitando o alinhamento de políticas e objetivos. Em ambos os casos, porém, o planejamento e os instrumentos regulatórios são bastante novos, o que dificulta a verificação dos resultados. O mais recente plano de desenvolvimento urbano de Belo Horizonte foi aprovado em 2019, seguido de regulamentação complementar em 2020. Em Porto Alegre, uma série de disposições setoriais, incentivos e normas fundamentados no clima para promover o desenvolvimento de cidades compactas, infraestrutura verde e resiliente e soluções para construções foi divulgada em 2021. No entanto, o plano de desenvolvimento urbano e o plano de ações climáticas da cidade ainda estão sendo elaborados. Em São Paulo, por outro lado, a análise abrangente e a aprovação do planejamento do desenvolvimento urbano e da implementação das normas remontam a 2013. Apesar de ter elaborado um plano de ações climáticas em 2019, a cidade tem um bom histórico de implementação e evidências de ações climáticas bem-sucedidas voltadas para a mitigação e adaptação.

Em termos de financiamento, a captura de valor da terra (LVC) e instrumentos semelhantes representam uma parcela significativa da capacidade de investimento dos municípios brasileiros e são particularmente importantes no contexto atual de espaço fiscal limitado.

A Outorga Onerosa do Direito de Construir (OODC) é um dos principais instrumentos existentes em São Paulo e Belo Horizonte. Ela gera a maior parte dos recursos canalizados para financiar a construção de casas populares e o adensamento do núcleo urbano (por exemplo, Fundo Municipal de Urbanização, FUNDURB, em São Paulo; e Fundo Municipal de Habitação Popular, FMHP, e Fundo de Desenvolvimento Urbano das Centralidades, FC, em Belo Horizonte) e, assim, contribui para um ciclo virtuoso de desenvolvimento inclusivo, compacto e orientado ao trânsito. A mobilização de recursos apenas pelo FUNDURB aumentou de cerca de R\$ 300 milhões em 2013 (antes da aprovação do plano diretor municipal em 2014) para mais de R\$ 880 milhões em 2021. Desse montante, 30% estão vinculados a investimentos em mobilidade urbana e outros 30% à construção de casas populares (SMDU, 2022).

Outro instrumento eficaz para financiamento da agenda climática é o Certificado de Potencial Adicional de Construção (CEPAC).

Em São Paulo, o CEPAC tem sido utilizado para alavancar recursos para financiar Operações Urbanas Consorciadas (OUCs) em áreas estratégicas, a maioria delas localizadas em torno de corredores e nós de transporte, onde há interesse natural de incorporadoras privadas e onde maiores densidades são permitidas; é também como Belo Horizonte pretende implementar suas políticas de desenvolvimento orientadas ao trânsito. Entre 1997 e 2016, somente a OUC alavancou mais de R\$ 10 bilhões, o equivalente a 30% de todos os investimentos municipais ao longo do período em São Paulo (SMDU, 2016).

O planejamento urbano e os instrumentos regulatórios nessas cidades brasileiras também incluem incentivos práticos para que incorporadoras privadas adotem soluções voltadas para o clima.

Instrumentos como Gentilezas Urbanas e Benefícios Urbanísticos, em Belo Horizonte, e Quota Ambiental, em São Paulo, ajudam a promover a captação e reserva de águas pluviais; aumentar a vegetação, fornecer sombra e sistemas eficazes de ventilação (plantio de árvores, telhados ecológicos, fachadas ecológicas etc.); incentivar a mobilidade ativa; e aumentar o uso de fontes de energia renováveis.

Cidades de baixo carbono podem ser mais produtivas e habitáveis

Os municípios brasileiros já estão começando a agir para enfrentar as mudanças climáticas. O primeiro mapeamento municipal das emissões de GEE no Brasil foi publicado em março de 2021, abrangendo todos os 5.570 municípios de 2000 a 2018.²⁰¹ Ele constatou que muitas cidades vêm implementando políticas de desenvolvimento urbano de baixo carbono e resilientes, incluindo incorporação compacta, mecanismos de uso do solo urbano para tratar a subutilização, adensamento de centros urbanos, desenvolvimento orientado ao trânsito e incentivos para o transporte público limpo, energia renovável, infraestrutura ecológica e eficiência energética para construções novas ou reformas. Uma análise recente constatou que um pacote de medidas de baixo carbono poderia permitir ao Brasil reduzir suas emissões urbanas de GEE em 75 MtCO₂e (35%) até 2030, e 238 MtCO₂e (88%) até 2050, em comparação com o cenário de linha de base, que reflete a primeira rodada de NDCs submetidos nos termos do Acordo de Paris.²⁰² A implementação integral das medidas necessárias para reduzir as emissões urbanas em 75 MtCO₂e implicaria investimentos incrementais de US\$ 1,7 trilhão até 2050.²⁰³ Esses investimentos poderiam se pagar apenas com economias de energia e materiais, mas gerariam retornos acumulados no valor presente líquido de US\$ 369,7 bilhões até 2050. Poderiam também gerar emprego, apoiando mais de 4,5 milhões de novos postos de trabalho até 2030, a maioria concentrado nos setores de energia e construção.

O uso do solo e o planejamento urbano para promover o modelo de compactação urbana e a incorporação orientada ao trânsito podem reduzir consideravelmente as emissões de GEE e, ao mesmo tempo, aumentar a produtividade e tornar as cidades mais inclusivas. O modelo de compactação urbana reduz a necessidade de deslocamentos e, com ela, a dependência de veículos particulares; ela também reduz o tempo de deslocamento e facilita a prática de caminhada ou o uso de bicicleta, o que reduz os custos de deslocamento e gera benefícios para a saúde. Além disso, a redução do congestionamento de trânsito significa menos poluição do ar e menos tempo de deslocamento desperdiçado. O modelo de compactação urbana também reduz o custo da infraestrutura municipal e da prestação de serviços, e ajuda a preservar os ecossistemas naturais, a biodiversidade e a segurança alimentar. Pequenas e médias áreas urbanas podem reconsiderar seus atuais padrões de crescimento e adotar medidas para reduzir a expansão e os custos de prestação de serviços. As grandes cidades estão se concentrando em corredores de trânsito de média e alta capacidade para permitir abordagens orientadas ao trânsito que promovam a densidade, aproximem postos de trabalho e residências e promovam a escolha por caminhar. O transporte urbano também exige uma coordenação metropolitana efetiva e harmonização dos planos de transporte urbano, já que atualmente os municípios brasileiros administram seus sistemas de trânsito e transporte de forma independente.

As emissões de GEE das cidades também poderiam ser reduzidas incentivando a eficiência energética por meio de certificações de edifícios ecológicos. A adoção de programas de certificação de edifícios ecológicos, como o EDGE da Corporação Financeira Internacional (IFC),²⁰⁴ é uma das formas mais relevantes de promover essa agenda. Entre 2017 e 2020, o Brasil certificou cerca de 8,2 milhões de metros quadrados de lajes ecológicas,²⁰⁵ posicionando-se como líder neste segmento na América do Sul. No entanto, esse número corresponde a menos de 10% da construção total de edifícios e está concentrado principalmente na região de São Paulo (cerca de 60% de todos os edifícios ecológicos existentes no país). O avanço nas construções ecológicas exigirá aumentar a conscientização sobre o caso de certificações como

²⁰¹ Veja Municípios SEEG em <https://plataforma.seeg.eco.br>. Para um sumário em inglês das principais constatações, veja a nota de imprensa de 4 de março de 2021 em <https://seeg.eco.br/en/press-release>. Essa é uma extensão do Sistema de Estimativa de Emissão Remoção de Gases de Efeito Estufa do Brasil (SEEG), uma iniciativa do Observatório do Clima.

²⁰² Stockholm Environment Institute. 2020. Technically feasible urban mitigation potential of buildings, transport, waste, and energy sectors. Análise feita para CUT, 2021 "Seizing Brazil's Urban Opportunity: Prioritising Urban Transport and Housing Investments for Inclusion and Resilience." A análise cobre i) emissões de CO₂ de uso de energia (edifícios e transporte); ii) emissões da produção dos principais materiais usados na infraestrutura urbana; e iii) emissões de metano de resíduos. Ela não cobre outras fontes urbanas de emissões, tais como a indústria, ou sumidouros de carbono (tais como florestas ou parques urbanos). A análise distingue entre as reduções de emissão que podem ser obtidas dentro das cidades, e o desconto adicional que é possível se o fornecimento de eletricidade for totalmente descarbonizado. Os números aqui apresentados incluem ambas as categorias.

²⁰³ Vivid Economics. 2020. "Economic impacts of urban mitigation investments." Análise feita para CUT, 2021 "Seizing Brazil's Urban Opportunity: Prioritising Urban Transport and Housing Investments for Inclusion and Resilience."

²⁰⁴ O sistema e a aplicação da certificação EDGE é uma ferramenta de projeto e um método de certificação acessível, desenvolvido e de propriedade da IFC, que reconhece diferentes níveis de ambição para edifícios ecológicos até zerar as emissões de carbono. Terceiros fornecedores de certificação EDGE licenciados pela IFC certificam edifícios desde 2015. Veja <https://edgebuildings.com>.

²⁰⁵ Incluindo diferentes sistemas de certificação internacional como LEED, AQUA, EDGE e outros. Esta é a análise original da IFC.

a EDGE entre as principais partes interessadas: incorporadoras, instituições financeiras, formuladores de políticas públicas e consultores associados. A certificação é um elemento-chave para reduzir os riscos de *greenwashing*; portanto, o Brasil precisará apresentar uma definição para a construção ecológica e fomentar a divulgação de informações verificáveis.

A prestação de serviços sociais também pode ser adaptada para usar tecnologias mais ecológicas. Melhorias na eficiência energética poderiam ser integradas em todos os setores sociais, incluindo o aperfeiçoamento da infraestrutura geral de escolas e unidades de atendimento à saúde para que seja mais resiliente a eventos climáticos extremos. Por exemplo, em Mato Grosso, calculou-se que quase 71% das escolas públicas não faziam o manejo adequado de seus resíduos e, devido às condições climáticas, há um uso intensivo do ar-condicionado em 73% delas.²⁰⁶ Em todo o Brasil, muitas unidades de atendimento à saúde e escolas precisam de melhorias significativas em suas instalações elétricas para promover a eficiência energética, incluindo fontes de energia alternativa e atualização de transformadores.

O manejo de resíduos sólidos representa um componente importante na redução das emissões de GEE (principalmente o metano) nas cidades brasileiras. Por exemplo, os registros de emissões de GEE demonstram que o setor de resíduos sólidos produziu 22% das emissões no Rio de Janeiro (0,5 tCO₂e per capita), 16% em Salvador (0,13 tCO₂e per capita), 8,6% em Curitiba (0,2 tCO₂e per capita) e 8,2% em São Paulo (0,11 tCO₂e per capita).²⁰⁷ O Brasil tem menos descarte de resíduos sólidos a céu aberto do que a média dos países de renda média alta — 23,2% (contra 30%), e 53,3% dos resíduos sólidos brasileiros são colocados em aterros sanitários com captação de gás.²⁰⁸ A geração de resíduos no Brasil deve aumentar de 81,9 Mt em 2020 para 122,3 Mt em 2050. As emissões totais de resíduos sólidos em 2020 no Brasil foram estimadas em 92,3 MtCO₂e e, com base nas opções de mitigação do MCTI, poderiam ser reduzidas para 77,5 MtCO₂e até 2050, aumentando a captura e a queima de metano.²⁰⁹

Os investimentos em água, saneamento, manejo de resíduos e outras infraestruturas urbanas são necessários para a agenda de desenvolvimento do Brasil. O custo de investimento adicional necessário para que a infraestrutura seja resiliente às mudanças climáticas, use o potencial de biometano obtido com o manejo de resíduos e promova a eficiência energética ainda não foi estimado. Espera-se que, com medidas de política econômica ampla e setoriais adequadas, a maior parte desses investimentos seja financiada, parcial ou totalmente, pelo setor privado, dado o seu potencial de geração de receita ajustada ao risco.

Mobilidade sustentável é a chave para reduzir emissões e impulsionar o crescimento

No setor de transporte urbano, a gestão orientada à demanda de deslocamentos é um complemento fundamental para o investimento em infraestrutura. Embora a dependência de carros particulares possa ser reduzida com medidas direcionadas como a cobrança por estacionamento, a criação de zonas de baixa emissão ou taxas de congestionamento, ações complementares de planejamento espacial e meios alternativos de transporte são essenciais para melhorar o acesso a empregos e serviços. A introdução de taxas de congestionamento para veículos particulares em Belo Horizonte e São Paulo poderia gerar R\$ 140,3 milhões e R\$ 720,9 milhões por mês, respectivamente, uma receita que poderia financiar a melhoria do transporte coletivo.²¹⁰ Simulações de zonas de baixa emissão (ZBE) resultaram em amplos níveis de redução de emissões, dependendo do ano selecionado para proibir veículos produzidos antes do ano específico. Quando complementadas com uma taxa de uso de automóveis (aplicada a todos os veículos), as cidades obtiveram uma fonte significativa de receita. O uso de ZBE em São Paulo, Belo

²⁰⁶ Constatções discutidas com a Secretária de Educação de Mato Grosso durante a preparação de um projeto, 2022.

²⁰⁷ C40 Cities Knowledge Hub, acessado por meio de https://www.c40knowledgehub.org/s/article/C40-cities-greenhouse-gas-emissions-interactive-dashboard?language=en_US.

²⁰⁸ Kaza, S. et al. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: Banco Mundial. <http://hdl.handle.net/10986/30317>.

²⁰⁹ A captura de metano representaria 36% de redução nas emissões de resíduos (possível uso como biometano); a queima de metano representaria 14% de redução nas emissões de resíduos. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>.

²¹⁰ Estudo da Gestão de Demanda de Transporte contratado pelo Banco Mundial para o CCDR (2022).

Horizonte e Porto Alegre poderia evitar até 11,5 MtCO₂ ao ano. O marco regulatório precisa ser aprovado para garantir que as medidas para desestimular o uso de automóveis sejam válidas em qualquer cidade do território nacional, e confirmar que são compatíveis com as leis e a constituição brasileiras.

As cidades também estão explorando e introduzindo alternativas de combustível limpo, especialmente na frota de transporte público. Embora ainda incipiente, a eletrificação das frotas de ônibus de transporte público desempenha um papel importante na transição para a eletromobilidade. Ônibus elétricos, com zero emissões de GEE no escapamento, são a opção mais eficiente em termos de energia entre as tecnologias de ônibus limpos. No caso de Belo Horizonte, esses ônibus têm menor custo de redução das emissões de GEE do que os ônibus que usam o biodiesel.²¹¹ Cidades como São Paulo introduziram alterações em suas leis de mudanças climáticas, que exigem a redução de 50% das emissões de CO₂ do sistema de transporte público dentro de 10 anos e redução de 100% em 20 anos.

Embora não haja uma estratégia nacional coordenada, existem esforços para promover a eletromobilidade em larga escala. A implementação no Brasil está aumentando lentamente, tanto no lado da definição de políticas quanto no fornecimento da infraestrutura. Há isenções fiscais federais para veículos elétricos em sete estados brasileiros.²¹² Existem também incentivos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)²¹³ e algumas outras iniciativas voltadas para o consumidor,²¹⁴ como isenção ou redução de alíquotas de impostos de importação de veículos elétricos e híbridos, e a redução das alíquotas de imposto de importação de peças e equipamentos destinados à produção de ônibus elétricos e híbridos. O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e o Ministério das Minas e Energia (MME), com poderes, em nível nacional, de planejamento estratégico, definição de metas para a introdução de ônibus elétricos e planejamento de infraestrutura, propuseram uma linha de financiamento em conjunto com diretrizes de implementação para a preparação de pilotos nas cidades brasileiras.²¹⁵

Atualmente, os VEs leves têm baixo nível de implantação, mesmo nas grandes cidades como São Paulo e no restante do Brasil. O Rota 2030 do Brasil, a política da indústria automotiva do país, coloca grande ênfase no desenvolvimento de uma indústria automotiva nacional mais sustentável. A política exige que os fabricantes melhorem a eficiência energética dos veículos em 11% dentro do horizonte de planejamento. Embora seja improvável que a implantação de VEs mude significativamente até a década de 2030, muito depois da evolução dos ônibus elétricos, a oferta atual de infraestrutura pública de recarga de VE especializada no Brasil precisará ser ampliada significativamente para atender à demanda estimada.

Com a descarbonização do fornecimento de energia, os benefícios econômicos e ambientais da adoção de VE seriam muito maiores. Ao pressupor uma rede elétrica descarbonizada, a modelagem deste relatório demonstra que o aumento da demanda de eletricidade para VEs poderia ser atendido a um custo menor (R\$ 24 milhões²¹⁶, ou US\$ 4,80 milhões) ao ano se comparado à atual matriz energética. Além disso, os preços ligeiramente mais baixos de eletricidade proveniente da rede ecológica reduziram o impacto negativo da adoção do VE nos gastos não relacionados a transporte em R\$ 62,1 milhões (US\$ 12,42 milhões) ao ano, comparado ao cenário com a atual matriz energética. Em termos de impactos ambientais, estima-se que a rede descarbonizada, em 2021, gere benefícios adicionais de saúde avaliados em R\$ 2,8 milhões/ano (US\$ 0,56 milhão/ano) provenientes da redução de óxido de nitrogênio (NO_x), R\$ 9,95 milhões/ano (US\$ 1,99 milhão/ano) da redução de dióxido de enxofre (SO₂), e R\$ 67,4 milhões/ano (~US\$ 13,48 milhões/ano) da redução de PM₁₀.

²¹¹ Estudo sobre a Transição para Transporte Público com Zero ou Baixas Emissões contratado pelo Banco Mundial para o CCDR Brasil.

²¹² Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Sul. Esses estados ainda não contam com VEs, mas são relevantes no nível nacional.

²¹³ López, G., e S. Galarza. 2016. "Movilidad eléctrica: Oportunidades para Latinoamérica." Report for the United Nations Environment Programme, with support from EUROCLIMA. Centro Mario Molina Chile. <https://wedocs.unep.org/xmlui/handle/20.500.11822/26304>.

²¹⁴ Slowik, P. et al. 2019. "International Evaluation of Public Policies for Electromobility in Urban Fleets." International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/international-evaluation-of-public-policies-for-electromobility-in-urban-fleets/>.

²¹⁵ Banco Mundial. 2021. "Analysis of impact of electromobility scale-up in the Brazilian power sector".

²¹⁶ Este é custo incremental em referência à atual matriz energética.

5. Custos Econômicos, Necessidades de Investimento e Opções de Financiamento

Principais Mensagens

- Os investimentos em infraestrutura necessários estão estimados em aproximadamente 1,2% do PIB por ano, no período de 2022–2050 e apenas 0,8% em 2022–2030.
- Estes investimentos incrementais para a ação climática representam cerca de 22% do total das necessidades de investimentos básicos necessários para cobrir o déficit de infraestrutura e atingir os objetivos de desenvolvimento do país.
- O setor privado terá um papel central na transição da economia brasileira para uma trajetória de desenvolvimento mais resiliente e descarbonizada. Em particular, espera-se que o financiamento do setor privado cubra a maioria dos investimentos de capital necessários para expandir o sistema de energia, mas, para que isso aconteça, será necessário criar o ambiente favorável.
- Espera-se também que as finanças públicas desempenhem um papel fundamental, o que exigiria a realocação dos gastos e subsídios existentes. Isso é particularmente importante para financiar uma transição justa na agricultura e energia, e para incubar investimentos iniciais em áreas como eletrificação da economia e hidrogênio verde.
- O Brasil tem tido acesso a uma combinação de financiamentos climáticos disponíveis e tem o potencial de se beneficiar da evolução recente nos mercados de carbono. O financiamento climático dedicado é uma fonte de financiamento que deve continuar a apoiar os esforços do Brasil para enfrentar as mudanças climáticas. Há também novas oportunidades para a comercialização de créditos florestais de carbono e REDD+ no Brasil.

5.1. As necessidades de investimento são significativas, mas administráveis

Cumprir os objetivos de desenvolvimento do Brasil exigirá maiores investimentos em infraestrutura.

Os gastos com infraestrutura caíram drasticamente de aproximadamente 4,8% do PIB nos anos 1980s para pouco mais de 2% nos 2000s e para apenas 1,7% em 2021, volume insuficiente para repor o capital depreciado e para expandir o estoque de infraestrutura (figura 20). O Banco Mundial (2022) estima que o nível de investimento necessário para que o Brasil consiga alcançar seus ODS relacionados à infraestrutura até 2030 é 3,7% do PIB ao ano.²¹⁷

A manutenção e a substituição de ativos representam quase metade do total das necessidades de investimentos em infraestrutura.²¹⁸

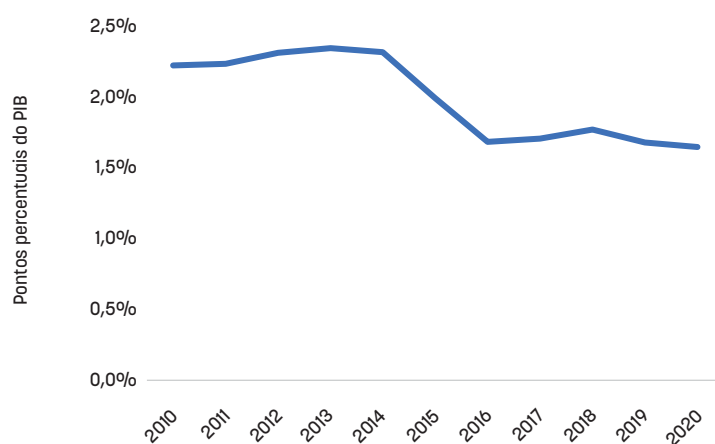
Há também diferenças setoriais significativas no investimento, com o transporte enfrentando o maior déficit de financiamento, exigindo 2% do PIB anualmente até 2030 (em comparação com 0,34% investido em 2019). Embora o déficit de financiamento seja menor nos demais setores, o Brasil precisa aumentar o nível de investimentos em infraestrutura de água e saneamento de 0,2% para 0,44% do PIB, e em telecomunicações, de 0,43% para 0,46% do PIB. Os investimentos em eletricidade teriam de aumentar de 0,73% para 0,9% do total das necessidades de investimento.

²¹⁷ Banco Mundial. 2022. Avaliação da Política de Infraestrutura do Brasil. A ser publicada.

²¹⁸ Em alguns setores, como a distribuição de eletricidade e ligações de água, a manutenção e a substituição de ativos existentes representam até 75% das necessidades totais de investimento.

Uma trajetória de desenvolvimento resiliente e de baixo carbono exige maiores investimentos iniciais, mas no Brasil o papel significativo do uso do solo torna a transição menos intensiva em capital que em muitos outros países. O CCDR faz uma estimativa dos investimentos adicionais necessários para que o país alcance seus objetivos de desenvolvimento de forma resiliente e de baixo carbono e cumpra o seu compromisso de zero emissões líquidas até 2050 (tabela 4). Esses investimentos são adicionais a uma trajetória de desenvolvimento *business as usual* (BAU), baseada na Avaliação da Política de Infraestrutura do Brasil (Banco Mundial, 2022), e se baseiam nas recomendações feitas na Seção 4. Eles incluem, por exemplo, o custo incremental da construção de todos os novos ativos de infraestrutura para que sejam mais resistentes aos riscos climáticos atuais e futuros, o aumento dos investimentos necessários para construir um sistema de energia descarbonizado, mas resiliente (em comparação com um sistema de energia do cenário BAU), investimentos adicionais para iniciar a eletrificação do sistema de transporte, e investimentos na recuperação de pastagens, silvicultura e recuperação de florestas naturais.

FIGURA 20. Total de investimentos em infraestrutura, como percentual do PIB



Fonte: BID (2019) e Indicadores de Desenvolvimento Mundial do Banco Mundial (2021).

TABELA 4. Necessidades de investimentos adicionais e custos econômicos do desenvolvimento resiliente e de baixo carbono

R\$ bilhão	2022-2030	2022-2050
ENERGIA		
Descarbonização (CAPEX)	-0,2	299,1
Transmissão e distribuição (CAPEX)	0,7	36,2
Resiliência à disponibilidade hídrica reduzida (CAPEX)	1,0	102,4
Maior resiliência e adaptação a uma disponibilidade hídrica reduzida (OPEX)	0,8	-61,6
Custos operacionais e de combustível (OPEX)	0,5	-26,9
Externalidade da poluição do ar	0,1	-2,3
Custos de desativação (gás e carvão)	0,0	2,4
TRANSPORTE		
Resiliência para estradas (CAPEX)	111,7	111,7
Mudanças nas interrupções em estradas	-73,3	-235,4
Descarbonização (CAPEX)	248,0	1.091,1
Combustível utilizado (OPEX)	-1,6	-136,0
Externalidade da poluição do ar	-0,1	-10,4
Congestionamento, acidentes e danos rodoviários	-0,3	-23,0

PAISAGENS FLORESTAIS		
Recuperação de pastagens, silvicultura, recuperação de florestas naturais (CAPEX)	124,8	124,8
Recuperação de pastagens, silvicultura, recuperação de florestas naturais (OPEX)	89,2	244,2
Receitas de recuperação de pastagens, silvicultura e recuperação de florestas naturais	-218,2	-597,0
Custo de aplicação	1,5	1,5
Biodiesel e etanol (CAPEX)	16,0	16,0
Biodiesel e etanol (OPEX)	24,8	94,3
Receita de biodiesel e etanol	-36,2	-130,7
INDÚSTRIA		
Externalidade da poluição do ar	-0,2	-13,9
Combustível utilizado	-2,3	-132,0
Lucro da exportação de H ₂	-0,2	-39,0
TOTAL DE INVESTIMENTOS E CUSTOS ECONÔMICOS NESSES SETORES		
Necessidades de investimentos adicionais (CAPEX)	502,0 (0,8% do PIB)	1.781,4 (1,2% do PIB)
Custo econômico adicional	-215,6 (-0,4% do PIB)	-1.065,6 (-0,7% do PIB)
Total	286,4 (0,5% do PIB)	715,8 (0,5% do PIB)

As necessidades de investimento para ações climáticas representam aproximadamente 1,2% do PIB para o período 2022–2050, incluindo cerca de 0,8% do PIB entre 2022 e 2030. Eles também representam cerca de 22% das necessidades de investimento estimadas ao longo do mesmo período para cobrir o déficit de infraestrutura e atingir as metas de desenvolvimento do país. Essas necessidades de investimento são, em grande parte, impulsionadas pelo investimento no sistema de transportes, para financiar a infraestrutura necessária para a mudança de modal para transporte não rodoviário. As necessidades de grandes investimentos são parcialmente compensadas por economias, na forma de despesas evitadas com energia nos transportes ou na indústria, redução do congestionamento ou da poluição atmosférica. Estes benefícios econômicos representam cerca de 0,3% e 0,7% do PIB em 2022–2030 e 2022–2050, respectivamente. No geral, os custos econômicos totais da resiliência e do caminho para zerar as emissões líquidas propostos neste CCDR são de aproximadamente 0,5% do PIB, sem considerar os impactos evitados das mudanças climáticas (que dependeriam da ação no restante do mundo).

As necessidades de investimento público serão aumentadas pelas despesas relacionadas com a transição, compensação e gastos sociais. Embora essas despesas sejam transferências, e não custos econômicos agregados, elas aumentarão, no entanto, as pressões sobre as finanças públicas. Ao longo de 2022–2050, os gastos sociais para facilitar a transição de trabalhadores e comunidades afetados pela transição são de R\$ 700 milhões (US\$ 140 milhões) para carvão, e R\$ 550 milhões (US\$ 109 milhões) para gás, que permanecem reduzidos devido ao pequeno número de trabalhadores nesses setores. No mesmo período, a compensação a proprietários de ativos não é expressiva para a única usina a carvão, que teria de ser desativada antes do final de sua vida útil (R\$ 1,9 bilhão, ou US\$ 370 milhões), mas muito alto para usinas a gás (R\$ 217 bilhões, ou US\$ 43 bilhões). Este alto custo para a desativação de usinas a gás de 2022 a 2050 deve-se em grande parte ao plano de construção de novas usinas a gás nos próximos anos. Outras necessidades para apoiar a transição, tais como reciclagem profissional ou requalificação dos trabalhadores afetados na agricultura ou na indústria, não foram estimadas neste CCDR.

Essas necessidades maiores de investimento em infraestrutura e gastos sociais ocorrerão num contexto de espaço fiscal limitado e de maior pressão devido ao envelhecimento da população. Como resultado, será necessário um ambiente propício para mobilizar investimentos privados para um

desenvolvimento mais resiliente e de baixo carbono, e a estratégia climática do país precisará contar com múltiplas fontes de financiamento, incluindo o redirecionamento de gastos públicos e o uso estratégico de oportunidades de financiamento climático.

5.2. Múltiplas fontes para financiar a resiliência climática e zerar as emissões líquidas

A lei que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima ou PNMC (Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009) previa a utilização de uma gama de instrumentos de financiamento para atingir a NDC. Ela estabeleceu o Fundo Nacional para Mudanças Climáticas, a utilização de medidas fiscais e tributárias que conduzem à redução e remoção de GEE, a utilização de linhas de crédito e financiamento específico de agentes financeiros públicos e privados, dotações específicas para ações de mudanças climáticas no orçamento da União e a utilização de outras fontes financeiras e econômicas destinadas à mitigação e adaptação, incluindo de origem internacional. O Decreto nº 7.390/2010, que regulamentou alguns dos artigos da Lei nº 12.187, especifica que a elaboração de planos plurianuais (PPA) e leis orçamentárias anuais pelo Governo Federal deve incluir programas e ações que atendam aos objetivos do PNMC.

No entanto, o financiamento público das ações climáticas permanece muito baixo. Entre 2003 e 2021, uma média de apenas 0,13% do total de gastos do governo foi alocada para a gestão ambiental (GA), ou 0,08%, se os gastos com gestão ambiental de recursos hídricos forem excluídos.²¹⁹ No seu pico (em 2013), os gastos ambientais representaram 0,2% do orçamento total. Em 2021, com a diminuição do espaço fiscal devido à crise de Covid-19, os gastos com GA caíram para um dos níveis mais baixos das últimas duas décadas. Tem havido uma procura crescente por financiamento fora do orçamento público. O Brasil conta com instrumentos como o Fundo Amazônia, que arrecadou R\$ 3,4 bilhões em doações em 2020, com R\$ 1,8 bilhão em projetos e 20% dos recursos destinados ao monitoramento.²²⁰ No entanto, o instrumento está atualmente inativo devido a decisões tomadas pelo Ministério do Meio Ambiente. Outras formas de financiamento de fundos climáticos globais e bilaterais também foram mobilizadas no Brasil, inclusive para a Redução das Emissões do Desmatamento e da Degradação Florestal (REDD+). Prevê-se que novas fontes de financiamento também possam ser disponibilizadas por meio da negociação de emissões, dada a aprovação, na COP26, do manual de regras do Acordo de Paris, que inclui o Artigo 6. Este artigo permite que os países cooperem voluntariamente entre si para atingir as metas de redução de emissões estabelecidas em seus NDCs. Há ainda investimentos e empresas especializadas no mercado voluntário para a comercialização de créditos de carbono florestal e REDD+ no Brasil.

Existem também esforços subnacionais para mobilizar financiamento para ações climáticas. Dezesesseis UFs criaram “fundos estatais” destinados ao financiamento de ações ambientais, incluindo medidas de mitigação e adaptação. Os valores disponíveis para financiamento também variam muito entre os estados, de alguns milhares de reais a R\$ 492 milhões, no caso do Fundo Estadual de Conservação Ambiental e Desenvolvimento Urbano do Rio de Janeiro (dados de 2018).

O Brasil poderia explorar uma ampla gama de fontes para mobilizar financiamento para as necessidades de investimentos adicionais. Estas incluem a realocação de subsídios intensivos em carbono para apoiar a transição de baixo carbono e o financiamento direto de ações/investimentos inteligentes para o clima, usando critérios climáticos para aprovação de investimento público e em procedimentos de compras públicas. Há também potencial significativo para um maior engajamento com o setor financeiro brasileiro com vistas a explorar oportunidades de investimentos ecológicos, que envolvam períodos de retorno mais prolongados e que precisem de financiamento de longo prazo. O engajamento no setor privado também pode ser ampliado, e haverá novas oportunidades associadas ao financiamento climático (por exemplo, pagamentos baseados em desempenho, títulos verdes, etc.).

²¹⁹ Young et al. 2022. “Fiscal Aspects of Environmental Policy in Brazil.” Documento de referência preparado para o CCRD.

²²⁰ http://www.amazonfund.gov.br/export/sites/default/en/.galleries/documentos/rafa/RAFA_2020_en.pdf.

Realocação de subsídios agrícolas e energéticos e isenções fiscais

Em ambos os setores, há subsídios substanciais que incentivam atividades ambientalmente prejudiciais e economicamente ineficientes. No setor elétrico, somente os subsídios ao carvão totalizaram quase R\$ 1 bilhão (US\$ 200 milhões) em 2020. Subsídios e renúncias fiscais para o carvão foram prorrogados até 2040.²²¹ Conforme discutido na Seção 4.1, a parcela das despesas fiscais brasileiras (isenções fiscais) destinadas à agricultura passou de 8,93% em 2006 para 12,01% em 2021, sendo a maior parte dessas despesas alocadas ao agronegócio e ao setor florestal, em vez do programa ABC e de seguro rural.²²² Paralelamente, os parâmetros atuais do ITR tornam a pecuária extensiva consistente com uma faixa de ITR mais baixa. O impacto geral do ITR é, portanto, para incentivar a conversão de terras.²²³

A realocação de subsídios e isenções fiscais poderia financiar uma transição justa nos setores agrícola e de energia. No setor agrícola, o Governo poderia vincular a elegibilidade para crédito subsidiado à adoção de práticas climáticas inteligentes, conforme descrito na Seção 4.1, e apoiar o registro de agricultores no CAR. Os subsídios para geração de energia a carvão poderiam ser redirecionados para apoiar a transição energética, a fim de reduzir a carga fiscal sobre o setor público. Os subsídios para geração de energia a carvão são pagos pelos usuários finais, por meio de um fundo setorial chamado Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), que também financia uma tarifa social para consumidores de baixa renda e benefícios para consumidores rurais, bem como a Conta de Consumo de Combustíveis (CCC). Esses fundos poderiam ser redirecionados para apoiar a transição para a energia limpa.

O setor financeiro brasileiro tem um grande papel a desempenhar

Atualmente, os empréstimos verdes são principalmente concedidos por meio de crédito vinculado a empresas de grande e médio porte do setor da energia — em particular, empresas de energia hidrelétrica e solar — e estão geograficamente concentrados. Metade está concentrada em eletricidade, gás e outros serviços públicos, e a maior parte do crescimento dos empréstimos verdes pode ser atribuída ao setor de energia. Exceto pelo setor de energia, a parcela de empréstimos verdes tem ficado estagnada.²²⁴ A maior parte dos empréstimos verdes teve origem em São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, onde funcionam a maioria das usinas hidrelétricas.²²⁵ Além disso, os estados do Nordeste têm experimentado um grande aumento no número de usinas de energia solar e eólica, apoiadas por linhas de financiamento do Banco do Nordeste.

No futuro, o financiamento bancário será fundamental para permitir a transição, especialmente se puder proporcionar capital paciente. Os investimentos verdes geralmente envolvem períodos de retorno mais prolongados; por isso a necessidade de financiamento de longo prazo. O setor financeiro brasileiro está em melhor posição para explorar essas oportunidades. Será importante que o financiamento paciente chegue às pequenas e médias empresas (PME) em diversos setores. A participação de empresas de menor porte para cumprir o compromisso de zerar as emissões líquidas é crucial, dada a sua densidade nas principais cadeias de valor para o Brasil. No entanto, a utilização de recursos vinculados não deve gerar distorções que possam prejudicar a produtividade.

Em 2021, o Banco Central do Brasil instituiu novas regras para fortalecer as estruturas de gestão de riscos com base nas recomendações da Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima (TCFD).²²⁶ O crédito rural tem recebido especial atenção, dada a sua importância para a economia do país e os objetivos da PNMC. A nova regulamentação prevê restrições de crédito para projetos cujas

²²¹ INESC. 2021. "Subsídios aos Combustíveis Fósseis no Brasil (2020): Conhecer, Avaliar, Reformar."

²²² Leitão et al. 2020. "Do Pasto ao Prato: Subsídios e Pegada Ambiental da Carne Bovina." Disponível em: <https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/2020/07/Do-pasto-ao-prato-subsidios-e-pegada-ambiental-da-cadeia-da-carne-SUMARIO-EXECUTIVO2.pdf>.

²²³ Ibid.

²²⁴ Faruk Miguel, Federico Diaz, Fausto Patiño, Alvaro Pedraza e Gabriel Sensenbrenner. 2022. "Banks' exposure to climate risks in Brazil and green lending trends." Documento de referência do CDDR.

²²⁵ Ibid.

²²⁶ Veja <https://www.bcb.gov.br/detalhenoticia/579/noticia> e <https://www.fsb-tcfd.org>.

atividades se sobreponham a Unidades de Conservação, áreas embargadas por órgãos ambientais federais, terras indígenas e quilombolas, entre outras restrições. Existe a necessidade de assegurar que políticas de redução de empréstimos para setores intensivos em carbono não retardem acidentalmente a descarbonização em setores mais difíceis de descarbonizar, privando-os do financiamento necessário para sua transformação de baixo carbono. A vinculação gera um desafio de que pode resultar na alocação ineficiente do crédito, prejudicando a produtividade da economia brasileira. A reforma do sistema de crédito é importante para vincular melhor os subsídios aos benefícios dos bens públicos.

Uma taxonomia verde identifica as atividades ou investimentos que cumprem objetivos ambientais, ajudando a impulsionar o capital de forma mais eficiente para projetos prioritários e ambientalmente sustentáveis. Uma taxonomia bem-definida e estruturada pode apoiar a tomada de decisões e respostas mais bem fundamentadas e mais eficientes a oportunidades de investimento que contribuam para alcançar os objetivos ambientais nacionais. Na ausência de definições formalmente acordadas, os atores de mercado tendem a introduzir suas próprias; o resultado é a falta de comparabilidade, confiabilidade, prestação de contas, além de custos de transação mais altos. Uma taxonomia verde nacional é útil para fornecer uma diretriz ao mercado financeiro em geral, e esforços como o guia de taxonomia verde da FEBRABAN são reconhecidos como desenvolvimentos positivos no contexto de ampliação das oportunidades de financiamento em todo o setor financeiro do país.

Os bancos nacionais de desenvolvimento (BNDs), como o BNDES podem desempenhar um papel importantíssimo no cumprimento das metas globais de clima e desenvolvimento sustentável. Com um grande volume de financiamento para o desenvolvimento originado internamente, os BNDs brasileiros são fundamentais para o financiamento das prioridades de desenvolvimento do governo, especialmente em áreas para as quais não há financiamento privado disponível.²²⁷

Há diversas oportunidades para o engajamento do setor privado

Uma estimativa preliminar e indicativa, feita para este CCDR, da taxa de investimento total do setor privado no Brasil como percentual do PIB é de aproximadamente 15%–17%. Entre as indústrias no Brasil, em que empresas do setor privado têm liderado a inovação, estão o agronegócio, a silvicultura,²²⁸ energia renovável,²²⁹ sistemas de transporte público com veículos elétricos, edifícios ecológicos, modernização ecológica e destinação de resíduos para usinas de energia. Espera-se que os serviços de saneamento passem também por uma ruptura importante, desenvolvendo contratos baseados no desempenho e no tratamento local de esgotos. A consolidação de uma estrutura sólida de concessões e PPP e uma indicação clara pelo governo dos projetos prioritários proporcionam um ambiente propício ao investimento privado. Exemplos recentes incluem transmissão de energia e saneamento, em que o governo entregou com sucesso várias concessões.

O setor privado deve passar a ser uma fonte importante de financiamento para a maior parte dos investimentos nos próximos anos em setores como energia e transporte, ajudando a reduzir o déficit de infraestrutura que prejudica o crescimento da produtividade. No setor elétrico, dado o alto nível de participação já existente do setor privado, é razoável esperar que o financiamento privado cubra grande parte dos investimentos de capital necessários para expandir o sistema de energia. Entretanto, um ambiente propício terá de ser criado e algum apoio público provavelmente será necessário para acelerar a inovação e promover a incubação de investimentos iniciais em áreas como eletrificação da economia e hidrogênio verde.

²²⁷ FEBRABAN. 2021. "Guia Explicativo da Taxonomia Verde da FEBRABAN." Federação Brasileira de Bancos. <https://portal.febraban.org.br:443/pagina/3292/1103/pt-br/consulta-publica>; veja também Hussain, F.I., L. Tlaiye, e M. Jordan. 2020. "Developing a National Green Taxonomy: A World Bank Guide." Washington, DC: Grupo Banco Mundial. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/953011593410423487/Developing-a-National-Green-Taxonomy-A-World-Bank-Guide>.

²²⁸ Houve investimentos expressivos em fábricas de celulose e papel, melhoria de florestas plantadas e aumento do uso de tecnologia e práticas inteligentes em relação ao clima na produção de grãos e outras culturas perenes.

²²⁹ Há esforços para agregar projetos de energia solar usando fundos de crédito, e há uma agenda de P&D ativa associada ao biocombustível.

Na agricultura, o setor privado está bem-posicionado para investir em atividades que resultem em remoções de emissões (por exemplo, produção agroflorestal, restauração de pastagens), implementar uma agricultura inteligente em termos de clima, aumentar a produtividade agrícola e apoiar a biomassa e os biocombustíveis de segunda geração. O Grupo Banco Mundial está realizando estudos de avaliação da viabilidade financeira para apoiar a restauração de pastagens degradadas com sistemas agroflorestais.

O financiamento climático continuará a desempenhar um papel fundamental no Brasil

O Brasil poderia continuar acessando um mix de financiamentos climáticos disponíveis. Ele inclui financiamento climático dedicado, financiamento do setor privado nacional e internacional, mercados e compensações climáticos, empréstimos de bancos multilaterais de desenvolvimento (BMD) e gastos governamentais. O Brasil está atualmente aproveitando mais de R\$ 500 milhões (US\$ 100 milhões) em financiamento direcionado dos Fundos de Investimento Climático.²³⁰ O Brasil também recebeu mais de R\$ 480 milhões (US\$ 96 milhões) do Fundo Verde para o Clima para Redução de Emissões provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal (REDD+) na Amazônia para o período de 2014–2015. O financiamento climático dedicado (doações, empréstimos concessionais, pagamentos baseados em desempenho, como REDD+ e PSA para serviços ecossistêmicos claramente definidos) é uma fonte de financiamento que deve continuar a apoiar os esforços do Brasil para enfrentar as mudanças climáticas, considerando a natureza de bem público, global e regional, de algumas das principais ações. Também há oportunidades de mobilizar financiamento externo via REDD+ para povos indígenas e comunidades locais das áreas em que tenham direito aos recursos florestais (ou seja, territórios indígenas e reservas extrativistas), e uma abordagem jurisdicional de REDD+ focada em recompensar os governos estaduais por evitar o desmatamento ilegal.

Títulos ecológicos e títulos vinculados à sustentabilidade também oferecem fontes significativas de financiamento para a transição do Brasil para uma trajetória de crescimento produtivo, de baixo carbono e resiliente. Em 2017, vários importantes investidores institucionais assinaram a Declaração de Investidores sobre Títulos Verdes do Brasil,²³¹ na qual eles manifestaram interesse em ver o crescimento do mercado brasileiro de títulos verdes, e apresentaram medidas para ajudar a alcançar esse objetivo. Algumas das principais barreiras à expansão do mercado de títulos ecológicos incluem percepções de riscos mais elevados. Além disso, existe a necessidade de abordar algumas das restrições institucionais mencionadas anteriormente, incluindo a análise do impacto do crédito subsidiado e o tratamento de deficiências nos sistemas jurídicos e judiciais para lidar com questões que possam surgir e, por último, a cultura de investimento avesso ao risco.

O desenvolvimento de instrumentos de financiamento verde também deve considerar os diferentes perfis de risco/retorno dos potenciais investidores, bem como a capacidade das empresas locais de explorar os mercados financeiros. Embora grandes investidores institucionais, como fundos de pensões e instituições financeiras, estejam mais bem posicionados para explorar os instrumentos de financiamento verde oferecidos pelos mercados de capitais (tais como os títulos verdes), uma grande parte do setor privado local é composto por empresas menos sofisticadas, que podem exigir um conjunto diferente de instrumentos e estruturas de incentivo. Neste contexto, seria importante que as autoridades públicas segmentassem adequadamente o mercado de financiamento verde e desenvolvessem uma estratégia para oferecer instrumentos de financiamento verde, incluindo estruturas de redução de risco, empréstimos corporativos, empréstimos para financiamento de projetos, linhas de crédito rotativo, derivativos e outros que possam apoiar a realização dos objetivos climáticos do Brasil.

²³⁰ Veja <https://www.climateinvestmentfunds.org/country/brazil>.

²³¹ Veja https://www.climatebonds.net/files/files/Brazil_Green_Bond_Statement.pdf.

6. Grandes oportunidades, mas também desafios reais para o Brasil

A principal mensagem deste CCDR é que o Brasil tem uma oportunidade privilegiada de alcançar o crescimento econômico mais forte e inclusivo, construir resiliência às mudanças climáticas e conseguir zerar as emissões líquidas até 2050. Em comparação com seus pares, e dada a importância das emissões de uso do solo e seu grande potencial de energia renovável, o Brasil continua bem posicionado para se beneficiar das tendências globais de descarbonização. E, como seu atual modelo econômico não proporciona o crescimento da produtividade necessário para alcançar o *status* de renda alta, há sinergias claras a aproveitar. Políticas estruturais que promovam o melhor uso dos recursos impulsionarão o crescimento, reduzirão as pressões que levam ao desmatamento e ao uso ineficiente de energia e promoverão o crescimento de soluções ecológicas de baixo custo em energia renovável, indústria e transporte.

Ainda assim, a transição implica desafios reais e exigirá esforços em várias frentes. Intervenções estruturais que melhoram o crescimento para impulsionar a produtividade não são suficientes. Elas precisarão ser complementadas com intervenções econômicas abrangentes e setoriais. Embora o custo dessas intervenções seja gerenciável — e muitas vezes até negativo, quando considerados os custos do ciclo de vida — elas, no entanto, enfrentam desafios de implementação, institucionais e de economia política difíceis. Por exemplo, a aplicação mais rígida do código florestal, a mudança da geração de energia à base de combustíveis fósseis, a eletrificação dos transportes ou um planejamento urbano mais rigoroso e fundamentado em informações sobre os riscos criam efeitos distributivos significativos, que precisarão superar os desafios da economia política, ser efetivamente gerenciados e, às vezes, acompanhados de uma compensação para garantir a transição justa.

Este CCDR concentra-se em um subconjunto de questões e algumas imersões setoriais profundas para explorar as oportunidades e enfrentar os desafios criados pelas mudanças climáticas, mas não fornece respostas definitivas. O caminho para zerar as emissões líquidas proposto no relatório é ilustrativo. Outros caminhos são possíveis e precisam ser explorados antes que o país chegue a um acordo sobre uma estratégia de descarbonização de longo prazo. Particularmente importante para o país nesta fase é traduzir seus compromissos de 2050 em uma estratégia de descarbonização de longo prazo, que possa orientar a formulação de políticas e a definição de planos e conquistas de curto prazo, a fim de fundamentar futuras decisões sobre NDC e infraestrutura.

Embora as imersões profundas propostas neste CCDR visem as principais vulnerabilidades do país, o relatório não abrange totalmente todos os desafios que as mudanças climáticas representam para o povo brasileiro e não fornece uma quantificação exaustiva desses riscos. O presente relatório propõe possíveis estudos de acompanhamento, por exemplo, sobre as melhores opções para aumentar a resiliência do sistema elétrico a uma menor disponibilidade hídrica, as possíveis implicações de alterações em grande escala de ecossistemas para a agricultura e a escassez hídrica, ou as soluções adequadas de precificação do carbono no contexto de uma grande volatilidade dos preços da energia.

Este CCDR destaca a urgência de algumas intervenções por conta da irreversibilidade de algumas decisões (por exemplo, a produção de energia dependente da geração a gás). Ele também enfatiza as várias sinergias e oportunidades mais fáceis de aproveitar, que acelerariam o desenvolvimento e aumentariam a resiliência, ou reduziriam as emissões, e não precisam ser postergadas para que mais estudos sejam feitos. Ciente de suas vulnerabilidades específicas e com base em seus recursos exclusivos, o Brasil pode desenvolver essas sinergias para implementar ações climáticas sólidas e acelerar sua jornada em direção ao *status* de país de renda alta, cumprindo, ao mesmo tempo, seu compromisso de zerar as emissões líquidas até 2050 e protegendo sua população dos impactos das mudanças climáticas.

Referências

- Albert, C., P. Bustos, and J. Ponticelli. 2021. "The Effects of Climate Change on Labor and Capital Reallocation." NBER Working Paper 28995. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. doi:10.3386/w28995.
- ANA. 2019. "Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil." Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf/view.
- ANA. 2021. "Atlas Irrigação 2021: Uso da Água na Agricultura Irrigada (2ª Edição)." Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1b19cbb4-10fa-4be4-96db-b3dcd8975db0>.
- Anache, J.A.A., E. Wendland, L.M.P. Rosalem, C. Youlton, and P.T.S. Oliveira. 2019. "Hydrological Trade-Offs Due to Different Land Covers and Land Uses in the Brazilian Cerrado." *Hydrology and Earth System Sciences* 23 (3): 1263–79. doi:10.5194/hess-23-1263-2019.
- Arias, D., C. Stutley, P. Valdivia, V. Cruvinel, and W. Matos. 2017. "Agricultural Market Insurance Development: Policy Note — Brazil." Policy Note. Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/32203>.
- Arias, D., P.A. Vieira, E. Contini, B. Farinelli, and M. Morris. 2017. "Agriculture Productivity Growth in Brazil: Recent Trends and Future Prospects." Brazil Productivity Growth Flagship Report. Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/29437>.
- Assunção, J., C. Gandour, and R. Rocha. 2015. "Deforestation Slowdown in the Brazilian Amazon: Prices or Policies?" *Environment and Development Economics* 20 (6): 697–722. doi:10.1017/S1355770X15000078.
- Banerjee, O., and J. Alavalapati. 2010. "Illicit Exploitation of Natural Resources: The Forest Concessions in Brazil." *Journal of Policy Modeling* 32 (4): 488–504. doi:10.1016/j.jpolmod.2010.06.001.
- Banerjee, O., M. Cicowiez, M. Macedo, Ž. Malek, P.H. Verburg, S. Goodwin, R. Vargas, et al. 2021. "An Amazon Tipping Point: The Economic and Environmental Fallout." IDB Working Paper Series, No. IDB-WP-01259. Inter-American Development Bank. doi:10.18235/0003385.
- Basu, R. 2020. "Intergenerational Equity, the Public Trust Doctrine, Norway and North Sea Oil." MPRA Paper No. 102856. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/102856/>.
- Beraldo Souza, T. do V.S., B. Thapa, C.G. de O. Rodrigues, and D. Imori. 2019. "Economic Impacts of Tourism in Protected Areas of Brazil." *Journal of Sustainable Tourism* 27 (6): 735–49. doi:10.1080/09669582.2017.1408633.
- Bergamo, D., O. Zerbin, P. Pinho, and P. Moutinho. 2022. "The Amazon Bioeconomy: Beyond the Use of Forest Products." *Ecological Economics* 199 (Setembro): 107448. doi:10.1016/j.ecolecon.2022.107448.
- BloombergNEF. 2021. "Electric Vehicle Outlook 2021." Bloomberg New Energy Finance. <https://about.bnef.com/blog/electric-vehicle-sales-set-to-rise-faster-than-ever-but-more-policy-action-needed-to-get-on-track-for-net-zero/>.
- Bowen, T., C. del Ninno, C. Andrews, S. Coll-Black, U. Gentilini, K. Johnson, Y. Kawasoe, A. Kryeziu, B. Maher, and A. Williams. 2020. *Adaptive Social Protection: Building Resilience to Shocks*. Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/33785>.
- Brito, B., J. Almeida, P. Gomes, and R. Salomão. 2021. "10 Essential Facts About Land Tenure Regularization in the Brazilian Amazon." Belém: Imazon. <https://imazon.org.br/publicacoes/10-essential-facts-about-land-tenure-regularization-in-the-brazilian-amazon-2/>.
- Brito, Brenda, P. Barreto, A. Brandão, S. Baima, and P.H. Gomes. 2019. "Stimulus for Land Grabbing and Deforestation in the Brazilian Amazon." *Environmental Research Letters* 14 (6): 064018. doi:10.1088/1748-9326/ab1e24.
- Card, D., J. Kluge, and A. Weber. 2018. "What Works? A Meta Analysis of Recent Active Labor Market Program Evaluations." *Journal of the European Association* 4 16 (3): 894–931. doi:10.1093/jeea/jvx028.
- Carter, L., and S. Boukerche. 2020. "Catalyzing Private Sector Investment in Climate Smart Cities." Invest4Climate Knowledge Series. Washington, DC, and Nairobi: World Bank and United Nations Development Programme. doi:10.1596/978-1-4648-1112-9.
- Carvalho, S.C.P., F.D. Santos, and M. Pulquério. 2017. "Climate Change Scenarios for Angola: An Analysis of Precipitation and Temperature Projections Using Four RCMs." *International Journal of Climatology* 37 (8): 3398–3412. doi:10.1002/joc.4925.
- Cavaco, S., D. Fougère, and J. Pouget. 2013. "Estimating the Effect of a Retraining Program on the Re-Employment Rate of Displaced Workers." *Empirical Economics* 44 (1): 261–87. doi:10.1007/s00181-010-0391-6.
- Climate Watch. 2022. "Global Historical Emissions." Washington, DC: World Resources Institute. <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>.
- CUT. 2021. "Seizing Brazil's Urban Opportunity: Prioritising Urban Transport and Housing Investments for Inclusion and Resilience." London and Washington, DC: Coalition for Urban Transitions. <https://urbantransitions.global/en/publication/seizing-the-urban-opportunity/seizing-brazils-urban-opportunity/>.
- De Nys, E., N.L. Engle, and A.R. Magalhães. 2017. *Drought in Brazil: Proactive Management and Policy*. Boca Raton, FL: CRC Press. doi:10.1596/978-1-4987-6566-4.
- Di Gregorio, M., L. Fatorelli, E. Pramova, P. May, B. Locatelli, and M. Brockhaus. 2016. "Integrating Mitigation and Adaptation in Climate and Land Use Policies in Brazil: A Policy Document Analysis." CIFOR Working Paper No. 194. Centre for Climate Change Economics and Policy. <https://www.cifor.org/knowledge/publication/5997/>.

- Diluio, F., P. Walk, N. Manych, N. Cerutti, V. Chipiga, A. Workman, C. Ayas, et al. 2021. "Coal Transitions—Part 1: A Systematic Map and Review of Case Study Learnings from Regional, National, and Local Coal Phase-out Experiences." *Environmental Research Letters* 16 (11): 113003. doi:10.1088/1748-9326/ac1b58.
- Dutz, M.A. 2018. *Jobs and Growth: Brazil's Productivity Agenda*. International Development in Focus. Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/29808>.
- EPE. 2022. "Balço Energético Nacional 2022: Relatório Síntese 2022. Empresa de Pesquisa Energética. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>.
- EPE, and MME. 2022. "Plano Decenal de Expansão de Energia 2031." Brasília: Empresa de Pesquisa Energética e Ministério de Minas e Energia. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>.
- EPL. 2021. "Anuário Estatístico de Transportes 2010–2020." Brasília: Empresa de Planejamento e Logística. <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/AnuarioEstatisticodeTransportes2020QRcode21.06.2020.pdf>.
- EPL. 2021. "National Logistics Plan 2035: Executive Report (English Version)." Brasília: Empresa de Planejamento e Logística. <https://ontl.epl.gov.br/planejamento/relatorios/>.
- Fajnzylber, P., D. Lederman, and J. Oliver. 2013. "Pre-Salt Oil Discoveries and the Long-Term Development of Brazil." Economic Premise No. 113. Washington, DC: World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/662121468020927537/Pre-salt-oil-discoveries-and-the-long-term-development-of-Brazil>.
- FEBRABAN. 2021. "Guia Explicativo da Taxonomia Verde da FEBRABAN." Federação Brasileira de Bancos. <https://portal.febraban.org.br:443/pagina/3292/1103/pt-br/consulta-publica>.
- Federative Republic of Brazil. 2015. "Intended Nationally Determined Contribution." Brasília. <https://unfccc.int/sites/default/files/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>.
- Federative Republic of Brazil. 2020. "Brazil's Nationally Determined Contribution (NDC) — Update." Brasília. <https://unfccc.int/sites/default/files/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>.
- Federative Republic of Brazil. 2022. "Nationally Determined Contribution (NDC) — Annex: Information to Facilitate Clarity, Transparency and Understanding of Brazil's NDC." Brasília. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20%20FINAL%20-%20PDF.pdf>.
- Flach, R., G. Abrahão, B. Bryant, M. Scarabello, A.C. Soterroni, F.M. Ramos, H. Valin, M. Obersteiner, and A.S. Cohn. 2021. "Conserving the Cerrado and Amazon Biomes of Brazil Protects the Soy Economy from Damaging Warming." *World Development* 146 (October): 105582. doi:10.1016/j.worlddev.2021.105582.
- Getirana, A. 2016. "Extreme Water Deficit in Brazil Detected from Space." *Journal of Hydrometeorology* 17 (2): 591–99. doi:10.1175/JHM-D-15-0096.1.
- Getirana, A., R. Libonati, and M. Cataldi. 2021. "Brazil Is in Water Crisis — It Needs a Drought Plan." *Nature* 600 (7888): 218–20. doi:10.1038/d41586-021-03625-w.
- Global Commission on Adaptation. 2019. "Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience." Rotterdam and Washington, DC: Global Center on Adaptation and World Resources Institute. <https://gca.org/global-commission-on-adaptation/report>.
- Goldman Sachs. 2021. "Top Projects 2021: A Tale of Shrinking Reserves and Rising Profits." Equity Research.
- Gurlit, W., J. Guillaumon, M. Aude, and H. Ceotto. 2021. "Hidrogênio Verde: Uma Oportunidade de Geração de Riqueza com Sustentabilidade, para o Brasil e o Mundo." *McKinsey & Company — Our Insights* (blog). 25 de novembro de 2021. <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>.
- Hallegette, S., M. Bangalore, L. Bonzanigo, M. Fay, T. Kane, U. Narloch, J. Rozenberg, D. Treguer, and A. Vogt-Schilb. 2016. *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty. Climate Change and Development*. Climate Change and Development. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-0673-5_fm.
- Heine, D., and S. Black. 2018. "Benefits beyond Climate: Environmental Tax Reform." In *Fiscal Policies for Development and Climate Action*, 1–63. International Development in Focus. The World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-1358-0_ch1.
- Hofmeister, N., and P. Papini. 2021. "Global Demand for Manganese Puts Kayapó Indigenous Land under Pressure." *Mongabay*, 14 de julho de 2021. <https://news.mongabay.com/2021/07/global-demand-for-manganese-puts-kayapo-indigenous-land-under-pressure/>.
- Hund, K., D. La Porta, T.P. Fabregas, T. Laing, and J. Drexhage. 2020. "Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition." Climate-Smart Mining Facility report. Washington, DC: World Bank Group. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/05/11/mineral-production-to-soar-as-demand-for-clean-energy-increases>.
- Hussain, F.I., L. Tlaiye, and M. Jordan. 2020. "Developing a National Green Taxonomy: A World Bank Guide." Washington, DC: World Bank Group. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/953011593410423487/Developing-a-National-Green-Taxonomy-A-World-Bank-Guide>.
- IBGE. 2021. "Anuário Estatístico do Brasil 2020." Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?id=720&view=detalhes>.
- ICS, and SDSN. 2021. "Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades — Brasil." São Paulo e Paris: Instituto Cidades Sustentáveis e Sustainable Development Solutions Network. <https://www.sustainabledevelopment.report>.
- IEA. 2021. "Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector." Paris: International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.

- ILO. 2017. "Active Labour Market Policies." Green Initiative Policy Brief. Geneva: International Labour Organization. http://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/publications/WCMS_614301/lang--en/index.htm.
- INESC. 2021. "Subsídios aos Combustíveis Fósseis no Brasil (2020): Conhecer, Avaliar, Reformar." Instituto de Estudos Socioeconômicos. <https://www.inesc.org.br/subsidios-aos-combustiveis-fosseis-no-brasil-2020-conhecer-avaliar-reformar/>.
- INN. 2021. "Graphite Mining in Brazil: A Key Component in the Future of Energy Storage." Investing News Network. 23 de junho de 2021. <https://investingnews.com/innspired/graphite-mining-in-brazil/>.
- IPCC. 2022. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, et al. Cambridge, UK, and New York: Cambridge University Press (in press). <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>.
- IPEA. 2016. "Relatório Brasileiro para o Habitat III." Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=27266.
- IPEA. 2021. "Atlas da Vulnerabilidade Social." Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/>.
- Jafino, B.A., B. Walsh, J. Rozenberg, and S. Hallegatte. 2020. "Revised Estimates of the Impact of Climate Change on Extreme Poverty by 2030." Policy Research Working Paper No. 9417. Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/34555>.
- Jorgensen, O.H. 2013. "Efficiency and Equity Implications of Oil Windfalls in Brazil." Policy Research Working Paper No. 6597. Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/15835>.
- Kaza, S., L.C. Yao, P. Bhada-Tata, and F. Van Woerden. 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/30317>.
- Khanna, J., D. Medvigy, S. Fueglistaler, and R. Walko. 2017. "Regional Dry-Season Climate Changes Due to Three Decades of Amazonian Deforestation." *Nature Climate Change* 7 (3): 200–204. doi:10.1038/nclimate3226.
- Leitão, S., S. Watanabe Júnior, P.M. Vale, R. Strumpf, S. Martins, K. Meira, R. Vale, and E. Pavão. 2020. "Do Pasto ao Prato: Subsídios e Pegada Ambiental da Carne Bovina." São Paulo: Instituto Escolhas. <https://www.escolhas.org/wp-content/uploads/2020/07/Do-pasto-ao-prato-subsidios-e-pegada-ambiental-da-cadeia-da-carne-SUM%C3%81RIO-EXECUTIVO2.pdf>.
- López, G., and S. Galarza. 2016. "Movilidad eléctrica: Oportunidades para Latinoamérica." Report for the United Nations Environment Programme, with support from EUROCLIMA. Centro Mario Molina Chile. <https://wedocs.unep.org/xmlui/handle/20.500.11822/26304>.
- Ministério da Saúde. 2019. "Saúde Brasil 2018: Uma Análise da Situação de Saúde e das Doenças e Agravos Crônicos: Desafios e Perspectivas." Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_2018_analise_situacao_saude_doencas_agrivos_cronicos_desafios_perspectivas.pdf.
- Miyamoto International. 2019. "Overview of Engineering Options for Increasing Infrastructure Resilience: Final Report." Background Paper for the Lifelines Report. Washington, DC: World Bank Group. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/474111560527161937/Final-Report>.
- MMA. 2016. "National Adaptation Plan to Climate Change." Volume I: General Strategy. Brasília: Ministry of Environment (Ministério do Meio Ambiente). https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/clima/ozoniodesertificacao/clima/arquivos/pna_volume-i_en.pdf.
- Morgandi, M., K.M. Fietz, M.L.S. Ed, A.R. De Farias, and M. Weber. 2020. "Enhancing Coverage and Cost-Effectiveness of Brazil's Unemployment Protection System: Insights from International Experience." Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/35168>.
- Patterson, D., S. Schmitt, P. Izquierdo, P. Tibaldeschi, H. Bellfield, D. Wang, B. Gurhy, et al. 2022. "Geospatial ESG: The Emerging Application of Geospatial Data for Gaining 'environmental' Insights on the Asset, Corporate and Sovereign Level." WWF, World Bank Group and Global Canopy. https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2022-01/Geospatial_ESG_Report.pdf.
- PBMC. 2013. "Executive Summary." In *Impactos, Vulnerabilidades e Adaptação: Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas*, editado por E.D. Assad e A.R. Magalhães. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. http://pbmc.coppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/relatorios-pbmc/item/impactos-vulnerabilidade-e-adaptacao?category_id=18.
- Pereira, O.J.R., L.G. Ferreira, F. Pinto, and L. Baumgarten. 2018. "Assessing Pasture Degradation in the Brazilian Cerrado Based on the Analysis of MODIS NDVI Time-Series." *Remote Sensing* 10 (11): 1761. doi:10.3390/rs10111761.
- Rangel, M.A., and T.S. Vogl. 2019. "Agricultural Fires and Health at Birth." *The Review of Economics and Statistics* 101 (4): 616–30. doi:10.1162/rest_a_00806.
- Requia, W.J., H. Amini, M.D. Adams, and J.D. Schwartz. 2022. "Birth Weight Following Pregnancy Wildfire Smoke Exposure in More than 1.5 Million Newborns in Brazil: A Nationwide Case-Control Study." *The Lancet Regional Health — Americas* 11 (July). doi:10.1016/j.lana.2022.100229.
- Requia, W.J., H. Amini, R. Mukherjee, D.R. Gold, and J.D. Schwartz. 2021. "Health Impacts of Wildfire-Related Air Pollution in Brazil: A Nationwide Study of More than 2 Million Hospital Admissions between 2008 and 2018." *Nature Communications* 12 (1): 6555. doi:10.1038/s41467-021-26822-7.
- Rigolini, J. 2021. "Social Protection and Labor: A Key Enabler for Climate Change Adaptation and Mitigation." Social Protection and Jobs Discussion Paper No. 2108. Washington, DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36669>.

- Rocha, R., and A.A. Sant'Anna. 2022. "Winds of Fire and Smoke: Air Pollution and Health in the Brazilian Amazon." *World Development* 151 (March): 105722. doi:10.1016/j.worlddev.2021.105722.
- Rocha, R., and R.R. Soares. 2015. "Water Scarcity and Birth Outcomes in the Brazilian Semiárid." *Journal of Development Economics* 112 (January): 72–91. doi:10.1016/j.jdeveco.2014.10.003.
- Roe, S., C. Streck, R. Beach, J. Busch, M. Chapman, V. Daioglou, A. Deppermann, et al. 2021. "Land-Based Measures to Mitigate Climate Change: Potential and Feasibility by Country." *Global Change Biology* 27 (23): 6025–58. doi:10.1111/gcb.15873.
- Rozenberg, J., X. Espinet Alegre, P. Avner, C. Fox, S. Hallegatte, E. Koks, J. Rentschler, and M. Tariverdi. 2019. "From a Rocky Road to Smooth Sailing: Building Transport Resilience to Natural Disasters." Background paper for Lifelines. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/31913.
- Sant'Anna, A.A., and L. Costa. 2019. "Bailing out Environmental Liabilities: Moral Hazard and Deforestation in the Brazilian Amazon." LACEA Working Paper No. 0031. Latin American and Caribbean Economic Association. http://vox.lacea.org/?q=wps/bailing_environmental_liabilities.
- Schneider, M., A.A. Biedzicki de Marques, and C.A. Peres. 2021. "Brazil's Next Deforestation Frontiers." *Tropical Conservation Science* 14 (January): 19400829211020470. doi:10.1177/19400829211020472.
- Silva, L.B. da, E.L. de Souza, P.A.A. de Oliveira, and B.J.M. Andrade. 2020. "Implications of Indoor Air Temperature Variation on the Health and Performance of Brazilian Students." *Indoor and Built Environment* 29 (10): 1374–85. doi:10.1177/1420326X19878228.
- Slowik, P., C. Araujo, T. Dallmann, and C. Façanha. 2019. "International Evaluation of Public Policies for Electromobility in Urban Fleets." International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/international-evaluation-of-public-policies-for-electromobility-in-urban-fleets/>.
- Soares-Filho, B., R. Rajão, F. Merry, H. Rodrigues, J. Davis, L. Lima, M. Macedo, M. Coe, A. Carneiro, and L. Santiago. 2016. "Brazil's Market for Trading Forest Certificates." *PLOS ONE* 11 (4): e0152311. doi:10.1371/journal.pone.0152311.
- Solano-Rodriguez, B., S. Pye, P.-H. Li, P. Ekins, O. Manzano, and A. Vogt-Schilb. 2019. "Implications of Climate Targets on Oil Production and Fiscal Revenues in Latin America and the Caribbean." Washington, DC: Inter-American Development Bank. doi:10.18235/0001802.
- Stassart, J., R. Torsiano, D. Cardoso, F.M. de A. Collaço, and R. Morgado. 2021. "Weak Land Governance, Fraud and Corruption: Fertile Ground for Land Grabbing." Transparency International. <https://comunidade.transparenciainternacional.org.br/land-grabbing>.
- Torres, C.M.M.E., L.A.G. Jacovine, S. Nolasco de Olivera Neto, C.W. Fraisse, C.P.B. Soares, F. de Castro Neto, L.R. Ferreira, J.C. Zanon, and P.G. Lemes. 2017. "Greenhouse Gas Emissions and Carbon Sequestration by Agroforestry Systems in Southeastern Brazil." *Scientific Reports* 7 (1): 16738. doi:10.1038/s41598-017-16821-4.
- TSVCM. 2021. "Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets: Final Report." Institute of International Finance. https://www.iif.com/Portals/1/Files/TSVCM_Report.pdf.
- UN DESA. 2018. "World Urbanization Prospects 2018." New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. <http://esa.un.org/unpd/wup/>.
- UNDP. 2020. "Human Development Report 2020 – The Next Frontier: Human Development and the Anthropocene." New York: United Nations Development Programme. <http://hdr.undp.org/en/2020-report>.
- USGS. 2020. "Graphite." In *Mineral Commodity Summaries 2020*, 72–73. Reston, VA: U.S. Geological Survey. <http://dx.doi.org/10.3133/mcs2020>.
- Valdiones, A.P., P. Bernasconi, V. Silgueiro, V. Guidotti, F. Miranda, J. Costa, R. Rajão, e B. Manzolli. 2021. "Desmatamento Ilegal Na Amazônia e No Matopiba: Falta Transparência e Acesso à Informação." Culabá: Instituto Centro de Vida. <https://www.icv.org.br/publicacao/desmatamento-illegal-na-amazonia-e-no-matopiba-falta-transparencia-e-acesso-a-informacao/>.
- Vianna, G.S.B., and C.E.F. Young. 2015. "Em busca do tempo perdido: Uma estimativa do produto perdido em trânsito no Brasil." *Revista de Economia Contemporânea* 19 (3): 403–16. doi:10.1590/198055271933.
- Wagstyl, S. 2021. "Climate Change Is Becoming Less a Battle of Nations than Rich vs Poor." *Financial Times*, May 21, 2021.
- Werneck, F., C. Angelo, and S. Araújo. 2022. "A Conta Chegou: O Terceiro Ano de Destruição Ambiental sob Jair Bolsonaro." Observatório do Clima. <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2022/02/A-conta-chegou-HD.pdf>.
- West, T.A.P., e P.M. Fearnside. 2021. "Brazil's Conservation Reform and the Reduction of Deforestation in Amazonia." *Land Use Policy* 100 (Janeiro): 105072. doi:10.1016/j.landusepol.2020.105072.
- World Bank. 2014. "Coping with Losses: Options for Disaster Risk Financing in Brazil." Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/29397>.
- World Bank. 2021. "Climate Risk Country Profile: Brazil." Washington, DC: World Bank Group. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2021-07/15915-WB_Brazil%20Country%20Profile-WEB.pdf.
- World Bank. 2021. "Stress Testing Social Protection: A Rapid Appraisal of the Adaptability of Social Protection Systems and Their Readiness to Scale-Up." A Guide for Practitioners, Version 1. Washington, DC: World Bank. <https://blogs.worldbank.org/voices/preparing-today-tomorrow-stress-testing-social-protection-systems>.
- World Bank. 2022. "Brazil Poverty and Equity Assessment: Looking Ahead of Two Crises." Washington, DC. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099230007062256153/P1746910e33a8407d0b0850b8f0f5bcf18c>.

- World Bank Group. 2019. "Doing Business 2020: Comparing Business Regulation in 190 Economies – Economy Profile of Brazil." Washington, DC. <https://www.doingbusiness.org/content/dam/doingBusiness/country/b/brazil/BRA.pdf>.
- Xie, V.W. 2019. "Labor-Market Adjustment Under Extreme Heat Shocks: Evidence From Brazil." SSRN Scholarly Paper 3675959. <https://papers.ssrn.com/abstract=3675959>.
- Yu, S., J. Edmonds, D. Forrister, C. Munnings, J. Hoekstra, I. Steponaviciute, and E. Lochner. 2021. "The Potential Role of Article 6 Compatible Carbon Markets in Reaching Net-Zero." Working Paper. e International Emissions Trading Association and University of Maryland. <https://www.ieto.org/The-Potential-Role-of-Article-6-Compatible-Carbon-Markets-in-Reaching-Net-Zero>.
- Zhong, H., K. Feng, L. Sun, L. Cheng, and K. Hubacek. 2020. "Household Carbon and Energy Inequality in Latin American and Caribbean Countries." *Journal of Environmental Management* 273 (Novembro): 110979. doi:10.1016/j.jenvman.2020.110979.
- Zilli, M., M. Scarabello, A.C. Soterroni, H. Valin, A. Mosnier, D. Leclère, P. Havlík, F. Kraxner, M.A. Lopes, and F.M. Ramos. 2020. "The Impact of Climate Change on Brazil's Agriculture." *Science of The Total Environment* 740 (Outubro): 139384. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139384.