

Desafios das mudanças climáticas para a América Latina e Caribe¹

A mudança climática apresenta vários desafios para uma região tão diversificada como a América Latina e o Caribe (ALC). Alguns países da ALC enfrentam desafios relacionados com a contenção e redução de emissões de gases do efeito estufa (GEE) (mitigação), enquanto outros têm uma necessidade urgente de desenvolver resiliência a desastres naturais (adaptação). Em termos de mitigação, na ausência de medidas adicionais de política, as emissões de GEE na ALC continuarão a crescer com a expansão da atividade econômica. As autoridades na ALC dispõem de uma variedade de ferramentas de mitigação para controlar as emissões de GEE, inclusive políticas de mitigação baseadas em preços (por exemplo, redução de subsídios aos combustíveis fósseis, adoção de impostos de carbono, criação de sistemas de negociação de emissões e feebates) e não baseadas em preços (por exemplo, investimento público em tecnologias e infraestrutura de baixa emissão de GEE, incentivos fiscais e gastos públicos correntes e diretos destinados a tornar fontes de energia de baixo carbono mais abundantes e acessíveis, assim como regulamentações de apoio). Em vista da grande parcela de emissões resultante de mudanças nas práticas de uso da terra, Soluções baseadas na Natureza (SbN) com custo eficaz podem desempenhar um papel importante na ALC. Os países da ALC provavelmente precisarão de uma ampla gama de ferramentas de mitigação, vistos o amplo uso de energia renovável na região, as preferências da sociedade e as considerações de economia política. Os países devem adotar as combinações de políticas mais adequadas para suas circunstâncias específicas, sendo que o ideal é articulá-las como estratégias nacionais. Em termos de adaptação, embora seja importante desenvolver resiliência a desastres naturais em toda a região, é uma prioridade para as economias caribenhas e centro-americanas que são altamente vulneráveis ao impacto da mudança climática. Uma abordagem abrangente de médio prazo, concentrada no investimento em resiliência estrutural (ou física), no reforço da resiliência financeira e no aumento da resiliência pós-desastre, produziria benefícios significativos e duradouros para os países do Caribe e da América Central. Na região da ALC como um todo, as políticas de mitigação e adaptação precisarão de um financiamento inicial robusto, assim como do importante apoio da comunidade internacional e do setor privado.

Introdução

A transição para uma era pós-pandêmica oferece uma oportunidade para confrontar outra ameaça ao crescimento e à prosperidade no longo prazo: a mudança climática. À medida que a comunidade internacional reconheça a urgência de confrontar essa questão, e os países atualizem seus compromissos em relação ao clima em preparação para a 26ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (COP26), este capítulo avalia os principais desafios relacionados com mudança climática na ALC e explora o leque de opções de política para abordá-los. As políticas ou o conjunto de políticas apropriadas para países específicos dependerão dos desafios e das circunstâncias de cada país e exigirão uma análise aprofundada em nível de país e setor, o que ultrapassa o escopo deste capítulo.

A mudança climática apresenta tanto desafios como oportunidades para a região da ALC.

No lado dos **desafios**:

- **Riscos físicos** decorrem do grau elevado de vulnerabilidade de algumas economias da região ao impacto de fenômenos climáticos, como temperaturas mais altas, desastres naturais relacionados com o clima,

¹O capítulo foi elaborado por Anna Ivanova (líder), Sònia Muñoz (colíder), Leo Bonato, Serhan Cevik, Ding Ding, Emilio Fernandez-Corugedo, Alejandro Guerson, Chao He, Janne Hukka, Diane Kostroch, Huidan Lin, Constant Lonkeng, Joana Pereira, Chris Walker (todos do WHD), Andres Gonzalez (ICD) e Emanuele Massetti (FAD) sob a supervisão de Jorge Roldós. Beneficiou-se de contribuições de Luisa Charry, Christopher Evans, Matteo Ghilardi, Weicheng Lian, Sandra Marcelino, Inci Otker, Camila Perez e Dmitry Vasilyev e da excelente assistência de pesquisa de Tessa Vasquez-Baos, Sean Thomas, Genevieve Lindow, Ivan Burgara e Tianle Zhu, assim como do apoio de Astrid Baigorria (todos do WHD). Os autores estão extremamente gratos aos colegas do Departamento de Finanças Públicas do FMI, Simon Black, Ian Parry, Nate Vernon e Karlygash Zhunussova, por disponibilizar a Ferramenta de Avaliação da Precificação do Carbono (CPAT, na sigla em inglês) e pela assistência prestada na estimativa do impacto das políticas de mitigação climática e dos subsídios aos combustíveis fósseis na ALC.

elevação do nível do mar, erosão costeira e perda de biodiversidade, assim como riscos relacionados com a alta dependência de setores sensíveis ao clima, como turismo e agricultura. Esses riscos físicos podem causar impactos adversos tanto na oferta agregada (destruição de capital físico, deslocamentos no mercados de trabalho e perturbações nas cadeias de suprimento) como na demanda agregada (reduções no consumo e investimento e perturbações nos fluxos comerciais), causando quedas no crescimento e emprego e pondo em risco a sustentabilidade fiscal e a estabilidade financeira.

- **Riscos de transição** decorrem de mudanças estruturais significativas em economias nacionais e estrangeiras, necessárias para cumprir os objetivos de sustentabilidade climática, em particular, reduzindo a dependência de atividades com emissão de GEE elevada e melhorando as práticas de uso da terra. Caso não seja devidamente controlada, a transição global para uma economia de baixo carbono/baixo GEE² poderia causar deslocamentos econômicos significativos como resultado de mudanças setoriais no emprego, na vantagem comparativa e nos padrões de comércio, com repercussões no crescimento a curto e longo prazo, situações fiscais, inflação, posições externas e sistemas financeiros.

Para controlar esses riscos, os países podem tomar medidas em duas frentes: i) *mitigação climática*, que se refere a políticas que ajudam a reduzir emissões de gases do efeito estufa; e ii) *adaptação climática*, que se refere a esforços de adaptação aos efeitos da mudança climática, inclusive a minimização de danos causados por desastres naturais relacionados com o clima e a adaptação aos efeitos de transformações econômicas no país e no mundo, visando a reduzir a dependência de atividades intensas em carbono (o que se costuma denominar “transição”).

No lado das **oportunidades**, a transição para economias mais verdes e resilientes poderia ajudar a alcançar a sustentabilidade econômica, social e ambiental, além de criar oportunidades de desenvolvimento econômico e social na região.

- **Iniciativas de mitigação** poderiam produzir benefícios substanciais para o meio ambiente e a saúde no âmbito nacional já no curto prazo (por exemplo, Bollen *et al.* 2009; Grossman *et al.* 2011), como redução da mortalidade e morbidade decorrente da poluição atmosférica e mortes nas estradas. Também podem gerar economias diretas de custo (por exemplo, menos danos e congestionamentos nas estradas).
- **Investimentos** em tecnologias e infraestrutura verdes poderiam ajudar a promover crescimento e gerar novos empregos (*World Economic Outlook* (WEO) do FMI, outubro de 2020). Iniciativas de promoção da inovação verde no setor energético também poderiam gerar repercussões positivas no resto da economia e reduzir os riscos de segurança energética.
- O **cultivo sustentável** também pode produzir benefícios ao liberar recursos fiscais atualmente usados para oferecer subsídios (embora esses recursos também possam ser parcialmente usados para apoiar o cultivo sustentável, pelo menos inicialmente), aumentando a resiliência externa com o desenvolvimento de produtos sustentáveis com demanda global crescente, contribuindo para a segurança alimentar e ampliando as fontes de renda nacional (Hanley 2014; Boltvinik e Mann 2016). Uma redução da ênfase na pecuária poderia liberar terras que poderiam ser usadas para o cultivo de proteínas vegetais ou para reflorestamento (Batini 2021), ajudando a mitigar os riscos da transição e contribuindo para a redução adicional das emissões.
- A **transição para tecnologias verdes** poderia beneficiar alguns países da região com abundância natural de minérios como cobre, níquel, cobalto e lítio, que são necessários para tecnologias de baixo GEE,

²Em todo este capítulo, usamos os termos “economia de baixo carbono” e “economia com baixa emissão de GEE” indistintamente. Entre os GEE figuram vários gases além do dióxido de carbono (notas de rodapé 1 e 2 no Gráfico 3), inclusive alguns que não contêm carbono. Contudo, o termo “economia de baixo carbono” é usado comumente para definir, sem grande exatidão, todas as atividades econômicas destinadas a produzir bens e serviços e, ao mesmo tempo, minimizar as emissões de GEE (ver, por exemplo, “The Size and Performance of the UK Low Carbon Economy (publishing.service.gov.uk)” UK Department for Business Innovation and Skills, março de 2015).

como energias renováveis, carros elétricos, captura e armazenamento de hidrogênio e carbono, beneficiando os produtores de minérios na ALC (WEO do FMI 2021).

- O **investimento em infraestrutura resiliente** poderia gerar crescimento e benefícios fiscais significativos no decorrer do tempo em países vulneráveis a desastres climáticos.

Para maximizar essas oportunidades e minimizar os riscos, é necessário priorizar o aumento da flexibilidade e adaptabilidade das economias. Políticas destinadas a apoiar a redistribuição da mão de obra e do capital entre os setores, o investimento em qualificações básicas e capital humano, a melhoria da transparência e da governança econômica para incentivar o investimento em tecnologia e *know-how*, assim como a abertura de espaço fiscal para gerir a transição climática, ajudariam os países da ALC a se posicionarem para tirar proveito das oportunidades criadas pela transição climática.

Este capítulo avalia os desafios de mudança climática na região da ALC e explora uma série de opções de política para mitigação e adaptação climática. O capítulo visa a abordar as seguintes questões: Quais são os principais desafios de mudança climática na ALC? (Seção II); Quais são as opções de política na ALC para lidar com a mudança climática (Seção III), incluindo mitigação (Seção III.1) e adaptação (Seção III.2); e Quais são as necessidades de financiamento para cumprir os objetivos climáticos da ALC? (Seção IV).

Desafios das mudanças climáticas na ALC

Uma região diversificada

A ALC é uma das regiões mais diversificadas no que diz respeito aos riscos climáticos (Gráfico 1). Embora o Brasil e o México não se destaquem por suas emissões líquidas per capita de GEE, em 2018 cada um deles, mais a Argentina, contribuiu com mais de 1% para o total das emissões líquidas de GEE ou de outros gases além do CO₂ em escala mundial, devido a suas grandes dimensões (Gráfico 2 e Anexo 1).³ A ALC abriga também países que são particularmente vulneráveis aos impactos da mudança do clima (notadamente na América Central e no Caribe), bem como países que não contribuem significativamente para as emissões globais de GEE, mas são sensíveis aos riscos de transição decorrentes dos esforços globais para a redução dessas emissões (ou seja, exportadores de combustíveis fósseis e de produtos agrícolas). A mudança climática é macrocrítica para a região (Quadro 1) e tanto a mitigação como a adaptação climática são relevantes.

Gráfico 1. América Latina e Caribe: Diversidade de riscos climáticos da região

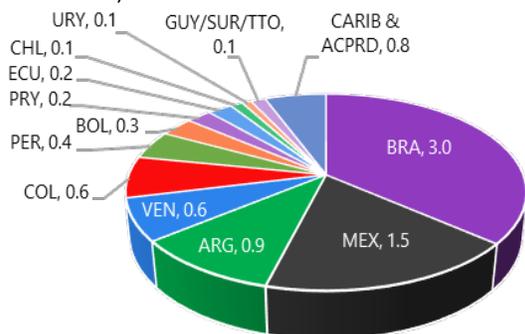


Fontes: cálculos do corpo técnico do FMI.
Nota: ACPRD = América Central, Panamá e República Dominicana; ALC = América Latina e Caribe.

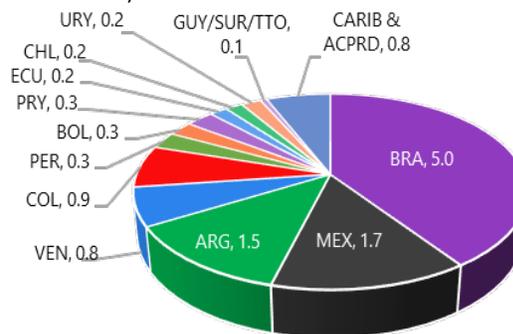
³Uma vez que as emissões constituem uma externalidade relacionada à mudança do clima em termos globais, é o total de emissões que caracteriza a contribuição do país para a mudança climática.

Gráfico 2. ALC: Diversidade de riscos climáticos da região

1. ALC: Emissões líquidas de gases do efeito estufa, 2018
(Porcentagem das emissões globais, incl. impacto das práticas de uso da terra)



2. ALC: Emissões líquidas sem CO₂, 2018
(Porcentagem de emissões sem CO₂, incl. impacto das práticas de uso da terra)



Fontes: World Resources Institute, CAIT Climate Data Explorer; Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima; e cálculos do corpo técnico do FMI.
Nota: Os gases do efeito estufa (GEE) incluem CO₂, CH₄, N₂O e gases fluorados provenientes de consumo de energia, indústria, agricultura, UTMUTS (uso da terra, mudança de uso da terra e silvicultura), resíduos e outras fontes. Os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO). ACPRD (América Central, Panamá e República Dominicana) = Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua, Panamá, República Dominicana; ALC = América Latina e Caribe; CARIB (Caribe) = Antígua e Barbuda, Bahamas, Barbados, Belize, Dominica, Granada, Guiana, Haiti, Jamaica, Santa Lúcia, São Cristóvão e Névis, São Vicente e Granadinas, Suriname, Trinidad e Tobago.

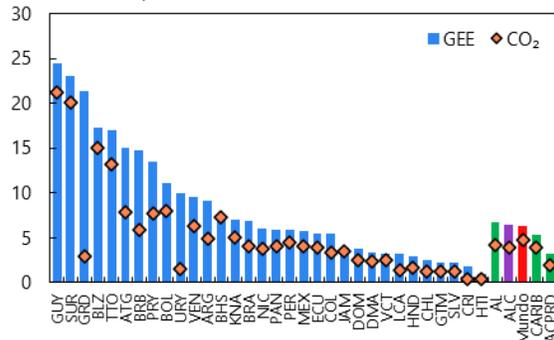
As emissões líquidas de GEE da região são compatíveis com sua dimensão econômica e população.

A contribuição da ALC às emissões líquidas globais de GEE (8,4%), que inclui o impacto das práticas de uso da terra, é amplamente compatível com a dimensão das economias da ALC (cerca de 8% do PIB e da população mundial). Portanto, as emissões líquidas de GEE per capita, de 6,4 toneladas métricas de CO₂-eq⁴ estão próximas à média mundial (Gráfico 3, painel 1). Em contraste, as emissões brutas de GEE per capita (5,2 toneladas métricas de CO₂ equivalente), que excluem o impacto das práticas de uso da terra, estão abaixo da média mundial (6,3 toneladas métricas de CO₂ equivalente). O maior nível de emissões líquidas (em comparação com as brutas) na ALC reflete uma contribuição positiva às emissões de GEE ligadas às práticas de uso da terra, decorrentes, em grande medida, do desmatamento na região (Gráfico 3, painel 2). Entre os países, a contribuição da ALC às emissões líquidas globais de GEE provém principalmente dos três maiores emissores da região (5,4%, Gráfico 2, painel 1). Embora os países altamente dependentes de exportações de combustíveis fósseis (Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Suriname, Trinidad e Tobago e Venezuela) representem apenas um total de 1,7% das emissões líquidas globais de GEE, suas exportações contribuem para as emissões dos países importadores.

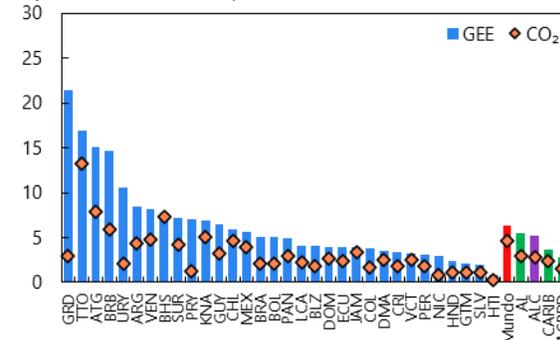
⁴CO₂-eq (dióxido de carbono equivalente) refere-se a uma unidade baseada no potencial de aquecimento global de diferentes GEE. A unidade CO₂-eq mede o impacto ambiental de uma tonelada métrica desses GEE em comparação com o impacto de uma tonelada métrica de CO₂.

Gráfico 3. ALC: Emissões de GEE e CO₂ per capita

1. Emissões líquidas de gases do efeito estufa e CO₂ per capita, 2018¹
(Toneladas métricas de CO₂ equivalente, incl. impacto das práticas de uso da terra)



2. Emissões brutas de gases do efeito estufa e CO₂ per capita, 2018²
(Toneladas métricas de CO₂ equivalente, excl. impacto das práticas de uso da terra)



Fontes: World Resources Institute, CAIT Climate Data Explorer; Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima; e cálculos do corpo técnico do FMI. Nota: Os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO). ACPRD (América Central, Panamá e República Dominicana) = Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua, Panamá, República Dominicana; AL (América Latina) = América do Sul, México; ALC = América Latina e Caribe; AN (América do Norte) = Canadá, Estados Unidos; CARIB (Caribe) = Antígua e Barbuda, Bahamas, Barbados, Belize, Dominica, Granada, Guiana, Haiti, Jamaica, Santa Lúcia, São Cristóvão e Névis, São Vicente e Granadinas, Suriname, Trinidad e Tobago; CO₂ = dióxido de carbono; GEE = gases do efeito estufa; UTMUTS = uso da terra, mudança de uso da terra e silvicultura.

¹Emissões líquidas de GEE incluem emissões brutas de GEE (ver nota de rodapé 2) mais UTMUTS, que pode ser positivo ou negativo.

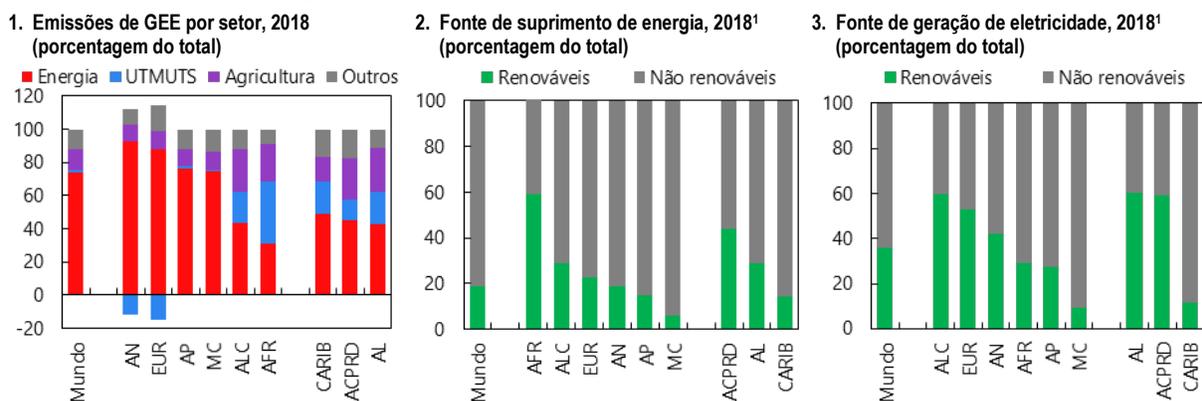
²Gases do efeito estufa (GEE) incluem CO₂, CH₄, N₂O e gases fluorados, provenientes de consumo de energia, indústria, agricultura, resíduos e outras fontes.

Em termos de composição das emissões líquidas de GEE, contudo, a ALC difere notavelmente do resto do mundo. O setor energético – que continua a ser a maior fonte isolada de emissões – é responsável por 43% das emissões de GEE na ALC, bem abaixo da média mundial de 74% (Gráfico 4, painel 1), refletindo fontes mais limpas de suprimento de energia em comparação com a maioria das outras regiões (exceto a África Subsaariana) (Gráfico 4, painel 2). Em particular, o uso limitado de combustíveis fósseis na geração de eletricidade (Gráfico 4, painel 3) e o uso amplo de energia hidrelétrica⁵ e outras fontes renováveis nos países da ALC (fora do Caribe).⁶ Contudo, a ALC se destaca pela sua grande contribuição às emissões líquidas de GEE (45% do total) decorrente da agricultura e da mudança combinada de uso da terra e silvicultura, em relação à média mundial de 14%.

⁵A energia hidrelétrica, não obstante sua reduzida contribuição às emissões de GEE, pode causar outros problemas ambientais (por exemplo, os relacionados à construção de barragens) e, em vista da alta dependência de água, também pode enfrentar desafios quando os recursos hídricos tornam-se mais voláteis – outro risco de mudança climática – na região.

⁶A eletricidade no Caribe tende a ser produzida por fontes não renováveis, que compõem 88% da geração, em contraste a cerca de 40% no resto da ALC.

Gráfico 4. ALC: Emissões de gases do efeito estufa e matriz energética



Fontes: FMI, Ferramenta de Avaliação de Precificação de Carbono; Agência Internacional de Energia; Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico; World Resources Institute – CAIT Climate Data Explorer; cálculos do corpo técnico do FMI.

Nota: Os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO). ACPRD (América Central, Panamá e República Dominicana) = Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua, Panamá, República Dominicana; AFR = África; AL (América Latina) = América do Sul, México; ALC = América Latina e Caribe; AN (América do Norte) = Canadá, Estados Unidos; AP = Ásia e Pacífico; CARIB (Caribe) = Antígua e Barbuda, Bahamas, Barbados, Belize, Dominica, Granada, Guiana, Haiti, Jamaica, Santa Lúcia, São Cristóvão e Névis, São Vicente e Granadinas, Suriname, Trinidad e Tobago; EUR = Europa; MC = Oriente Médio e Ásia Central. UTMUTS = uso da terra, mudança de uso da terra e silvicultura. A categoria Outros refere-se a processos industriais e resíduos.

¹O suprimento de energia de um país inclui o suprimento total de energia para uso em quatro setores econômicos – habitação, comércio, transportes e indústria – proveniente tanto de fontes renováveis (eólica, solar, hidrelétrica, nuclear, biomassa, calor e outras energias renováveis) como não renováveis (carvão, gás natural, gasolina, diesel, querosene, GLP, combustível de aviação e outros produtos derivados do petróleo). O suprimento de energia é calculado como produção + importações - exportações ± variações em estoques e *bunkers*; em termos mundiais, é definido como produção + importações - exportações ± variações em estoques.

Alguns países da ALC são altamente vulneráveis ao impacto da mudança climática. Embora a região da ALC como um todo esteja abaixo da média mundial, segundo o índice de vulnerabilidade à mudança climática produzido pela Iniciativa de Adaptação Global da Universidade de Notre Dame (ND-GAIN, na sigla em inglês),⁷ há bolsões de vulnerabilidade elevada. Em particular, o Caribe é uma das regiões mais vulneráveis do mundo (Gráfico 5, painel 1) e também se destaca em termos de frequência e impacto econômico de desastres naturais relacionados com o clima por área geográfica, o que não é captado diretamente pelo índice de vulnerabilidade ND-GAIN. No Caribe, estima-se que os danos causados por desastres naturais cheguem a 2,5% do PIB anualmente, afetando vastos segmentos da economia e da população e exercendo pressões consideráveis nas finanças públicas. A América Central também é vulnerável nesse sentido, com danos médios anuais estimados em 0,8% do PIB (Gráfico 5, painel 2). Além dos desastres naturais relacionados com o clima, também se espera que os países da ALC sejam expostos a temperaturas mais altas, à elevação do nível do mar e a possíveis variações pluviométricas como resultado da mudança climática. Estes poderão causar reduções na produção agrícola e na disponibilidade e qualidade de recursos hídricos, a perda de áreas florestais e biodiversidade, assim como impactos adversos na saúde (IPCC 2021; Bárcena 2020).

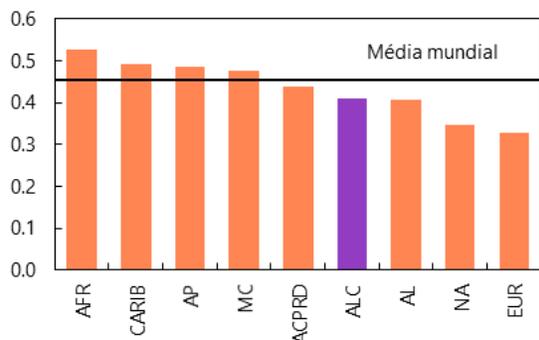
Grandes exportadores de combustíveis fósseis e produtos agrícolas na ALC são sensíveis aos riscos de transição. Vários países da ALC dependem, em grande medida, de combustíveis fósseis como fonte de renda, receitas fiscais e divisas (Gráfico 6, painéis 1 e 2). A transição global para economias de baixo carbono pode ter repercussões negativas para a sustentabilidade fiscal e externa nesses países, tornando a mudança climática um fator macrocrítico (Quadro 1). Alguns países da ALC também são exportadores importantes de produtos agrícolas (Gráfico 6, painel 3) e, portanto, vulneráveis aos riscos de transição que emanam do

⁷O índice ND-GAIN avalia a vulnerabilidade de um país a riscos de mudança climática, considerando a exposição a perigos relacionados com o clima, a sensibilidade aos impactos desses perigos e a capacidade para lidar com os impactos ou adaptar-se em seis setores essenciais à vida: alimentação, água, saúde, serviços ecossistêmicos, *habitat* humano e infraestrutura. Os dados brutos são reduzidos a uma escala de zero a um, e a média aritmética é usada para construir cada índice. Ver detalhes no documento técnico sobre dados do ND-GAIN.

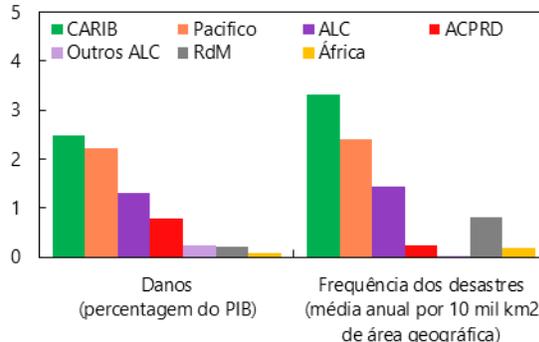
potencial abandono de produtos animais,⁸ que, segundo estimativas, deverão contribuir 15% das emissões líquidas de GEE em nível mundial (Quadro 3).

Gráfico 5. Vulnerabilidade de países da ALC a desastres naturais relacionados com o clima e à mudança climática

1. Índice ND-GAIN de vulnerabilidade à mudança climática, 2018¹



2. Efeitos anuais médios de desastres naturais relacionados com o clima, 1980–2020²



Fontes: Base de dados EM-DAT; FMI, base de dados do *World Economic Outlook*; base de dados da Iniciativa de Adaptação Global da Universidade de Notre Dame (ND-GAIN); e cálculos do corpo técnico do FMI.

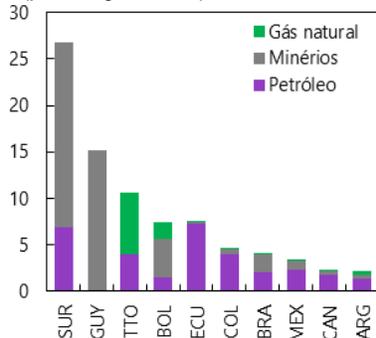
Nota: Os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO). ACPRD (América Central, Panamá e República Dominicana) = Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua, Panamá, República Dominicana; AFR = África; ALC = América Latina e Caribe; AN (América do Norte) = Canadá, Estados Unidos; AP = Ásia e Pacífico; CARIB (Caribe) = Antígua e Barbuda, Bahamas, Barbados, Belize, Dominica, Granada, Guiana, Haiti, Jamaica, Santa Lúcia, São Cristóvão e Névis, São Vicente e Granadinas, Suriname, Trinidad e Tobago; EUR = Europa; MC = Oriente Médio e Ásia Central; Pacífico = Fiji, Ilhas Marshall, Ilhas Salomão, Miconésia, Papua Nova Guiné, Samoa, Tonga, Vanuatu; RdM = resto do mundo.

¹O ND-GAIN avalia a vulnerabilidade de um país a riscos de mudança climática, considerando a exposição a perigos relacionados com o clima, a sensibilidade aos impactos desses perigos e a capacidade para lidar com os impactos ou adaptar-se em seis setores essenciais à vida: alimentação, água, saúde, serviços ecossistêmicos, *habitat* humano e infraestrutura. Os dados brutos são reduzidos a uma escala de zero a um, e a média aritmética é usada para construir cada índice. Ver detalhes no [documento técnico sobre dados do ND-GAIN](#). Média regional ponderada pela população anual em 2018.

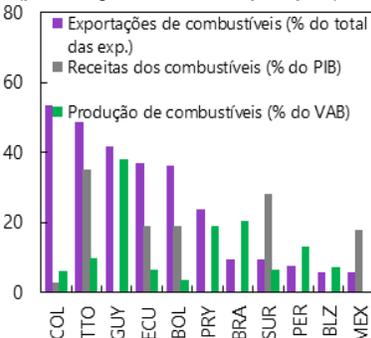
²Desastres naturais relacionados com o clima incluem fenômenos climatológicos (como secas e incêndios florestais), hidrológicos (como enchentes e deslizamentos de terra) e meteorológicos (tempestades, temperaturas extremas). A amostra toda abrange países que relatam pelo menos um desastre natural relacionado com o clima que cause danos positivos (exclui países que relatam uma ocorrência, mas sem danos). Os grupos do hemisfério ocidental, Pacífico e resto do mundo são exclusivos. Calcula-se a média simples do país e ano, após a redução dos danos à escala do PIB anualmente e da frequência de desastres à área geográfica em 2018 anualmente, para cada grupo.

Gráfico 6. Vulnerabilidade a riscos de transição

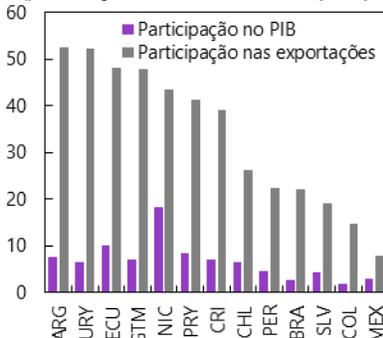
1. Rendas econômicas de recursos naturais, 2018¹ (porcentagem do PIB)



2. Dependência de combustíveis fósseis, 2015–19² (porcentagem do total de exportações)



3. Exportações agrícolas, 2019 (porcentagem do PIB e do total de exportações)



Fontes: WDI, UN Comtrade Carbon Tracker, Haver Analytics, autoridades nacionais e cálculos do corpo técnico do FMI.

¹Estimam-se as rendas econômicas de recursos naturais com base na diferença entre o valor da produção de recursos naturais a preços mundiais e o total dos custos de produção.

²GUY: todos os dados são de 2020. As exportações de combustíveis abrangem exportações de combustíveis minerais, lubrificantes e materiais correlatos (SITC Rev. 3, Seção 3). A produção de combustíveis é representada pela mineração e extração quando dados sobre a extração e/ou o refino de petróleo e/ou gás natural não estão disponíveis. Estimativas de receitas geradas por combustíveis não estão disponíveis para alguns países. Dados sobre receitas geradas por combustíveis não estavam disponíveis para alguns países.

⁸Mais e mais pessoas estão reconhecendo os benefícios para a saúde de dietas à base de plantas (como demonstra a quantidade cada vez maior de restaurantes vegetarianos e vendas de alternativas para carnes e laticínios). Além disso, a FAO está instando os governos a promover opções proteicas sustentáveis à base de plantas para ajudar a reduzir o consumo de carnes e laticínios. Mais de 80 países publicaram diretrizes para dietas à base de plantas (FAO 2016).

Estratégias climáticas até o presente

Os governos da ALC já empreenderam esforços consideráveis para expandir o uso de energia renovável. A ampliação do uso de renováveis na região nas últimas décadas tem sido apoiada por políticas governamentais formuladas para dar o pontapé inicial nos mercados de energia renovável, criar cadeias de abastecimento locais ou consolidar fontes renováveis maduras, como hidroeletricidade e bioenergia (IRENA 2016; Quadro 2). Entre os tipos de apoio governamental destacam-se: catalisação de financiamentos para projetos de energia renovável; oferta de linhas de crédito, *hedges* cambiais e garantias específicas; concessão de subvenções e empréstimos subsidiados; adoção de incentivos fiscais para setores de baixo carbono, energia renovável e P&D; e promoção de renováveis por meio de tarifas de injeção⁹ (IRENA 2016).

Os países da ALC continuam a adotar e refinar suas estratégias de mitigação e adaptação climática. Todos os países da ALC propuseram e ratificaram seus compromissos de contribuições nacionalmente determinadas (NDC, na sigla em inglês) nos termos dos Acordos de Paris de 2016 com o objetivo de reduzir as emissões de GEE. Além das NDC, nove países da ALC estão apoiando o objetivo de neutralidade carbônica até 2050 e 14 países da região comprometeram-se a gerar pelo menos 70% da sua eletricidade com fontes renováveis até 2030.¹⁰ Muitos países assumiram o compromisso de implementar a Emenda de Kigali¹¹ para a eliminação gradual de hidrofluorcarbonetos, que contribuem para o aquecimento do clima, por meio de cortes na produção e no consumo. Muitos países da ALC também adotaram estratégias climáticas, assim como planos de ação para setores específicos (por exemplo, silvicultura, energia, agricultura ou setores hídricos) ou planos de ação nacional (por exemplo, para enfrentar desafios de adaptação no Caribe). Apenas algumas das estratégias (por exemplo, Chile e Costa Rica) abrangem tanto políticas de mitigação como de adaptação e integram planos de ação setorial a uma estratégia mais ampla que inclua ações para proteger as populações vulneráveis.¹²

Os governos também têm apoiado suas estratégias de mitigação e adaptação com uma série de ações de política. Além dos passos dados para expandir fontes de energia renovável, mencionados acima, medidas setoriais estão se tornando cada vez mais comuns na ALC, inclusive ações relacionadas com a mudança do uso da terra e silvicultura, transportes, eliminação de resíduos, práticas sustentáveis na agricultura e pecuária,¹³ assim como saúde. Essas medidas visam tanto reduzir as emissões de GEE (mitigação) como desenvolver a resiliência a efeitos da mudança climática (adaptação). Em termos de adaptação, entre outras ações no âmbito das NDC dos países da ALC, figuram medidas de proteção costeira, gestão de riscos de desastre, reforço da segurança alimentar e hídrica e conservação da biodiversidade. Em vista da grande parcela das emissões de GEE proveniente da agricultura e do uso da terra, assim como da grande diversidade de ecossistemas e espécies únicas à região, vários países da ALC incluíram nas suas NDC ações

⁹Tarifas de injeção (FIT, na sigla em inglês) são contratos de longo prazo para a compra garantida de eletricidade verde a um preço que viabilize um retorno razoável sobre o investimento dos desenvolvedores de projetos. Argentina, Brasil e Equador estabeleceram mecanismos de FIT que foram desativados porque seus níveis foram baixos demais (Argentina), faltou regulamentação oficial para implementar leis (Equador) ou não havia um ambiente habilitador adequado (por exemplo, falta de clareza nas regras de interconexão, falta de contratos padrão para produtores independentes) – IRENA (2016).

¹⁰Segundo as estatísticas do Balanço Energético Mundial de 2018 da AIE, 8 países da ALC já geram pelo menos 70% da sua eletricidade com fontes renováveis, sendo que nem todos esses países assumiram um compromisso formal nos termos das suas NDC.

¹¹A Emenda de Kigali ao Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio é um acordo internacional ratificado pelos países para eliminar gradualmente gases poderosos do efeito estufa que destroem a camada de ozônio, conhecidos como hidrofluorcarbonetos.

¹²A integração do clima a políticas nacionais e subnacionais ocorre frequentemente por meio de uma abordagem setorial, como na Alemanha, França (Mathy 2007), Índia (Dubash 2011; Atteridge *et al.* 2012) e no Brasil (da Motta 2011; La Rovere *et al.* 2011).

¹³A FAO define sistemas alimentares e agrícolas como sustentáveis quando atendem às necessidades de gerações presentes e futuras, além de assegurar rentabilidade, salubridade ambiental e equidade social e econômica. Práticas sustentáveis na produção de alimentos e na agricultura seguem cinco princípios fundamentais: 1) aumentar a produtividade, o emprego e a agregação de valor nos sistemas alimentares; 2) proteger e melhorar os recursos naturais; 3) aprimorar os meios de subsistência e promover o crescimento econômico inclusivo; 4) aumentar a resiliência de pessoas, comunidades e ecossistemas; 5) adaptar a governança aos novos desafios (FAO 2018). O cultivo sustentável com baixas emissões oferece benefícios tanto de adaptação como de mitigação: mitigação decorrente da redução das emissões de GEE nas práticas agrícolas e pecuaristas (ver mais detalhes no Quadro 3) e adaptação como resultado de reduções das externalidades negativas (como poluição de lençóis freáticos, conservação do solo, reduções de desmatamento).

explicitamente voltadas a identificar SbN para reduzir emissões por meio de captura e sequestro de carbono e proteção da biodiversidade.

Opções de política

Os países da ALC têm vários instrumentos de política ao seu dispor para alcançar seus objetivos climáticos. Em termos de mitigação, algumas opções de política são os instrumentos baseados em preço (como precificação de carbono e redução de subsídios aos combustíveis fósseis) e outros não baseados em preço (como regulamentações, incentivos fiscais e investimentos públicos verdes).¹⁴ Para escolher uma combinação apropriada de políticas, os países precisam considerar não apenas eficiência e equidade, mas também a viabilidade política e social das várias opções. Esta seção descreve uma série de instrumentos de política para mitigação e apresenta um cenário ilustrativo para estimar o potencial impacto de dois instrumentos de mitigação (um imposto de carbono e a remoção gradual de subsídios aos combustíveis fósseis) referentes a emissões de GEE.¹⁵ Em termos de adaptação, a seção descreve três pilares para ajudar os países mais vulneráveis da ALC a se preparar para desastres relacionados com o clima: resiliência estrutural, resiliência financeira e resiliência pós-desastres. Também destaca as vantagens de ampliar investimentos em resiliência estrutural, um arcabouço abrangente e estratificado de seguro e o aprofundamento da contribuição do setor privado à adaptação. A seção também aborda brevemente questões relacionadas com a facilitação da transição de exportadores de commodities (tanto combustíveis como de outra natureza) para economias de baixo carbono.

Mitigação climática

Opções de política para mitigação climática na ALC

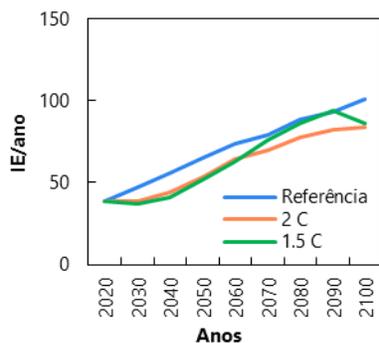
Sem uma ação mais vigorosa em termos de políticas, as emissões líquidas de GEE na região continuarão a crescer. Simulações de modelos de avaliação integrada (MAI, Anexo 2) em um cenário de manutenção do *status quo* sugerem que as emissões de CO₂ da ALC provenientes de processos energéticos e industriais deverão mais do que dobrar até 2030 (Gráfico 7). Embora se projete uma queda das emissões de CO₂ por unidade de produção, isso não será suficiente para estabilizar o volume total de emissões vinculadas ao crescimento continuado do PIB per capita. As emissões de GEE na agricultura, silvicultura e outros usos da terra deverão diminuir se a redução do desmatamento continuar a seguir as tendências recentes.

¹⁴Para examinar um leque completo de instrumentos, ver (FMI 2919a), (FMI 2919b).

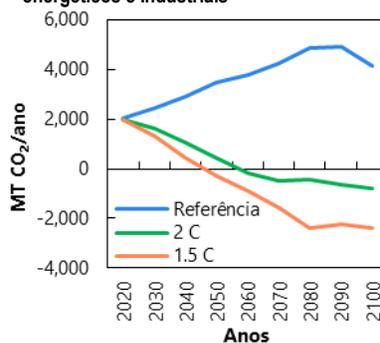
¹⁵Ver CEPAL 2020, para uma descrição mais detalhada do leque de opções de política para reduções de emissões com enfoque na região da ALC.

Gráfico 7. Simulações de MAI para a América Latina e Caribe

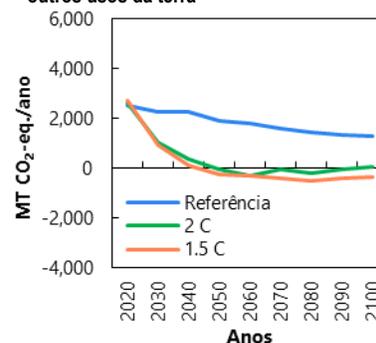
1. Total do uso de energia primária



2. Emissões de CO₂ em processos energéticos e industriais (MT CO₂/ano)



3. Emissões na agricultura, silvicultura e outros usos da terra (MT CO₂-eq./ano)



Fontes: Elaboração do corpo técnico com base no IAMC 1.5C Scenario Explorer, versão 2.0 (Huppmann *et al.* 2019; Rogelj *et al.* 2018; Vrontisi *et al.* 2018; McCollum *et al.* 2018; Bauer *et al.* 2018).

Notas: Mediana de emissões de CO₂ em processos energéticos e industriais e de emissões de CO₂-eq na agricultura, silvicultura e outros usos da terra. Para mais detalhes, ver Anexo 2.

Os países da ALC poderiam desempenhar um papel importante nas iniciativas globais de mitigação, com um potencial substancial de emissões líquidas negativas após meados do século. Cenários ilustrativos de mitigação gerados pelo MAI sugerem que, para alcançar as metas globais de temperatura ao menor custo, será necessário um declínio rápido nas emissões do setor energético e uma redução ainda mais rápida de emissões na agricultura, silvicultura e outros usos da terra do que se têm observado no passado recente. Após 2050, os cenários sugerem um grande potencial para a região da ALC contribuir para o alcance das metas globais de mitigação com emissões líquidas negativas vinculadas diretamente (por meio da florestação) ou indiretamente (com a produção de eletricidade a partir de biomassa com captura e sequestro de carbono) à silvicultura e ao uso da terra. Em vista do seu patrimônio natural – sobretudo florestas e biodiversidade – a região da ALC tem o potencial de reduzir as emissões líquidas a baixo custo. Nesse sentido, esses cenários também indicam uma relação custo/benefício melhor se o mundo compensar os países da ALC pela utilização do seu potencial de mitigação de menor custo, em vez de direcionar os mesmos recursos para ampliar iniciativas de mitigação em outras regiões.

As características específicas de cada país desempenharão um papel importante na definição da combinação apropriada de políticas para reduzir as emissões líquidas de GEE e atingir os compromissos no âmbito das NDC. Embora o setor energético continue a ser um contribuidor significativo no total de emissões na ALC, a parcela relativamente grande das emissões da agricultura e da mudança do uso da terra pede uma abordagem multidirecionada para reduzir as emissões. Essa abordagem poderia abranger um enfoque continuado no aumento da eficiência energética e na transição para fontes renováveis de energia, a redução das emissões nos transportes e na agricultura (Quadro 3) e políticas voltadas a proteger ou ampliar sumidouros naturais de carbono, como florestas. Ademais, a região poderá sentir uma urgência renovada de investir em tecnologias alternativas de energia para mitigar riscos associados à sua dependência da hidroeletricidade. Entre esses riscos figuram a destruição de ecossistemas e eventos climáticos mais frequentes e extremos, sobretudo secas, que podem transformar a hidroeletricidade em uma fonte de energia mais volátil e menos confiável. Os países devem adotar as combinações de políticas mais adequadas para suas circunstâncias específicas, sendo que o ideal é articulá-las como estratégias nacionais.

As autoridades na ALC têm uma variedade de ferramentas de mitigação ao seu dispor. Essas ferramentas podem ser divididas entre políticas de mitigação baseadas em preços (PMBP), que incorporam custos de mudança climática nos preços de produtos, e políticas de mitigação não baseadas em preços, que oferecem incentivos para reduzir emissões de GEE, promovem a transição para atividades de baixo carbono e ampliam os sumidouros naturais de carbono que acumulam e armazenam GEE, como oceanos e florestas.

PMBP são opções eficazes de política de mitigação.

- *Impostos sobre o carbono* – incidentes no fornecimento de combustíveis fósseis proporcionalmente ao seu teor de carbono – são instrumentos eficientes, pois permitem que empresas e famílias encontrem as formas mais econômicas de reduzir o consumo de energia e adotar alternativas mais limpas (FMI 2019a; FMI WEO 2020). Os impostos de carbono são uma ferramenta eficiente para reduzir a demanda por combustíveis fósseis, mas as alíquotas possivelmente têm de ser elevadas para alcançar as reduções de emissões desejadas em países com teor de carbono já reduzido na geração de energia e combustíveis com preços já elevados, o que poderia ser difícil em termos políticos e sociais. *A remoção de subsídios aos combustíveis fósseis* aumenta o preço relativo de produtos energéticos, reduzindo seu consumo e incentivando uma transição para alternativas de baixo carbono. A redução de subsídios aos combustíveis fósseis é crítica, mas demonstra ser difícil em certos países em termos políticos e sociais. Isso implica que a concepção, a definição de fases e as comunicações de uma estratégia de remoção ou eliminação de subsídios teriam de ser cuidadosamente elaboradas para ajudar a assegurar a aceitação social e a proteção dos mais vulneráveis.
- O ETS, que leiloa ou atribui licenças de emissão que são negociadas (ou concede créditos de remoção de carbono que criam incentivos para a captura de carbono) pode ser aplicado a uma grande variedade de atividades econômicas, como energia, agricultura e silvicultura (Rickels 2020). Contudo, para implementar um ETS na silvicultura e agricultura, seria necessário ter direitos de propriedade bem definidos, assim como boas medidas de emissões agrícolas, como metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O).
- *Feebates* também poderiam ser aplicados em setores difíceis de descarbonizar, como transportes, agricultura e silvicultura. *Feebates* tributam (subsidiar) atividades e produtos com intensidade de emissão acima (abaixo) da média (ou acima (abaixo) do nível de referência de armazenamento de carbono). *Feebates* ajudam a implementar cortes em emissões sem acrescentar uma carga tributária líquida no setor ou um custo fiscal. Além disso, são melhores do que regulamentações, pois oferecem incentivos para ajustes a mudanças tecnológicas. Por outro lado, *feebates* têm um alcance setorial mais limitado do que impostos de carbono e precisam de ajustes periódicos da tabela para refletir mudanças nos padrões de consumo e emissões.

PMBP não têm sido usados ativamente na ALC. Apenas quatro países da ALC (Argentina, Chile, Colômbia e México) adotaram impostos de carbono (Gráfico 8, painel 1) e, quando implementados, as alíquotas são baixas (na faixa de US\$ 1-10¹⁶ por tonelada de CO₂-eq) e abrangem apenas parte das emissões de GEE (20-24%).¹⁷ Embora muitos países da ALC tenham impostos ambientais, como, por exemplo, sobre energia, combustíveis e transportes, suas arrecadações são inferiores (1,1% do PIB, em média, em 2018) às da OCDE (2,2% do PIB, em média). Além disso, não estão diretamente vinculados ao teor de carbono do produto e, portanto, são menos eficazes na criação de incentivos para a redução de emissões. Alguns países continuam a conceder subsídios volumosos aos combustíveis fósseis. Subsídios explícitos, que refletem diferenças de preços de combustíveis em relação ao custo de oferta, são especialmente elevados nas economias produtoras de petróleo na ALC, ultrapassando 1% do PIB em alguns casos (Gráfico 8, painel 2). Subsídios implícitos, que refletem diferenças de preços de combustíveis em relação aos preços eficientes, que incluem custos ambientais, também são expressivos em alguns países, sobretudo no Caribe. Nem ETS nem *feebates* são usados ativamente na ALC. Contudo, o Brasil realiza simulações voluntárias de ETS desde 2013, e *feebates* estão sendo considerados na Costa Rica.

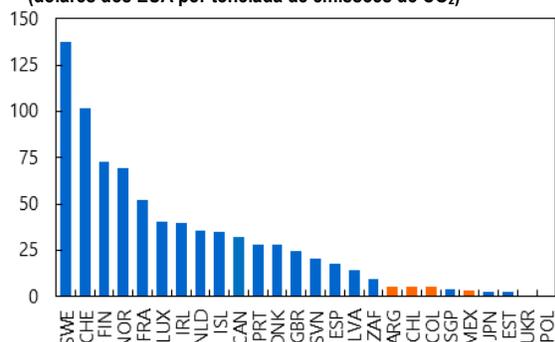
¹⁶ Desde 1º de janeiro de 2019, a Argentina está aplicando um imposto de carbono, no valor de US\$ 10/tCO₂e, à maioria dos combustíveis líquidos. Contudo, para óleo combustível, carvão mineral e coque de petróleo, a alíquota em 2019 foi estabelecida em apenas 10% da alíquota integral (ou seja, US\$ 1/tCO₂e), com aumentos graduais de 10% a cada ano até chegar à alíquota integral de US\$ 10/tCO₂e em 2028 (ver Banco Mundial e Ecofys 2018). O Gráfico 8, painel 1 mostra a alíquota média na Argentina.

¹⁷Nem todos os países têm estratégias vinculadas a impostos de carbono; ver, por exemplo, FMI 2021b.

Gráfico 8. ALC: Impostos ambientais e sobre carbono, subsídios aos combustíveis fósseis e nexos entre mitigação e adaptação

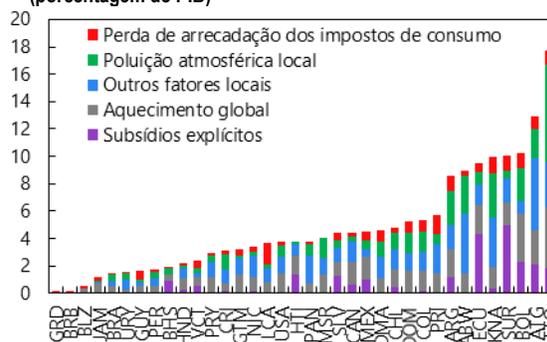
1. Alíquota do imposto sobre o carbono, 2021

(dólares dos EUA por tonelada de emissões de CO₂)



2. Total de subsídios aos combustíveis fósseis por tipo, 2019¹

(porcentagem do PIB)



Fontes: Banco Mundial, painel de precificação de carbono (junho de 2021); e cálculos do corpo técnico do FMI.

Nota: Os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO). ALC = América Latina e Caribe.

¹Outros fatores locais consistem em congestionamentos, danos e acidentes em estradas. Subsídios aos combustíveis fósseis são concedidos aos seguintes produtos, entre outros: gasolina, diesel, querosene, GLP, gás natural, carvão, eletricidade.

Ferramentas não baseadas em PMBP têm sido o enfoque principal das autoridades na ALC até o presente e continuarão a ser importantes.

- *Investimentos públicos* em tecnologias e infraestrutura de baixo carbono (por exemplo, eletrificação de frotas de ônibus públicos, instalação de painéis solares e turbinas eólicas, investimentos em métodos de cultivo mais sustentáveis) poderiam reduzir o custo da transição para práticas sustentáveis. O investimento público tem a vantagem adicional de contribuir diretamente a uma recuperação sustentável e inclusiva após a pandemia.¹⁸
- *Incentivos fiscais e gastos públicos correntes e diretos* também poderiam ajudar a tornar fontes de energia de baixo carbono mais abundantes e acessíveis, resolvendo falhas de mercado em aspectos como transbordamento de conhecimento, externalidades de rede e economias de escala, assim aumentando a demanda e oferta de produtos e atividades de baixo carbono (FMI WEO 2020). Essas políticas poderiam incluir subsídios e financiamentos públicos diretos de P&D, assim como subsídios e garantias de preço para setores e atividades de baixo carbono, com o potencial de gerar repercussões no setor privado.¹⁹ Não obstante as políticas governamentais de incentivo à P&D verde em alguns países da ALC, esses investimentos têm sido limitados, possivelmente como um reflexo do fato de que os países da ALC, como outras economias emergentes e em desenvolvimento, foram beneficiadas pela difusão tecnológica internacional (Barret 2021), que poderá continuar a ser a norma no futuro. Programas educacionais financiados pelo governo também poderiam ajudar a disseminar conhecimento sobre tecnologias de baixo carbono, induzir mudanças de comportamento e conquistar o apoio do público para ações climáticas. Por exemplo, programas de extensão rural, que disseminam conhecimento sobre práticas agrícolas sustentáveis, poderiam promover práticas de cultivo inteligentes em relação ao clima e aumentar a produtividade e resiliência da agricultura.

¹⁸Estudos (por exemplo, Smulders *et al.* 2014) concluem que, se as economias procurarem reduzir as emissões exclusivamente por meio da atenuação da intensidade energética, a contração resultante na produção poderá ser considerável. Em contraste, o impacto no crescimento parece ser menor quando os países visam tanto maior eficiência energética como o fornecimento de energia de baixo carbono. Investimentos precoces em fontes de energia renovável, inclusive investimentos públicos, são essenciais para conter o choque negativo de oferta que os países poderiam enfrentar.

¹⁹Há evidências de que inovações em tecnologia verde, eventualmente induzidas por políticas, podem reduzir o nível do imposto sobre o carbono necessário para alcançar a emissão líquida zero (ver, por exemplo, Fried 2018; Acemoglu 2016).

- *Regulamentações de apoio* poderiam incentivar a redução das emissões e uma transição para atividades de baixo carbono, assim como proteger e ampliar os sumidouros naturais de carbono da região (ver abaixo). Entre elas figuram: *normas de emissão* para setores, edifícios, transportes e produtos; *normas tecnológicas* para aumentar a eficiência energética e de combustíveis; *normas para produtos* para promover a eliminação gradual de produtos poluentes e incentivar o uso de produtos e atividades de baixo carbono, assim como *normas de gestão de terras e florestas* (Gabel 2000). As regulamentações têm a vantagem de ser politicamente mais fáceis de adotar, criando um preço sombra mais à medida para o carbono. Contudo, tendem a ter um custo menos favorável do que medidas baseadas em preços, não arrecadam receitas que poderiam ser usadas para compensar os mais vulneráveis e envolvem custos incertos para o consumidor. Regulamentações eficazes são previsíveis, imparciais e de fácil acesso, o que requer salvaguardas anticorrupção robustas (FMI 2020).

As SbN podem oferecer oportunidades com boa relação custo/benefício para a ALC manejar os recursos naturais da região de forma a reduzir as emissões de GEE. As SbN são abordagens inovadoras destinadas a proteger, manejar e restaurar ecossistemas. Essas políticas podem ser elaboradas para enfrentar ambos os desafios de mitigação e adaptação. Quando fundamentadas em uma compreensão sólida dos ecossistemas e da biodiversidade, as SbN podem apoiar a descarbonização com a captura e o sequestro de carbono, prevenindo a elevação acentuada dos preços do carbono, ajudar a tratar da segurança alimentar e hídrica, reduzir o risco de desastres naturais, aumentar a biodiversidade e promover o desenvolvimento socioeconômico com a criação de empregos verdes (IUCN 2016). Em vista da abundância de recursos naturais e ecossistemas na ALC, há espaço para SbN com uma combinação de regulamentações de apoio, incentivos, *feebates* e ETS.

Para implementar essas políticas de mitigação e derivar benefícios da difusão tecnológica, será essencial ter um ambiente propício aos negócios. Isso inclui a manutenção da estabilidade macroeconômica e financeira (Quadro 5), o estabelecimento de direitos de propriedade claros, a proteção de direitos de propriedade intelectual, o reforço da competição, o aumento da transparência e a promoção da inclusão financeira. Com esse intuito, os países devem começar a integrar riscos e políticas relacionados com o clima aos marcos macrofinanceiros e fiscais e designar funções e responsabilidades a instituições de política pública para enfrentar a mudança climática. Em vista da natureza de longo prazo dos riscos climáticos, as instituições fiscais naturalmente assumirão a liderança. Não obstante, os bancos centrais podem desempenhar um papel importante, incluindo riscos climáticos em avaliações de risco financeiro e na concepção de políticas monetárias (por exemplo, na avaliação do potencial de produção e de taxas de juros de política neutras ou políticas de resposta a choques adversos de oferta decorrentes de eventos climáticos extremos).²⁰

Ao formular estratégias de mitigação climática, será necessário incluir considerações de economia política (Quadro 4).²¹ Embora se espere que políticas de mitigação climática produzam benefícios agregados adicionais para o bem-estar no decorrer do tempo (ver abaixo), haverá ganhadores e perdedores durante a transição para uma economia mais verde. Por exemplo, os novos empregos verdes talvez não beneficiem trabalhadores anteriormente empregados em setores energéticos tradicionais em virtude de possíveis diferenças de qualificação profissional e localização geográfica. O mesmo se aplica à transição da pecuária para a agricultura vegetal. Para facilitar a transição, os governos poderiam usar transferências de renda para compensar as famílias por perdas de consumo, assim como políticas ativas de mercado de trabalho para apoiar os trabalhadores deslocados e facilitar a transição de empregos (ver Furceri, Ganslmeier e Ostry 2021). Nesse sentido, o reforço antecipado das redes de segurança social não apenas ajudaria a alcançar e compensar as famílias afetadas, mas também aumentaria a confiança nos governos e ajudaria a assegurar o apoio do público para políticas de mitigação climática.

²⁰Por exemplo, o Banco Central do Brasil recentemente determinou que os bancos incluam riscos relacionados à mudança climática nos seus testes de estresse a partir de dezembro de 2022.

²¹Furceri *et al.* (2021) mostra que políticas climáticas baseadas no mercado têm efeitos negativos salientes no apoio popular.

Essas considerações, juntamente com a natureza global da mudança climática, pedem um diálogo nacional e global que inclua todas as partes afetadas. Consultas públicas antecipadas e cuidado no sequenciamento e na comunicação de reformas de mitigação poderiam ajudar a assegurar a adesão ampla do público. Aplicando lições aprendidas em tentativas anteriores fracassadas de reforma de subsídios aos combustíveis, as políticas climáticas devem ser implantadas gradualmente, seus objetivos devem ser articulados com clareza, as vantagens e desvantagens devem ser bem explicadas, e o impacto social deve ser considerado *ex ante* para assegurar o apoio do público. Os países com subsídios elevados aos combustíveis também poderiam considerar a eliminação gradual destes antes de recorrer a outra PMBP. É importante observar que a cooperação entre os países para sincronizar suas medidas não apenas produziria dividendos climáticos globais elevados, mas também reduziria o custo político das políticas climáticas em cada país, além de limitar o risco de vazamento de carbono. Nesse contexto, os governos poderiam enfatizar o custo da inação nas suas campanhas nacionais referentes à mudança climática.

Políticas de mitigação baseadas no preço na ALC: uma ilustração

Esta seção apresenta uma avaliação ilustrativa do impacto de um aumento no preço do carbono nas emissões e nos indicadores econômicos na ALC. Os modelos econômicos de mudança climática ainda estão evoluindo e têm um grau elevado de incerteza na modelagem e nos dados, o que significa que os resultados desses modelos devem ser usados como indicadores, não como estimativas numéricas precisas. A análise concentra-se em opções específicas de política fiscal que usam a Ferramenta de Avaliação da Precificação de Carbono (CPAT, na sigla em inglês) desenvolvida pelo FMI e o Banco Mundial (ver Anexo 3).²² A análise de outros instrumentos de política ultrapassa o escopo deste estudo e constitui uma área para pesquisas futuras. Os cenários apresentados nesta seção são ilustrativos e não visam ser prescritivos: os países precisarão escolher a combinação de ferramentas mais apropriada para suas próprias circunstâncias.

Segundo o cenário de manutenção do *status quo*, as estimativas do modelo sugerem que, até 2030, a maioria dos países continuará a apresentar déficits nas reduções de emissões em relação aos seus compromissos de NDC (“déficits de NDC”). No caso da manutenção do *status quo*, as emissões de gases do efeito estufa, excluindo-se UTMUTS, aumentarão ligeiramente na maioria dos países até 2030, no contexto de dois efeitos que se contrapõem: i) o continuado crescimento econômico e, portanto, o maior consumo de combustíveis fósseis, que aumenta as emissões; e ii) a redução da intensidade energética em decorrência de melhorias na eficiência energética e do aumento dos preços internacionais do petróleo, que reduz o consumo de combustíveis fósseis e, portanto, as emissões.

A análise ilustrativa segue uma abordagem em duas etapas para simular um aumento no preço do carbono. Em primeiro lugar, analisamos como as emissões são afetadas por uma eliminação gradual e completa dos atuais subsídios aos combustíveis fósseis, entre 2022 e 2025. Em seguida, além da eliminação gradual e completa de subsídios, analisamos o impacto da adoção gradual de impostos de carbono no valor de US\$ 25/t, US\$ 50/t e US\$ 75/t entre 2022 e 2030.²³ Os impostos de carbono incidem em cada unidade de emissão de GEE produzida na queima de combustíveis.²⁴ Pressupõe-se que as receitas fiscais arrecadas por

²²O impacto de um imposto de carbono nas emissões é estimado usando-se a Ferramenta de Avaliação da Precificação de Carbono (CPAT, na sigla em inglês) desenvolvida pelos corpos técnicos do FMI e do Banco Mundial, que é a evolução de uma ferramenta mais antiga do FMI, usada, por exemplo, em FMI (2019a e b). Para obter as descrições do modelo e de sua parametrização, ver FMI (2019b), Apêndice III, e Parry *et al.* (2021). Para examinar o raciocínio subjacente em mais detalhe, ver Heine e Black (2019). A última atualização do modelo e dos dados usados aqui ocorreu em 6 de outubro de 2021.

²³Os impostos sobre o carbono mencionados são metas para 2030. Pressupõe-se que o imposto de carbono inicial em 2022 seja um terço da meta para 2030. Os impostos de carbono aumentam linearmente até alcançarem a meta para 2030. Após 2030, os impostos de carbono continuam a aumentar seguindo a mesma tendência.

²⁴Por exemplo, a queima de um litro de gasolina emite 2,4 kg de CO₂. Um imposto de US\$ 50/t de carbono representa um tributo de US\$ 0,12/litro de gasolina.

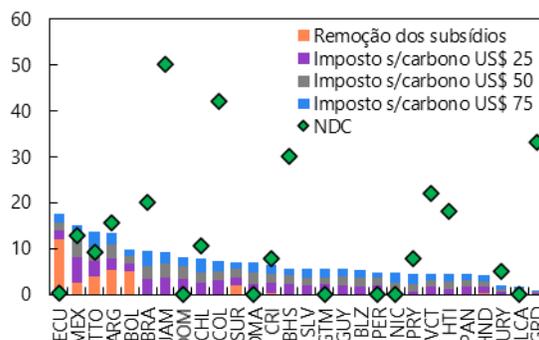
políticas de precificação de carbono sejam recicladas de volta à economia por meio de transferências universais de renda às famílias.

As estimativas do modelo sugerem que o aumento do preço do carbono poderia ajudar a reduzir os déficits de NDC de muitos países da ALC, mas alguns continuariam bem aquém das suas metas de NDC. A eliminação gradual de subsídios aos combustíveis fósseis ocasionaria uma redução expressiva das emissões em países com grandes subsídios (Gráfico 9).²⁵ Além disso, a adoção gradual de impostos de US\$ 25/t, US\$ 50/t e US\$ 75/t de carbono até 2030 reduziria os déficits de NDC em muitos países da ALC (Gráfico 9). Não obstante, alguns países da região, inclusive Colômbia, Jamaica e algumas outras economias no Caribe, continuariam bem aquém das suas metas de NDC. No resto desta seção, a análise concentra-se em um imposto de US\$ 50/t de carbono.

A análise sugere que, em alguns casos, o aumento no preço do carbono causaria uma elevação substancial dos preços dos combustíveis, mas também mobilizaria um volume significativo de receitas fiscais que poderiam ser usadas para compensar grupos vulneráveis.

- Com a eliminação de subsídios aos combustíveis fósseis e um imposto de US\$ 50/t de carbono, as estimativas do modelo sugerem que, em muitos países, até 2030, haveria um aumento de 10% a 30% nos preços da gasolina e de cerca de 30% no caso do gás natural, e que os preços do carvão dobrariam ou triplicariam.²⁶ Os impactos nos preços seriam diferentes em cada país, dependendo do seus níveis iniciais e do teor de carbono dos produtos.
- Ao mesmo tempo, os países podem arrecadar receitas fiscais significativas, entre 0,5% e 4,5% do PIB (Gráfico 10). Embora as estimativas do corpo técnico indiquem que o impacto da eliminação de subsídios e de impostos de carbono seja

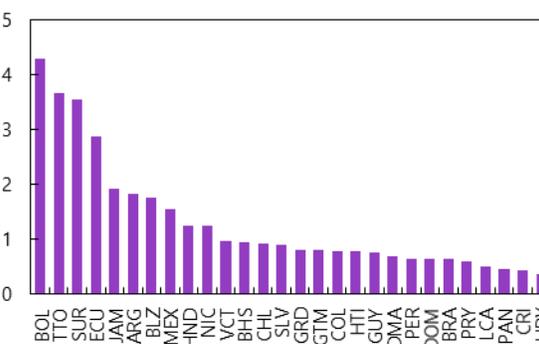
Gráfico 9. Redução de emissões brutas de GEE (excluindo-se UTMUTS) no cenário ilustrativo de eliminação de subsídios e tributação do carbono (porcentagem do status quo de emissões em 2030)



Fontes: FMI, Ferramenta de Avaliação da Precificação de Carbono; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Notas: As NDC são harmonizadas até 2030, excluem UTMUTS, são incondicionais ou, conforme o caso, são a média das metas condicionais e incondicionais. Não são apresentadas NDC de alguns países por serem difíceis de quantificar. Os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO). NDC = contribuições nacionalmente determinadas; UTMUTS = uso da terra, mudança de uso da terra e silvicultura.

Gráfico 10. Impacto nas receitas fiscais no cenário ilustrativo de remoção de subsídios e tributação do carbono (porcentagem do PIB em comparação com o status quo em 2030)



Fontes: FMI, Ferramenta de Avaliação da Precificação de Carbono; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Nota: Os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO).

²⁵A análise nesta seção abrange apenas a eliminação de subsídios explícitos aos combustíveis fósseis. Uma eliminação gradual e completa de subsídios aos combustíveis fósseis (tanto explícitos como implícitos) até 2025, que envolveria não apenas a eliminação de subsídios explícitos, mas também a adoção de impostos de carbono a um nível ideal para cada país eliminar os subsídios implícitos completamente, poderia reduzir as emissões regionais de dióxido de carbono em 24% em relação aos níveis de referência em 2025, aumentar as receitas em 1,7% do PIB regional e prevenir 35.000 mortes locais causadas por poluição atmosférica por ano.

²⁶Os subsídios aos combustíveis fósseis são eliminados gradualmente no decorrer de 3 anos (2022–25), pressupondo-se um aumento linear do imposto de carbono, de US\$ 17 para US\$ 50/t, entre 2022 e 2030.

geralmente negativo no crescimento,²⁷ este poderia ser compensado, em grande medida, pela “reciclagem” das arrecadações de volta à economia por meio de transferências de renda. Ademais, os países poderiam compensar os efeitos na atividade com um investimento verde inicial, como se sugere em FMI WEO 2020.

- Além disso, haverá benefícios ambientais e de saúde e bem-estar não capturados pelo PIB, como menor mortalidade e morbidade decorrentes de poluição atmosférica, menos mortes nas estradas, poupanças econômicas diretas com a redução de danos e congestionamentos nas estradas e menos fenômenos climáticos extremos associados à mudança climática (supondo-se que haja uma cooperação global). Estudos anteriores²⁸ sugerem que os efeitos líquidos dessas políticas no bem-estar serão positivos na maioria dos países.

O aumento do preço do carbono teria, contudo, um impacto diferenciado nas famílias. O preço mais elevado do carbono causaria um impacto desigual, em vista das disparidades da intensidade energética do consumo familiar, a variação no poder de compra e a exposição diferenciada da mão de obra a setores intensivos em carbono. Além disso, haveria um impacto adverso direto no consumo familiar como resultado do aumento imediato dos preços da energia. Também haveria um efeito indireto no consumo em virtude do aumento dos preços de uma ampla gama de produtos afetados por vínculos setoriais, conforme medidos pela matriz de insumo-produto (MIP) (Anexo 4). Em terceiro lugar, as famílias empregadas em setores afetados negativamente durante a transição para uma economia de baixo carbono poderão sofrer perdas de renda ou emprego.

O impacto de um aumento no preço do carbono também seria diferente em cada país. Dependeria da matriz energética inicial do país, da dimensão do ajuste simulado do preço do carbono e da intensidade dos vínculos com setores energéticos a jusante. A dimensão do ajuste simulado do preço do carbono – que reflete tanto a eliminação de subsídios aos combustíveis fósseis como a adoção do imposto de carbono – seria maior em países que precisem eliminar gradualmente subsídios relativamente elevados concomitantemente à adoção do imposto de carbono (Gráfico 4.1 do Anexo). O impacto do ajuste simulado do preço do carbono no preço de bens consumidos pelas famílias depende do aumento no preço da energia, que seria maior em países que utilizam fontes de energia com maior teor de carbono, e da intensidade da transmissão de aumentos de preços para outros setores (Anexo 4 e Gráfico 11).

Políticas fiscais compensatórias podem ser muito eficazes para aliviar o impacto de um aumento no preço do carbono em famílias de baixa renda. Os governos poderiam usar parte (ou a íntegra) das arrecadações obtidas com o imposto de carbono e com a eliminação de subsídios para compensar as famílias pela perda de consumo, por exemplo, por meio de programas de transferência de renda novos ou existentes. Isso poderia tornar a reforma mais aceitável em termos políticos e sociais. Simulações baseadas no modelo CPAT, dados de questionários de domicílios e MIP (Anexo 4) sugerem que – na ausência de políticas compensatórias – o impacto de um imposto de carbono e da eliminação de subsídios no consumo poderia ser relativamente amplo e algo regressivo. Contudo, estima-se que o pacote de políticas, em termos gerais, torne-se altamente progressivo quando transferências universais de renda são usadas para compensar as famílias pela perda de consumo (Gráfico 11).²⁹ Na realidade, o modelo estima que transferências universais de renda poderiam compensar integralmente o impacto adverso do aumento no preço do carbono no consumo familiar nos primeiros seis a sete decis do consumo familiar per capita na Argentina, no Brasil, na Colômbia e no México. Benefícios adicionais para o meio ambiente e a saúde nacional, assim como dividendos climáticos globais derivados da redução de emissões de GEE, ofereceriam vantagens adicionais às famílias, que não estão refletidas nesta análise distribucional. Na prática, os governos poderiam adotar uma abordagem mais direcionada para compensar as famílias, utilizando as redes de

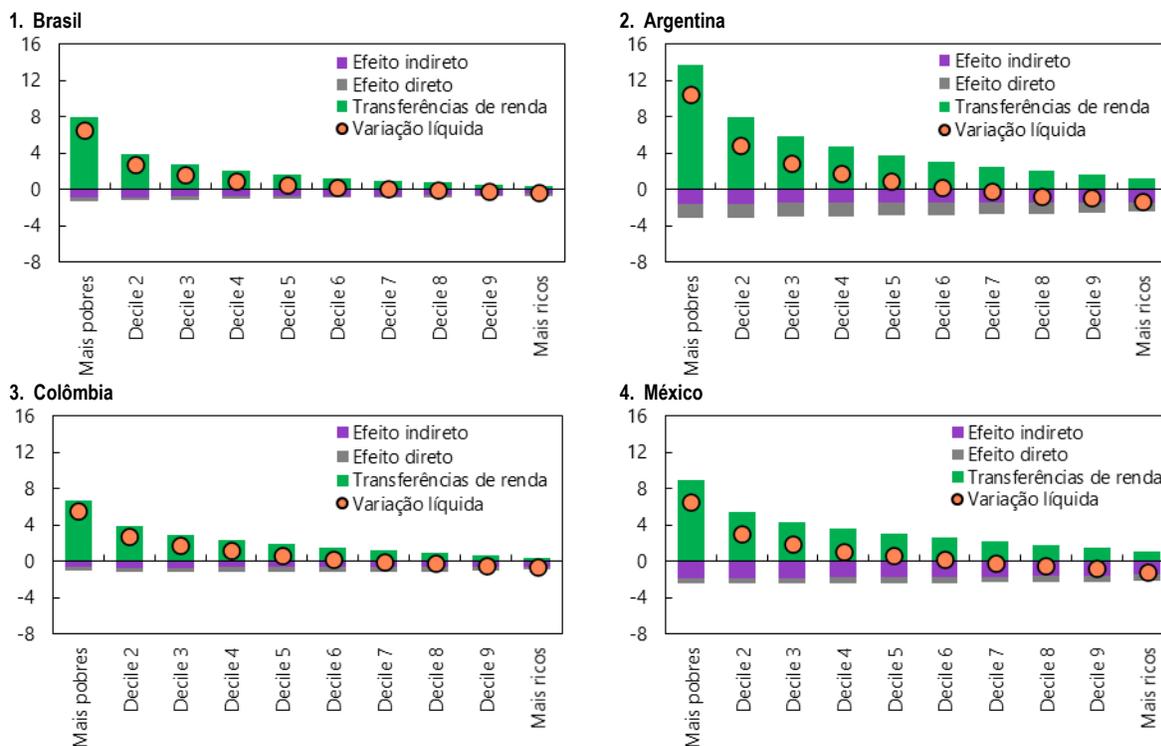
²⁷Segundo a CPAT, os efeitos negativos de impostos de carbono no PIB são similares aos obtidos em modelos de EGC. Contudo, as evidências empíricas desses efeitos são muito inconclusivas e apontam para um efeito aproximadamente nulo do imposto no PIB ou no crescimento do emprego (Metcalf e Stock 2020).

²⁸Ver, por exemplo, Nordhaus (2008), Parry *et al.* (2014) e Stern (2006).

²⁹Cada pessoa na economia recebe o mesmo valor (incondicionalmente) como parte de um mecanismo de transferência universal de renda.

seguridade nacional existentes para concentrar o enfoque nas famílias mais vulneráveis.³⁰ Isso lhes permitiria canalizar parte do aumento das receitas fiscais para investimentos públicos verdes.³¹

Gráfico 11. Impacto estimado de um imposto de US\$ 50 sobre o carbono e da remoção de subsídios aos combustíveis fósseis no consumo, antes e depois de transferências de renda (porcentagem do consumo per capita)



Fontes: FMI, Ferramenta de Avaliação de Precificação de Carbono; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Na ausência de políticas compensatórias, trabalhadores em setores intensivos em carbono podem sofrer perdas adicionais de renda e emprego. O preço mais elevado do carbono e a queda proporcional da demanda de produtos energéticos menos limpos poderiam implicar perdas adicionais de renda ou emprego para trabalhadores em setores intensivos em carbono.³² Simulações usando dados microeconômicos setoriais sugerem que o impacto agregado de um aumento no preço do carbono na renda seria limitado, afetando menos de 1% das pessoas empregadas na Argentina, no Brasil e no México, como reflexo do tamanho geral reduzido dos setores energéticos nessas economias.³³ Contudo, o impacto seria diferente em cada decil de renda, setor e região (Gráfico 12). A análise sugere, notavelmente, que o impacto seria reduzido em todos os decis de renda no Brasil e maior e mais progressivo na Argentina na ausência de medidas compensatórias. O impacto é maior em setores com maior intensidade de carbono (petróleo e eletricidade, no caso da Argentina, carvão e petróleo no Brasil e

³⁰Os governos poderiam alavancar o progresso realizado na expansão da cobertura das transferências de renda durante a Covid-19. Por exemplo, o programa de auxílio emergencial alcançou até 60% da força de trabalho total do Brasil no pico da pandemia (ver Cunha *et al.* 2021, *no prelo*).

³¹Nossa escolha de reciclagem integral por meio de transferências de renda é motivada por considerações técnicas, pois nos permite capturar completamente o multiplicador associado às arrecadações adicionais na ausência de evidências do impacto distribucional do investimento público nos decis de consumo familiar per capita nos países incluídos na nossa amostra.

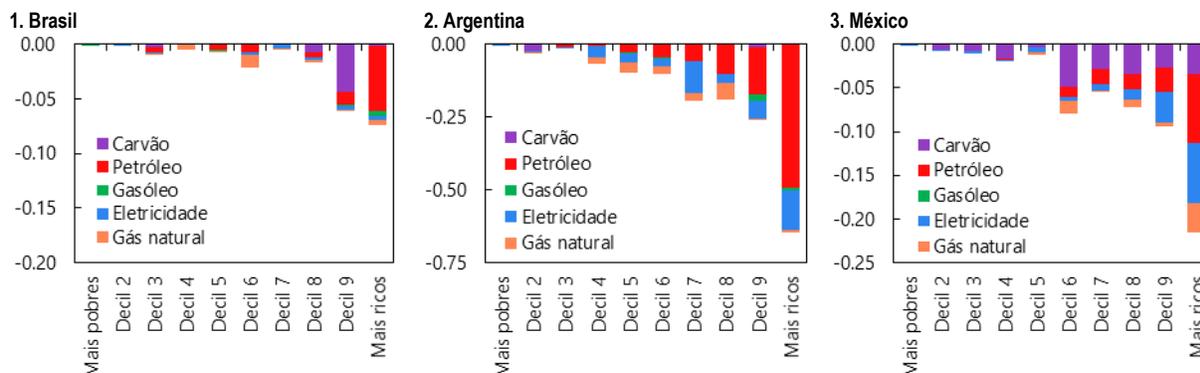
³²Nossos cálculos pressupõem uma elasticidade de preço de -0,25 para produtos energéticos, como em FMI (2020). Portanto, um aumento de 100% no preço de qualquer dos produtos energéticos – carvão, petróleo, eletricidade, gásóleo e gás natural – reduz a demanda real em 25%, causando uma redução equivalente na renda ou no emprego dos trabalhadores, supondo-se que a produtividade continue inalterada.

³³A renda dos trabalhadores também poderia ser afetada indiretamente em outros setores, como transportes e indústria.

carvão, petróleo e eletricidade no México). Também devem surgir disparidades importantes entre regiões de um país em virtude da alta concentração geográfica das atividades energéticas (Gráfico 4.2 do Anexo).

Gráfico 12. Perda de renda bruta estimada dos trabalhadores no setor de energia como resultado do imposto de carbono e da eliminação de subsídios aos combustíveis fósseis

(porcentagem do total da renda de trabalho de famílias em todos os setores em cada decil de renda)



Fontes: Autoridades nacionais; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Contudo, essas perdas de renda/emprego poderiam ser compensadas pela criação de empregos nos setores energéticos novos e mais limpos.³⁴ Juntamente com os supramencionados benefícios adicionais para a saúde e o meio ambiente, a transição para energias mais limpas criaria oportunidades de emprego e renda,³⁵ como as decorrentes do potencial da ALC para exportar commodities “verdes” (Tabela 1).³⁶ Uma combinação de políticas que equilibrem a precificação do carbono com a promoção de investimentos verdes, como discutido em FMI WEO 2020, deverá ter efeitos positivos na atividade e no emprego no longo prazo. Especificamente, estima-se uma ampliação do emprego, em cerca de 1% da força de trabalho em 10 anos, como resultado da promoção de investimentos públicos verdes a partir de um patamar inicial de 1% do PIB e diminuindo ao longo de 10 anos, combinada com subsídios para a produção de renováveis, um aumento gradual pré-anunciado dos impostos de carbono, transferências compensatórias para famílias e políticas

Tabela 1. Exportações de commodities “verdes”
(média anual durante 2016–19)

Exportações de	Porcentagem do PIB	Porcentagem das exportações
Cobre		
Chile	6.160	21.829
Peru	5.087	21.206
Brasil	0.120	0.915
México	0.161	0.420
Argentina	0.096	0.689
República Dominicana	0.063	0.267
Colômbia	0.015	0.096
Equador	0.024	0.106
Bolívia	0.055	0.219
Níquel		
Guatemala	0.064	0.350
Brasil	0.000	0.004
Lítio		
Chile	0.034	0.122
Cobalto		
Brasil	0.000	0.001

Fontes: UN Comtrade; e cálculos do corpo técnico do FMI.
Nota: Com base em alguns níveis de exportação do produto, a Colômbia mostra potencial para lítio e níquel; o Equador, para cobalto e lítio; e o Brasil e o Panamá, para lítio.

³⁴A AIE (2021) estima que 14 milhões de empregos verdes e 30 milhões de empregos verdes e correlatos poderiam ser criados até 2030, durante a transição verde, equivalente aproximadamente a 0,4-1% da força de trabalho global. Isso se traduziria em 1,2 milhões de empregos verdes e 2,6 milhões de empregos verdes e correlatos na ALC até 2030, com base na participação da ALC na economia global.

³⁵Por exemplo, usando dados de emissões de CO₂ em nível de empresa em 31 economias avançadas e economias emergentes de grande porte (inclusive o Brasil), Mohommad (2021) encontra evidências de que, embora o aumento do rigor das políticas ambientais cause uma redução da demanda de mão de obra em empresas com alta intensidade de emissão, o efeito é inverso em empresas com baixa intensidade de emissão, o que sugere a ocorrência de uma redistribuição de empregos. O autor identifica mudanças positivas líquidas modestas no emprego quando as políticas são baseadas no mercado e mudanças líquidas negativas modestas quando as políticas não são baseadas no mercado.

³⁶Alguns países da ALC (por exemplo, Argentina, Brasil, Colômbia, Chile, Peru, Bolívia) já estão exportando essas commodities “verdes”, como cobre, níquel, lítio e cobalto, enquanto outros (México) podem derivar benefícios de reservas de lítio recém-descobertas.

macroeconômicas de apoio.³⁷ Esses novos empregos verdes teriam o potencial de compensar as perdas de renda/emprego em setores intensivos em carbono, mas isso dependeria muito da intensidade de mão de obra nesses setores e da qualidade dos empregos novos criados. Um exemplo do impacto positivo da promoção de investimentos em fontes de energia renovável na criação de empregos menos qualificados é o Programa Nacional do Alcool no Brasil, criado em 1975 (Quadro 2). Contudo, a promoção de investimentos verdes exigirá financiamentos substanciais (Seção IV), que poderiam ser viabilizados apenas parcialmente com arrecadações do imposto de carbono/eliminação de subsídios aos combustíveis fósseis.

Políticas para reduzir emissões de GEE também poderiam causar efeitos adversos para pecuaristas, mas uma transição para a agricultura vegetal ofereceria oportunidades de emprego e renda. Uma estratégia ambiciosa de redução de emissões na ALC teria de incluir a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, sobretudo na pecuária, cuja intensidade de emissão é várias vezes superior à da agricultura vegetal.³⁸ O elevado superávit comercial de alimentos da América Latina (cerca de 3% do PIB do Mercosul em 2019), expõe a região a variações de demanda por alimentos não só no âmbito nacional, mas também internacional. Embora a potencial transição global do consumo de carne bovina para dietas à base de plantas possa causar efeitos adversos para alguns pecuaristas, criaria oportunidades de emprego e renda na agricultura vegetal.³⁹ Simulações sugerem que o impacto líquido estimado na renda resultante do ajuste para baixas emissões de GEE entre agricultores seria distribuído com mais uniformidade entre os decis de renda em comparação com o impacto progressivo do imposto de carbono nos setores energéticos (Gráfico 13).⁴⁰ Para uma determinada redução de emissões de GEE na agricultura, a média estimada de perda bruta de emprego/mão de obra na pecuária seria maior em países com um nível inicial mais elevado de emprego na pecuária (por exemplo, o Brasil, onde a pecuária é responsável por 3,9% do emprego, em contraste a 1,2% na Argentina).⁴¹ O governo poderia apoiar pecuaristas afetados por impactos adversos facilitando a sua transição para a agricultura vegetal (a simulação no Gráfico 13 não inclui essas medidas). A terra liberada pela pecuária também poderia contribuir para a florestação.⁴²

³⁷Especificamente, o pacote em FMI WEO 2020, inclui um programa de investimento público verde com duração de 10 anos em setores de energia renovável e outras fontes de baixo carbono, infraestrutura de transportes e serviços, com um patamar inicial de 1% do PIB e uma redução linear para zero ao longo dos 10 anos (após 10 anos, investimentos públicos adicionais mantêm o estoque de capital verde criado), uma taxa de subsídio de 80% para a produção de renováveis, um imposto de carbono começando à alíquota de US\$ 8-18 por tonelada de CO₂ (dependendo do país) e aumentando em 7% por ano, transferências compensatórias para famílias (equivalentes a ¼ das arrecadações do imposto de carbono) e políticas macroeconômicas de apoio (o pacote de políticas acima requer financiamento de dívida na primeira década e ocorre no contexto de taxas de juros muito baixas por muito tempo e baixa inflação).

³⁸A estimativa de dados de painel sugere uma proporção de intensidade de emissão de seis para um entre pecuária e agricultura vegetal na América Latina. Ver Batini (2021) para ver uma análise detalhada de políticas econômicas destinadas a promover dietas saudáveis e estabelecer práticas alimentares sustentáveis.

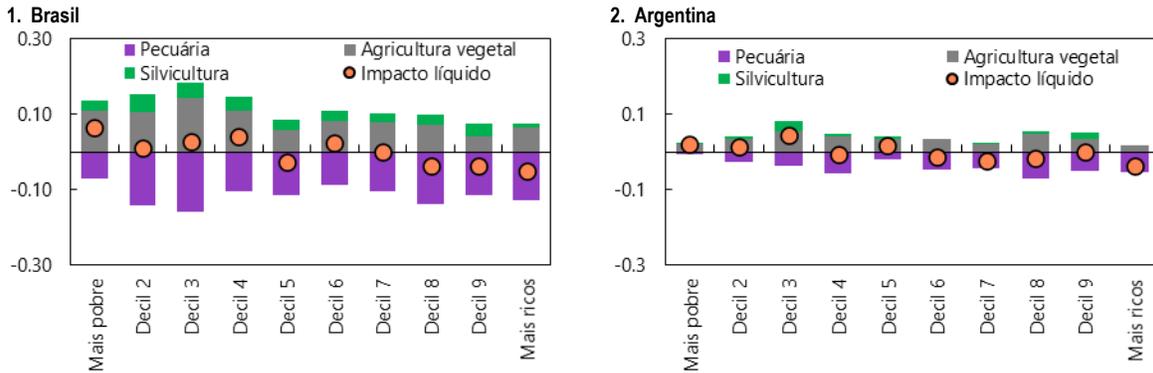
³⁹As vendas de alimentos à base de plantas que substituem diretamente produtos animais estão aumentando nos EUA, segundo o Good Food Institute (2021). Um relatório conjunto publicado recentemente pelo BID e a OIT estima que a transição do consumo de carne para uma dieta à base de plantas como parte do avanço para uma economia com emissão líquida zero resultaria em um ganho líquido de 14,7 milhões de empregos equivalentes a tempo integral no setor de alimentos agrícolas na ALC até 2030 (ver Saget *et al.* 2020). As suas simulações pressupõem que dois terços dos gastos básicos das famílias com produtos à base de carne sejam substituídos até 2050 por gastos com produtos à base de plantas, o que seria uma transição mais intensa do que a implícita nas simulações deste capítulo.

⁴⁰Identificamos agricultores em questionários de domicílios com base no setor granular relatado de emprego.

⁴¹Pressupõe-se que toda a redução de emissões necessária na agricultura ocorra na pecuária, em vista da intensidade de emissão bem mais elevada da pecuária em relação à agricultura vegetal (proporção de seis para um). Pressupomos que a pecuária contraia proporcionalmente à redução de emissões necessária na agricultura entre a linha de referência e o cenário de política, o qual, segundo as simulações da CPAT, corresponde a uma queda de cerca de 3% na pecuária no Brasil e na Argentina até 2030. Também pressupomos que os recursos usados anteriormente na pecuária, inclusive a mão de obra, sejam redirecionados para a produção vegetal, que poderá precisar de algum apoio transitório do governo. A redução da pecuária também causa uma redução de rações vegetais para animais, que a ALC poderia recuperar alavancando sua vantagem comparativa em produtos alimentícios. Além disso, pressupomos que a atividade silvícola registrará aumentos proporcionais com a redução necessária de emissões, em vista do papel importante da florestação no controle de emissões na ALC.

⁴²O cenário apresentado neste capítulo é ilustrativo – a extensão da transição da pecuária para a agricultura vegetal e o aumento da atividade silvícola (florestação) serão diferentes em cada país, dependendo do grau de dificuldade do redirecionamento de recursos, inclusive de terras.

Gráfico 13. Ganho/perda estimado de renda de trabalho com a redução de emissões de gases do efeito estufa na agricultura
(ganho/perda de renda de trabalho; porcentagem do total da renda de trabalho de famílias em todos os setores em cada decil de renda)



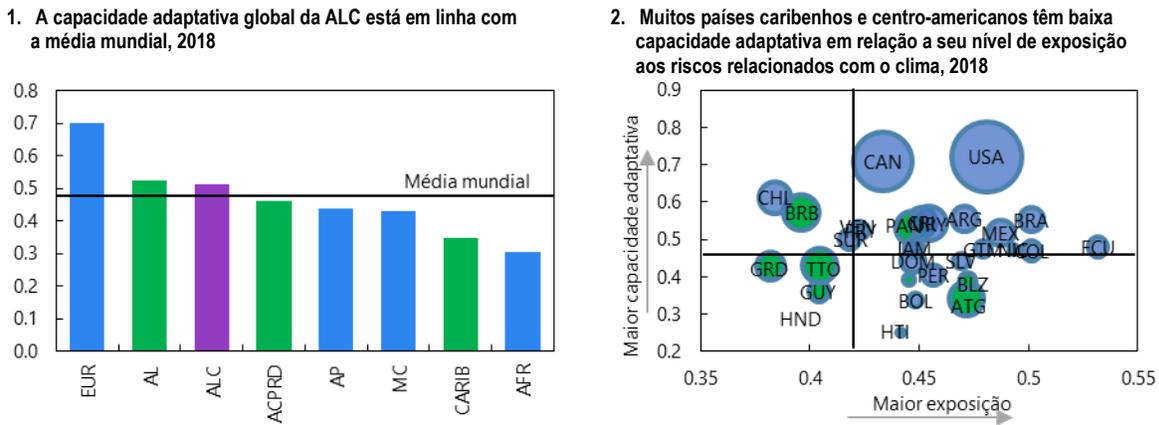
Fontes: Autoridades nacionais; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Adaptação climática

Fortalecimento da adaptação climática na ALC

Embora todos os países da ALC enfrentem desafios de adaptação à mudança do clima, esta questão é altamente prioritária para os países vulneráveis do Caribe e da América Central. Muitas economias da ALC dispõem de capacidade adaptativa – definida pela ND-GAIN como a disponibilidade de recursos sociais para a adaptação setorial – acima da média mundial, o que compensa, em parte, seu alto nível de exposição e sensibilidade à mudança do clima (Gráfico 14, painel 1).⁴³ No entanto, muitos países do Caribe e da América Central apresentam tanto um alto nível de exposição aos riscos climáticos como uma baixa capacidade adaptativa (Gráfico 14, painel 2).

Gráfico 14. América Latina e Caribe: Espaço para fortalecer a capacidade adaptativa



Fontes: Bases de dados da ND-GAIN; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Nota: O índice de capacidade é a diferença entre um e o indicador de capacidade da ND-GAIN, sendo que valores mais altos indicam maior capacidade. No Gráfico 13.1, ACPRD = América Central, Panamá e República Dominicana; AFR = África; AL (América Latina) = América do Sul, México; ALC = América Latina e Caribe; AP = Ásia e Pacífico; CARIB (Caribe) = Antígua e Barbuda, Barbados, Belize, Granada, Guiana, Haiti, Jamaica, Suriname, Trinidad e Tobago; EUR = Europa; MC = Oriente Médio e Ásia Central. As médias regionais e mundiais são ponderadas pela população anual em 2018. No Gráfico 13.2, o tamanho dos círculos indica o PIB per capita em USD (2019), a linha vertical (horizontal) indica a média mundial simples do indicador de exposição (capacidade), e os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO).

⁴³A ND-GAIN avalia a vulnerabilidade de um país aos riscos climáticos considerando a exposição aos perigos associados ao clima, a sensibilidade aos impactos desses perigos e a capacidade adaptativa de lidar com esses impactos ou adaptar-se a eles em seis setores essenciais para a vida: alimentação, água, saúde, serviços de ecossistemas, *habitat* humano e infraestrutura. Os dados brutos são então representados em um intervalo de zero a um, e a média aritmética é usada para criar cada índice. Ver mais detalhes no documento técnico de dados da ND-GAIN.

Os países da ALC estão adotando medidas para aumentar a resiliência climática, mas importantes lacunas persistem em países altamente vulneráveis aos riscos físicos da mudança do clima. Mais de 60% dos planos nacionais de adaptação da região abrangem políticas de adaptação que visam modernizar a infraestrutura resiliente ao clima, reverter o desmatamento e proteger a biodiversidade e os ecossistemas. Não obstante, muitos países vulneráveis a desastres no Caribe e na América Central não investem o suficiente no aumento da resiliência *ex ante* (antes que um desastre ocorra) e são fortemente dependentes dos esforços de recuperação pós-desastres que geralmente são mais onerosos do ponto de vista das finanças públicas (FMI 2019d). Em muitos países, a modernização da infraestrutura (por exemplo, sistemas de drenagem adequados, estradas resilientes a desastres) foi substituída por outras necessidades sociais e de desenvolvimento urgentes, o que reflete o espaço fiscal limitado e, às vezes, o horizonte de curto prazo dos formuladores de políticas. Além disso, considerações de custo limitam a capacidade dos países de adquirir seguros substanciais contra desastres, enquanto a capacidade inadequada de atender às complexas exigências de acesso para obter financiamento de fundos climáticos internacionais impõe desafios adicionais ao investimento *ex ante* em infraestrutura resiliente ou ao estabelecimento de fundos dedicados.⁴⁴ Em países onde os riscos relacionados ao clima são macrocríticos, tal subinvestimento em resiliência climática poderia resultar em um círculo vicioso de esgotamento do espaço fiscal e de resistência climática persistentemente fraca, levando a uma vulnerabilidade climática sempre crescente. Para os países da ALC onde o turismo representa uma fonte econômica importante, o aumento da resiliência é fundamental para preparar e adaptar o setor do turismo às mudanças climáticas. Na verdade, as avaliações das políticas para as mudanças climáticas do Banco Mundial-FMI (CCPA, na sigla em inglês), realizadas em três países do Caribe, estimam que as lacunas de investimento em fortalecimento da resiliência (i.e. a diferença entre o investimento necessário para aumentar a resiliência e os níveis atuais de investimento) ficariam em 2–3% do PIB ao ano ao longo de uma década ou mais (FMI 2019d).⁴⁵

É necessária uma abordagem abrangente de médio prazo para ajudar os países mais vulneráveis da ALC a se preparar para desastres relacionados ao clima (Gráfico 15). A Estratégia de Resiliência a Desastres do FMI (DRS) foi criada em 2019 para internalizar os custos e retornos do reforço da resiliência em quadros macroeconômicos sustentáveis compatíveis com a sustentabilidade da dívida (FMI 2019d). Na região do Caribe, Dominica e Granada desenvolveram a DRS com o apoio do FMI (FMI 2021a). Esta estratégia pode ajudar a quantificar as necessidades e lacunas de financiamento, fornecer um itinerário para a formulação e sequenciamento de políticas, e promover o apoio internacional. A DRS implica uma abordagem com três pilares.

Gráfico 15. Aumentar a resiliência aos riscos climáticos



Fontes: FMI (2019d).

- Aumentar a *resiliência estrutural* requer infraestrutura e outros investimentos *ex ante* para limitar o impacto dos desastres, incluindo medidas de políticas “concretas” (e.g., modernização da infraestrutura, desenvolvimento de sistemas de irrigação, garantia de resiliência das estradas, pontes, edifícios e infraestrutura de serviços públicos), e medidas “brandas” (e.g., sistemas de alerta antecipado, adaptar códigos de construção e normas de zoneamento) (Pilar I);

⁴⁴Por exemplo, estima-se que o custo de seguro paramétrico e de títulos de catástrofe (ou “cat bonds”, que também são baseados em gatilhos paramétricos) sejam 1,5 a 3,2 vezes o pagamento anual esperado, refletindo, por exemplo, os grandes riscos de cauda que os países vulneráveis enfrentam, a correlação geográfica dos riscos entre os possíveis compradores e os limitados mercados de seguros que os pequenos estados enfrentam. (FMI 2019d).

⁴⁵As avaliações das políticas para as mudanças climáticas são uma avaliação conjunta FMI-Banco Mundial introduzidas numa base piloto em 2017 que fazem um diagnóstico da preparação para a mudança climática (FMI 2016).

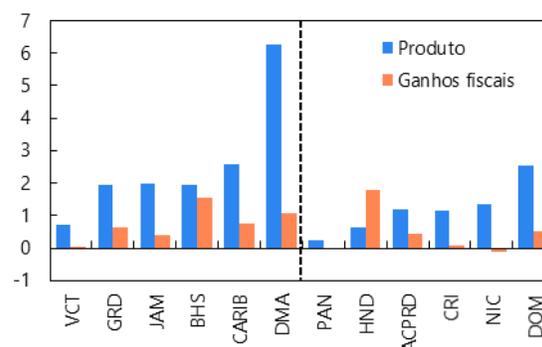
- Aumentar a *resiliência financeira* envolve a criação de margem de manobra fiscal e o uso de instrumentos financeiros preconcebidos para proteger a sustentabilidade fiscal e gerir os custos da recuperação (Pilar II);
- A *resiliência social e pós-desastre* requer planejamento de contingência e investimentos relacionados para assegurar uma rápida resposta ao desastre (Pilar III).

Aumentar investimentos em *resiliência estrutural* produziria benefícios significativos de longo prazo para os países mais vulneráveis ao clima da ALC.

Capital público resiliente – como estradas, pontes e barreiras marítimas duráveis – podem reduzir futuras perdas decorrentes de desastres naturais e, por conseguinte, elevar o retorno esperado do investimento privado e produção (mesmo que não ocorram desastres). Simulações do corpo técnico do FMI, com base em um modelo dinâmico de equilíbrio geral estocástico para a adaptação climática (Anexo 5),⁴⁶ sugerem que o investimento em capital público resiliente pode levar a um aumento das taxas de empregos e salários e a uma redução da migração externa, que é normalmente elevada em países suscetíveis a desastres naturais. O aumento da produção e do emprego, por sua vez, aumentaria a receita tributária, melhorando o equilíbrio fiscal. As simulações indicam que este tipo de investimento pode, no longo prazo, elevar o nível do PIB entre 2% e 6% para as economias insulares do Caribe e entre 0,2% e 1,4% para os países da América Central (Gráfico 16). Os ganhos são maiores no Caribe do que na América Central, porque que o primeiro sustenta danos maiores de desastres naturais em relação ao tamanho da economia e uma parcela maior de investimento público no PIB. Apesar de os custos iniciais do investimento em capital público resiliente serem mais altos, existem ganhos fiscais de longo prazo decorrentes dos custos mais baixos de reposição após um desastre natural.⁴⁷

Gráfico 16. Produto e ganhos fiscais de investimentos resilientes a longo prazo

(Variação relativa à não resiliência; produto: porcentagem; ganhos fiscais: pontos percentuais do PIB)



Fontes: Base de dados EM-DAT; mecanismo de seguro de risco para catástrofes no Caribe; e cálculos do corpo técnico do FMI.

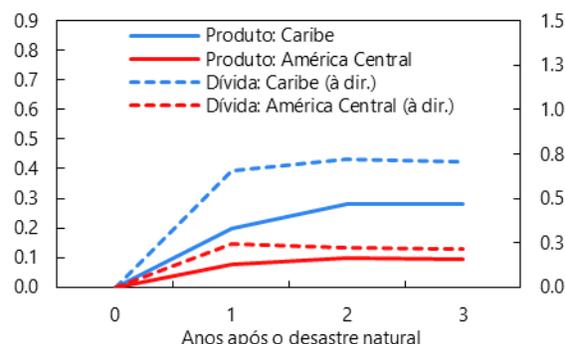
Nota: Os agregados são médias simples. Os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO). ACPRD = América Central, Panamá e República Dominicana (CRI, DOM, HND, NIC, PAN); CARIB = Caribe (BHS, DMA, GRD, JAM, VCT).

⁴⁶O modelo pressupõe que a infraestrutura resiliente é o substituto perfeito para a infraestrutura padrão, mas é 25% mais dispendiosa. Mantendo o valor físico do investimento público inalterado, supõe-se que os países alocarão 80% do investimento em capital resiliente. O resultado em termos da produção e desempenho fiscal é então comparado com uma situação em que não há capital resiliente.

⁴⁷O modelo inclui Bahamas, Dominica, Granada, Jamaica, República Dominicana, e São Vicente e Granadinas, no Caribe, e Costa Rica, Honduras, Nicarágua e Panamá, na América Central. Os resultados da simulação são compatíveis com estimativas anteriores para o ECCU (FMI 2019c). Os ganhos potenciais do investimento resiliente seriam ainda maiores se puder ser ampliado em termos acessíveis para além dos níveis de investimento público projetados. O corpo técnico fará mais análise da adaptação das economias maiores da ALC no futuro para as economias em a adaptação é macrocrítica. Como demonstrado em Banco Mundial (2019), pode haver benefícios líquidos significativos em investir em infraestrutura mais resiliente em países de renda baixa e média em todo o mundo.

Além disso, uma vez atingida a resiliência estrutural, o capital resiliente também oferece importantes ganhos fiscais e de produção na sequência de um desastre natural.⁴⁸ Os resultados do modelo sugerem que – uma vez que o capital resiliente esteja instalado – o nível de produção seria 0,25% mais alto três anos após um desastre natural no Caribe e aproximadamente 0,1% mais alto nos países centro-americanos (Gráfico 17). Estima-se que o nível da dívida pública seria 0,75 ponto percentual mais baixo depois de três anos no Caribe e cerca de 0,25 ponto percentual mais baixo na América Central. A melhoria na dívida pública deriva de menores gastos de reconstrução (já que menos capital precisa ser substituído) e menores perdas de receita devido à queda menor da atividade econômica.

Gráfico 17. Produto e ganhos de dívida pública do investimento resiliente depois de um desastre natural (Escala à esquerda: porcentagem; escala à direita: pontos percentuais)



Fontes: Base de dados EM-DAT; mecanismo de seguro de risco para catástrofes no Caribe; e cálculos do corpo técnico do FMI.

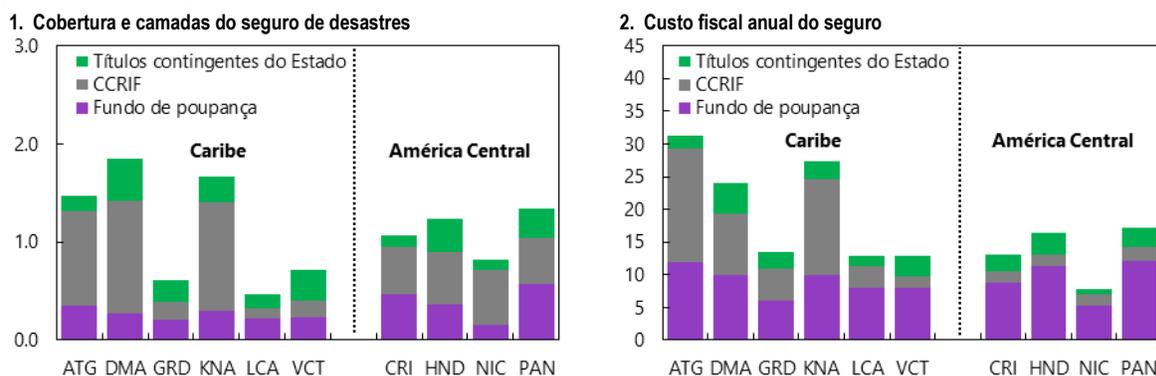
Como o reforço da resiliência estrutural leva tempo, **resiliência financeira** também seria necessária para garantir financiamento para a reconstrução, salvaguardando ao mesmo tempo as finanças públicas. A resiliência financeira na forma de um seguro abrangente em camadas deve ter como objetivo fornecer cobertura adequada contra as perdas de capital e de receita esperadas após grandes desastres naturais e internalizar os custos fiscais esperados do apoio pós-catástrofe. As simulações do corpo técnico do FMI, que são baseadas em um modelo estocástico (Guerson 2020), indicam que uma cobertura de seguro de 15–30% do PIB para os países caribenhos e de 10–20% do PIB para os países centro-americanos poderia cobrir 99% dos custos fiscais relacionados a desastres naturais (Gráfico 18, painel 1). Este cálculo é baseado em uma estrutura ilustrativa de seguro em três camadas baseada na estrutura de risco em camadas do Banco Mundial para financiamento do risco de desastres (Banco Mundial 2017). Classificadas de acordo com seus custos incrementais, as camadas incluem: i) a criação de um fundo de poupança pública de precaução para as necessidades imediatas de liquidez pós-desastre contra desastres naturais mais frequentes mas relativamente menos devastadores; ii) a ampliação do acesso a seguro paramétrico no âmbito do mecanismo de seguro de risco para catástrofes no Caribe (CCRIF, na sigla em inglês) contra desastres naturais menos frequentes, mas maiores e com danos que vão além do âmbito do fundo de poupança;⁴⁹ e iii) a emissão de títulos contingentes do Estado para proporcionar alívio da dívida para eventos extremos.⁵⁰

⁴⁸O corpo técnico estima que seria necessário um grande aumento das taxas de investimento com financiamento concessional de 10 a 20 anos para aumentar a resiliência a desastres naturais, usando financiamento concessional. A se manterem as taxas atuais de investimento sem financiamento concessional, o dobro do tempo seria necessário para alcançar a resiliência. Por exemplo, usando o método de inventário padrão e a hipótese de taxa de depreciação de capital para a contabilidade do estoque de capital, o corpo técnico estima que, sem financiamento concessional, seriam necessários 30 a 40 anos de investimento em resiliência para atingir 80% de resiliência de capital (ver FMI 2019c). No entanto, as recompensas da adaptação (em termos de perda de produção após um desastre natural) se acumulam assim que o capital resiliente começa a parar, aumentando com a parcela do capital resiliente.

⁴⁹O CCRIF é uma empresa de carteira segregada que fornece liquidez de curto prazo para os governos caribenhos e centro-americanos quando uma apólice de seguro paramétrico é acionada. Os membros atuais do CCRIF são Anguilla, Antígua e Barbuda, Bahamas, Barbados, Belize, Bermuda, Dominica, Granada, Guatemala, Haiti, Ilhas Cayman, Ilhas Virgens Britânicas, Jamaica, Montserrat, Nicarágua, Panamá, Santa Lucía, São Cristóvão e Névis, São Vicente e Granadinas, St. Maarten, Trinidad e Tobago, e Turks e Caicos. O seguro paramétrico é um tipo de contrato de seguro que assegura um segurado contra a ocorrência de um evento específico, pagando um valor determinado com base na magnitude do evento.

⁵⁰O tamanho do fundo de poupança foi calibrado para cobrir os custos fiscais de desastres naturais em 95% dos eventos, acrescentando-se o acesso ao CCRIF e a emissão de títulos CAT para atingir uma cobertura de 99%. As simulações incorporam o impacto dos choques de desastres naturais sobre o produto, receitas fiscais, subsídios e outras receitas não fiscais, despesas recorrentes e despesas de capital. Também consideram a reprioritização de despesas (a reconstrução substitui, em grande parte, os projetos preexistentes).

Gráfico 18. Simulações de resiliência financeira: Custo e cobertura de seguro para desastres
(Porcentagem do PIB)



Fontes: Autoridades nacionais; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Nota: Dados das autoridades e estimativas das funções de perdas de desastre do CCRIF. Calibrados para atingir a cobertura de 99% das perdas do desastre. Inclui o risco de ciclones tropicais e terremotos. Os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO). CCRIF = mecanismo de seguro de risco para catástrofes no Caribe.

As simulações também sugerem que, embora a cobertura de seguro seja onerosa, as necessidades de seguro e os custos fiscais diminuiriam com o tempo. O custo simulado anual da cobertura de seguro ilustrativa acima ficaria inicialmente na faixa de 0,5-2% do PIB por ano (Gráfico 18, painel 2). À medida que as estruturas ficam mais resilientes, as exigências de seguro para a mesma cobertura diminuiriam no longo prazo para um quarto do nível atual.

Os custos de curto prazo da resiliência estrutural e financeira abriria uma lacuna de financiamento transicional para os governos, uma vez que os benefícios da resiliência climática acumulam no médio e longo prazo.

- Aumentar a resiliência estrutural envolve custos iniciais que podem ser muito altos em relação ao tamanho da economia e à capacidade fiscal dos países, ao passo que o retorno em termos de produto e receitas fiscais mais altas acumulam-se ao longo do tempo. Para pequenos estados do Caribe, como Dominica, estima-se que o custo total de construção de resiliência seria de US\$ 2,8 bilhões (cerca de 500% do PIB) e mais de uma década seria necessária para execução completa (FMI 2021a). Ao mesmo tempo, as projeções indicam que os danos de desastres naturais devem intensificar de forma significativa em um cenário climático de manutenção do status quo.
- Em termos de resiliência financeira, embora o CCRIF tenha sido um instrumento útil para melhorar a cobertura de seguro da região, a cobertura continua baixa para muitos países, em virtude dos altos custos iniciais dos produtos de seguro, preocupações que danos significativos possam desencadear pagamentos de prêmios e necessidades de desenvolvimento concorrentes. O uso de instrumentos de contingência inovadores do Estado, como títulos de catástrofes continua a ser limitado, tendo em vista sua complexidade, altos custos de preparação e limitações regulatórias/de capacidade.⁵¹
- No médio prazo, considerando que a escala dos investimentos em adaptação da região provavelmente dependerá muito da disponibilidade de financiamento concessional externo, incluindo fundos internacionais climáticos, preparar um DRS é essencial.⁵² A fim de abordar a sustentabilidade fiscal, os

⁵¹Em junho de 2021, a Jamaica emitiu o primeiro título de catástrofe independentemente patrocinado por um governo caribenho.

⁵²Por exemplo, conforme observado em FMI (2019c), para um país com uma taxa de investimento público de 5% (média dos países do Caribe no Gráfico 16), aumentar a resiliência para 80% implicaria uma deterioração fiscal de 1% do PIB por ano se o capital resiliente for 25% mais caro, como pressupõem as simulações acima. Para os países da União Monetária do Caribe Oriental (ECCU), que inclui Dominica, Granada e São Vicente e Granadinas, o FMI (2019c) estima que o custo adicional da resiliência aumentaria a dívida pública em 4-20 pontos percentuais do PIB nos países da ECCU até 2030. Isso se traduziria em lacunas de financiamento adicional de 0,4 a 1,5% do PIB em relação aos níveis históricos.

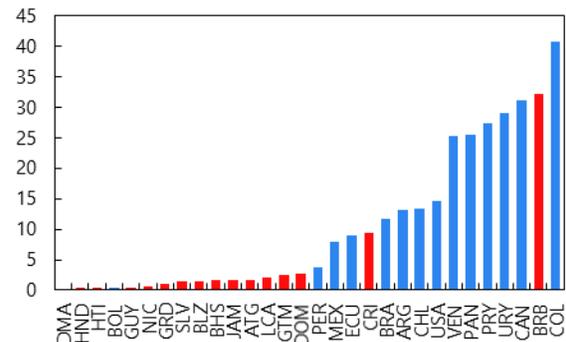
países precisarão criar espaço fiscal com uma combinação de medidas fiscais estruturais para gerar poupança, priorização de despesas e acesso a financiamento concessional e assistência de doadores. Outras iniciativas também são necessárias para aumentar ainda mais a capacidade dos países de cumprir as exigências administrativas para obter financiamento de fundos climáticos.

Investimento do setor privado em adaptação pode ter um papel importante no reforço da resiliência contra riscos climáticos, mas é protelado por restrições de crédito e acesso limitado a seguros acessíveis. Este é particularmente o caso dos países do Caribe e da América Central, onde o setor privado é formado principalmente por famílias e pequenas empresas que dependem de serviços bancários e de seguro tradicionais e enfrentam uma falta de instrumentos alternativos de poupança e financiamento para investimento em adaptação climática (Gráfico 19).⁵³

- **Restrições de crédito:** Juros altos e a escassez de garantias qualificadas (em sua maioria limitadas a ativos fixos) representam um obstáculo de longa data ao acesso a crédito para famílias e pequenas empresas. A composição do crédito bancário também é desviada dos setores mais vulneráveis a riscos de desastres físicos (por exemplo, turismo e agricultura), o que pode em parte refletir uma resposta orgânica dos credores ao perfil de retorno de risco mais incerto desses setores.
- **Acesso limitado a seguros acessíveis:** Os países vulneráveis enfrentam altos custos de seguro de propriedade devido a sua alta suscetibilidade a desastres naturais. Os custos podem ser ainda mais amplificados pelo pequeno tamanho do mercado de seguros primários que depende fortemente de resseguros no exterior, implicando uma alta repercussão regional de preços de resseguros sensíveis a desastres.⁵⁴ Por exemplo, os custos de resseguro em 2018 subiram 20–40% para os países do Caribe atingidos por desastres no ano anterior, e 10–20% para os outros países.

Os governos poderiam incentivar investimentos em adaptação do setor privado por meio de apoio técnico, incentivos e políticas para melhorar o acesso aos serviços financeiros. A disseminação de informações sobre riscos climáticos e serviços de apoio à avaliação das opções de adaptação poderia encorajar um maior envolvimento do setor privado, enquanto incentivos regulatórios e fiscais (por exemplo, impostos direcionados, subsídios ou fixação de preços de serviços) poderiam apoiar um perfil de risco-retorno mais atraente para investimentos em adaptação. A introdução ou ampliação de esquemas parciais de garantia de crédito público ou estruturas de apoio ao uso de garantias alternativas (por exemplo, maquinaria ou inventário) poderia tanto mitigar as restrições de garantias ao financiamento como alavancar melhor a liquidez (excesso) dos sistemas financeiros regionais para apoiar os esforços de adaptação climática. Facilitar o agrupamento de riscos entre seguradoras privadas, por exemplo, por meio de uma garantia pública para

Gráfico 19. Penetração do seguro em relação à média dos danos relacionados com o clima
(% do PIB, últimos disponíveis)



Fontes: Base de dados EM-DAT; Banco Mundial, base de dados Global Financial Development, outubro de 2021; e cálculos do corpo técnico do FMI. Nota: A penetração do seguro reflete os últimos dados anuais disponíveis de seguro não vida para cada país (principalmente 2017-2019). A média dos danos relacionados com o clima é para o período 1980–2020. Os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO).

⁵³Os maiores hotéis e *resorts* do setor do turismo são, em sua maioria, de propriedade estrangeira e se beneficiam do acesso a serviços financeiros internacionais.

⁵⁴Na ECCU, por exemplo, 60-75% dos prêmios de seguro estimados são cedidos ao resseguro, e a parcela cedida é ainda maior para os seguros de propriedade. Os mercados são uma mistura de várias empresas locais e alguns conglomerados transfronteiriços afiliados a grupos de seguradoras internacionais.

perdas excessivas de desastres naturais, pode ajudar a mitigar os custos e expandir a disponibilidade de cobertura.⁵⁵

Esforços para impulsionar o investimento do setor privado em adaptação precisariam vir acompanhados de um aumento da resiliência ao risco climático do sistema financeiro. No Caribe e na América Central, a exposição direta do setor financeiro aos desastres naturais tem sido limitada até agora em virtude das altas lacunas de cobertura de seguros e da exposição limitada do crédito do credor aos setores mais vulneráveis, enquanto as perdas das exposições afetadas tem sido mitigadas pela alta dependência das seguradoras primárias em resseguro e pela alta dependência dos credores em garantias de propriedade (assegurada) (Gráfico 20). No entanto, uma maior utilização dos serviços financeiros locais para aumentar o investimento em adaptação elevaria o risco de exposição física direta do sistema, especialmente se as resseguradoras deixarem de prover cobertura suficiente.

Os sistemas financeiros também precisam se adaptar aos efeitos indiretos crescentes dos riscos físicos climáticos. Estes incluem i) riscos

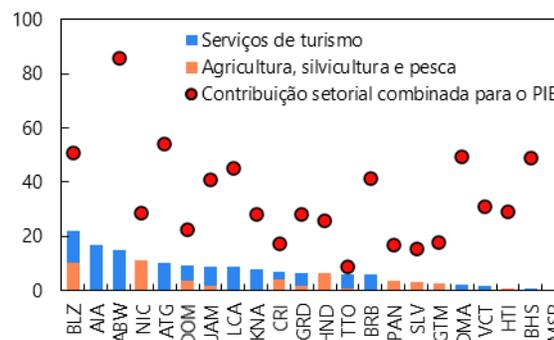
decorrentes do impacto dos desastres naturais na macroeconomia mais ampla, que pode ser amplificado em países com alta dependência em setores vulneráveis, como o turismo ou a agricultura; ii) riscos de contrapartida e fixação de preços de (re)seguro, incluindo os riscos sistêmicos de cauda da saída do ressegurador do mercado;⁵⁶ e iii) riscos de exposição soberana, especialmente em países em que as ligações entre o setor público e os sistemas financeiros locais são significativas.

O fortalecimento da supervisão, dos relatórios e dos quadros regulatórios poderia ajudar a construir a resiliência do sistema financeiro. Os riscos climáticos físicos devem ser incorporados às estruturas de supervisão existentes, apoiados por estruturas de relatórios que permitam um monitoramento mais granular dos diversos canais de transmissão de riscos e o fortalecimento dos acordos de supervisão das exposições interinstitucionais. Isto poderia ser acompanhado por medidas regulatórias para apoiar práticas de empréstimo conscientes dos riscos climáticos, diversificação da exposição e amortecedores de riscos prudenciais, e recuperação *ex post* de ativos. Os cenários de riscos climáticos físicos também devem ser integrados nos planos de gestão de crises do sistema financeiro das autoridades para garantir a adequação de qualquer estrutura de intervenção necessária.

Por fim, políticas direcionadas e oportunas também serão essenciais para preparar os exportadores de combustíveis fósseis da região para um ambiente de baixo carbono e mitigar as consequências macroeconômicas adversas. A Venezuela e a Guiana foram avaliadas entre as economias menos preparadas para um mundo de baixo carbono, enquanto outros países exportadores de combustível fóssil da ALC estão moderadamente preparados (por exemplo, Bolívia) ou relativamente mais bem preparados para a transição de baixo carbono (por exemplo, Brasil, Colômbia, México) (Banco Mundial 2020). Medidas para aumentar a

Gráfico 20. Níveis de exposição de crédito do sistema bancário a setores vulneráveis

(Porcentagem do total de empréstimos; últimos dados disponíveis)



Fontes: Autoridades nacionais; Banco Mundial; Conselho Mundial de Viagens e Turismo; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Nota: Dados sobre a contribuição para o PIB de Anguila e Montserrat não estão disponíveis. Dados sobre o nível de exposição de crédito do turismo de El Salvador, Guatemala, Haiti, Honduras, Nicarágua e Panamá não estão disponíveis. Informações por país sobre a exposição variam de dezembro de 2019 a maio de 2021. Os níveis de exposição do PIB são baseados em dados de 2018 e 2019. Os rótulos dos dados usam os códigos de países da Organização Internacional para Normalização (ISO).

⁵⁵Alguns exemplos incluem o Programa Nacional de Seguro para Inundação (EUA), o Fundo para Catástrofes de Furacões da Flórida, a Agência de Terremotos da Califórnia e a Comissão de Terremotos da Nova Zelândia.

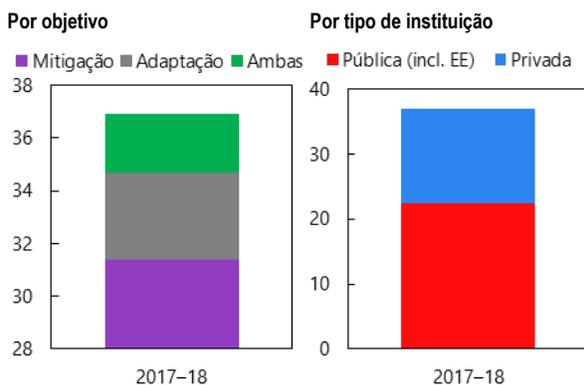
⁵⁶O Caribe enfrentou condições extremamente restritivas no mercado de resseguros em 1993–94 com uma série de furacões nos anos anteriores que levaram a aumentos acentuados de preços e a recusa de alguns prestadores de serviços em oferecer a cobertura ao Caribe. A crise exigiu a intervenção da CARICOM e levou ao estabelecimento do CCRIF.

competitividade das exportações e reduzir os custos do comércio serão essenciais neste contexto para reduzir a dependência excessiva das receitas de combustíveis fósseis e reduzir a variabilidade da produção e as preocupações com a sustentabilidade fiscal/externa. Esforços para fomentar inovação em termos de tecnologias verdes poderiam gerar efeitos secundários positivos para outros setores que estimulam direta ou indiretamente o crescimento econômico e empregos, bem como reduzir os riscos de segurança energética se as fontes de energia renovável não conseguirem suprir a demanda robusta por combustíveis fósseis – uma questão relevante tanto para os exportadores como para os importadores de combustíveis fósseis (por exemplo, em ECCU, Jamaica, El Salvador, Guatemala, Panamá, Uruguai; Banco Mundial 2020).⁵⁷ Políticas favoráveis poderiam ajudar os países com grandes reservas de commodities “verdes”, como lítio, a se beneficiar da transição no médio a longo prazo. Para alguns países da ALC, a adaptação e mitigação climática estão inter-relacionadas, no sentido de que a gestão e proteção adequada dos recursos naturais, ecossistemas e biodiversidade da região, como parte das ações de adaptação também ajudariam a reduzir as emissões de GEE em uma região em que mudanças no uso da terra continuam a ser um importante fator de emissões. Para mitigar o impacto dos riscos da transição na posição e receitas fiscais, as políticas fiscais das estratégias de adaptação e mitigação climática do país deveriam enfatizar a melhoria da aceitabilidade política e social (por exemplo, por meio do uso direcionado das receitas) e da eficácia (por exemplo, por meio de preços internacionais mínimos de carbono e apoio a políticas para tecnologias) (FMI 2019a).

Financiamento da mitigação e adaptação climática na ALC

Os países da região precisarão de mais financiamento para alcançar seus objetivos de mitigação e adaptação climática. Para a região como um todo, a implementação de medidas de mitigação e adaptação implicará custos iniciais altos, notadamente com respeito ao investimento público em infraestrutura e tecnologia. A Energy Transitions Commission⁵⁸ estima que será necessário US\$ 1,475–1,8 trilhão em novos investimentos (públicos e privados) em geração, transmissão e capacidade de armazenamento de energia verde por ano, globalmente, para alcançar o nível de emissões líquidas zero até 2050. Com base nesta avaliação global e na parcela da região da ALC do PIB global, os custos anuais de investimento estimados para mitigação climática na ALC estariam estimados em US\$ 75–92 bilhões. Um adicional de US\$ 14–17 bilhões por ano poderia ser necessário para investimentos em adaptação na região, se a relação histórica recente entre os gastos com adaptação e com mitigação se mantiver (Gráfico 21). A estimativa resultante do investimento necessário para alcançar os objetivos NDC e reforçar a resiliência estrutural para a adaptação climática, de US\$ 90–110 bilhões por ano para a região da ALC, corresponde a aproximadamente 1,7–2,1% do PIB da região. Esta estimativa simples não inclui algumas fontes potenciais de poupança – como

Gráfico 21. ALC: Financiamento climático
(Bilhões de US\$)



Fontes: Iniciativa de Políticas Climáticas, Updated View on the Global Landscape of Climate Finance 2019; e cálculos do corpo técnico do FMI.
Nota: ALC = América Latina e Caribe; EE = empresas estatais.

⁵⁷Além disso, reformas estruturais para abordar os principais obstáculos ao crescimento de setores que não o de combustíveis fósseis e melhorar o ambiente econômico interno poderiam apoiar a diversificação econômica e compensar qualquer lacuna deixada pela produção mais baixa de combustíveis fósseis. Entre as medidas possíveis neste sentido, estão um aumento do investimento para abordar gargalos na infraestrutura, reformas regulatórias e administrativas para reduzir a burocracia, e políticas para o mercado de trabalho para reduzir a informalidade e aumentar o trabalho qualificado.

⁵⁸Muitas vezes referido como “Turner Report”. Ver “Making Mission Possible: Delivering a Net Zero Economy”, setembro de 2020. A Agência Internacional de Energia (AIE) apresenta estimativas semelhantes, voltadas para investimentos líquidos adicionais em vez de brutos.

a reorientação de algum investimento público em petróleo e gás para energia renovável – e possíveis gastos adicionais – como as transferências para as famílias adversamente afetadas pela transição.

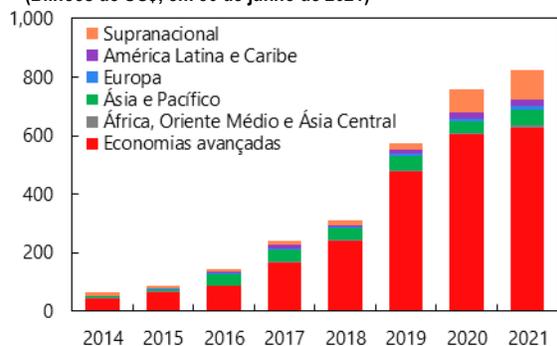
Financiamento externo para mitigação e adaptação climática na ALC será essencial, tento em vista os limites para a mobilização de recursos internos. Os governos devem tentar criar o espaço fiscal necessário para responder aos desafios impostos pelo clima repriorizando algumas despesas (e.g., eliminando os investimentos públicos em combustíveis fósseis⁵⁹ e reduzindo os subsídios, quando apropriado) e aumentando as receitas quando possível (por exemplo, considerando impostos de carbono ou outros tributos ambientais, quando adequado; ver também WHD-REO, capítulo 2). No entanto, para a maioria dos países, mesmo um esforço concertado para aumentar a poupança pública e privada não seria suficiente para cobrir a maior parte dos gastos necessários para políticas de mitigação e adaptação climática. A maioria destes recursos provavelmente teria de ser obtida de fontes externas públicas ou privadas. Para os países mais vulneráveis da ALC, será essencial que este financiamento seja concedido em termos altamente concessionais, inclusive na forma de doações.

Do lado dos recursos privados, mercados de dívida vinculada à sustentabilidade, em rápido desenvolvimento, têm o potencial para apoiar os esforços de mitigação e adaptação climática.

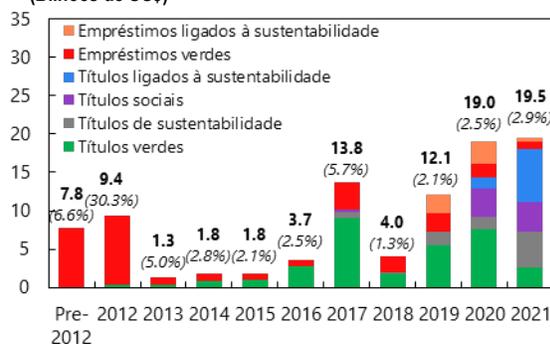
- O mercado de dívida sustentável chegou a US\$ 2,3 trilhões com nova emissão líquida de US\$ 760 bilhões em 2020 (Gráfico 22, painel 1), dos quais 2,5%, ou US\$ 19 bilhões, foram emitidos pelos países da ALC (Gráfico 22, painel 2). O componente mais significativo deste mercado, em termos de dimensão e potencial de impacto ambiental, é o dos títulos verdes, que respondeu por pouco mais de US\$ 1 trilhão da emissão global acumulada até o fim de 2020.⁶⁰ A venda de títulos verdes tem crescido rapidamente na ALC; a região respondeu por US\$ 7,6 bilhões dos cerca de US\$ 300 bilhões da emissão global em 2020.

Gráfico 22. Emissão global de dívida sustentável

1. Emissão global de dívida sustentável (Bilhões de US\$; em 30 de junho de 2021)



2. ALC: Dívida sustentável emitida por tipo de instrumento¹ (Bilhões de US\$)



Fontes: Bloomberg NEF; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Nota: ALC = América Latina e Caribe.

¹Os números em parênteses referem-se à parcela da ALC do total mundial.

- Os fundos de capital voltados para investimentos ambientais, sociais e de governança (fundos ESG) representam mais uma oportunidade de financiamento do setor privado. Estimativas sobre a dimensão deste mercado, no entanto, variam amplamente, de US\$ 3,5 a US\$ 10 trilhões ou mais, tendo em vista a inconsistência entre os padrões e o fato de que alguns fundos verdes também podem conter grande

⁵⁹Atualmente, cerca de dois terços do investimento em petróleo e gás da região é realizado pelo setor público, em grande parte por empresas estatais.

⁶⁰Ver Iniciativa de Títulos Climáticos, em climatebonds.net. Os títulos são classificados como verdes com base na entidade emissora (“baseado no emissor”) ou na atividade que se destinam a financiar (“baseado na atividade”).

quantidade de capital convencional, como ações de grandes empresas de tecnologia.⁶¹ Entretanto, o investimento de capital em ESG na ALC representa apenas uma pequena parcela do mercado total.

- Tanto os fundos de capital verde como a dívida sustentável podem ser suscetíveis ao chamado “*greenwashing*” (lavagem verde) – caracterizar falsamente títulos verdes (por exemplo, em gás natural ou até mesmo em carvão mineral) como ambientalmente responsáveis. O estabelecimento de padrões transparentes e verificáveis para o financiamento verde, sustentado em muitos casos por medidas para melhorar o clima de negócios interno e reforçar os quadros regulatórios, seria crucial para manter a confiança do investidores e a demanda de mercado.

Instrumentos de contingência do Estado também podem apoiar a mitigação e adaptação climática.

Títulos de catástrofes, conforme discutidos na seção sobre adaptação, e cláusulas sobre furacões (como na reestruturação da dívida de Barbados e Granada) constituem uma fonte pouco utilizada, mas potencialmente importante, de financiamento de contingência do Estado. Um maior desenvolvimento de instrumentos de dívida contingente dos Estados, fora da reestruturação da dívida, poderia ajudar os países a gerenciar melhor seus pagamentos de serviço da dívida em tempos de desastres naturais (Guerson 2021). Outro mecanismo de compartilhamento de risco útil inclui a provisão de garantias de empréstimos para investimentos em projetos de energia sustentável ou outros projetos verdes. Esquemas de compensação como acordos de troca de “dívida por natureza”, ou pagamentos diretos de remuneração para preservação de florestas tropicais (financiamento por NbS), também podem ajudar a conter os custos da transição.

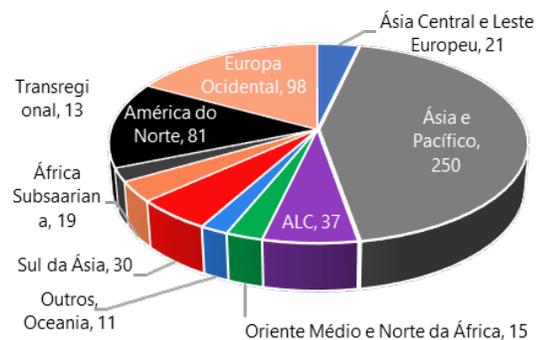
O apoio financeiro bilateral e multilateral terá um papel essencial no financiamento dos esforços de mitigação e adaptação da ALC.

Na sequência do Acordo de Paris, as economias avançadas comprometeram-se a fornecer US\$ 100 bilhões por ano em financiamento climático para as economias em desenvolvimento. Estes fundos serão cruciais para suplementar os recursos disponíveis de fontes privadas internas e externas. A maior parte desse financiamento necessário das economias avançadas deverá ser canalizado por intermédio das instituições financeiras internacionais, incluindo o FMI.

Em muitos países da ALC, as instituições bilaterais e multilaterais continuarão a ser importantes fontes de capital para investimento em energia renovável.

Os bancos nacionais e multilaterais de desenvolvimento forneceram financiamento climático significativo (25% e 53% do financiamento total, respectivamente (CEPAL 2020), em grande parte para apoiar ações de mitigação (nomeadamente energia renovável),⁶² embora a parcela da ALC do financiamento global seja bastante limitada (Gráfico 23). Entre as fontes de financiamento disponíveis, os bancos multilaterais de desenvolvimento e as agências internacionais de desenvolvimento foram influentes na utilização inicial de algumas tecnologias renováveis, combinando fundos de

Gráfico 23. Desagregação das finanças climáticas locais por região de destino
(Média de 2017–18; bilhões de US\$)



Fontes: Iniciativa de Políticas Climáticas, Updated View on the Global Landscape of Climate Finance 2019; e cálculos do corpo técnico do FMI.
Nota: ALC = América Latina e Caribe.

⁶¹Ver o Relatório de Estabilidade Financeira Mundial de outubro de 2021, capítulo 3, “Fundos de Investimento”. O relatório estima que o valor total de fundos de investimento sustentável no fim de 2020 era de US\$ 3,6 trilhões.

⁶²O restante do financiamento climático foi alocado para o transporte (13,9%); agricultura silvicultura, uso da terra (8,9%); eficiência energética (4,4%); e resíduos e águas residuais (3,7%). O limitado financiamento para adaptação destina-se principalmente a fontes de água, águas residuais e gestão do risco de desastres (3%); agricultura silvicultura, uso da terra (0,7%); energia, transporte e outras construções e infraestrutura ambientais (0,6%); investimento intersetorial (0,4%); infraestrutura (0,3%); e outras adaptações (11,9%) (CEPAL 2020).

mitigação de risco, linhas de crédito de investimento dedicadas de longo prazo e assistência técnica. Os bancos multilaterais de desenvolvimento também apoiaram mercados *off-grid* (fora da rede) incipientes (por exemplo, in Argentina, Bolívia e Nicarágua) e desenvolveram capacidades relacionadas, inclusive para reguladores, instituições financeiras e desenvolvedores em toda a região.

O FMI também está explorando opções para criar um novo Fundo para Resiliência e Sustentabilidade (RST). O RST – financiado por meio da realocação de DES de países com fortes posições externas para países mais vulneráveis – apoiaria reformas de políticas para ajudar a reforçar a resiliência e sustentabilidade econômica, inclusive possivelmente através de políticas para enfrentar a mudança do clima. O fundo apoiaria reformas de políticas para ajudar a reforçar a resiliência e sustentabilidade econômica, inclusive oferecendo financiamento a taxas mais baixas e com prazos de vencimento mais longos do que os termos e condições tradicionais de empréstimos do FMI.

Conclusões

A ALC é uma das regiões mais diversificadas do mundo no que diz respeito aos riscos relacionados ao clima. Alguns países da ALC enfrentam desafios para conter e reduzir as emissões de GEE (mitigação), enquanto outros têm uma necessidade urgente de reforçar a resiliência aos desastres naturais (adaptação). As emissões de GEE líquidas da região estão em linha com o tamanho de sua economia e população, com uma matriz energética relativamente limpa a compensar pelas altas emissões provenientes da agricultura, uso da terra e silvicultura.

Para alcançar seus objetivos de mitigação climática, os formuladores de políticas da ALC dispõem de uma variedade de instrumentos a sua disposição. Estes incluem instrumentos de mitigação baseados no preço e não baseados no preço. Instrumentos de mitigação baseados no preço incluem impostos de carbono, a eliminação de subsídios aos combustíveis fósseis, a aceleração dos sistemas de comércio de emissões (ETS) e o estabelecimento de um sistema de incentivos (*feebates*). Medidas de mitigação não baseadas em preços incluem investimentos públicos em tecnologias e infraestrutura de baixo carbono, incentivos fiscais e despesas públicas correntes diretas com o intuito de tornar as fontes de energia de baixo carbono mais abundantes e acessíveis, bem como regulamentação de apoio que incentiva a redução das emissões, a transição para atividades de baixo carbono, e a proteção e melhoria dos sumidouros de carbono naturais da ALC. Com relação a este último ponto, NbS oferecem oportunidades econômicas na ALC, tendo em vista a abundância de recursos naturais e ecossistemas da região.

Os países ALC devem adotar as combinações de políticas que melhor se adaptem às suas circunstâncias específicas, levando em conta o uso extensivo de energia renovável na região, preferências sociais e considerações de economia política. Uma ampla variedade de instrumentos de mitigação será provavelmente necessária nos países da ALC. Um cenário ilustrativo sugere que o aumento do preço do carbono poderia ajudar a fechar as lacunas de NDC em muitos países da ALC, embora alguns países permanecessem longe de suas metas da NDC. As receitas provenientes dessas políticas poderiam ajudar a compensar uma grande parcela da população e, com transferências de renda direcionadas, recursos adicionais poderiam ser investidos em infraestrutura verde e usados para apoiar a transição do mercado de trabalho. Uma combinação de políticas que equilibre o preço do carbono com incentivo para investimento verde poderia ter efeitos positivos no longo prazo sobre a atividade e o emprego. Consultas públicas avançadas e sequenciamento e comunicação cuidadosos das reformas de mitigação serão necessários para obter amplo apoio público e assegurar financiamento suficiente. Um ambiente de negócios favorável também será essencial para implementar com sucesso as políticas de mitigação e beneficiar-se da difusão tecnológica global.

Em matéria de adaptação, embora o aumento da resiliência a desastres naturais seja importante em toda a região, ela é uma prioridade para as economias do Caribe e da América Central, que são altamente vulneráveis ao impacto da mudança climática. Uma abordagem abrangente no médio prazo

focada em investir na resiliência estrutural e aumentar a resiliência financeira produziria benefícios significativos de longo prazo para esses países. O aumento do investimento em resiliência estrutural poderia apoiar a sustentabilidade macroeconômica e melhorar o desempenho macroeconômico de longo prazo das economias do Caribe e da América Central. O reforço da resiliência estrutural, no entanto, leva tempo, e a resiliência financeira na forma de uma estrutura abrangente de seguros em camadas precisaria ser colocada em prática para garantir o financiamento da reconstrução, salvaguardando ao mesmo tempo as finanças públicas. Os custos fiscais iniciais da resiliência estrutural e financeira, contudo, abririam uma lacuna financeira transitória. Contribuições mais profundas do setor privado para o investimento em adaptação poderiam aliviar ônus sobre as finanças públicas e podem ser facilitadas por incentivos e políticas para melhorar o acesso aos serviços financeiros. Os esforços para impulsionar o investimento privado em adaptação precisariam ser acompanhados pela intensificação da resiliência do sistema financeiro ao risco climático, que pode ser fortalecida mediante o aumento da supervisão e o reforço dos quadros regulatórios e sistemas de relatório. Políticas oportunas e específicas seriam essenciais para preparar os países exportadores de combustíveis fósseis da região para um ambiente de baixo carbono e mitigar as consequências macroeconômicas adversas.

Na região da ALC como um todo, as políticas de mitigação e adaptação exigirão um financiamento inicial significativo, incluindo o importante apoio da comunidade internacional. O financiamento externo, tanto do setor oficial quanto privado, será essencial, tendo em vista os limites da mobilização de recursos internos. Do lado do setor privado, os mercados em rápido desenvolvimento de dívida e capital ligados à sustentabilidade têm o potencial de apoiar os esforços de mitigação e adaptação climática, mas é preciso tomar medidas para evitar o "*greenwashing*". Os instrumentos de contingência do Estado, tais como títulos de catástrofe, também podem desempenhar um papel importante. No lado do setor oficial, o apoio bilateral e multilateral será essencial para financiar os esforços de mitigação e adaptação da ALC.

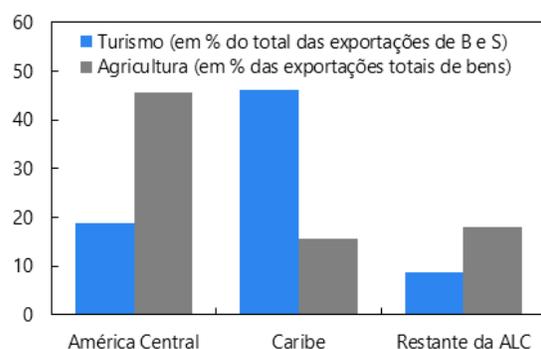
Quadro 1. A mudança climática é macrocrítica para a ALC

A mudança climática é macrocrítica na ALC – uma região que abriga alguns países vulneráveis à mudança climática e outros que enfrentam custos significativos de transição de políticas que reduzem as emissões de GEE.

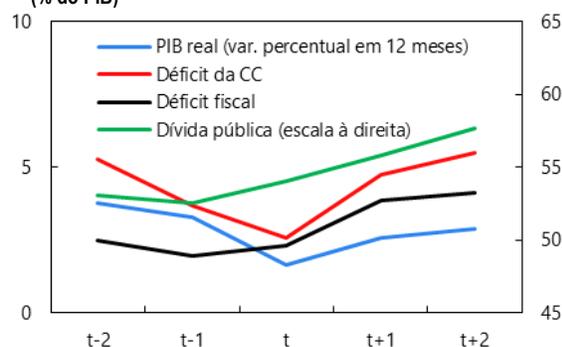
Desastres naturais severos e frequentes relacionados ao clima e ao aquecimento global representam choques macroeconômicos consideráveis, especialmente no Caribe e na América Central. Além disso, muitas economias dependem de atividades sensíveis ao clima, como o turismo e a agricultura, que contribuem significativamente para a produção, o emprego e os ganhos cambiais. Uma análise de eventos sugere que o crescimento diminui quando um grave desastre natural relacionado ao clima ocorre – embora se recupere no ano seguinte possivelmente refletindo os esforços de reconstrução, o déficit fiscal e o nível da dívida, que aumenta e permanece mais alto depois disso (Gráfico 1.1 do Quadro). No longo prazo, o aquecimento global afeta as economias da região principalmente através de menores fluxos de turismo, produção agrícola e produtividade da mão de obra devido aos efeitos sobre a saúde (FMI, 2016).

Gráfico 1.1 do Quadro. Dependência da agricultura e turismo e impacto macroeconômico de desastres relacionados ao clima

1. Agricultura e turismo, 2015–19 (Média)



2. ALC: Indicadores macroeconômicos referentes aos maiores desastres naturais relacionados ao clima, 1990–2019¹ (% do PIB)



Fontes: FMI, base de dados do *World Economic Outlook*; UN Comtrade; Banco Mundial, base de dados do World Development Indicators; base de dados do Conselho Mundial de Viagens e Turismo; base de dados do EM-DAT; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Nota: ALC = América Latina e Caribe; B = bens; CC = conta corrente; S = serviços.

¹Um maior desastre natural é identificado para cada país entre 1990 a 2019, em uma amostra de países em que as fatalidades mais 0,3 vezes as pessoas afetadas (reportadas na base de dados EM-DAT) superou um por cento da população.

Políticas para avançar na transição para um ambiente de baixas emissões impõem custos a muitos países da ALC, embora os custos da inação sejam ainda maiores.

- As indústrias de combustíveis fósseis e suas cadeias de valor associadas diminuirão globalmente, afetando diretamente os países produtores com perdas de empregos e receitas tributárias mais baixas. A menor geração de divisas pode afetar a sustentabilidade externa, dificultar a capacidade de serviço da dívida e complicar a defesa de moedas sob regimes de taxas de câmbio vinculadas ou administradas.
- À medida que as tecnologias limpas avançam e a descarbonização se acelera, as empresas ao longo das cadeias de valor das indústrias “sujas” podem perder competitividade em favor das “limpas”. Por exemplo, o declínio do investimento inicial para um ônibus elétrico promove uma maior utilização deste meio de transporte, afetando os produtores de ônibus não elétricos e de peças relevantes. Os governos podem ter que desempenhar um papel para facilitar esta transição.
- Políticas para reduzir emissões não energéticas, que podem incluir medidas para substituir gradualmente práticas agrícolas e de manejo florestal não sustentáveis, também podem ter custos de transição significativos para os países que dependem dessas práticas. Por exemplo, as políticas para reduzir o desmatamento podem envolver custos de oportunidade para a perda de renda de atividades alternativas a curto e médio prazo, mas têm maiores benefícios a longo prazo.

Este quadro foi preparado por Leo Bonato e Huidan Lin.

Quadro 1 (conclusão)

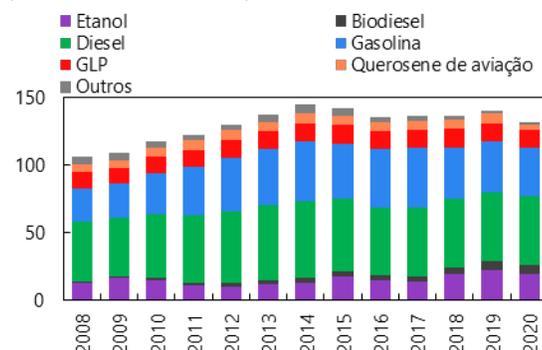
A mudança climática exacerba a pobreza e a desigualdade, já que os grupos de renda mais baixa são especialmente vulneráveis ao aumento dos preços dos alimentos, aos choques à saúde e à queda da renda relacionada à agricultura e aos ecossistemas. A *migração* (que já é um desafio político, particularmente nos países do triângulo norte) pode aumentar ainda mais devido ao aumento do nível do mar, inundações, insegurança alimentar, escassez de água e queda da renda.

Os eventos da mudança climática representam desafios à estabilidade financeira por meio de danos à propriedade e perturbações nos negócios se ainda não houver um seguro adequado, enquanto as instituições financeiras expostas a setores em transição poderiam enfrentar empréstimos inadimplentes ou uma queda no valor dos ativos. Em ambos os casos, a rentabilidade e a solvência poderiam posteriormente deteriorar-se, restringindo os empréstimos e dificultando o investimento. A exposição financeira à agricultura e ao turismo varia, enquanto os bancos residentes nos países exportadores de commodities da ALC não parecem ter grande exposição aos setores de combustíveis fósseis, possivelmente refletindo a grande utilização de financiamento externo (ou da empresa controladora). Dados harmonizados e granulares sobre a exposição dos bancos são essenciais para avaliar os riscos de crédito e liquidez de forma mais completa, exigindo esforços intensificados de compilação no nível internacional e nacional.

Quadro 2. Programa brasileiro de etanol, combustível à base de cana de açúcar

O Brasil é o maior produtor e também o maior consumidor mundial de biocombustíveis. Os combustíveis renováveis (em sua maior parte o etanol) representam 20% da energia usada em transportes (Gráfico 2.1 do Quadro), resultado de políticas implementadas em meados da década de 1970. No mercado de combustíveis para automóveis, a participação do etanol salta para cerca de 40%. Os biocombustíveis estimulam o desenvolvimento econômico e o emprego nas áreas rurais. As usinas de cana de açúcar produzem açúcar e etanol, com as alocações específicas decididas apenas após a colheita. Isso permite flexibilidade no ajuste aos movimentos dos preços relativos. Também ocorre a geração de eletricidade renovável a partir da queima do bagaço de cana, resíduo da produção de açúcar e álcool.

Gráfico 2.1 do Quadro. Brasil: Consumo de combustíveis (Milhões de metros cúbicos)



Fontes: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Nota: GLP = gás liquefeito de petróleo

O Programa Nacional do Álcool brasileiro (Proálcool) foi lançado em 1975, após a crise do petróleo, para fomentar a substituição dos combustíveis fósseis importados por biocombustíveis. O programa também visava estimular a rentabilidade do mercado brasileiro de açúcar. O Proálcool incluiu empréstimos subsidiados e garantias de crédito pelo governo para a construção de refinarias, a compra de etanol a preços favoráveis pelas trading estatais e políticas de preço da gasolina que proporcionavam ao etanol uma vantagem competitiva. Ele foi acompanhado por um vigoroso programa de marketing e investimentos em infraestrutura para a ampla distribuição de etanol pela estatal Petrobras. Em um estágio posterior, o governo brasileiro forneceu incentivos para a produção e conversão de veículos que permitiam o uso de até 100% de etanol. Segundo (Brookings 2006), a produção brasileira de etanol quintuplicou a partir de meados até o final da década de 1970 e triplicou nos seis anos seguintes.

O etanol continuou a ser uma fonte substancial de energia para transportes no Brasil mesmo depois do encerramento do Proálcool. Com a queda nos preços internacionais do petróleo e a redução do apoio fiscal ao setor, a produção brasileira de etanol estabilizou-se no final da década de 1980 e na década de 1990. Entretanto, diversos fatores continuaram a tornar a produção de etanol baseada em cana-de-açúcar economicamente atraente no Brasil: a adição de um mínimo regulamentar de 20% de etanol à gasolina comercializada, infraestrutura de produção e distribuição de etanol já implementada, condições climáticas favoráveis e uma grande massa de mão de obra não qualificada. A invenção do motor de combustível duplo (conhecido como *flexfuel* ou simplesmente *flex*, que equipa hoje a imensa maioria dos veículos leves vendidos) proporcionou um novo ímpeto ao setor, mas a descoberta subsequente das reservas do pré-sal, em meados da década de 2000, desviou recursos e a atenção dos investimentos em biocombustíveis.

Como parte de sua estratégia para cumprir os compromissos dos NDC assumidos no Acordo de Paris, o governo brasileiro criou novos instrumentos para estimular os investimentos em biocombustíveis. Os NDC do Brasil preveem uma redução de 10% nas emissões de gases do efeito estufa pelo setor de transportes até 2028 e uma parcela de 18% em biocombustíveis sustentáveis na composição geral da matriz energética do país até 2030 (inclusive pela expansão do consumo de biocombustíveis e da oferta de etanol). Em apoio a esse objetivo, em 2016 foi lançada uma nova e emblemática política de biocombustíveis, a RenovaBio. Ela determina metas anuais de redução de intensidade de carbono para o setor de combustíveis e fornece uma estrutura para a certificação da produção de biocombustíveis de acordo com sua eficiência na redução das emissões de GEE, além de criar um mecanismo de mercado de “créditos de descarbonização”¹ para estimular a produção e o consumo de biocombustíveis.

Este quadro foi preparado por Joana Pereira.

¹“Créditos de descarbonização” são certificados vendidos pelos produtores de biocombustíveis, negociados nas bolsas de valores brasileiras. Os compradores (produtores de combustíveis) podem usá-los para cumprir suas metas obrigatórias de descarbonização.

Quadro 3. Políticas de mitigação agrícola

A ALC se destaca pelo grande volume de emissões líquidas de GEE (45% do total) geradas pela agricultura, silvicultura e mudança no uso da terra, em comparação à média mundial de 14% (Gráfico 4, painel 1). A FAO estima que apenas a pecuária seja responsável por cerca de 15% das emissões mundiais de GEE, o que equivale praticamente ao total combinado das emissões globais de automóveis, aviões e navios. As medidas eficazes¹ para conter as emissões da agricultura, silvicultura e mudança no uso da terra são:

Manejo sustentável das terras e florestas, para promover o reflorestamento, deter o desmatamento, proteger e conservar áreas em risco de conversão e reforçar políticas para o desmatamento em conjunto com as sociedades civis, o setor privado e os governos. Essas medidas apresentam o maior potencial para reduzir as emissões da agricultura, silvicultura e mudança no uso da terra (IPCC, 2019). Historicamente, o Brasil teve sucesso em obter uma forte redução no desmatamento,² impulsionado pela Moratória da Soja na Amazônia, de 2006, e pelo Código Florestal Brasileiro, embora recentemente tenha ocorrido uma reversão parcial dessas conquistas (Americas Quarterly 2021). Outros países da ALC que reduziram o desmatamento e aumentaram a cobertura florestal incluem, entre outros, a Argentina, Colômbia, Costa Rica e Chile. Esses esforços devem ser combinados com a coordenação internacional, como a Declaração de Nova York sobre Florestas, que foi endossada também por 10 países da ALC.³

Programas educacionais que destacam os benefícios para a saúde e o meio ambiente das dietas baseadas em plantas e a remoção de gastos fiscais com produtos com emissão intensiva (por exemplo, aumentar as alíquotas de IVA ou reduzir os subsídios para carnes e laticínios) (Cline 2020; FAIRR 2017). Tributar alimentos com emissões elevadas, alinhar as práticas de compras públicas e lançar programas educacionais para induzir mudanças nos hábitos alimentares, visando uma dieta mais baseada em plantas, seriam medidas essenciais para reduzir a demanda por produtos agrícolas com emissão intensiva, cujo crescimento em relação em 2013 é estimado em 50% até 2050. O crescimento populacional e o aumento dos níveis de renda se traduzem em maior consumo de proteína animal nos países de renda baixa e média (FAO 2018). A adoção de dietas saudáveis⁴ e sustentáveis aumentaria a segurança alimentar, reduziria as emissões, ampliaria a resiliência do sistema de produção de alimentos e liberaria terras para atender às demandas da agricultura (Batini 2021). A redução das perdas e do desperdício de alimentos, responsável por cerca de 10% das emissões de GEE dos sistemas alimentares, poderia proporcionar um potencial adicional de mitigação (IPCC 2019).

Incentivos para conter as emissões da pecuária e aumentar a eficiência da agricultura, por meio de metas para a redução e tributação das emissões de CH₄, visando estimular os investimentos na produção de carnes e laticínios de forma eficiente em termos de emissões, geração de biogás e na alavancagem do potencial de retenção do manejo da terra (FMI 2020). As emissões biogênicas provenientes da agricultura também devem ser incluídas nos ETS e créditos biogênicos concedidos para bioenergia com captura de carbono e instalações de armazenamento, estimulando assim a remoção dos GEE da atmosfera e, ao mesmo tempo, abordando o problema dos vazamentos de carbono (Rickles 2020). Incentivos ao uso de digestores anaeróbicos poderiam também reduzir as emissões de CH₄ por meio do manejo adequado do esterco. As reduções poderiam chegar a 90% (EPA dos EUA, 2013). Os sistemas de digestão anaeróbica capturam o CH₄ das lagoas e pilhas de esterco e permitem que os agricultores o utilizem de forma benéfica, como geração de biogás, fertilizantes, camas para animais e outros produtos.

Regulamentação de apoio e normas para o setor agrícola que se concentrem na redução da quantidade de animais (com maior produtividade por hectare), redução das emissões dos arrozais por reumectação, secagem e outras práticas agrícolas apropriadas, mudanças na composição da ração animal e alimentação de precisão, sistemas atualizados de manejo de esterco, redução da produção e transporte de fertilizantes sintéticos, normas para uso da terra e limitação da área de conversão, expansão de solos orgânicos e áreas úmidas, bem como a limitação ou eliminação do uso de arados por meio de equipamentos especializados que preparam a cama de sementes sem perturbar o solo.

Este quadro foi preparado por Diane C. Kostroch.

¹IPCC 2018, apresenta um sumário abrangente das políticas, instrumentos e normas do setor.

²Entre 2004 e 2012, o Brasil reduziu o desmatamento em uma média de 5% por ano, totalizando um declínio de 84% na taxa nacional de desmatamento. Voltando à evolução de 2012, seria possível reverter as tendências recentes e zerar o desmatamento até 2030.

³Chile, Colômbia, Costa Rica, El Salvador, Equador, Guiana, México, Panamá, Peru e República Dominicana.

⁴Dietas ricas em vegetais são mais saudáveis e apresentam uso menor de terras e água, além de gerar menos emissões de GEE do que a média das dietas baseadas em proteína animal (Swinburn *et al.* 2019; Willett *et al.* 2019; Springmann *et al.* 2016b, Tilman e Clark 2014).

Quadro 4. Economia política – Considerações sobre as políticas de mitigação do clima.

Uma estratégia nacional de mitigação do clima afeta inúmeros setores, atividades e interesses particulares. Dessa forma, ela requer uma grande dose de coordenação, consulta e comprometimento das autoridades, da classe política e da sociedade civil. Com efeito, embora estima-se que o efeito líquido das políticas climáticas sobre o bem-estar seja positivo (Nordhaus 2008, Parry *et al.* 2014 e Stern 2006), seu impacto econômico pode ser diferente nas várias regiões e grupos socioeconômicos de um país. Devido às externalidades negativas das emissões de GEE e ao fato de que os benefícios ambientais das políticas sustentáveis para o meio ambiente só se revelam no longo prazo, todas as partes interessadas e gerações devem ser representadas no diálogo sobre a mudança do clima. Ao refletir sobre as lições das tentativas mal sucedidas de reformar os subsídios aos combustíveis fósseis, as políticas climáticas devem ser escalonadas, claramente ancoradas para melhorar a previsibilidade, e seu impacto social deve ser quantificado *a priori* para garantir o apoio do público.

Consultas públicas prévias, cooperação internacional e comunicação cuidadosa ajudariam a garantir uma adesão ampla às políticas de mitigação climática. Assegurar um ambiente sustentável é uma tarefa de longo alcance, que envolve considerações de equidade intergeracional e exige um diálogo aberto e, possivelmente, um pacto nacional para ancorar firmemente a transição para uma economia verde. A cooperação entre países para um movimento sincronizado não apenas geraria dividendos climáticos globais elevados, mas também mitigaria o custo político das medidas climáticas no nível de cada país. Nesse contexto, em suas campanhas nacionais sobre a mudança do clima, os governos poderiam enfatizar o custo da inação. Por exemplo, um imposto de ajuste na fronteira (BAT, na sigla em inglês), como está sendo considerado pela União Europeia, poderia tornar os produtos da ALC igualmente dispendiosos se fosse lançado dentro das fronteiras da região, mas com o benefício da arrecadação tributária correspondente. Isso poderia ajudar a reforçar o argumento favorável aos impostos sobre o carbono e outros instrumentos de mitigação na ALC. O fortalecimento das redes de segurança social no início (ou até mesmo antes da implementação das estratégias de mitigação da mudança do clima) poderia promover a confiança e ajudar a conquistar o apoio das famílias para as políticas e reformas climáticas.¹ Mecanismos compensatórios adequados devem levar em conta os riscos de concentração em determinadas regiões e grupos socioeconômicos dos países da ALC.

O sequenciamento das políticas também seria importante. Alguns países com subsídios elevados aos combustíveis fósseis poderiam considerar suavizar o peso da transição para uma economia mais verde, eliminando-os gradualmente e aumentando o imposto sobre o carbono apenas posteriormente. Mesmo em países com poucas emissões poderiam existir méritos no aumento gradual dos impostos sobre carbono paralelamente à eliminação dos subsídios aos combustíveis fósseis, aproveitando o movimento global no sentido de reduzir as emissões para atenuar o risco de retrocesso nas reformas. Um movimento antecipado na direção dos impostos sobre o carbono também ajudaria a preparar o sistema tributário para a administração de novos impostos, permitindo que empresas e famílias se ajustassem à nova realidade das emissões. Embora as medidas compensatórias devam facilitar a transição para economias de baixo carbono (por exemplo, por meio de transferências em dinheiro para os consumidores afetados e treinamento para trabalhadores dispensados no curto prazo), o apoio às famílias relacionado ao carbono deve ser incorporado à rede de segurança social mais ampla do país e aos mecanismos padrão de transição do mercado de trabalho, como o seguro-desemprego, eventualmente disponíveis.

Este quadro foi preparado por Constant Lonkeng.

¹Os avanços conseguidos na proteção social durante a pandemia da Covid-19 poderiam ser aproveitados ainda mais.

Quadro 5. Implicações dos riscos climáticos para a estabilidade financeira

Como a principal ameaça de longo prazo para a economia global, a mudança do clima apresenta riscos importantes para a estabilidade financeira. Os riscos físicos para o sistema financeiro incluem danos decorrentes de catástrofes climáticas e degradação do capital e do solo no longo prazo, que podem afetar as empresas financeiras via suas carteiras de empréstimos. Os riscos físicos para o sistema financeiro são particularmente elevados nas economias caribenhas dependentes do turismo. Por outro lado, os riscos de transição podem surgir a partir da implementação de um imposto sobre o carbono ou sobre combustíveis fósseis, ou ainda da adoção de um mandato verde específico. Empresas com carteiras de produtos intensivas de carbono podem arcar com muitos desses custos, afetando as instituições financeiras que as apoiam. As instituições financeiras que apoiam os exportadores de commodities na América do Sul podem estar particularmente expostas aos riscos de transição.

Autoridades financeiras de diversos países já tomaram medidas significativas para incorporar tanto os riscos físicos quanto os de transição ao monitoramento da estabilidade financeira. Elas incluem o teste de estresse do sistema financeiro para riscos climáticos, a publicação de diretrizes para a gestão dos riscos da mudança do clima e o fortalecimento das exigências de divulgação de informações relacionadas ao clima. Um teste de estresse conduzido pelo BCE mostrou que as instituições financeiras europeias estão sujeitas a riscos físicos significativos decorrentes da mudança do clima, com aumento de 1 a 2% na taxa de inadimplência ao longo dos próximos 30 anos em um cenário de “mundo quente”, onde as temperaturas continuam a subir continuamente. Já na Noruega, onde os impostos sobre o carbono, de US\$ 45 por tonelada, estão entre os mais altos do mundo e o petróleo é uma importante fonte de receita, uma análise feita pelo Norges Bank indica que os riscos de transição são relevantes. No Canadá, espera-se que os bancos considerem os riscos climáticos na análise de possíveis empréstimos, com a possível atribuição de ponderação de risco maior a empresas que atuam nos setores de petróleo, gás e outros relacionados a combustíveis fósseis.

Usando a Colômbia como um estudo de caso, Sever e Perez-Archila (no prelo) conduziram testes de estresse para a transição para uma economia de baixo carbono. Eles constataram que os setores de agricultura, indústria de transformação, eletricidade, atacado e varejo e transportes aparentam ser os mais importantes na transmissão de riscos para o sistema bancário colombiano. Um aumento súbito no imposto sobre carbono, dos atuais US\$ 5 para US\$ 75 por tonelada, resulta em riscos consideráveis, mas potencialmente administráveis, para o sistema bancário (com os empréstimos bancários em risco atingindo até 13,6% do total de empréstimos em aberto para pessoas jurídicas). Contudo, aumentos menores no imposto sobre carbono apresentam riscos de transição menores para o sistema financeiro, o que sugere ser aconselhável uma estratégia de aumentos incrementais nesse imposto ao longo de vários anos, até atingir a meta de US\$ 75 por tonelada (como sugerido Em FMI WEO 2020).

Na América Latina, reforçar a supervisão, relatórios e quadros regulamentares poderia ajudar a desenvolver a resiliência do sistema financeiro. Os riscos climáticos devem ser incorporados aos quadros de supervisão existentes, apoiados por estruturas de relatórios que permitam um monitoramento mais granular dos diversos canais de transmissão de riscos e pelo fortalecimento da supervisão das exposições entre instituições. Isso poderia ser acompanhado por medidas regulamentares para fomentar práticas de empréstimos conscientes dos riscos climáticos, diversificação das exposições e amortecedores prudenciais de riscos, bem como recuperação *ex post* de ativos. Os cenários de risco climático devem também ser integrados aos planos gerais das autoridades para gestão de crises no sistema financeiro.

Anexo 1. Identificação dos principais emissores de GEE na América Latina e Caribe¹

Este capítulo identifica os três maiores emissores na ALC com base em dois critérios: a participação do país no total das emissões globais de GEE e a participação do país no total das emissões globais de outros GEE que não o CO₂ (o segundo critério captura a importância das emissões de outros GEE que não CO₂ na região). O total das emissões de GEE engloba seis setores essenciais: i) energia; ii) processos industriais e uso dos produtos; iii) agricultura, iv) uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura (UTMUTS), v) resíduos e vi) outros.² Os dados possibilitam a avaliação das emissões bruta e líquidas de GEE, definidas como segue:

Emissões brutas de GEE compreendem CO₂, CH₄, N₂O e gases F gerados pelos setores de energia, indústria, agricultura, resíduos e outros.

Emissões líquidas de GEE incluem as emissões brutas de GEE mais UTMUTS, que podem ser positivas ou negativas.

Brasil, México e Argentina são os três maiores emissores na ALC, utilizando o limiar de contribuição de 1% para o total de emissões globais (brutas ou líquidas) de GEE ou de outros GEE que não o CO₂. A primeira tabela a seguir relaciona os 10 maiores emissores na ALC com base na sua participação no total de emissões globais de GEE e a segunda relaciona os 10 maiores emissores na ALC com base na sua participação no total de emissões globais de outros GEE que não o CO₂.

Dez maiores emissores com base na participação no total de GEE, 2018

País	Emissão bruta de GEE	País	Emissão líquida de GEE
Brasil	2,3	Brasil	3,0
México	1,5	México	1,5
Argentina	0,8	Argentina	0,9
Venezuela	0,5	Venezuela	0,6
Colômbia	0,4	Colômbia	0,6
Chile	0,2	Peru	0,4
Peru	0,2	Bolívia	0,3
Equador	0,1	Paraguai	0,2
Bolívia	0,1	Equador	0,2
Paraguai	0,1	Chile	0,1

Dez maiores emissores com base na participação no total de outros GEE que não o CO₂, 2018

País	Emissão bruta de GEE não CO ₂	Emissão líquida de GEE não CO ₂
Brasil	5,1	5,0
México	1,7	1,7
Argentina	1,6	1,5
Colômbia	0,9	0,9
Venezuela	0,8	0,8
Peru	0,4	0,3
Paraguai	0,3	0,3
Bolívia	0,3	0,3
Uruguai	0,2	0,2
Equador	0,2	0,2

¹Este Anexo foi preparado por Tessa Vasquez-Baos.

²As fontes de dados subjacentes são o World Resources Institute (WRI), UNFCCC e a ferramenta CAIT de dados climáticos.

Anexo 2. O uso de modelos de avaliação integrada para a análise das políticas de mitigação climática¹

Modelos de avaliação integrada

A transição para baixas emissões ou emissões zero deve demorar várias décadas, e exige transformações em todos os setores da economia, uma vez que praticamente todas as atividades econômicas emitem alguma forma de gases do efeito estufa (GEE).

Uma vez que o efeito dos GEE sobre a temperatura é aproximadamente linear no estoque de GEE na atmosfera, os cientistas usam o conceito de “orçamento do carbono” para transmitir a mensagem central de que o que mais importa são as emissões cumulativas, e não a trajetória exata das emissões ao longo do tempo. Isso deixa ampla flexibilidade para formular trajetórias de transição das emissões que sejam compatíveis com uma determinada variação na temperatura global média no futuro. Contudo, os sistemas socioeconômicos não podem se ajustar facilmente para reproduzir todas essas trajetórias de transição. Alguns talvez exijam reduções imediatas que sejam tecnologicamente inviáveis, ou caras, ou ambas. Outras trajetórias podem adiar a ação para o futuro, para então exigir reduções excessivamente rápidas das emissões. E outras trajetórias dependem de um volume elevado de “emissões negativas” – a absorção de carbono da atmosfera – para compensar a lentidão nas reduções das emissões.

Assim, a avaliação da viabilidade física, econômica e tecnológica das trajetórias de transição até emissões baixas exige a construção de modelos que ofereçam uma representação coerente dos sistemas climáticos, da economia, dos sistemas energéticos e do uso da terra. Tais modelos são denominados modelos de avaliação integrada (MAI) e têm sido desenvolvidos desde a década de 1980. Esse modelo se popularizou e se multiplicou na década de 1990, e têm sido amplamente utilizados pela comunidade de pesquisa nos últimos 20 anos para entender melhor as trajetórias de transformação para um futuro de baixas emissões ou emissões zero. Embora alguns MAI incluam a retroação dos sistemas climáticos na economia, utilizando “funções de danos” e possam ser usados para estudar trajetórias de transição eficientes, a maioria dos MAI não estuda os dados econômicos da mudança climática, limitando sua análise ao problema mais simples de encontrar a forma de redução de emissões mais barata ao longo do tempo e do espaço para alcançar uma meta de mitigação de longo prazo. Como alternativa, esses modelos são usados para estudar o montante da redução de emissões e, assim, a variação da temperatura a longo prazo, que resultaria da implementação de determinadas políticas, como o imposto sobre o carbono ou um subsídio à pesquisa sobre fontes de energia limpa.

Há inúmeros MAI sendo utilizados por grupos de pesquisa em todo o mundo. Eles diferem quanto às escolhas para a construção do modelo (por ex., tecnologias energéticas, integração do uso da terra), métodos de solução (por ex., simulação x otimização), resolução geográfica (por ex., global x regional) e horizonte temporal (por ex., 2050 x 2100). A maioria dos modelos abre mão da riqueza de dados transversais – por ex., países, setores – e de descrições sofisticadas da economia – a maioria dos modelos presume taxas de crescimento exógenas – para se concentrar na natureza de longo prazo do problema da mitigação, e para integrar alguns setores-chaves, como uso da terra e silvicultura. Nesses modelos, não há dinheiro e, por conseguinte, não há inflação. Os impostos são totalmente reciclados na economia. Presume-se que a força de trabalho representa uma fração estável da população. O comércio limita-se aos recursos energéticos. Nossos cálculos utilizam dados de seis modelos climáticos e três exercícios de comparação da modelagem: Advance (Reference, 2020_WB2C, 2020_1.5C-2100), CD-Links (NPi, NPi2020_1000, NPi2020_400) e EMF33 (Baseline, WB2C_full, 2020_1.5C-2100). Os modelos presumem a continuação das tendências atuais em matéria de emissões, crescimento populacional e crescimento econômico. Os pressupostos sobre o crescimento populacional são semelhantes nos diferentes modelos e acompanham as projeções populacionais

¹Este Anexo foi preparado por Emanuele Massetti.

da ONU. A população continua a crescer até aproximadamente meados do século, quando atinge um platô. Presume-se que o PIB per capita aumenta entre seis a oito vezes até o fim do século. O PIB total cresce dez vezes ao longo do século em função da dinâmica do crescimento populacional e econômico. Todos os GEE são transformados em equivalentes do CO₂ utilizando o potencial de aquecimento global (PAG) em 100 anos sem incluir a retroalimentação clima-carbono (PAG de 28 para o CH₄ e de 265 para o N₂O). Os modelos utilizam um imposto mundial e uniforme sobre o carbono que incide sobre todas as emissões de GEE, para simular essas trajetórias de transformação eficazes em termos de custos. O imposto sobre o carbono aumenta com o tempo e é ajustado para que a meta climática de longo prazo seja atingida. Os cenários em que as metas climáticas são atingidas implicam a manutenção do crescimento econômico mas com um aumento menor no uso da enérgica em comparação ao *status quo*, graças aos avanços na eficiência energética. Um dos principais determinantes da descarbonização nesses cenários é a eletrificação a partir de fontes livres de carbono. A energia hidrelétrica continuaria a ser uma fonte importante de eletricidade livre de carbono na ALC, enquanto a energia solar, eólica e a biomassa ajudariam a suprir a demanda adicional.

Para facilitar a colaboração e o intercâmbio de resultados, foi criado um consórcio de modelagem (consórcio de modelagem da avaliação integrada, ou IAMC, na sigla em inglês) para recolher os resultados das equipes de modelagem de todo o mundo. Uma das principais histórias de sucesso dessa empreitada foi o desenvolvimento de um formulário-padrão compartilhado para distribuir os resultados do modelo, para facilitar a comparação de resultados entre os vários modelos e estudos. Em muitos casos, as equipes de modelagem realizam exercícios de comparação no qual simulam o impacto dos mesmos cenários de políticas – por exemplo, o mesmo imposto sobre o carbono – para comparar mais facilmente os resultados entre os modelos. Em alguns casos, os modelos adotam pressupostos semelhantes sobre tendências exógenas para limitar ainda mais o grau de arbitrariedade nos resultados.

O grande conjunto de cenários reunidos utilizando o protocolo do IAMC é empregado rotineiramente pelos autores do IPCC para proporcionar uma análise agregada das trajetórias de transição de baixa emissão nos seus relatórios de avaliação. Ao recolher evidências de muitos estudos, essas sínteses contribuem para salientar áreas em que há consenso e áreas em que ainda existe incerteza. Uma vez que é impossível derivar probabilidades objetivas desses cenários, trata-se de um problema que apresenta *profunda incerteza*. A distribuição de resultados de diferentes equipes de modelagem não pode ser interpretada como uma distribuição de probabilidade. A média entre os modelos não pode ser interpretada como um valor esperado. Contudo, essas distribuições oferecem informações úteis sobre a amplitude de resultados e sobre áreas de convergência na literatura.

Anexo 3. Descrição da ferramenta de avaliação da precificação do carbono (CPAT)¹

Este capítulo Analisa o efeito da precificação do carbono para reduzir as emissões de gases do efeito estufa na América Latina e Caribe utilizando a ferramenta de avaliação da precificação do carbono (CPAT – Carbon Pricing Assessment Tool). A ferramenta é uma planilha que se baseia no “modelo de modelos” para economistas do FMI e do Banco Mundial e ministérios das finanças (através da *Coalizão de Ministros das Finanças para a Ação Climática*). Ela permite uma estimação rápida das emissões de gases do efeito estufa e dos efeitos distributivos para cada país.

A ferramenta utiliza basicamente uma abordagem de elasticidade para modelar as emissões nos setores energéticos (eletricidade, indústria, transportes, habitação e subsetores). Grosso modo, a variação do consumo de cada combustível fóssil em cada setor não gerador de eletricidade é o produto de variações exógenas da eficiência energética, variação do PIB e variação dos preços dos combustíveis, cada um deles elevado à potência de suas respectivas elasticidades, como mostra a equação ilustrativa a seguir. O setor gerador de eletricidade é projetado à parte, com o uso de um modelo de engenharia. A projeção do consumo de energia é então convertida em emissões de carbono com fatores de emissão.

$$\frac{Y_t^{Ei}}{Y_{t-1}^{Ei}} = \left(\frac{1}{1 + \alpha^{Ei}} \right)^{\eta_1} \left(\frac{GDP_t}{GDP_{t-1}} \right)^{\eta_2} \left(\frac{p_t^{Ei}}{p_{t-1}^{Ei}} \right)^{\eta_3}$$

Na equação, Y_t^{Ei} é o consumo de energia E na forma de combustíveis fósseis no setor i no tempo t ; α^{Ei} é o crescimento tecnológico exógeno do setor e da fonte de energia específica; GDP_t é o produto interno bruto do país; p_t^{Ei} é o preço no varejo do combustível fóssil do setor e da fonte de energia específica; e η_1, η_2, η_3 são as elasticidades respectivas.

No cenário de políticas, o preço é afetado diretamente, e a renda é afetada indiretamente, através de multiplicadores fiscais, pelas políticas de precificação do carbono, como a remoção dos subsídios e a cobrança de um imposto sobre o carbono. Essas políticas afetam o consumo de combustíveis fósseis e, em última análise, as emissões de gases do efeito estufa (GEE).

A ferramenta modela as emissões de GEE nos setores não energéticos (processos industriais, agricultura, UTMUTS, resíduos e emissões fugitivas) presumindo-se um crescimento estacionário ajustado para ter em conta políticas de mitigação existentes ou adicionais (a eficiência dessas medidas é proporcional às emissões ligadas à geração de energia). Para países com medidas de mitigação existentes no cenário de referência, presume-se que tais políticas afetam as emissões quer ela estejam ou não ligadas à geração de energia. Para países sem medidas de mitigação, as emissões de GEE não ligadas à geração de energia permaneceriam inalteradas no cenário de referência e diminuiriam no mesmo ritmo que as emissões ligadas à geração de energia no cenário de políticas.

A diferença na redução de emissões para a mesma precificação do carbono entre países se refere sobretudo aos níveis de base diferente dos preços de energia e diferente conteúdo de carbono nos combustíveis. Os países tendem a ser mais sensíveis à precificação do carbono se os preços de seus combustíveis forem relativamente baixos, de modo que a precificação do carbono leva a aumentos de preços mais drásticos. Os países tendem também a ser mais sensíveis à precificação do carbono se o conteúdo de carbono de seus combustíveis for mais elevado, de modo que sua tributação é mais onerosa. Por exemplo, o preço do carvão

¹Este Anexo foi preparado por Chao He.

em geral é inferior ao do petróleo ou gás natural. Além disso, para produzir a mesma quantidade de energia, a queima de carvão emite mais CO₂ que o petróleo ou gás natural. Por conseguinte, os países que consomem mais carvão tendem à ser mais sensíveis à precificação do carbono através dos dois canais.

Na CPAT, o uso recente de combustíveis por país e setor provém da Agência Internacional de Energia (IEA). A projeção do PIB de cada país é extraída da edição de outubro de 2020 do *World Economic Outlook*. Os impostos, subsídios e preços históricos da energia para cada tipo de combustível em cada setor são compilados de dados do FMI e de fontes disponíveis ao público, com insumos de dados exclusivos e de terceiros. As projeções são feitas com base na informação sobre os preços internacionais da energia para o carvão, petróleo e gás natural, que são as médias das projeções da IEA e do FMI. Os pressupostos sobre as elasticidades foram escolhidos de modo a serem em geral coerentes com a evidência empírica e os resultados dos modelos de energia.

A CPAT foi desenvolvida pelos corpos técnicos do FMI e do Banco Mundial. Para uma introdução mais completa ao modelo e sua estratégia de parametrização, ver FMI (2019b Apêndice III) e Parry *et al.* (2021). Para mais informações sobre a justificativa subjacente, ver Heine e Black (2019).

Anexo 4. Metodologia de estimação do impacto distributivo das políticas de mitigação baseadas em preços¹

A avaliação do impacto distributivo que um aumento dos impostos sobre o carbono e/ou a remoção dos subsídios aos combustíveis fósseis teriam sobre o consumo per capita segue duas etapas sequenciais. Em primeiro lugar, é feita a avaliação, para cada país, da variação no custo de produção de cada uma das 57 indústrias do programa de análise do comércio mundial (GPAT - Global Trade Analysis Program), conforme explicado a seguir. Em segundo lugar, é feito o mapeamento de 13 itens² comumente consumidos pelas unidades familiares com base nas indústrias que constam do GPAT, e são calculadas as variações de preços desses itens, presumindo-se o repasse integral aos consumidores das variações nos custos de produção. A perda de consumo para as famílias em cada decil de consumo é então avaliada com base nos padrões de consumo das pesquisas nacionais de domicílio.³ Também avaliamos separadamente o impacto sobre a renda das políticas de mitigação climática nos setores da energia e agricultura, com base no setor granular relatado de emprego e na renda dos trabalhadores assalariados relatada nas pesquisas domiciliares.

Avaliação da variação nos custos. São utilizadas Matrizes de Insumo-Produto (doravante MIP) para avaliar o impacto de preços mais elevados da energia sobre o custo de produção de cada indústria na economia. As MIP descrevem as relações de compra e venda entre diferentes setores da economia e, desta forma, refletem as ligações entre as indústrias. A CPAT traça tanto o impacto direto como o impacto indireto dos aumentos de preços do carbono. O impacto direto é o aumento dos custos de produção devido à elevação de preços dos insumos energéticos, a saber: carvão, extração de petróleo, combustíveis, gás natural e eletricidade. O impacto indireto para cada setor a jusante reflete o aumento do custo de todos os seus insumos intermediários induzido pela alta dos preços da energia. Como ilustração, um preço mais elevado da eletricidade (por exemplo, após a introdução de um imposto sobre o carbono) irá aumentar “diretamente” o custo dos alimentos processados, uma vez que o processamento de alimentos utiliza a eletricidade. O aumento de preços dos combustíveis irá elevar “indiretamente” o custo do processamento de alimentos, por meio do aumento do custo dos produtos agrícolas (utilizados no processamento de alimentos), uma vez que o custo de transportá-los da fazenda para as instalações de processamento acompanha a alta de preços dos combustíveis. As MIP para todos os países provêm do GTAP, que tem a vantagem de oferecer dados desagregados e coerentes relativos a 141 regiões do mundo.

O aumento do custo de produção na indústria j do país k é dado pela seguinte expressão:

$$C_{j,k} = \underbrace{\gamma_{j,k}^e \delta_k^e}_{\text{efeito direto}} + \underbrace{\sum_{i=1}^N \gamma_{i,j,k} \delta_{i,k}}_{\text{efeito indireto}}$$

Em que δ_k^e é o aumento de preços “direto” induzido pelo imposto sobre o carbono incidente sobre a fonte de energia e no país k e $\delta_{i,k}$ é o aumento do custo induzido pelo imposto sobre o carbono na indústria i no país k , direta ou indiretamente (N é o número de indústrias). $\gamma_{i,j,k}$ é a participação da indústria i no custo total dos insumos intermediários utilizados na indústria j , conforme computado a partir da MIP de cada país da amostra. Presume-se o repasse integral do aumento dos custos de cada indústria i (por exemplo, devido ao imposto sobre o carbono) para as indústrias a jusante. Deve-se observar que a variação de custos na indústria i ($\delta_{i,k}$ na equação acima) depende, por sua vez, da variação nos custos dos insumos intermediários (sistema recursivo).

¹Este Anexo foi preparado por Constant Lonkeng.

²Os itens não relacionados aos combustíveis são alimentos, vestuário, transporte, comunicação, habitação, eletrodomésticos, produtos químicos, educação, saúde, papel, farmacêuticos e medicamentos, serviços auxiliares aos transportes, etc.

Avaliação do impacto na renda dos setores energéticos. Avaliamos de que maneira a redução da demanda de produtos energéticos afeta os trabalhadores desses setores. Como ponto de partida, o aumento de preços de cada produto energético resultante da cobrança de um imposto sobre o carbono/remoção de subsídios aos combustíveis fósseis é computada com base na metodologia descrita acima. Presumimos então uma elasticidade-preço dos produtos energéticos de -0,25, como em FMI (2020), de modo que um aumento de 100% no preço de qualquer um dos produtos energéticos identificados – carvão, petróleo, eletricidade, gás natural – reduz em 25% a demanda real desse produto, o que conduz a uma redução equivalente da renda do trabalho ou do emprego pressupondo-se que não há alteração na produtividade da mão de obra.⁴ Utilizando os setores granulares de emprego relatados nas pesquisas domiciliares, identificamos as pessoas empregadas nos setores energéticos e expressamos a perda de renda como porcentagem do consumo per capita das unidades familiares. Avaliamos o impacto sobre cada decil da renda per capita (distribuição ilustrada no Gráfico 11). Utilizamos também a informação fornecida nas pesquisas domiciliares sobre a localização geográfica das famílias para agregar a perda de consumo ao nível das regiões, a fim de examinar as disparidades regionais (mapas do painel esquerdo, Gráfico 4.2 do Anexo).

Avaliação do impacto na renda da agricultura. Esta avaliação utiliza como ponto de partida a redução das emissões exigida na agricultura segundo a CPAT.⁵ Nossas simulações presumem que a redução das emissões no setor agrícola devem provir unicamente da pecuária, um pressuposto que tem por base quantitativa o fato de que a intensidade de emissões da pecuária é muito mais elevada do que a da agricultura vegetal (relação de seis para um, segundo nossas estimativas, com base em dados globais sobre a produção pecuária e agrícola e o total de emissões da agricultura). Presumimos, em seguida, que os recursos anteriormente usados na pecuária, como mão de obra, são redirecionados para a agricultura vegetal para manter níveis comparáveis de produção global no setor agrícola.⁶ Os trabalhadores rurais da pecuária e agricultura vegetal são identificados por meio dos setores granulares de emprego relatados nas pesquisas domiciliares (como indicado acima), e a perda de renda é avaliada e expressa como porcentagem da renda per capita de cada decil de renda (Gráfico 13). Os resultados são também agregados ao nível das regiões (mapas no painel esquerdo, Gráfico 4.2 do Anexo).

⁴As empresas dos setores energéticos se ajustam à queda na demanda de energia reduzindo os salários ou cortando empregos (ou uma combinação de ambos). Por isso, os números no Gráfico 12 representam a perda de renda, que é o impacto total.

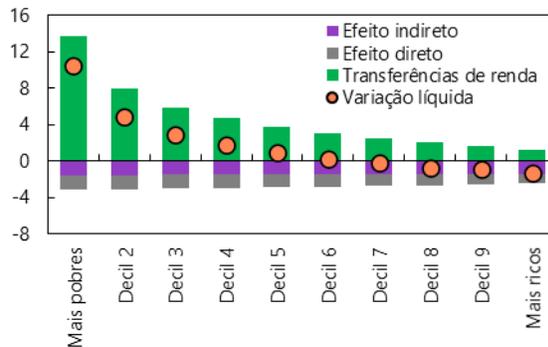
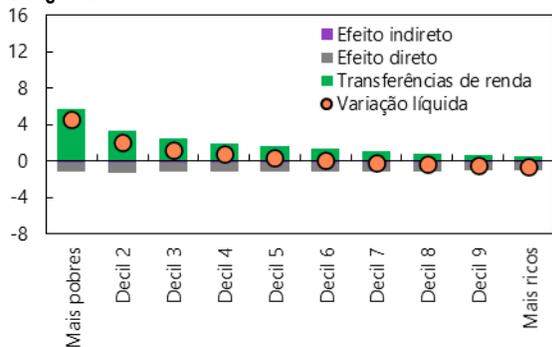
⁵Presume-se na CPAT que o crescimento das emissões do setor acompanhe a taxa de emissões de CO₂.

Gráfico 4.1 do Anexo. Impacto relativo no consumo de um imposto sobre o carbono e da remoção dos subsídios aos combustíveis fósseis
(Porcentagem)

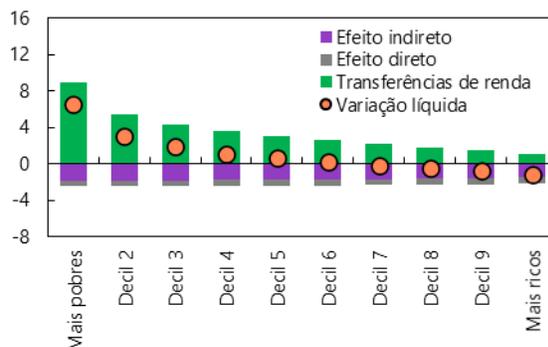
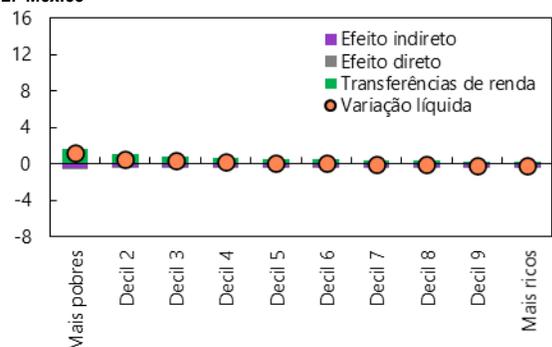
Apenas a remoção dos subsídios aos combustíveis fósseis

Imposto sobre o carbono e remoção dos subsídios aos combustíveis fósseis

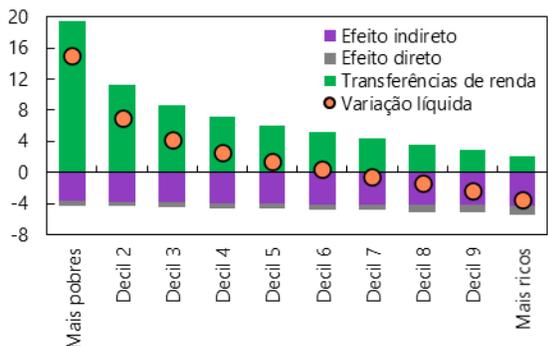
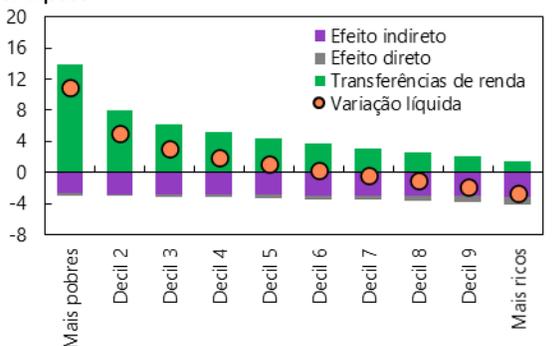
1. Argentina



2. México



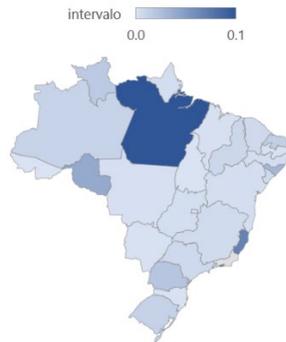
3. Equador



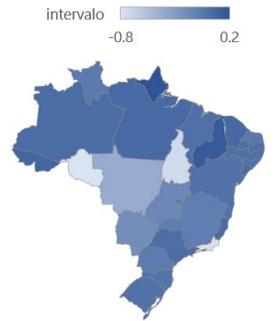
Fontes: FMI, ferramenta de avaliação da precificação de carbono; e cálculos do corpo técnico do FMI.

Gráfico 4.2 do Anexo. Distribuição espacial da perda bruta estimada de receita nos setores energéticos e ganho/perda líquida de receita na agricultura devido às políticas climáticas

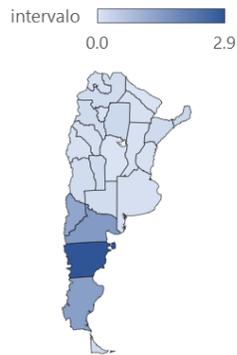
Brasil: Setores energéticos (Impacto bruto negativo)



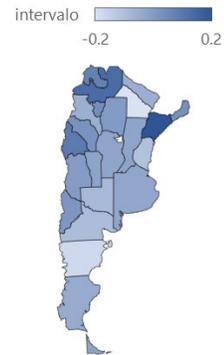
Brasil: Agricultura (impacto líquido)



Argentina: Setores energéticos (Impacto bruto negativo)



Argentina: Agricultura (impacto líquido)



Anexo 5. Descrição do modelo DSGE para uma pequena economia aberta vulnerável a riscos relacionados ao clima¹

O modelo expande o trabalho anterior do FMI sobre a mudança climática. Este modelo (Fernandez-Corugedo, Gonzalez e Guerson, 2021) assemelha-se a FMI (2019c) mas leva em conta a natureza estocástica de choques de desastres naturais similares a Cantelmo *et al.* (2019), que permite a presença de choques extremos. O modelo amplia esses estudos ao considerar uma série de fricções reais e financeiras coerentes com as características dos países do Caribe e da América Central.

O modelo abrange quatro setores principais: famílias, firmas, governo e setor externo. Há dois tipos de famílias: famílias de investidores, que investem em capital não resiliente e contratam mão de obra, e famílias de trabalhadores, que proporcionam mão de obra, recebem remessas, mas não conseguem poupar. Há dois tipos de empresas: empresas que produzem um bem final utilizando capital e mão de obra, e empresas que transformam o bem final em capital e bens de consumo. O governo arrecada receitas por meio de impostos (sobre o consumo, lucros das empresas, salários e impostos fixos) e donativos externos, realiza gastos por meio da compra de bens e serviços, transferências para as famílias, pagamentos de juros sobre a dívida pública e investimentos. Um dado essencial é que o investimento público pode assumir dois tipos: resiliente e não resiliente a desastres naturais. Presume-se que o investimento em capital público resiliente tem um custo mais elevado que o do investimento não resiliente (presume-se um ágio de 25% sobre o investimento não resiliente, com base em estimativas das avaliações *ex post* de prejuízos do Banco Mundial), e que ambos os tipos são substitutos perfeitos na produção. Mantendo inalterado o montante físico de investimento público, presume-se que os países aloquem 80% do investimento em capital resiliente. O setor externo utiliza bens finais para exportar e importa bens de consumo e bens de investimento. O modelo inclui custos para ajustar o investimento e os salários, e a presença de fricções financeiras capturadas por um spread da taxa de juros sobre a dívida pública em relação a uma taxa de juros mundial segura, bem como um spread entre as taxas de juros privadas e aquelas sobre a dívida pública. Ambos os spreads aumentam à medida que os balanços dos setores público e privado se deterioram.

Os eventos de desastres naturais exógenos são modelados por meio do seu impacto sobre três canais principais. O modelo presume que existe uma probabilidade exógena de ser atingido por um evento de desastre natural e em cada ponto no tempo a economia pode estar em um de dos regimes: um em que não há desastres naturais e outro em que a economia é atingida por um desastre natural. Quando ocorre um desastre natural, a economia é afetada por meio de três canais: Primeiro, o desastre natural afeta a capacidade de oferta da economia: uma proporção do capital não resiliente e da produtividade total dos fatores (PTF) é destruída pelo desastre natural. Segundo, tanto as remessas quanto os donativos aumentam para apoiar as famílias e as finanças públicas após um desastre natural. Por último, o prêmio de risco externo pode aumentar em resposta ao desastre natural. As fricções financeiras atuam para amplificar o impacto do desastre natural.

A política fiscal é ancorada numa regra da dívida e não segue um processo de otimização. Todas as despesas públicas, incluindo o investimento público, são fixadas como uma parcela constante do PIB nominal e presume-se que as alíquotas marginais não se alterem em resposta a um desastre natural. Além do já mencionado aumento dos donativos após um desastre natural, os impostos fixos (não distorcivos) incidentes sobre as famílias são utilizados para mobilizar receitas para satisfazer a meta da dívida pública a médio prazo.

Famílias

Todas as famílias maximizam uma função de utilidade padrão que engloba consumo e trabalho. O trabalho é diferenciado entre as famílias mas não entre os tipos de famílias, como em Gali, Lopez-Salido e Valles (2007). Nesta estrutura de mercado de trabalho os salários são definidos de forma centralizada por um sindicato que

¹Este Anexo foi preparado por Emilio Fernandez-Corugedo, Andres Gonzalez e Alejandro Guerson.

abrange o conjunto da economia. Assim, o nível de equilíbrio de horas da economia é determinado pelas empresas dado o salário fixado pelo sindicato. Embora o problema enfrentado pelas famílias que não enfrentam restrições não seja diretamente afetado pelos choques climáticos, aquele das famílias de trabalhadores é afetado, uma vez que elas estão autorizadas a receber remessas do exterior:

$$(1 + \tau^C)C_{i,t}^W = (1 - \tau^L)W_{jt}N_{i,t} + T_{i,t}^{GW} + z_t T_{i,t}^*(s) \quad (1)$$

em que τ^C, τ^L são os impostos sobre o consumo e a renda do trabalho, respectivamente, $C_{i,t}^W$ denota o consumo das famílias de trabalhadores, W_{jt} é o salário real, $N_{i,t}$ é o número de horas trabalhadas, $T_{i,t}^{GW}$ são as transferências governamentais e $z_t T_{i,t}^*(s)$ são as remessas estrangeiras, sendo que z denota a taxa de câmbio real. Um dado essencial é que as remessas são dependentes do estado da economia, s , e presume-se que aumentem durante um desastre natural.

Empresas

As empresas produzem um bem homogêneo que pode ser transformado em bens de consumo, investimento e exportação. As empresas de produção escolhem seus insumos de mão de obra e capital, considerando como dado o estoque de capital público, salários reais e o preço do produto. As empresas precisam captar recursos para financiar as despesas de investimento e do insumo de trabalho, e utilizam como garantia o valor do seu capital. A existência de restrições de crédito na economia amplifica o impacto dos choques climáticos adversos na economia. A destruição do capital associado com o evento climático agrava as restrições de crédito que afetam tanto as decisões sobre mão de obra e sobre investimento.

O produto interno, Y_t^H , é produzido com

$$Y_t^H = z_t^Y A_t (K_{t-1}^G)^{\alpha_g} (K_{t-1}^Y)^{\alpha_K} N_t^{1-\alpha_K} \quad (2)$$

em que $\alpha_K \in (0,1)$ é a parcela do capital no produto total privado, z_t^Y é um choque temporário de produtividade, K_{t-1}^Y, K_{t-1}^G são os estoques de capital privado e público disponíveis. α_g mede a importância do capital público na função de produção. A_t é um choque de produtividade permanente:

$$\frac{A_t}{A_{t-1}} = g_t^A = (1 - \rho_G)g^A(s) + \rho_G g_{t-1}^A + \epsilon_t^{gA} \quad (3)$$

sendo $0 \leq \rho_G < 1$. Assim, qualquer choque, ϵ_t^{gA} terá um efeito permanente sobre o nível do produto. $g^A(s)$ é a taxa média de crescimento do produto, que depende essencialmente do estado, de modo que eventos climáticos adversos podem implicar perdas temporárias para a taxa de crescimento da economia.

As empresas precisam financiar seu investimento e suas despesas com a mão de obra. Contudo, elas enfrentam uma restrição financeira porque os credores só permitem que uma empresa capte recursos equivalentes a uma fração da sua dívida. A restrição é:

$$W_t N_t + p_t^I I_t^Y \leq \sigma(Q_t K_{t-1}^Y) \quad (4)$$

$W_t N_t$ denota o total dos pagamentos de salários, $p_t^I I_t^Y$ é o custo dos bens de investimento e p_t^I é o preço relativo do bem de investimento. Q_t é o preço de uma unidade de capital instalado. Presume-se que ajustar o investimento tem um custo elevado e, assim, o estoque de capital privado evolui como:

$$K_t^Y = (1 - \delta_Y(s))K_{t-1}^Y + I_t^Y - \frac{\psi_Y}{2} \left(\frac{I_t^Y}{K_{t-1}^Y} - \delta_Y(s) \right)^2 K_{t-1}^Y \quad (5)$$

O parâmetro ψ_Y controla a velocidade do custo de ajustamento e $\delta(s)$ é a taxa de depreciação do capital, que é dependente do estado dos eventos climáticos.

Setor público

O governo arrecada impostos sobre o consumo, os lucros $\tau^\pi \Pi_t$ e o trabalho, e recebe donativos e $T(s)^{Grants}$ e impostos fixos dos poupadores, T_t^G . O governo adquire bens e serviços de consumo público, C_t^g , investimento público não resiliente, I_t^{Gn} e investimento público resiliente, I_t^{Gr} , que têm preços diferentes. Além disso, pode emitir dívida pública expressa em moeda estrangeira, B_t^{G*} , para financiar seu saldo global. O governo para uma taxa de juros nominal R_t^* sobre sua dívida. A restrição orçamentária do governo é

$$\tau^C C_t + \tau^L W_t N_t + \tau^\pi \Pi_t + T_t^G + z_t T(s)^{Grants} + z_t B_t^{G*} = p_t^H C_t^g + T_t^{GW} + p_t^I I_t^{Gn} + p_t^{Gr} I_t^{Gr} + z_t R_{t-1}^* B_{t-1}^{G*}, \quad (6)$$

em que $\Pi_t = (p_t^H Y_t^H - W_t N_t - p_t^I Y_t^I)$ denota o lucro das empresas. Para garantir a estabilidade da dívida pública, todos os impostos fixos sobre as famílias que poupam acompanham o nível da dívida pública, de acordo com a seguinte regra²

$$T_t^G = T\bar{r} \left(\frac{B_t^{G*}}{Y_t} - \frac{B_{t-1}^{G*}}{Y_{t-1}} \right)^{\phi_b} \quad (7)$$

O investimento público é utilizado para acumular capital público. O governo acumula capital resiliente, K_t^{Gr} , e não resiliente, K_t^{Gnr} , de acordo com as seguintes equações:

$$K_t^{Gr} = (1 - \delta_g) K_{t-1}^{Gr} + I_t^{Gr} \quad (8)$$

$$K_t^{Gnr} = (1 - \delta_g(s)) K_{t-1}^{Gnr} + I_t^{Gnr} \quad (9)$$

e o estoque total de capital público é $K_t^G = K_t^{Gnr} + K_t^{Gr}$. O investimento resiliente envolve uma transformação adicional que eleva o custo de cada unidade de investimento. O governo produz investimento resiliente ao adquirir bens de investimento dos produtores de investimento e transformá-lo por meio de uma função de produção linear. O problema da produção do bem de investimento resiliente é expresso como:

$$\text{máx } p_t^{Gr} I_t^{Gr} - p_t^I I_t^g \quad \text{s. t. } I_t^{Gr} = a^{Gr} I_t^g \quad (10)$$

sendo $0 < a^{Gr} < 1$. A solução do problema de otimização é $p_t^{Gr} = \frac{p_t^I}{a^{Gr}}$ o que implica um aumento constante entre o preço dos bens de investimento e os preços do investimento resiliente.

Setor externo e conta corrente

A taxa de juros externa é a soma de uma taxa externa isenta de riscos e um prêmio de risco endógeno:

$$R_t^* = \bar{R}_t^*(s) + \Omega_u \left(\exp \left(\frac{z_t (B_t^* - B_{t-1}^{G*})}{GDP_t} - \frac{z (B^* - B^{G*})}{GDP} \right) - 1 \right) \quad (11)$$

\bar{R}_t^* é uma taxa externa isenta de riscos que depende do estado da economia. O prêmio de risco do país é uma função negativa da relação AEL/PIB e Ω_u é a elasticidade do risco do país à relação AEL/PIB em que $GDP_t = p_t^h y_t^h$.

Por último, o saldo da conta corrente (CB) é dado por

$$CB_t = (p_t^H X_t - z_t C_{F,t} - z_t I_{F,t}) + z_t T_t^*(s) + z_t T(s)^{Grants} \quad (12)$$

²Poderiam ser usados outros impostos ou gastos.

em que o termo entre parênteses é a balança comercial, definida como a diferença entre as exportações, $p_t^H X_t$ e as importações de bens de consumo $z_t C_{F,t}$ e bens de investimento, $z_t I_{F,t}$.

Solução do modelo

O modelo é solucionado utilizando-se os métodos de perturbação para modelos de expectativas racionais com mudança de regime desenvolvidos por Maih (2015). Um dado importante é que a solução permite que as decisões dos agentes na economia considere a presença de desastres naturais mesmo quando não confrontados com um evento dessa natureza. São considerados dois estados: o estado 1 é aquele em que não há desastres naturais e o estado 2 é aquele em que ocorre um desastre natural. É considerada uma matriz de transição através dos estados s_t

$$P_{s_t, s_{t+1}} = \begin{bmatrix} p_{1,1} & p_{1,2} \\ p_{2,1} & p_{2,2} \end{bmatrix}$$

$p_{1,2}$ é a probabilidade de transição de um estado em que não há desastres naturais no período t para um desastre natural em $t+1$, $p_{1,1} = 1 - p_{1,2}$ é a probabilidade de permanecer no estado sem desastres naturais, $p_{2,1}$ é a probabilidade de passar do estado com um desastre natural no período t para o estado sem desastres naturais no período $t+1$ e $p_{2,2} = 1 - p_{2,1}$ é a probabilidade de permanecer no estado em que ocorrem desastres naturais em $t+1$. Essas probabilidades são calibradas para reproduzir a frequência dos desastres naturais observados em cada país.

Referências

- Acemoglu, D., U. Akcigit, D. Hanley e W. Kerr. 2016. “Transition to Clean Technology”. *Journal of Political Economy*, Vol. 124, No. 1, pp. 52-104.
- Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA). 2013. *Global Mitigation of Non-CO₂ Greenhouse Gases: 2010-2030*. Washington, DC: EPA.
- Agência Internacional de Energia (IEA). 2021. *Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector*. Paris: IEA.
- Americas Quarterly. 2021. “A Special Report on Sustainable Development”. *Politics, Business, and Culture in the Americas*, Vol. 15, No. 2, pp. 1-42.
- Atteridge A., M. K. Shrivastava, N. Pahuja e H. Upadhyay. 2012. “Climate Policy in India: What Shapes International, National and State Policy?” *Ambio*, Vol. 41, Suppl. 1, pp. 68-77.
- Banco Mundial. 2017. “Sovereign Climate and Disaster Risk Pooling”. World Bank Technical Contribution to the G20, Washington, DC: Banco Mundial.
- Banco Mundial e Ecofys. 2018. *State and Trends of Carbon Pricing 2018 (May)*. Banco Mundial. Washington, DC.
- Banco Mundial. 2019. *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity*. Washington, DC: Banco Mundial.
- Banco Mundial. 2020. *Diversification and Cooperation in a Decarbonizing World: Climate Strategies for Fossil-Fuel Dependent Countries*. Washington, DC: Banco Mundial.
- Barret, P. 2021. “Can International Technological Diffusion Substitute for Coordinated Global Policies to Mitigate Climate Change?” IMF Working Paper 21/173, Washington, DC.
- Batini, N. (ed.). 2021. *The Economics of Sustainable Food: Smart Policies for Health and The Planet*. Washington, DC: Island Press.
- Batini, N., S. Black, O. Luca e I. Parry. 2021. “A Comprehensive Greenhouse Gas Mitigation Strategy for the Netherlands”. IMF Working Paper 21/223, Washington, DC.
- Bauer, N., S. K. Rose, S. Fujimori, D. P. Van Vuuren, J. Weyant, M. Wise, Y. Cui, V. Daioglu, M. J. Gidden, E. Kato, A. Kitous, F. Leblanc, R. Sands, F. Sano, J. Strefler, J. Tsutsui, R. Bibas, O. Fricko, T. Hasegawa, D. Klein, A. Kurosawa, S. Mima e M. Muratori. 2018. “Global Energy Sector Emission Reductions and Bioenergy Use: Overview of the Bioenergy Demand Phase of the EMF-33 Model Comparison”. *Climatic Change*, Vol. 163, pp. 1553-1568.
- Black, S., I. Parry, J. Roaf e K. Zhunussova. 2021. “Not on Track to Net-Zero: The Urgent Need for Greater Ambition and Policy Action to Achieve the Paris Agreement’s Goals”. IMF Staff Climate Note 21/005, Washington, DC.
- Bollen, J.C., C.J. Brink, H.C. Eerens e A.J.G. Manders. 2009. “Co-Benefits of Climate Change Mitigation Policies: Literature Review and New Results”. OECD Economics Department Working Paper 693, Paris: OECD Publishing.
- Boltvinik, J. e S.A. Mann (eds.). 2016. *Peasant Poverty and Persistence in the 21st Century: Theories, Debates, Realities and Policies*. London: Zed Books.

- Cantelmo, A., G. Melina e C. Papegeorgiou. 2019. “Macroeconomic Outcomes in Disaster-Prone Countries”. IMF Working Paper 19/217, Washington, DC.
- Cline, W.R. 2020. “Carbon-Equivalent Taxes on US Meat”. Economics International Inc. Working Paper 20-03, Washington, DC: Economics International Inc.
- Cohen-Shacham, E., G. Walters, C. Janzen e S. Maginnis (eds.). 2016. *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges*. Gland: IUCN.
- Comissão Econômica para a América Latina e Caribe (CEPAL). 2020. *The Climate Emergency in Latin America and the Caribbean: The Path Ahead – Resignation or Action?* Santiago: CEPAL.
- Cunha D., J. Pereira, R. Perrelli e F. Toscani. 2021. “Estimating the Employment and GDP Multipliers of Emergency Cash Transfers in Brazil”, IMF Working Paper (*no prelo*), Washington, DC.
- Da Motta, R., J. Hargrave, G. Luedemann, M.B. Sarmiento-Gutierrez. 2011. *Climate Change in Brazil: Economic, Social and Regulatory Aspects*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
- Dubash, N.K. 2011. “From Norm Taker to Norm Maker? Indian Energy Governance in Global Context”. *Global Policy*, Vol. 2, No. s1, pp. 66-79.
- Farm Animal Investment Risk and Return (FAIRR). 2017. *The Livestock Levy: Progress Report—An Update on FAIRR’s 2017 Livestock Levy White Paper*. Londres: FAIRR.
- Fernandez-Corugedo, E., A. Gonzalez e A. Guerson. 2021. “Natural Disasters and Ex-Ante Resilience in the Caribbean and Central America: A DSGE investigation”. IMF Working Paper (Forthcoming), Washington, DC.
- Fundo Monetário Internacional (FMI). 2016. *Small States’ Resilience to Natural Disasters and Climate Change—Role for the IMF*. Washington, DC: IMF.
- Fundo Monetário Internacional (FMI). 2019a. *Fiscal Monitor: How to Mitigate Climate Change*. Washington, DC: IMF.
- Fundo Monetário Internacional (FMI). 2019b. *Fiscal Policies for Paris Climate Strategies – From Principle to Practice*. Washington, DC: IMF.
- Fundo Monetário Internacional (FMI). 2019c. “Building Ex-Ante Resilience to Natural Disasters”. Eastern Caribbean Currency Union: Selected Issues Paper, IMF Country Report 19/63, Washington, DC.
- Fundo Monetário Internacional (FMI). 2019d. “Building Resilience in Developing Countries Vulnerable to Large Natural Disasters”. IMF Policy Paper 19/241, Washington, DC.
- Fundo Monetário Internacional (FMI). 2020. “Sectoral Policies for Climate Change Mitigation in the EU”. IMF Departmental Paper 20/14, Washington, DC.
- Fundo Monetário Internacional (FMI). 2021a. “Dominica: Disaster Resilience Strategy”. IMF Country Report 21/182, Washington, DC.
- Fundo Monetário Internacional (FMI). 2021b. “United States: 2021 Article IV Consultation-Press Release; Staff Report; and Statement by the Executive Director for the United States”. IMF Country Report 21/162, Washington, DC.

- Fundo Monetário Internacional (FMI). 2021c. “Fiscal Policies to Address Climate Change in Asia and the Pacific”. IMF Departmental Paper 21/07, Washington, DC.
- Furceri, D., M. Ganslmeier e J. Ostry. 2021. “Are Climate Change Policies Politically Costly?” IMF Working Paper 21/156, Washington, DC.
- Gabel, H.L. 2000. *Principles of Environmental and Resource Economics: A Guide for Students and Decision-Makers*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Gali, J., D. Lopez-Salido e J. Valles. 2007. “Understanding the Effects of Government Spending on Consumption”. *Journal of the European Economic Association*, Vol. 5, No. 1, pp. 227-270.
- Good Food Institute. 2021. *U.S. Retail Market Data for the Plant-Based Industry*. GFI.
- Grossman, B., N.Z. Muller e O’Neill-Toy. 2011. “The Ancillary Benefits from Climate Policy in the United States”. *Environmental and Resources Economics*, Vol. 50, No. 4, pp. 585-603.
- Guerson, A. 2020. “Government Insurance Against Natural Disaster: An Application to the ECCU”. IMF Working Paper 20/266, Washington, DC.
- Guerson, A. 2021. “Optimal State Contingent Sovereign Debt Instruments”. IMF Working Paper 21/230, Washington, DC.
- Heine, D. e S. Black. 2019. “Benefits Beyond Climate: Environmental Tax Reform in Developing Countries”. In M. Pigato (ed.), *Fiscal Policies for Development and Climate Action*, Banco Mundial, Washington DC.
- Huppmann, D., E. Kriegler, V. Krey, K. Riahi, J. Rogelj, K. Calvin, F. Humpenoeder, A. Popp, S. K. Rose, J. Weyant, N. Bauer, C. Bertram, V. Bosetti, J. Doelman, L. Drouet, J. Emmerling, S. Frank, S. Fujimori, D. Gernaat, A. Grubler, C. Guivarch, M. Haigh, C. Holz, G. Iyer, E. Kato, K. Keramidas, A. Kitous, F. Leblanc, J.-Y. Liu, K. Löffler, G. Luderer, A. Marcucci, D. McCollum, S. Mima, R. D. Sands, F. Sano, J. Strefler, J. Tsutsui, D. Van Vuuren, Z. Vrontisi, M. Wise e R. Zhang. 2019. *LAMC 1.5°C Scenario Explorer and Data Hosted by ILASA*. Integrated Assessment Modeling Consortium & International Institute for Applied Systems Analysis.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). 2016. *Renewable Energy Market Analysis: Latin America*. Abu Dhabi: IRENA.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2016. “Resolution 69 on Defining Nature-Based Solutions (WCC-2016-Res-069)”. IUCN Resolutions, Recommendations and Other Decisions 6–10 September 2016, World Conservation Congress, Honolulu, HI.
- Kojima, M. e T. Johnson. 2005. “Potential for Biofuels for Transport in Developing Countries”. Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP) Technical Paper Series 312/05, Washington, DC: Banco Mundial.
- La Rovere, E.L., C. Dubeux, A. Pereira e W. Wills. 2011. *Mitigation Actions in Developing Countries: Case Study for Brazil*. Rio de Janeiro: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Maih, J. 2015. “Efficient Perturbation Methods for Solving Regime-Switching DSGE Models”. Norges Bank Working Paper No. 01-2015, Oslo: Norges Bank.

- Mathy, S. 2007. “Urban and Rural Policies and the Climate Change Issue: the French Experience of Governance”. *Environmental Sciences*, Vol. 4, No. 3, pp. 159-169.
- McCollum, D.L., W. Zhou, C. Bertram, H.-S. de Boer, V. Bosetti, S. Busch, J. Després, L. Drouet, J. Emmerling, M. Fay, O. Fricko, S. Fujimori, M. Gidden, M. Harmsen, D. Huppmann, G. Iyer, V. Krey, E. Kriegler, C. Nicolas, S. Pachauri, S. Parkinson, M. Poblete-Cazenave, P. Rafaj, N. Rao, J. Rozenberg, A. Schmitz, W. Schoepp, D. van Vuuren e K. Riahi. 2018. “Energy Investment Needs for Fulfilling the Paris Agreement and Achieving the Sustainable Development Goals”. *Nature Energy*, Vol. 3, No. 7, pp. 589-599.
- Metcalf, G.E. e J.H. Stock. 2020. “Measuring the Macroeconomic Impact of Carbon Taxes”. *AEA Papers and Proceedings*, Vol. 110, pp. 101-106.
- Mohommad, A. 2021. “Employment Effects of Environmental Policies—Evidence from Firm-Level Data”. IMF Working Paper 21/1240, Washington, D.C.
- ND-GAIN Database. 2021. *Notre Dame Global Adaptation Initiative Country Index*. Notre Dame, IN.
- Nordhaus, W.D. 2008. *A Question of Balance*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Organização para a Alimentação e a Agricultura (FAO). 2018. *Transforming Food and Agriculture to Achieve the SDGs: 20 Interconnected Actions to Guide Decision-Makers*. Roma: FAO.
- Organização para a Alimentação e a Agricultura (FAO). 2017. *The Future of Food and Agriculture – Trends and Challenges*. Roma: FAO.
- Organização para a Alimentação e a Agricultura (FAO). 2016. *Food Guidelines Offer Opportunities to Protect the Planet, Too*. Roma: FAO.
- Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC). 2014. *Climate Change 2014*. Genebra: IPCC.
- Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC). 2018. *National and Sub-national Policies and Institutions*. Genebra: IPCC.
- Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC). 2019. *Special Report: Climate Change and Land*. Genebra: IPCC.
- Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC). 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers*. Geneva: IPCC.
- Parry, I., C. Veung e D. Heine. 2014. “How Much Carbon Pricing is in Countries’ Own Interests? The Critical Role of Co-Benefits”. IMF Working Paper 14/174, Washington, DC.
- Parry, I., V. Mylonas e N. Vernon. 2021. “Mitigation Policies for the Paris Agreement: An Assessment for G20 Countries”. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, Vol. 8, No. 4, pp. 797-823.
- Parry, I. e P. Wingender. 2021. “Fiscal Policies for Achieving Finland’s Emission Neutrality Target”. IMF Working Paper 21/171, Washington, D.C.
- Rickels, W., B.A. Proel, O. Geden, J. Burhenne e M. Fridahl. 2020. *The Future of (Negative) Emissions Trading in the European Union*. Kiel: Kiel Institute for the World Economy.

- Rogelj, J., D. Shindell, K. Jiang, S. Fifita, P. Forster, V. Ginzburg, C. Handa, H. Kheshgi, S. Kobayashi, E. Kriegler, L. Mundaca, R. Séférian e M.V. Vilariño. 2018. “Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development”. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor e T. Waterfield (eds.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*, Geneva: IPCC.
- Saget, C., A. Vogt-Schilb e L. Trang. 2020. “Jobs in a Net-Zero Emissions Future in Latin America and the Caribbean”. Washington, DC e Genebra: Banco Interamericano de Desenvolvimento e Organização Internacional do Trabalho.
- Sever, C. e M. Perez-Archila. No prelo. “Climate-Related Stress Testing: Transition Risk in Colombia”. IMF Working Paper, Washington, DC.
- Springmann, M., H. Charles J. Godfray, M. Rayner, P. Scarborough. 2016. “Co-Benefits of Global Dietary Change”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 113, No. 15, pp. 4146-4151.
- Stern, N. 2006. *Stern Review: The Economics of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Swinburn, B.A., V.I. Kraak, S. Allender, V.J. Atkins, P.I. Baker, J.R. Bogard, *et al.* 2019. “The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission Report”. *The Lancet Commissions*, Vol. 393, No. 10173, pp. 791-846.
- Tilman, D. e M. Clark. 2014. “Global Diets Link Environmental Sustainability and Human Health”. *Nature*, Vol. 515, pp. 518-522.
- Vrontisi, Z., G. Luderer, B. Saveyn, K. Keramidas, A.R. Lara, L. Baumstark, C. Bertram, H.S. de Boer, L. Drouet, K. Fragkiadakis, O. Fricko, S. Fujimori, C. Guivarch, A. Kitous, V. Krey, E. Kriegler, E.O. Broin, L. Paroussos e D. van Vuuren. 2018. “Enhancing Global Climate Policy Ambition Towards a 1.5 C Stabilization: A Short-Term Multi-Model Assessment”. *Environmental Research Letters*, Vol. 13, No. 4, pp. 1-15.
- Willett, W., J. Rockström, B. Loken, M. Springmann, T. Lang, S. Vermeulen, *et al.* 2019. “Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems”. *The Lancet Commissions*, Vol. 393, No. 10170, pp. 447-492.