

SUMÁRIO DO ENGAGE PARA FORMULADORES DE POLÍTICAS



International Institute for
Applied Systems Analysis

IIASA www.iiasa.ac.at



ENGAGE

FEASIBILITY OF
CLIMATE PATHWAYS



Sobre o Projeto ENGAGE

O projeto recebeu financiamento do programa de pesquisa e inovação European Union's Horizon 2020 sob o contrato de concessão nº 821471 (ENGAGE).

O Instituto Internacional de Análise Aplicada de Sistemas (*International Institute for Applied Systems Analysis - IIASA*) é um instituto de pesquisa independente e internacional com organizações membros nacionais e regionais na África, nas Américas, na Ásia e na Europa. Por meio de seus programas e iniciativas de pesquisa, o instituto realiza pesquisas orientadas para políticas sobre questões que sejam grandes ou complexas demais para serem resolvidas por um único país ou disciplina acadêmica. Isso inclui preocupações urgentes que afetem o futuro de toda a humanidade, como mudanças climáticas, segurança energética, envelhecimento da população e desenvolvimento sustentável. Os resultados da pesquisa do IIASA e a experiência de seus pesquisadores são disponibilizados aos formuladores de políticas em países de todo o mundo para ajudá-los a produzir políticas eficazes e com base científica que lhes permitirão enfrentar esses desafios.

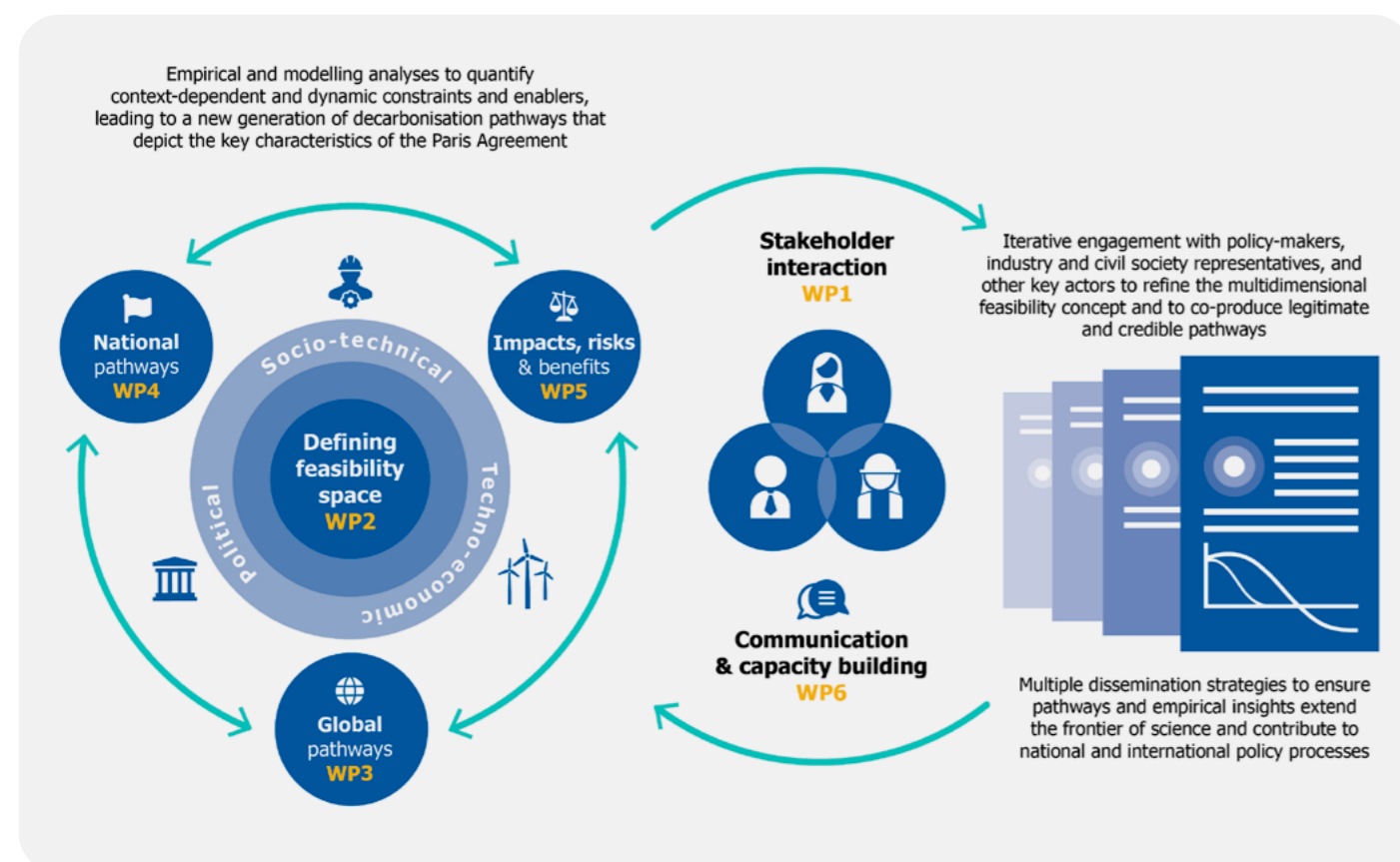
O IIASA não se responsabiliza pela persistência ou precisão dos URLs de sites externos da Internet ou de terceiros mencionados nesta publicação e não garante que qualquer conteúdo desses sites seja, ou continue sendo, preciso ou apropriado. Os pontos de vista ou opiniões expressos neste documento não representam necessariamente aqueles do Instituto Internacional de Análise Aplicada de Sistemas, de suas organizações membros nacionais e regionais ou de quaisquer outras organizações que apoiem o trabalho.

ÍNDICE		
	1. INTRODUÇÃO	4
	2. MENSAGENS PRINCIPAIS	6
	3. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DAS TRAJETÓRIAS DE DESCARBONIZAÇÃO	8
	4. TRAJETÓRIAS DE DESCARBONIZAÇÃO SEM OVERSHOOT DA TEMPERATURA	12
	5. TRAJETÓRIAS DE DESCARBONIZAÇÃO INCLUINDO A VIABILIDADE	17
	6. TRAJETÓRIAS DE DESCARBONIZAÇÃO NACIONAIS COMPARÁVEIS	20
	7. TRAJETÓRIAS DE DESCARBONIZAÇÃO PLAUSÍVEIS PARA ATINGIR AS METAS DE PARIS E GLASGOW	24
	8. EXPLORANDO AS OPÇÕES DE COMPARTILHAMENTO DE ESFORÇOS PARA CUMPRIR AS METAS DE PARIS	28
	9. COMUNICAÇÃO DE RESULTADOS SOBRE COMPENSAÇÕES, BENEFÍCIOS CONJUNTOS E IMPACTOS EVITADOS	31
	10. ENVOLVIMENTO DAS PARTES INTERESSADAS EM UM PROCESSO DE COCRIAÇÃO	33
	11. CAPACITAÇÃO NO ENGAGE	38
	12. OBSERVAÇÕES FINAIS	39

1. Introdução

Conforme o mundo enfrenta os riscos de perigosas mudanças climáticas, os formuladores de políticas, líderes de setores e da sociedade civil contam com os Modelos de Avaliação Integrada (IAMs, sigla em inglês) para informar e orientar estratégias para cumprir os objetivos do Acordo de Paris (AP) e acordos subsequentes. O ENGAGE respondeu a esse desafio envolvendo essas partes interessadas (consulte a Seção 9) na coprodução de uma nova geração de trajetórias globais e nacionais de descarbonização (Seções 5 e 6). Foram desenvolvidas ferramentas e abordagens para explorar a viabilidade multidimensional dessas trajetórias de descarbonização (Seção 3) e identificar oportunidades para fortalecer as políticas climáticas, minimizando os riscos de viabilidade. Foram projetadas novas trajetórias de emissão para minimizar o não cumprimento da meta de temperatura (Seção 4), explorar o momento do *net-zero* (ou emissões líquidas iguais a zero) para atingir a meta de temperatura de Paris e reduzir a dependência de tecnologias controversas de emissões negativas. No entanto, as trajetórias globais de descarbonização são somente viáveis na medida em que estiverem alinhados com as políticas e os planos nacionais, de modo que o projeto deu atenção especial ao alinhamento e à conciliação das trajetórias globais de descarbonização com as políticas e compromissos de redução de emissões nacionais e os mecanismos internacionais de governança (Seções 5 e 6). O projeto também quantificou os impactos evitados das mudanças climáticas, os co-benefícios e as compensações das políticas climáticas (Seção 8) e explorou as implicações de compartilhamento de esforços nas trajetórias de descarbonização (Seção 7).

FIGURA 1:
Visão geral conceitual
do projeto ENGAGE



Os resultados resumidos nas seções a seguir só puderam ser alcançados através de conhecimentos multidisciplinares, interdisciplinares e transdisciplinares. A equipe do projeto reuniu um consórcio global de equipes líderes de IAMs da Europa e de países fora da União Europeia – UE (Brasil, China, Índia, Indonésia, Japão, Coreia, México, Rússia, Tailândia, EUA e Vietnã). No total, 74% das emissões globais de CO₂ em 2015 foram originadas de países representados no consórcio (incluindo parceiros externos), incluindo 9 dos 11 maiores emissores. Os países variam entre países de alta renda (por exemplo, UE, Japão, EUA) e países de renda média baixa (Índia, Vietnã). O conjunto de IAMs que tem sido usado abrange uma ampla gama de abordagens. A variedade de diferentes tipos de modelos ajudou a identificar percepções robustas que se mantêm em diferentes modelos.

INFORMAÇÕES SOBRE O PROJETO

Explorando ações nacionais e globais para reduzir as emissões de gases de efeito estufa

ID do contrato de subvenção: 821471

Data de início setembro de 2019 | **Data de término** dezembro de 2023

Parceiros

International Institute for Applied Systems Analysis (Áustria) - Coordenador do projeto
Potsdam Institute for Climate Impact Research (Alemanha)
PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (Holanda)
Euro-Mediterranean Center on Climate Change (Itália)
E3 Modelling (Grécia)
Central European University (Hungria)
COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brasil)
The Energy and Resources Institute (Índia)
National Institute for Environmental Studies (Japão)
NewClimate Institute (Alemanha)
Wageningen University (Holanda)
National Research University Higher School of Economics (Rússia | até abril de 2022)
Tsinghua University (China)
Energy Research Institute (China)
National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation (China)
Indian Institute of Management (Índia)
Research Institute of Innovative Technology for the Earth (Japão)
Korea Advanced Institute of Science and Technology (Coreia)
University of Seoul Industry Cooperation Foundation (Coreia)
Sirindhorn International Institute of Technology – Thammasat University (Tailândia)
International University – Vietnam National University Ho Chi Minh City (Vietnã)
Bandung Institute of Technology (Indonésia)
Jill Jaeger (Áustria)
Utrecht University (Holanda)
Kyoto University (Japão)
O ENGAGE também tem três parceiros externos:
Joint Global Change Research Institute (Estados Unidos)
SHURA Energy Transition Center (Turquia)
TNO (Holanda)

2. Principais mensagens

Avaliação da viabilidade das trajetórias de descarbonização

- **Em geral, é mais viável agir com rapidez.** A estrutura de viabilidade desenvolvida no projeto ENGAGE mostra que os cenários com uma transformação ambiciosa imediata para uma sociedade de baixo teor de emissões de carbono enfrentam preocupações de viabilidade menores no longo prazo do que os cenários de ações tardias. A superação das preocupações quanto à viabilidade no curto prazo traz claros benefícios no longo prazo.
- **As instituições constituem uma grande preocupação com relação à viabilidade dos cenários de mitigação.** Em muitos lugares, os governos e outras instituições podem não ter a capacidade de atender às rápidas necessidades de mitigação em cenários de baixo carbono. Uma ajuda internacional focada poderia fazer uma grande diferença nesse caso, por exemplo, através do investimento em educação.
- **As estratégias de mitigação da demanda e da oferta devem ser equilibradas.** Visto que tanto a estratégia de mitigação da demanda quando aquela de mitigação da oferta apresentam suas próprias preocupações em termos de viabilidade, é mais prudente adotar uma abordagem mista.

Trajetoárias de descarbonização sem overshoot da temperatura

- **Confiar em cenários com emissões líquidas negativas leva a níveis perigosos de overshoot.** Trajetórias que dependem de emissões líquidas negativas resultam em temperaturas máximas em meados do século até 0,15°C mais altas (para orçamentos de 1.000 Gt CO₂) do que se o orçamento for cumprido até o momento do *net-zero*. Isso resultaria em impactos climáticos substancialmente maiores e riscos de atingir pontos de inflexão.
- **O investimento em energia de baixo carbono deve, pelo menos, dobrar até 2030 para evitar o overshoot (com um orçamento de 1.000 Gt).** O atendimento das ambiciosas necessidades de investimento de curto prazo em energia solar, eólica e elétrica redes e o armazenamento ajuda a atingir as metas de pico de aquecimento.
- **O investimento antecipado traz ganhos econômicos de longo prazo.** O PIB (Produto Interno Bruto) do final do século é maior em cenários que evitam o *overshoot* da temperatura.
- **Há uma necessidade urgente de desenvolver e implantar tecnologias de remoção de carbono.** Mesmo em cenários que evitam emissões líquidas negativas, a remoção de CO₂ é necessária para acelerar o processo de mitigação de curto prazo e para compensar as emissões de setores de difícil descarbonização (ou também chamados de setores difíceis de abater do termo em inglês *hard-to-abate sector*).

Trajetoárias de descarbonização incluindo a viabilidade

- **O aquecimento provavelmente passará de 1,5°C, especialmente devido à baixa capacidade institucional, por isso, o mundo deve se preparar para um overshoot da temperatura.** Nos cenários de mitigação mais ambiciosos, que consideram restrições de viabilidade, a chance de manter o pico de aquecimento abaixo de 1,5° C é de apenas 10-25%.
- **Reduzir a demanda de energia aumenta a probabilidade de permanecer abaixo de 1,5°C e é ainda mais importante para ajudar a reduzir as temperaturas após um pico.**
- **Países com alta capacidade institucional devem assumir mais responsabilidade na mitigação de curto prazo.** Esses países incluem a UE, o Japão e os EUA.
- **O apoio internacional à capacidade institucional é essencial para alcançar objetivos ambiciosos de descarbonização.** Uma forma eficaz de acelerar a ação climática global poderia ser a capacitação e a transferência de conhecimento, com foco na capacidade institucional em nações com alto potencial de mitigação.

Trajetoárias globais e nacionais que atendem às metas de Paris e Glasgow

- **Nem as políticas atuais nem as contribuições nacionalmente determinadas (NDCs, sigla em inglês) existentes se aproximam dos objetivos de Paris.** Na melhor das hipóteses, as políticas atuais estabilizam as emissões de gases de efeito estufa (GEE), enquanto um que um corte drástico é necessário.
- **As recentes metas de *net-zero* são um grande passo à frente.** Esses compromissos, anunciados por vários países antes e durante a COP26 em Glasgow, reduziram as emissões globais para um nível muito inferior àquele das políticas ou NDCs atuais. No entanto, ainda não são suficientes para atender os objetivos climáticos de longo prazo.
- **Para fechar a lacuna restante, o uso de combustíveis fósseis deve ser reduzido drasticamente e o alcance das energias renováveis deve ser ampliado ainda mais.**
- **A combinação ideal de abordagens de mitigação difere muito de país para país,** com combinações variadas de energia solar, eólica, biomassa, hidrelétrica, geotérmica e captura de carbono, bem como a energia das ondas e das marés.

Compartilhamento de esforços para atingir as metas de Paris

- **A equidade é acessível.** A maioria dos esquemas de compartilhamento de esforços leva a apenas uma pequena redução em 2050 do PIB global (bem abaixo de 1% em comparação aos cenários ideais de custos).
- **O comércio de emissões baseado na equidade pode reduzir ainda mais os custos.** No entanto, a escala de transferências internacionais pode inviabilizar isso.
- **Um clube climático pode reunir o que há de melhor nos dois mundos.** Se um grupo grande o suficiente de nações dispostas fizer um esforço extra, então o mundo poderá alcançar uma mitigação justa e de baixo custo com transferências financeiras limitadas.
- **É provável que os países em desenvolvimento se beneficiem de qualquer uma dessas abordagens.** Índia, Indonésia, México, África do Sul e Tailândia enfrentam menor esforço de mitigação em todos esses esquemas baseados em ética do que em cenários de custos ideais.

Envolvimento das partes interessadas em soluções para mudanças climáticas

- **O diálogo com as partes interessadas é necessário.** Encontrar e implementar soluções para as mudanças climáticas antropogênicas exige um processo de diálogo iterativo e construtivo entre as comunidades de pesquisa e uma ampla gama de outras partes interessadas. O financiamento, a capacitação e o intercâmbio de experiências com o envolvimento das partes interessadas são necessários para encontrar e implementar soluções para os problemas complexos que a sociedade está enfrentando atualmente.
- **As atividades online não podem substituir totalmente as reuniões presenciais.** A fim de encontrar e implementar trajetórias que atendam os objetivos de Paris, as partes interessadas precisam de tempo e espaço suficientes para conhecer e compreender perspectivas diversas, aprofundar-se quando necessário e envolver-se em múltiplos diálogos iterativos.
- **É necessária uma plataforma central para documentar as lições aprendidas no envolvimento das partes interessadas em todos os projetos.** No projeto ENGAGE, um conjunto de ferramentas e abordagens foi utilizado em um processo de envolvimento das partes interessadas cuidadosamente elaborado, beneficiando-se enormemente da experiência em projetar e implementar atividades de envolvimento das partes interessadas em outros projetos financiados pela UE. A criação de uma plataforma central para documentar as lições aprendidas durante o envolvimento das partes interessadas criaria uma base sólida para projetar e implementar processos eficazes de cocriação em projetos futuros.

3. Avaliação da viabilidade das trajetórias de descarbonização

Desenvolvimento de uma ferramenta para avaliar a viabilidade da descarbonização

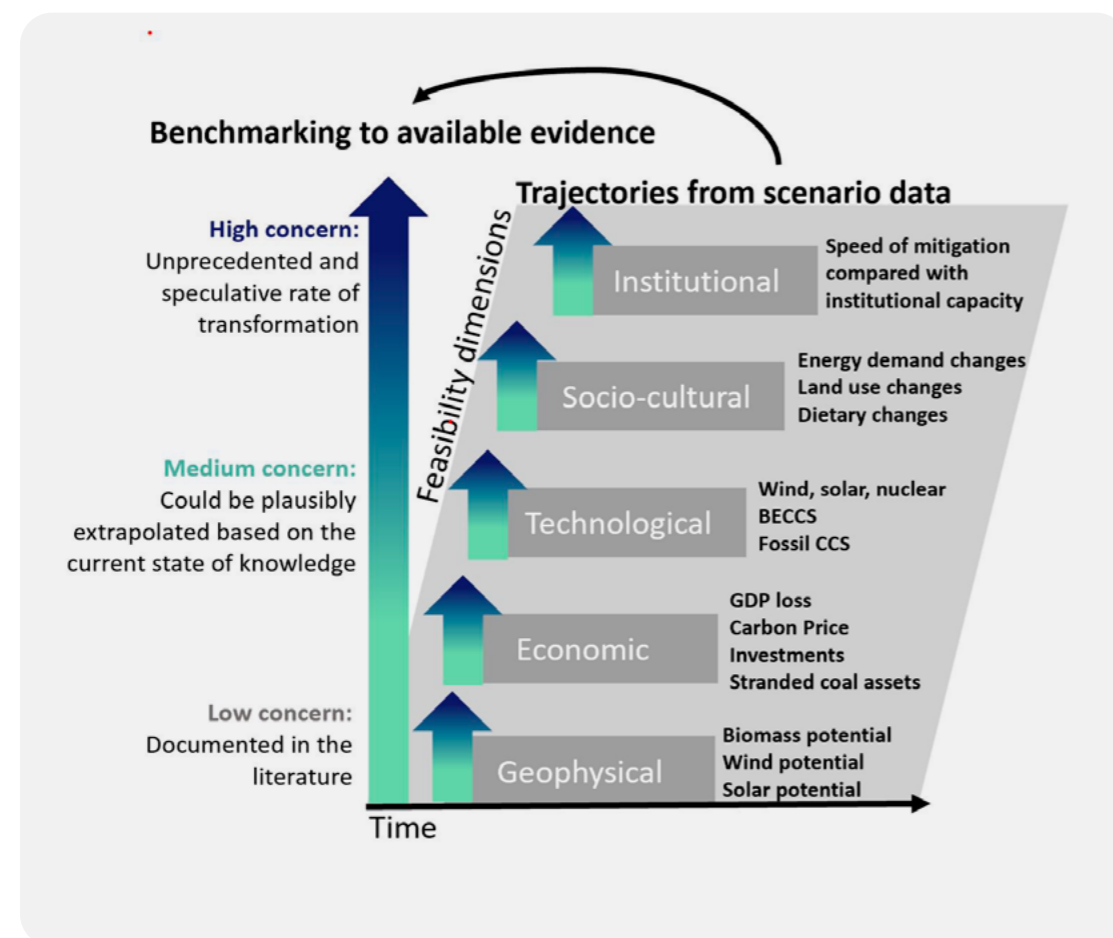
Os IAMs calculam os cenários de mitigação mais econômicos para um determinado objetivo climático. Com foco no custo, esses modelos não podem avaliar a viabilidade de seus cenários em um sentido amplo. A fim de avaliar as preocupações relativas à viabilidade levantadas ao analisar os cenários de mitigação, foi desenvolvida e utilizada uma nova estrutura.

A estrutura (Figura 2) analisa cinco dimensões em que as preocupações com a viabilidade podem surgir: geofísica, tecnológica, econômica, sociocultural e institucional. Cada dimensão é avaliada por meio de indicadores-chave, tal como o preço do carbono, que são relatados em cenários. A estrutura atribui níveis de preocupação com a viabilidade (baixo, médio e alto) a diferentes valores de cada indicador, com base em percepções da literatura e de dados empíricos. Uma preocupação de nível alto significa que o indicador atinge níveis muito acima dos observados no passado, o que exigiria alguns viabilizadores substanciais, como um avanço tecnológico ou uma mudança sem precedentes de comportamento.

FIGURA 2: Estrutura de viabilidade multidimensional baseada em Brutschin et al. (2021)



Aplicativo interativo de viabilidade online disponível em feasibility.streamlit.app

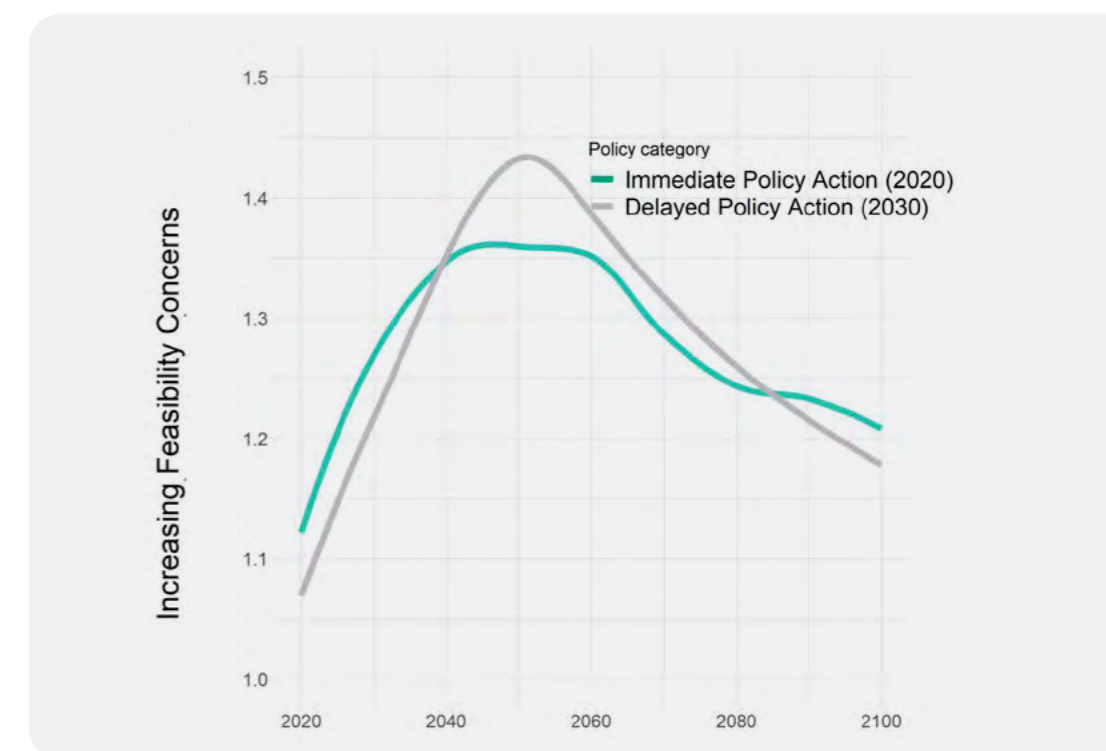


Para analisar um cenário, a primeira etapa é agregar as preocupações relativas a cada indicador. Isso pode fornecer um detalhamento da viabilidade ao longo do tempo e das cinco dimensões, bem como uma preocupação geral quanto à viabilidade ao longo do século com relação ao cenário.

Mudanças rápidas ou lentas?

Quando aplicada aos cenários do relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês) sobre o Aquecimento Global de 1,5°C, essa estrutura mostra o valor de uma ação rápida. Uma abordagem ambiciosa que exija uma rápida transformação do sistema apresentará uma preocupação maior quanto à viabilidade no curto prazo, mas uma preocupação geral menor nas décadas seguintes (Figura 3).

FIGURA 3: Viabilidade de duas trajetórias, ambas com o objetivo de limitar o aquecimento a 1,5°C. A trajetória "Ação política imediata" pressupõe que a mitigação comece em 2020, enquanto a trajetória "Ação política tardia" pressupõe que a mitigação comece somente em 2030.



A equipe encontrou resultados semelhantes quando aplicou a estrutura a mais dois conjuntos de cenários. Metade é forçada a cumprir seu orçamento de carbono no momento em que o mundo atinge o *net-zero* o que exige uma ação política ambiciosa e imediata; os outros permitem que as emissões ultrapassem o orçamento, seguindo-se com emissões líquidas negativas para, por fim, cumprir o orçamento até 2100. Ao longo do século, a preocupação quanto à viabilidade é menor nos cenários mais ambiciosos de orçamento *net-zero*. Isso se deve a dois motivos principais: há menos dependência das emissões negativas em larga escala, cuja viabilidade é incerta; e, com a ação tardia, a infraestrutura de uso intensivo de carbono - como a energia a carvão - continua a crescer, dificultando muito mais a mudança para opções mais ecológicas.

Estudos empíricos mostram que é muito difícil aposentar as usinas de carvão antes do fim de sua vida útil natural. Até o momento, elas foram desativadas principalmente em países ricos com reservas de carvão antigas e governos relativamente transparentes e independentes. Com base nisso, a estrutura atribui alta preocupação de viabilidade relativa à desativação prematura de mais de 50% da energia a carvão global em uma determinada década.

A importância da governança e das instituições

O mesmo estudo constatou que a capacidade institucional é a dimensão com as preocupações de viabilidade de nível mais elevado.

A mitigação do clima precisa de um planejamento confiável e, por conseguinte, de uma governança eficaz. Evidências crescentes demonstram que os países com melhor governança têm uma política climática mais eficaz, por exemplo, com preços de carbono mais altos e mais rapidez na eliminação gradual do carvão e na implantação de energia renovável.

Para a nova estrutura, a equipe do projeto quantificou essa relação. Ela comparou os Indicadores de Governança Mundial do Banco Mundial e o Índice de Desempenho Ambiental para revelar quais níveis de governança são necessários para uma política climática rigorosa. Em seguida, dados históricos da UE mostraram as reduções de CO₂ que podem ser alcançadas com altos níveis de governança.

Os cenários de IAMs não incluem o nível de governança; portanto, a equipe teve de encontrar um modo indireto de incluí-los na estrutura. Eles usaram um estudo que demonstra que o PIB per capita, o ensino superior e a igualdade de gênero na educação são bons indicadores do nível de governança. Esses três indicadores são quantificados nas cinco Trajetórias Socioeconômicas Compartilhadas (*Shared Socioeconomic Pathways -SSPs*), que formam um pano de fundo para os cenários. Os pesquisadores usaram esses indicadores para projetar os níveis de governança de cada país até o final do século. A estrutura adota esses níveis de governança, que são os mesmos em todos os cenários com base em uma SSP específica.

O indicador para essa dimensão compara o nível de governança com a velocidade de redução das emissões de CO₂ per capita. Se um cenário exigir uma rápida mitigação em uma região com um baixo nível de governança projetado, isso implica um alto nível de preocupação quanto à viabilidade.

Globalmente, na maioria dos cenários de 1,5°C do IPCC, essa é, de longe, a maior preocupação de viabilidade. Visto que se concentram no custo monetário, os IAMs tendem a projetar muita mitigação nas regiões em desenvolvimento, onde ela é mais econômica. Muitas dessas regiões, no entanto, apresentam baixos níveis de governança projetados, o que significa que esses esforços de mitigação podem estar além de sua capacidade institucional. Em termos de viabilidade, portanto, pode fazer sentido seguir um cenário que coloque mais carga de mitigação nas nações desenvolvidas, que provavelmente terão maior capacidade.

Outra solução poderia ser por meio da ajuda e cooperação internacional direcionadas ao clima. O investimento em educação pode ser uma medida eficaz, especialmente para meninas e mulheres. A educação e a igualdade de gênero estão entre os principais preditores de níveis mais altos de governança, e a educação tem demonstrado aumentar o comportamento pró-ambiental. Isso também deve melhorar a capacidade de adaptação nas regiões mais vulneráveis.

Equilibrar a atenção relativa à oferta e à demanda

Por fim, a análise demonstrou o melhoramento da viabilidade mediante a abordagem tanto da oferta quanto da demanda. Por exemplo, o cenário de Baixa Demanda de Energia (*Low Energy Demand scenario*) desenvolvido pelo IIASA se concentra na redução da demanda de energia por meio de mudanças comportamentais e maior eficiência energética. Embora isso evite alguns dos riscos das soluções tecnológicas do lado da oferta, tais como a energia de baixo carbono e a captura e o armazenamento de carbono, é uma preocupação de viabilidade relativamente alta na primeira década porque exige uma rápida mudança global de comportamento. Por outro lado, muitos cenários se concentram principalmente em opções do lado da oferta, e sua viabilidade melhoraria com uma redução um pouco maior da demanda.

PUBLICAÇÃO NA QUAL ESTE RESUMO SE BASEIA

Brutschin, E., Pianta, S., Tavoni, M., Riahi, K., Bosetti, V., Marangoni, G., & van Ruijven, B.J. (2021). A multidimensional feasibility evaluation of low-carbon scenarios. *Environmental Research Letters*, 16 064069. [pure.iiasa.ac.at/17259]

4. Trajetórias de descarbonização sem overshoot da temperatura

Sistemas de energia transformados

O cumprimento dos objetivos de Paris exigirá uma transformação nos sistemas de energia. Para explorar como isso pode ser feito, os IAMs calculam cenários que limitam o aquecimento global por meio de um portfólio de cortes de emissões e mudanças no uso do solo - tudo otimizado para baixo custo. Na maioria desses estudos, os objetivos de temperatura devem ser atingidos somente em 2100, dando aos cenários a liberdade de ultrapassar temporariamente esses objetivos. Essa é a abordagem de menor custo na maioria dos cenários, principalmente os do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC e do Relatório Especial sobre o Aquecimento Global de 1,5°C.

Esses cenários dependem muito de emissões líquidas negativas no final do século para reverter o overshoot. A remoção de CO₂ em uma escala tão grande sobrecarrega as gerações posteriores e pode se tornar insustentável ou inviável (consulte a Seção 3).

Limitação de picos

Para explorar as implicações de ser mais ambicioso, o projeto ENGAGE comparou duas abordagens: as trajetórias tradicionais de emissões que se concentram apenas nas metas de temperatura do final do século, em comparação às trajetórias que limitam explicitamente o pico de temperatura.

O pico de temperatura depende principalmente do total cumulativo de CO₂ emitido quando o mundo atinge emissões *net-zero*. Cada trajetória no segundo conjunto exige que o orçamento de carbono seja atingido no momento do *net-zero*, com pouco ou nenhum overshoot. (Um pequeno overshoot pode ocorrer devido a outros gases de efeito estufa).

Nove equipes de modelagem alimentaram essas trajetórias em diferentes IAMs para gerar cenários de mitigação, revelando as consequências para o clima e a economia.

Riscos climáticos

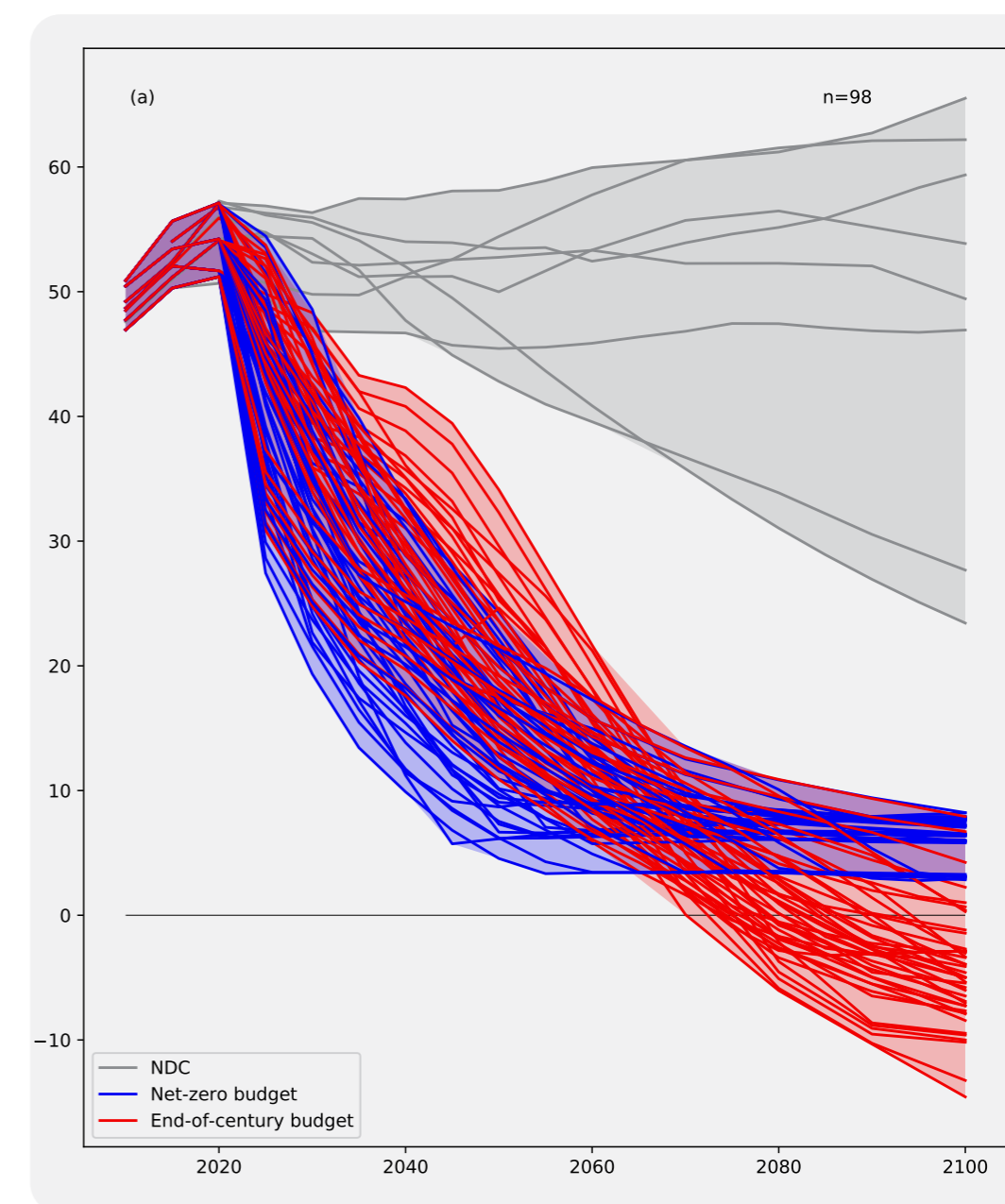
Os resultados (Figura 4) indicam que os cenários com um orçamento de carbono de 1.000 Gt CO₂ apresentam um aquecimento de 1,7 a 2,1 °C no final do século. Entre eles, os cenários que dependem de emissões líquidas negativas apresentam temperaturas de pico até 0,15°C mais altas do que nos cenários sem emissões.

Esse é um risco climático considerável, capaz de expor muitos milhões de pessoas a situações climáticas extremas e aumentar o risco de pontos de inflexão climática, bem como outras mudanças que não podem ser prontamente revertidas. De acordo com o Relatório Especial do IPCC sobre o Aquecimento Global de 1,5°C: "O overshoot representa grandes riscos para os sistemas naturais e humanos, especialmente se a temperatura no pico do aquecimento for alta, porque alguns riscos podem ser duradouros e irreversíveis, como a perda de alguns ecossistemas."

Todas as trajetórias nas quais as emissões seguem as atuais NDCs até 2030 colocam um mundo de 1,5°C fora de alcance. O início tardio significa que é simplesmente impossível aumentar a escala da descarbonização com rapidez suficiente. A temperatura de pico mais baixa atingível é de 1,6 a 1,9 °C.

FIGURA 4:

Emissões em todos os cenários em que o aquecimento é de 2°C ou menos. As linhas vermelhas mostram cenários com overshoot e emissões líquidas negativas. As linhas azuis mostram cenários de orçamento *net-zero* com pouco ou nenhum overshoot. As linhas cinza mostram cenários NDC.

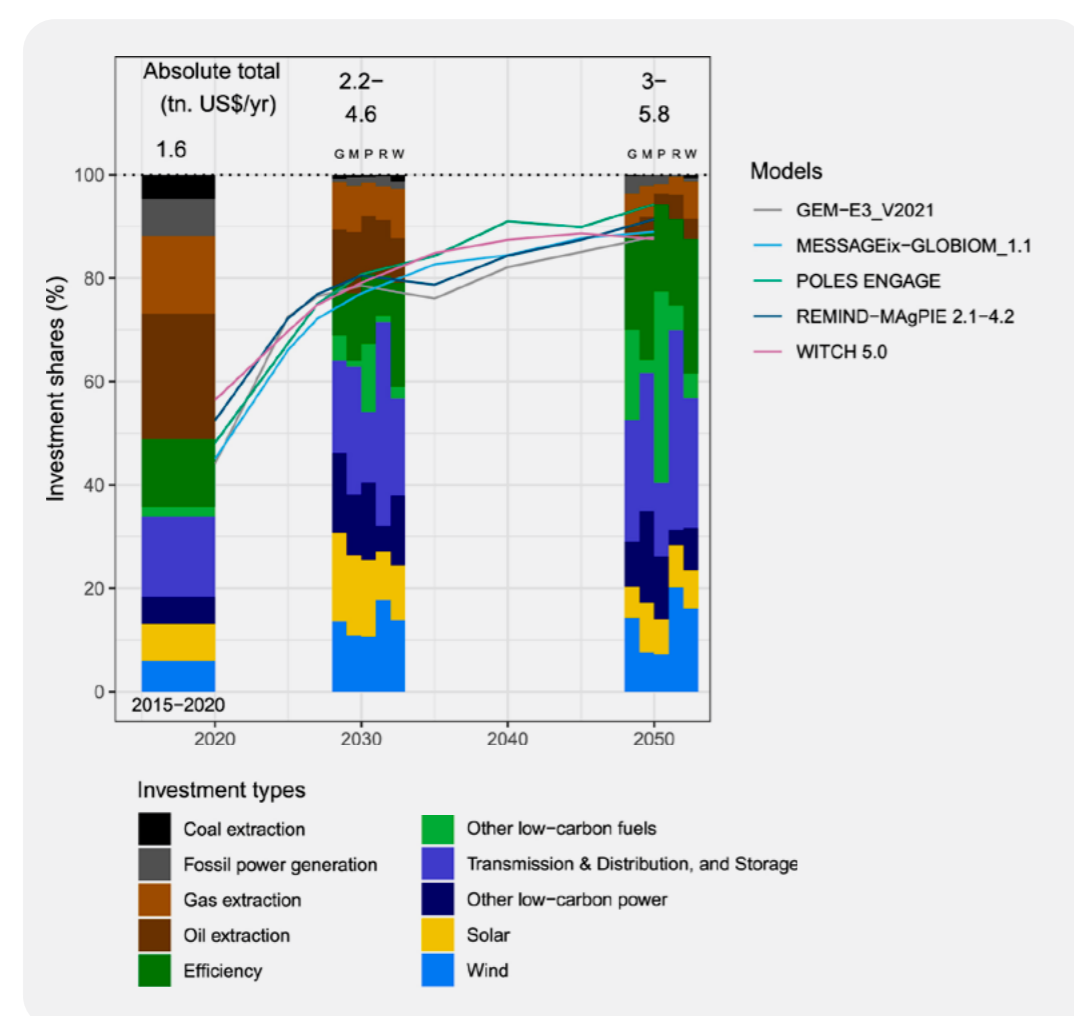


Investimentos duplicados

Outro estudo analisou detalhadamente os investimentos necessários para transformar o sistema de energia. Os cenários com um orçamento de 1.000 Gt (Figura 5) exigem que o investimento anual em energia de baixo carbono de 2025 a 2030 seja pelo menos duas vezes maior do que para os níveis de 2020. A maior parte disso está em energia solar, eólica, e armazenamento. Em todos os cenários que limitam o pico de aquecimento para menos de 2°C, o carvão é eliminado rapidamente, com reduções consideráveis no petróleo e no gás.

Além de descarbonizar o sistema de energia, isso permite que outros setores sejam limpos. Sempre que possível, isso será feito por meio de eletrificação direta. Em setores de difícil descarbonização, como a indústria pesada, isso significará o uso indireto de energia renovável, exigindo investimentos consideráveis em hidrogênio verde.

FIGURA 5: Investimentos projetados no setor para todos os cenários de orçamento líquido de 1.000 Gt.

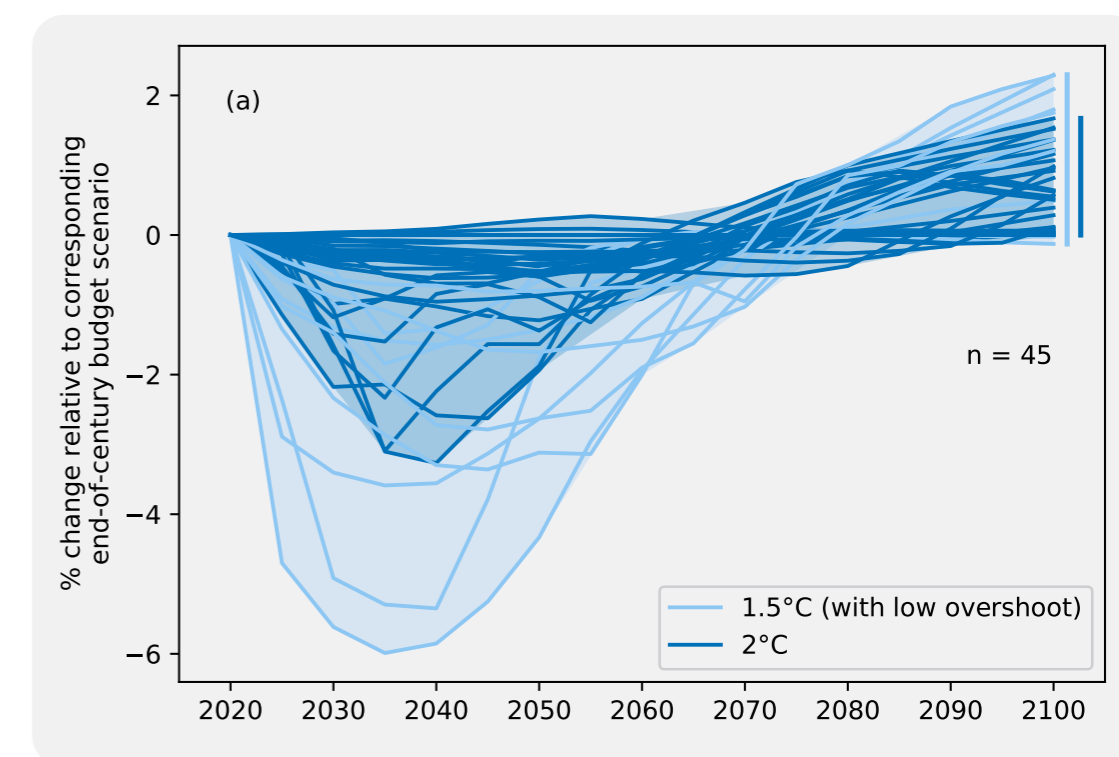


Recompensas econômicas

Evitar o *overshoot* traz benefícios econômicos de longo prazo. Nas próximas décadas, o custo de uma mitigação antecipada ambiciosa significa que o PIB global deverá ser menor do que nas trajetórias com emissões líquidas negativas (Figura 6). Na segunda metade do século, no entanto, isso se inverte, com o PIB mais alto em trajetórias que evitam emissões líquidas negativas de CO2 e não criam *overshoot*. Isso se deve, em parte, ao fato de que os cenários de *overshoot* devem continuar aumentando o preço do carbono para manter as emissões líquidas negativas.

Essa é uma conclusão conservadora, pois não inclui o impacto econômico das mudanças climáticas. Esse impacto reduziria ainda mais o PIB em cenários de *overshoot*, o que torna mais forte o argumento a favor de uma ação acelerada.

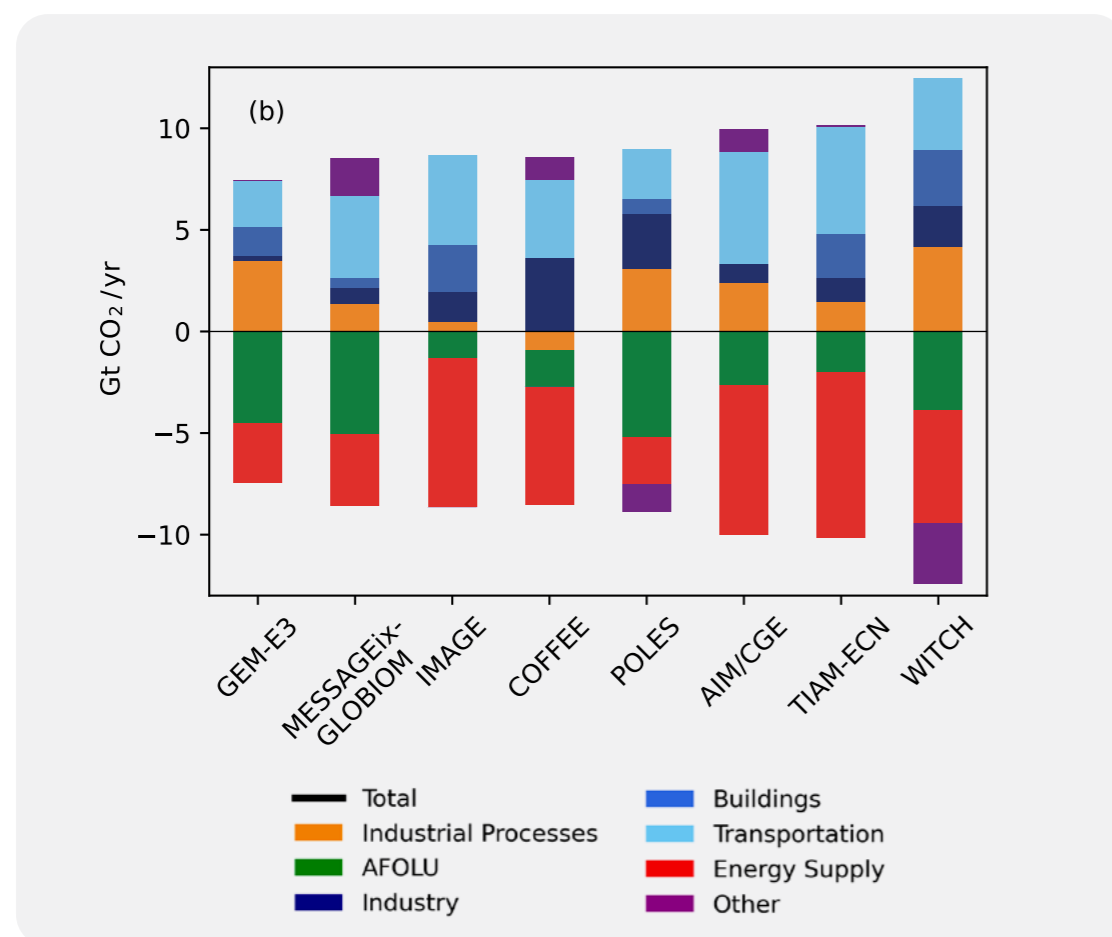
FIGURA 6: Diferença no PIB global projetado entre cenários de orçamento *net-zero* (sem *overshoot*) e aqueles que dependem de emissões *net-zero*. No longo prazo, o PIB é maior com orçamentos líquidos zero.



Remoções necessárias

A remoção de carbono ainda é necessária. Mesmo em cenários que não se baseiam explicitamente em emissões líquidas negativas, a remoção de CO2 da atmosfera acelera a mitigação no curto prazo e compensa as emissões residuais em setores de difícil descarbonização, como a fabricação de cimento. Nesses cenários, os modelos projetam uma remoção de carbono de 5 a 10 Gt por ano no momento do *net-zero* de acordo com um orçamento de 1.000 Gt (Figura 7). Alguns modelos favorecem o florestamento e o reflorestamento; alguns favorecem as tecnologias de remoção, especialmente a bioenergia com captura e armazenamento de carbono; alguns preferem um equilíbrio entre os dois.

FIGURA 7: Emissões por setor em um cenário de orçamento *net-zero* de 1.000 Gt no momento em que se atinge o *net-zero*. Todos os modelos exigem emissões negativas consideráveis no setor de energia para compensar as emissões em outros lugares.



PUBLICAÇÃO NA QUAL ESTE RESUMO SE BASEIA

Riahi, Keywan, Christoph Bertram, Daniel Huppmann, Joeri Rogelj, Valentina Bosetti, Anique-Marie Cabardos, Andre Deppermann, et al. "Cost and Attainability of Meeting Stringent Climate Targets without Overshoot." *Nature Climate Change* 11, no. 12 (December 2021): 1063–69. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01215-2>.

Bertram, C., Riahi, K., Hilaire, J., Bosetti, V., Drouet, L., Fricko, O., Malik, A., Nogueira, L.P., et al. (2021). Energy system developments and investments in the decisive decade for the Paris Agreement goals. *Environmental Research Letters* 16 (7) 074020. [pure.iiasa.ac.at/17288]

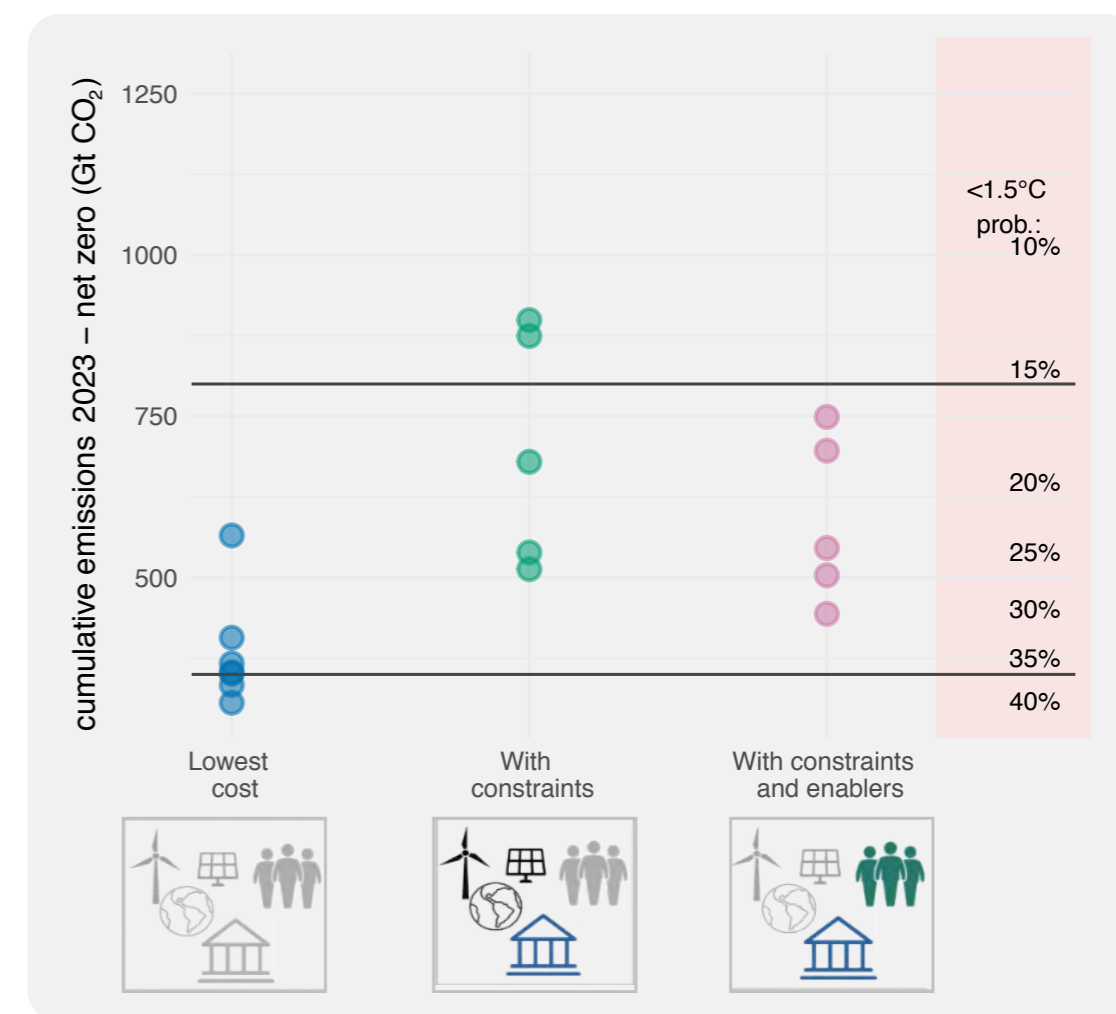
5. Trajetórias de descarbonização incluindo a viabilidade

Adotando a noção de viabilidade (consulte a Seção 3), essa nova pesquisa mostra que o mundo provavelmente ultrapassará 1,5°C, em grande parte devido à baixa capacidade institucional. A redução da demanda de energia e a eletrificação são duas opções para diminuir o calor; e abordar instituições fracas pode ser ainda mais eficaz.

Conforme discutido na Seção 3, o projeto ENGAGE desenvolveu uma estrutura (consulte a Figura 1) para avaliar preocupações relativas à viabilidade decorrentes de recursos naturais, tecnologia, comportamento e instituições. Essa estrutura foi usada em oito IAMs diferentes, a fim de explorar a viabilidade de metas climáticas ambiciosas.

As restrições institucionais se revelam como as mais substanciais. Diversos estudos empíricos demonstraram que a implementação de políticas climáticas, como os impostos sobre o carbono e a eliminação gradual do carvão, é afetada pela capacidade institucional. Para representar essa restrição,

FIGURA 8: Resultados do orçamento de carbono entre os modelos e a probabilidade de ficar abaixo de 1,5°C. Os ícones sólidos indicam que o cenário considera restrições tecnológicas e geofísicas harmonizadas ("black technologies"), restrições institucionais e diferenciação ("blue building") e viabilizadores sociais da demanda e da eletrificação ("green people"), enquanto os ícones cinzas semitransparentes indicam apenas as suposições padrão do modelo.



os estudos primeiramente estimam a capacidade institucional dos países, a qual, conforme discutido na Seção 3, pode ser relacionada empiricamente ao PIB per capita, aos níveis de ensino superior e à igualdade de gênero na educação. Em seguida, os modelos estabelecem limites para os preços do carbono e para o ritmo das reduções de emissões em função da capacidade institucional, que evoluem com o tempo conforme o aperfeiçoamento da governança.

Os estudos também analisam as restrições das perspectivas tecnológicas e geofísicas. Com base em uma ampla revisão da literatura, eles estabeleceram limites plausíveis para: a geração de energia a partir da biomassa; a quantidade total de CO₂ que pode ser armazenada em formações geológicas; e a velocidade com que se espera que diferentes países e regiões incrementem a energia solar, eólica e outras tecnologias de baixo carbono.

Esteja preparado

Essas restrições de viabilidade dificultam ainda mais o alcance das metas de Paris. Sem uma grande mudança sistêmica, é improvável que o mundo consiga limitar o pico de aquecimento a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais. Os estudos se concentram em dois objetivos de temperatura: 2°C e 1,5°C¹. A meta mais rígida foi dificultada pelo aumento das emissões globais nos últimos dois anos, desde o fim da pandemia da COVID-19. Mesmo sem impor restrições de viabilidade, os modelos têm dificuldade para alcançá-lo², devido à inércia na substituição da infraestrutura com alto teor de carbono por tecnologias mais limpas - oferecendo menos de 40% de chance de manter o pico de aquecimento abaixo de 1,5°C. Acrescentando restrições de viabilidade em instituições, tecnologia e geofísica, os modelos mostram que essa probabilidade cai para 10-25%.

Isso pode ser melhorado com a suposição de dois viabilizadores: menor demanda de energia e maior eletrificação do que os modelos supõem nas configurações padrão. Mas eles têm um efeito limitado, melhorando a chance em 5-10 pontos percentuais.

Considerando que tanto as restrições quanto os viabilizadores levam a um *overshoot* médio projetado de 0,2 °C, é necessário se preparar para se adaptar a pelo menos esse nível de aquecimento e se preparar para reduzir as temperaturas novamente com a remoção de carbono depois de atingir o *net-zero*. Isso significa reduzir as emissões residuais aos níveis mais baixos possíveis e ampliar as tecnologias de remoção de carbono.

Seja econômico

A redução da demanda de energia permitiria que os países de alta governança assumissem mais responsabilidade pela redução das emissões. Embora provavelmente não seja suficiente para atingir 1,5°C, isso deveria ajudar muito na recuperação de um *overshoot*. Para reduzir a temperatura global em apenas 0,1°C, será necessário remover cerca de 220 GtCO₂ da atmosfera (aproximadamente 5 vezes as emissões anuais atuais), o que exigirá muita energia. A redução da demanda de outros setores deixará mais energia disponível para essa tarefa. E, ao serem pioneiros na redução da demanda, os países ricos também podem aprender lições para outros países seguirem, melhorando assim a viabilidade de médio e longo prazo da mitigação global.

1 Para 2°C, os cenários têm um orçamento de cerca de 800 Gt de emissões totais de CO₂ desde 2023, o que dá 66% de chance de ficar abaixo de 2°C, de acordo com os modelos climáticos. Para a meta de 1,5°C, a meta é de 350 Gt, ou a trajetória de emissão mais baixa que ainda pode ser alcançada em cada modelo. Em ambos os casos, o orçamento é definido até o momento de atingir o *net-zero* global, limitando assim a temperatura máxima.

2 Os modelos apresentam dificuldade para atingir 350 Gt a partir de 2023 e a média é de cerca de 440 Gt, o que representa menos de 40% de chance de manter o pico de aquecimento abaixo de 1,5°C.

Seja responsável

Os países que podem fazer mais, devem fazer mais. Os cenários de menor custo preveem que a maior parte da mitigação ocorra em países com menor capacidade institucional, onde ela tende a ser mais barata. As restrições institucionais transferem essa responsabilidade. Nos estudos ENGAGE, os cenários com restrições de viabilidade alocam a maior parte da mitigação de curto prazo para regiões com alta capacidade institucional, como a UE, a América do Norte e a OCDE do Pacífico. Esses países devem atingir cortes de emissões superiores a 80% até 2040 para se alinharem a um pico de aquecimento bem abaixo de 2°C. Os cenários também mostram uma parcela crescente de mitigação na China a partir de 2040.

Isso retira muita pressão do resto do mundo (especialmente dos países mais pobres), que, nos cenários de 2°C que incluem todas as restrições de viabilidade, precisam de cortes de emissões de 44% em 2050, em vez dos 68% no cenário econômico.

Puxe a alavanca grande

A mitigação enfrenta seu desafio mais significativo em termos de capacidade institucional, e o aprimoramento dessa capacidade pode oferecer o meio mais eficaz de melhorar a situação. A pesquisa também examina dois cenários de governança: um com limite de preço de carbono, mas sem restrições às reduções de emissões, e outro sem melhorias na capacidade ao longo do tempo. Esses cenários revelam variações substanciais nos orçamentos de carbono, abrangendo várias centenas de gigatoneladas.

Portanto, uma maneira eficaz de acelerar a ação climática global poderia ser através da capacitação e a transferência de conhecimento, com foco na capacidade institucional em nações com alto potencial de mitigação. A transferência de tecnologia também continuará sendo importante, pois o fato de tornar as tecnologias competitivas em termos de custo em todo o mundo permite um redimensionamento mais rápido.

PUBLICAÇÃO NA QUAL ESTE RESUMO SE BASEIA

A pesquisa para esse resumo foi conduzida por Christoph Bertram (PIK/Universidade de Maryland), Elina Brutschin, Keywan Riahi e Bas van Ruijven (IIASA). O trabalho foi publicado em um relatório interno para a Comissão Europeia em agosto de 2023.

As pré-impressões das próximas publicações serão postadas em www.engage-climate.org

6. Trajetórias de descarbonização nacionais comparáveis

O projeto ENGAGE reuniu os resultados de um novo conjunto de cenários nacionais padronizados. Pela primeira vez, eles permitem uma comparação direta entre as metas climáticas de diferentes países. Isso revela lacunas no esforço global, mede a imparcialidade das metas nacionais e identifica desafios específicos.

Alcançar as metas globais requer ação nacional

O cumprimento das metas climáticas globais do Acordo de Paris exige ações em nível nacional. Os cenários nacionais personalizados são valiosos para informar as políticas climáticas, mas são difíceis de comparar. Todas elas têm premissas diferentes e raramente são publicados em artigos acadêmicos abertos. O projeto ENGAGE desenvolveu e comparou um novo conjunto de cenários nacionais padronizados. Cada equipe nacional de modelagem foi solicitada a executar um cenário "business-as-usual", além de um conjunto de cenários de mitigação climática abrangendo uma ampla gama de cortes em 2050 - idealmente em incrementos de 10% a 100% (em relação às emissões em 2010).

O uso desses cenários padronizados permite uma comparação justa dos sistemas de energia e uso do solo de cada país em um determinado nível de mitigação, o que traz vários benefícios.

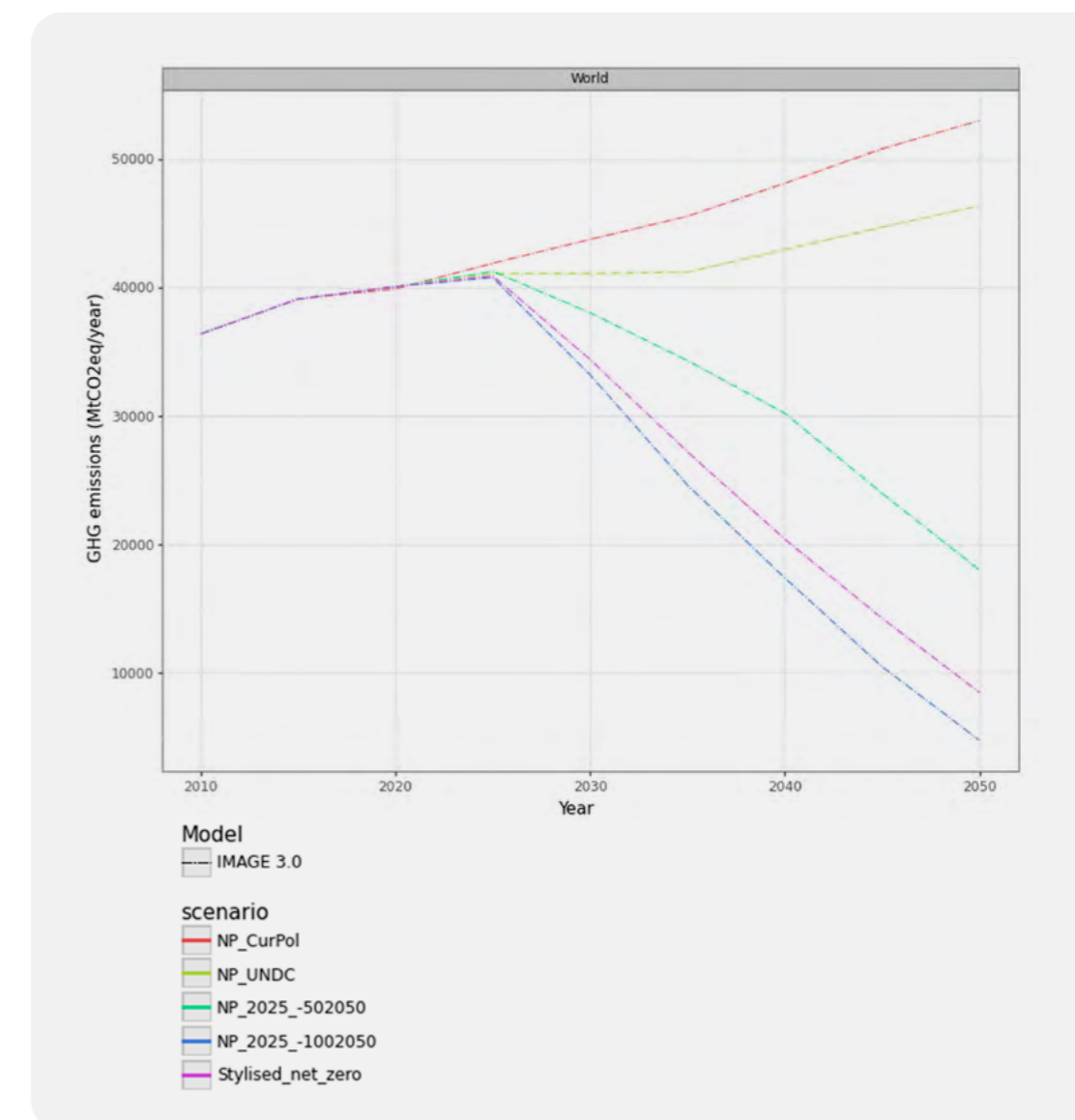
Ficando aquém do esperado

As comparações revelam que as políticas de curto prazo não correspondem às ambições de mitigação de longo prazo.

Comparamos conjuntos padronizados de cenários de nove países. Cada conjunto inclui um cenário de mitigação profunda, que segue a estratégia de mitigação de longo prazo publicada pelo país, se existente; caso contrário, ele usa uma meta baseada na renda (100% de corte de emissões para países de alta renda, 80% para países de renda média e 50% para países de baixa renda).

A análise mostra que, se todos os países seguissem essas trajetórias de mitigação profunda de longo prazo, as emissões globais seriam baixas o suficiente para cumprir o objetivo de Paris de manter o aquecimento bem abaixo de 2°C (com base nos resultados de um IAM global, o IMAGE).

FIGURA 9: Emissões modeladas seguindo alguns dos cenários especificados na nova estrutura padronizada.



Para cada país, a equipe também executou um cenário que segue seus compromissos climáticos de curto prazo até 2030: as NDCs incondicionais. Em sete dos nove países, essas NDCs são claramente inconsistentes com as trajetórias de mitigação profunda, às vezes com uma lacuna de emissões muito grande. Se todos os países seguissem suas NDCs incondicionais existentes, isso levaria a emissões globais muito acima da trajetória necessária para 2°C (Figura 9).

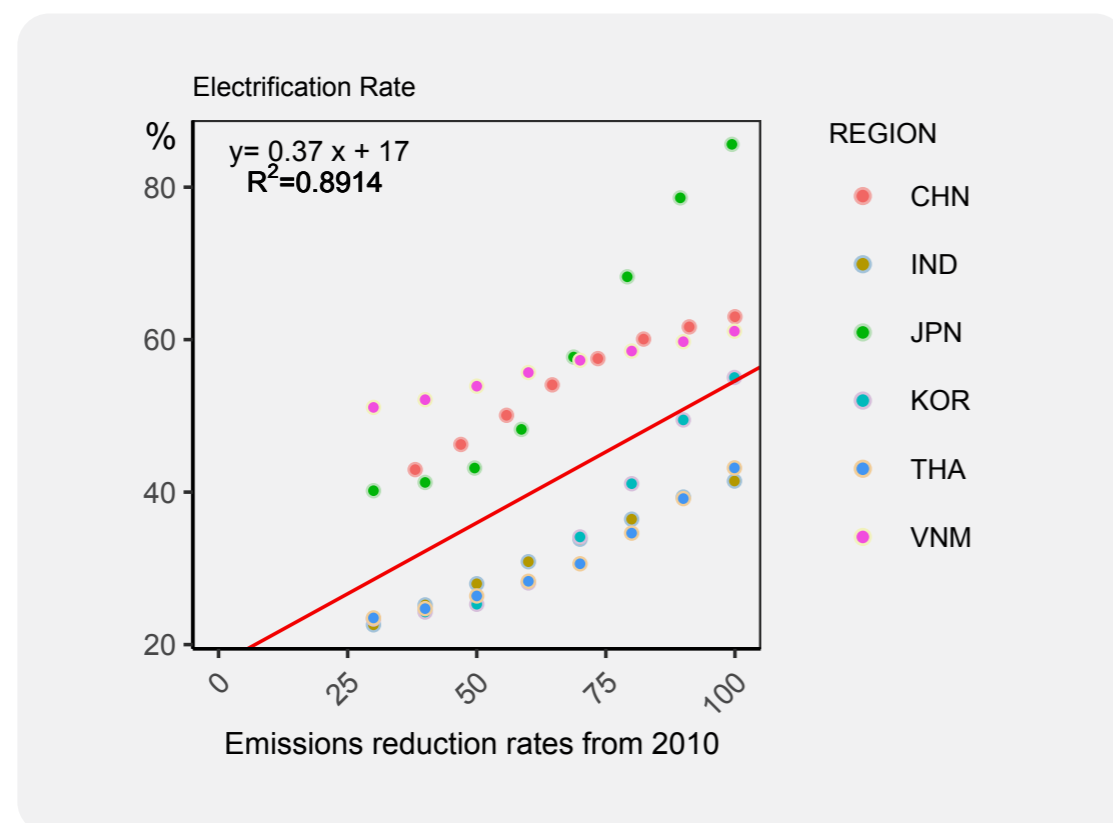
Desequilíbrios econômicos

Um determinado nível de mitigação pode ter impactos econômicos muito diferentes em países caracterizados por diferentes dotações de recursos naturais, instituições e governos, desenvolvimento econômico e capacidades de inovação.

Aqui mostramos os resultados do ENGAGE sobre o efeito da mitigação no PIB de seis países: China, Índia, Japão, Coreia, Tailândia e Vietnã. As diferenças são gritantes. Por exemplo, projeta-se que a Índia enfrentará uma perda maior do PIB para atingir uma meta de apenas 30% do que a Coreia enfrentará para reduzir as emissões em 100% (Figura 10). Esses desequilíbrios poderiam ser usados para avaliar a justiça econômica de cenários alternativos de compartilhamento de esforços, revelando quais reduções de emissões em uma nação em desenvolvimento seriam economicamente equivalentes à neutralidade de carbono em países mais ricos.

FIGURA 10:

Perda do PIB (%) versus redução de emissões para os seis países estudados. Em média, uma redução adicional de 10% nas emissões leva a uma perda de 0,5% no PIB em 2050.

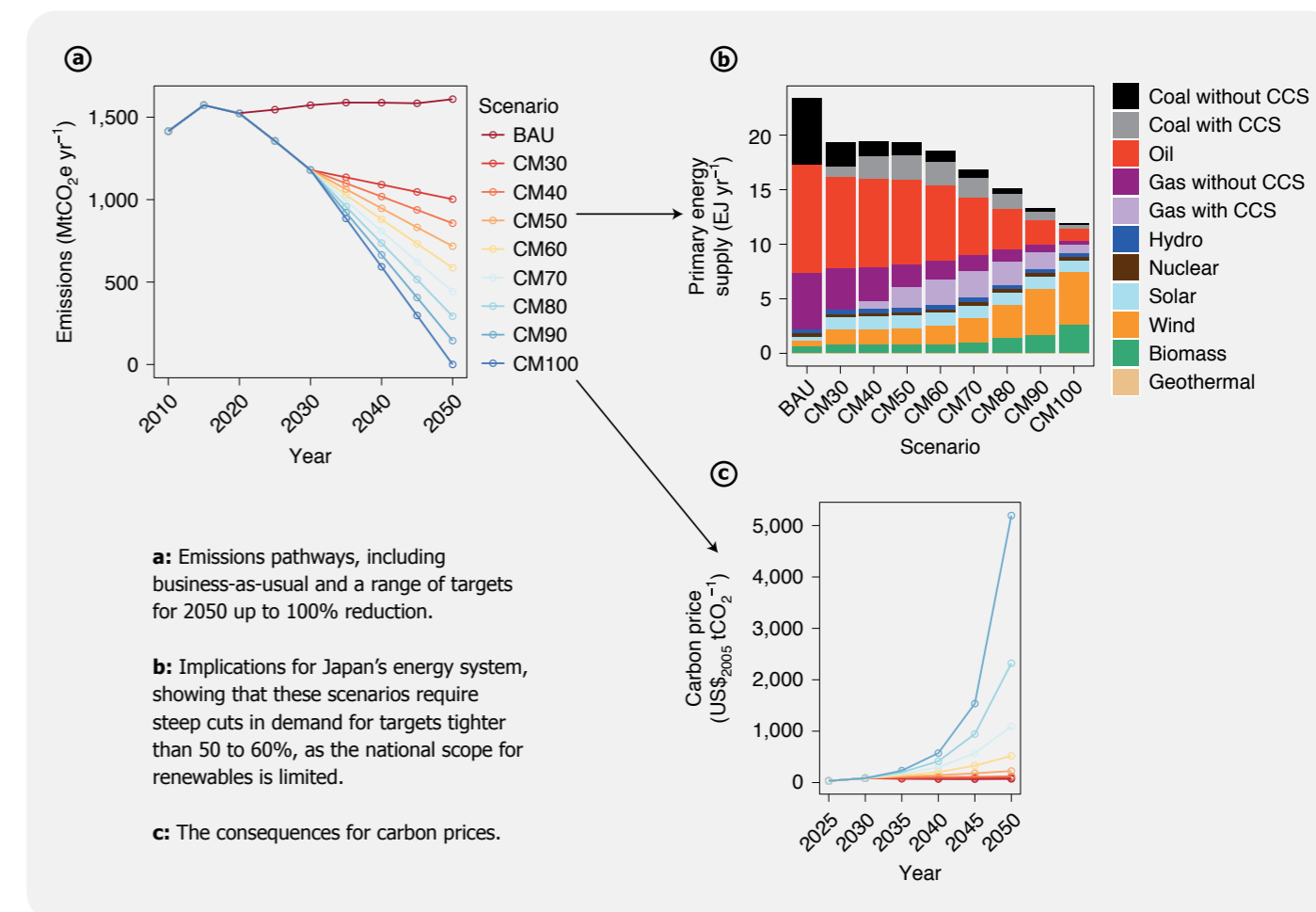


Esse tipo de *insight* também pode revelar onde são necessárias soluções especiais. Por exemplo, no estudo, alguns países observam um alto impacto no PIB mesmo com níveis modestos de mitigação.

Quando isso ocorre em um país em desenvolvimento, podem ser necessárias a cooperação e a assistência internacional. Se os custos forem especialmente altos em um país rico, sugere-se uma solução diferente. A pesquisa constatou que, no Japão, metas próximas a 100% eram muito difíceis de serem atingidas, com preços de carbono projetados chegando a US\$ 500, devido ao potencial limitado de energia solar e eólica do país (Figura 11). Nesse caso, o Japão poderia terceirizar seus esforços de mitigação, apoiando financeiramente outros países para que façam cortes de emissões mais econômicos em seu nome.

FIGURA 11:

Comparação de cenários para o Japão.



Esses resultados também mostram que a abordagem mais econômica para a mitigação varia muito. Os nove países comparados em um estudo separado apresentam misturas de energia projetadas muito diferentes em 2050. Alguns países deverão obter grande parte de sua energia de baixo carbono a partir da biomassa, energia nuclear ou hidrelétrica, em vez da energia solar e eólica.

Envolvimento mais amplo

Essa estrutura pode funcionar como um estímulo para que algumas nações aprimorem sua capacidade de modelagem e considerem cortes mais profundos do que poderiam ter considerado, o que poderia revelar que uma meta ambiciosa seja mais viável do que esperado. No entanto, serão necessários mais capacitação e apoio dos governos.

PUBLICAÇÃO NA QUAL ESTE RESUMO SE BASEIA

Fujimori, S., Krey, V., van Vuuren, D., Oshiro, K., Sugiyama, M., Chunark, P., Limmeechokchai, B., Mittal, S., et al. (2021). A framework for national scenarios with varying emission reductions. *Nature Climate Change* 11, 472-480. [pure.iiasa.ac.at/17229]

van Soest et al. (2021). Report on national decarbonization pathways considering current policies and NDCs and long term strategies. Internal report to the European Commission.

7. Trajetórias plausíveis que atendem às metas de Paris e Glasgow

Uma questão crucial é: o quanto as ambições (NDCs e Metas *Net-zero*) nos aproximam das metas de Paris? Responder a essa pergunta é mais complexo do que simplesmente somar as emissões prometidas. Para começar, muitos países não possuem metas para além de 2030. Mesmo quando existem compromissos de emissões *net-zero* em meados do século, eles não especificam a trajetória de emissões que será seguida para atingir essa meta. Portanto, os IAMs são úteis para calcular as trajetórias plausíveis das emissões e mostrar quais tecnologias e outras opções de mitigação têm maior probabilidade de minimizar os custos.

Para traçar as emissões globais, o consórcio usou vários IAMs diferentes, que levam em conta a economia, a indústria, o uso do solo e outros sistemas globais. Considerando um determinado conjunto de políticas ou outras suposições, os modelos calculam as emissões prováveis e os efeitos climáticos ao longo do tempo.

Sete futuros

Cada modelo global do projeto abordou sete cenários amplos:

Cenários de 2°C e 1,5°C: os modelos calculam as formas ideais de custo global para atingir essas metas de temperatura em 2100, ignorando todas as políticas declaradas.

Políticas atuais: incluindo todas as políticas climáticas que já tenham sido implementadas. Os resultados mostram que as emissões globais continuam a aumentar (Figura 12), com projeção de aquecimento de cerca de 3,3 °C no final do século.

Cenário NDC: implementação total de todas as NDCs até 2030, com os níveis de ambição permanecendo constantes depois disso. Isso leva a um aquecimento de cerca de 2,7°C, ainda substancialmente acima das metas de Paris. Observe que as emissões sob as políticas atuais estão muito acima dessas projeções das NDC, revelando uma clara lacuna de implementação.

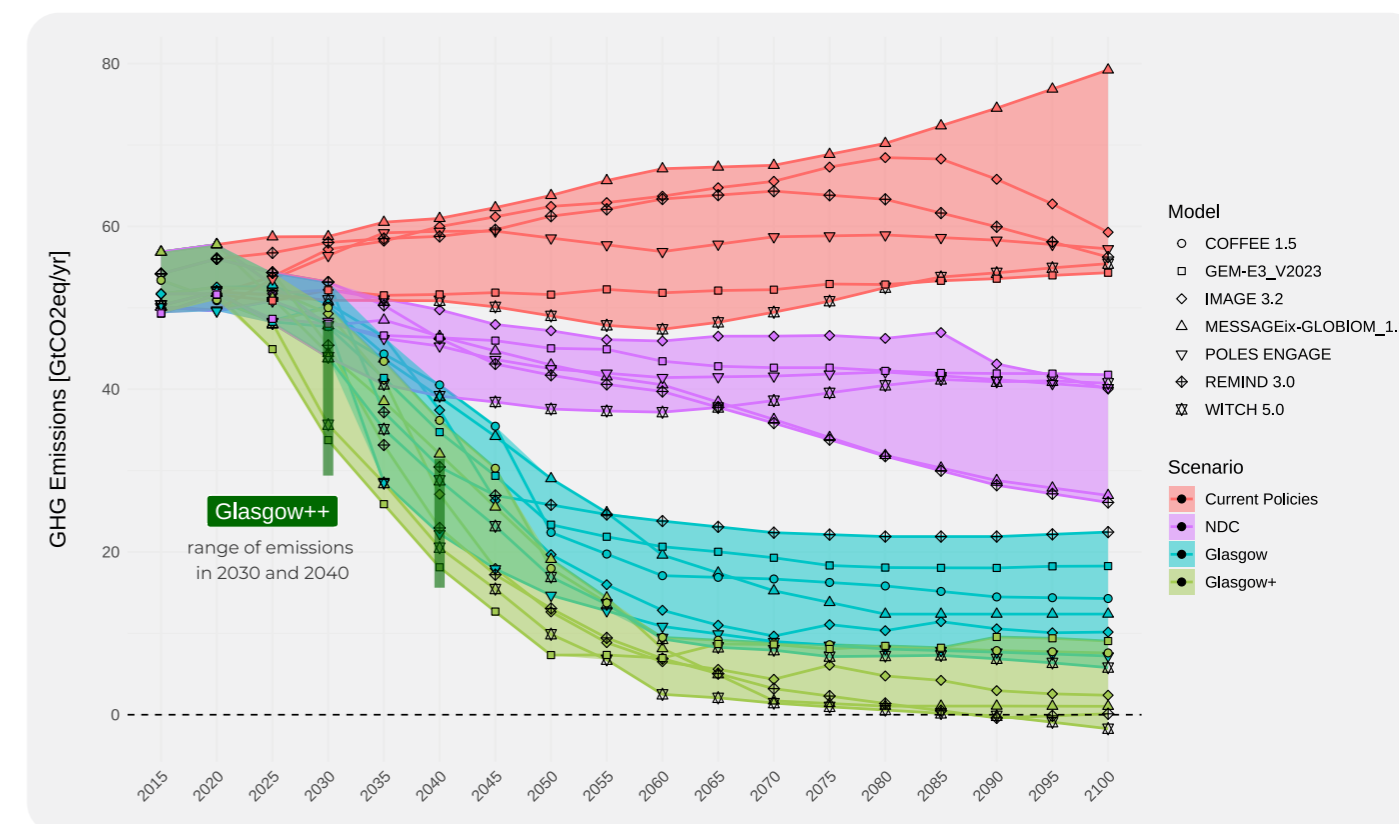
Cenário de Glasgow: implementação total das NDCs e dos compromissos de emissões *net-zero* anunciadas até o final da COP26. Todos os modelos mostram que isso é mais ambicioso do que as NDCs, com uma trajetória de emissões globais muito menor. No entanto, isso ainda não atende às metas de Paris, com modelos projetando um aquecimento no final do século de cerca de 2,1°C nesse cenário.

Cenário Glasgow+: implementação total dos compromissos de emissões *net-zero* anunciadas até o final da COP26 e expansão de sua cobertura para todos os países. Para os países que atualmente não possuem uma estratégia *net-zero* estabelecida, meta do ano *net-zero* presumido é calculado com base em seu nível de renda. A expansão da cobertura dos compromissos “zero líquido” para todas as regiões do mundo faz com que a trajetória das emissões de GEE fique abaixo da meta de 2°C (aquecimento de cerca de 1,6°C).

Cenário de Glasgow++: esse cenário se baseia no cenário de Glasgow+, mas antecipa em 5 a 10 anos a meta do ano *net-zero* para cada região. A antecipação da meta gera reduções de emissões mais acentuadas no curto prazo, alinhando sua trajetória com a meta de 1,5°C.

FIGURA 12:

Trajetoórias de emissões globais para quatro cenários, cada um de acordo com sete modelos diferentes. As emissões de GEE são mostradas em bilhões de toneladas de CO₂ equivalente por ano.



Fechando a lacuna

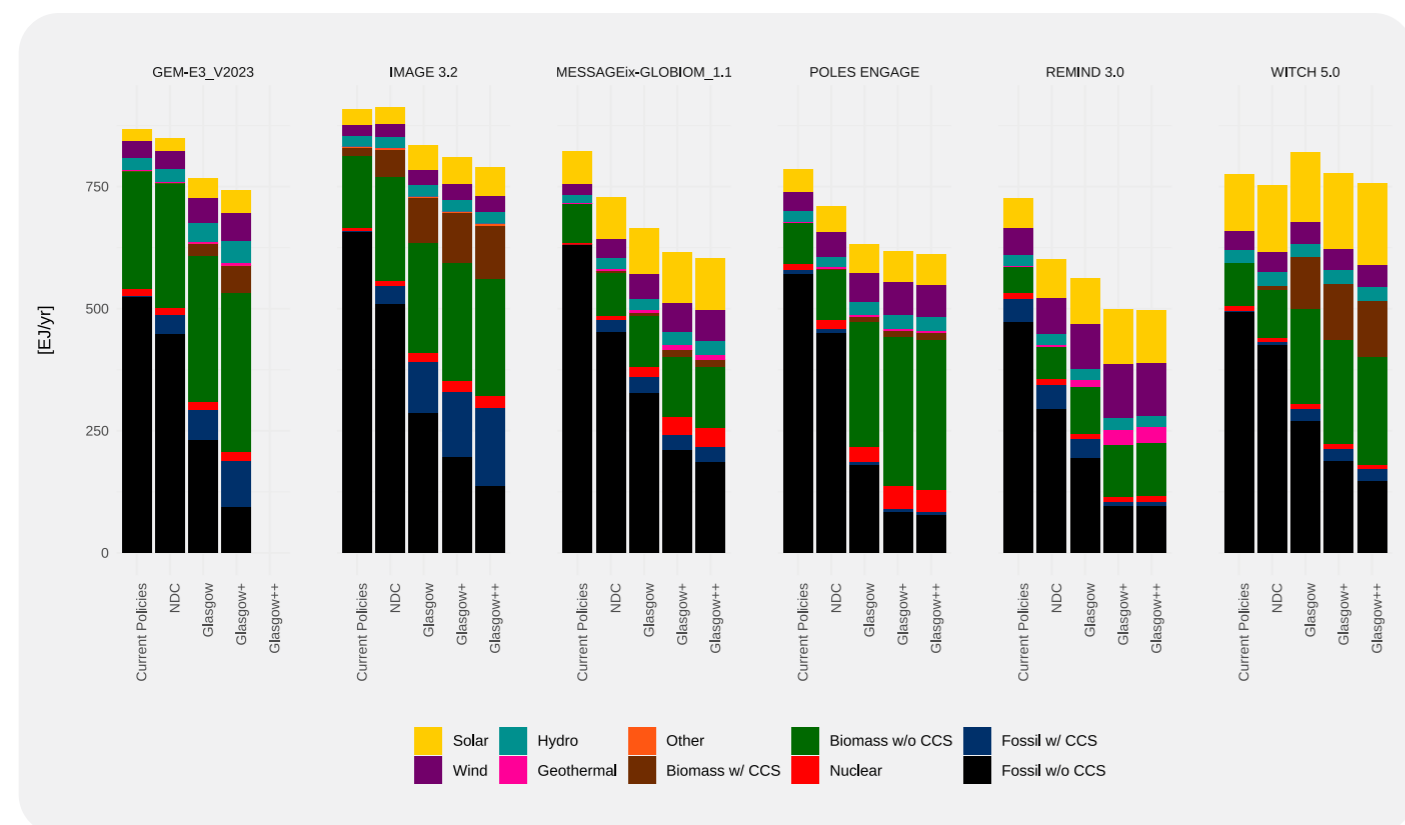
A diferença entre o cenário de Glasgow e 2°C é pequena, mas lembre-se de que a meta de Paris é limitar o aquecimento a bem menos de 2°C. Os resultados mostram que deve ser possível fechar a lacuna entre Glasgow e 1,5 °C aumentando a ambição nacional e global, expandindo a cobertura dos compromissos de emissões *net-zero* por mais países que se comprometam com emissões *net-zero* antecipando as metas climáticas.

O cenário Glasgow++ modelado aqui exigiria a eliminação gradual do carvão e um rápido corte no petróleo e no gás, além de expandir ainda mais o uso de energias renováveis. Os compromissos *net-zero* existentes implicam que as energias renováveis devem atender a cerca de 40-45% da energia primária global em 2050. Para atingir 1,5°C, seria necessário que essa parcela aumentasse para 50-75%.

Alguns modelos mostram outras tecnologias desempenhando um papel importante, principalmente fósseis com captura e armazenamento de carbono (CCS, sigla em inglês), energia das ondas e das marés e nuclear. Os balanços globais de energia projetados são apresentados na Figura 13.

Uma questão crucial é como distribuir esse esforço extra entre os países. O projeto ENGAGE também investigou vários esquemas baseados na ética para o compartilhamento de esforços (consulte a Seção 7).

FIGURA 13:
Mix global de energia primária em 2050 para cada cenário e modelo.

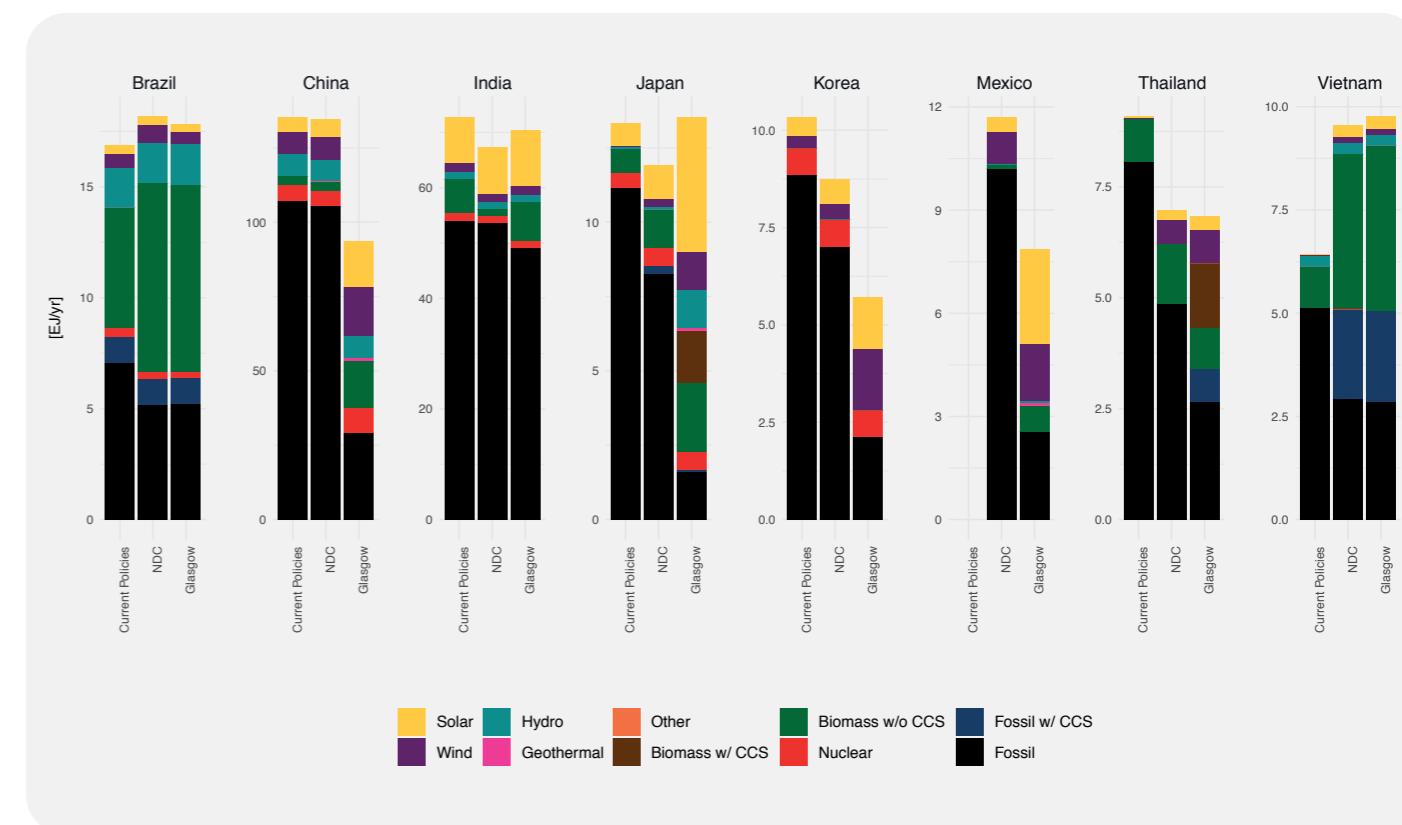


Estratégias contrastantes

Para atingir as metas *net-zero*, será necessário que as nações adotem sistemas de energia e solo mais sustentáveis. O ENGAGE desenvolveu uma estrutura padronizada para modelagem nacional a fim de fornecer uma avaliação justa da estratégia de mitigação de custo ideal de cada país.

Esses modelos nacionais projetam abordagens muito diversas (Figura 14), dependendo da economia local e dos recursos renováveis. Por exemplo, o Japão combina grandes reduções no uso de petróleo e gás mediante um forte investimento em energia solar, biomassa e eólica. A China atinge emissões *net-zero* reduzindo fortemente o uso de carvão e distribuindo os investimentos em uma ampla gama de soluções de baixo carbono, incluindo nuclear e CCS, bem como renováveis. O Brasil, a Tailândia e o Vietnã, com maiores parcelas de terras disponíveis, aumentam o uso de biomassa. A Tailândia e a Coreia continuam a usar muito petróleo.

FIGURA 14:
Combinações de energia primária em 2050 para países selecionados



Resista e entregue

Esse trabalho mostra que os recentes compromissos *net-zero* podem ser um grande passo para o cumprimento dos objetivos de Paris, desde que os governos cumpram os cortes prometidos. Para realmente atingir esses objetivos climáticos, a ambição global em relação aos fósseis e às energias renováveis deve ser aumentada ainda mais - talvez por meio da cooperação internacional e de mais países que se comprometam com o *net-zero* e com o aumento dos esforços para antecipar as metas climáticas.

PUBLICAÇÃO NA QUAL ESTE RESUMO SE BASEIA

A pesquisa para este resumo foi conduzida por Isabela Schmidt Tagomori, Michel den Elzen, Detlef van Vuuren (todos da PBL Netherlands Environmental Assessment Agency), Fabio Amendola Diuana e Roberto Schaefer (COPPE). O trabalho foi publicado em um relatório interno para a Comissão Europeia em junho de 2023.

As pré-impressões das próximas publicações serão postadas em www.engage-climate.org

8. Explorando as opções de compartilhamento de esforços para cumprir as metas de Paris

Introdução

Para atingir os objetivos climáticos de Paris, será necessário um enorme esforço de mitigação. Para descobrir como e onde isso pode acontecer, são geralmente projetados cenários para minimizar o custo econômico global. No entanto, essa abordagem atribui a maior parte do esforço às nações em desenvolvimento, que têm menos recursos para implementar cortes de carbono e menos responsabilidade pelas emissões passadas.

Em vez disso, o mundo precisa encontrar uma maneira de compartilhar o esforço de forma justa entre as nações, considerando princípios éticos, como a capacidade de pagamento. Caso contrário, há pouca esperança para a cooperação global robusta necessária.

O projeto ENGAGE explorou vários esquemas de compartilhamento de esforços, com base em uma série de princípios éticos.

Faixa ética

Os esquemas de compartilhamento de esforços vêm sendo discutidos há décadas. Existe uma maneira justa, acessível e viável de compartilhar o ônus da mitigação? No projeto ENGAGE, equipes nacionais e globais usaram modelos de avaliação integrada para avaliar as implicações de emissões e custos para o mundo e para países individuais.

Cada abordagem de compartilhamento no estudo reflete um ou mais princípios éticos, como igualdade, responsabilidade por emissões passadas e capacidade de produzir mitigação. As abordagens modeladas são:

- **Capacidade de pagamento (AP)** - a mitigação depende do PIB per capita
- **Emissões imediatas per capita (IEPC)** - as emissões por pessoa são iguais
- **Convergência per capita (PCC)** - as emissões por pessoa convergem para o mesmo nível até 2050
- **Grandfathering (GF)** - as emissões nacionais futuras são proporcionais às emissões históricas¹
- **Direitos de desenvolvimento de efeito estufa (GDR)** - uma fórmula que inclui emissões passadas, PIB per capita e distribuição de renda, refletindo tanto a responsabilidade quanto a capacidade de cumprir

Cada uma dessas abordagens é primeiramente modelada em um cenário doméstico, supondo que cada país deve realizar fisicamente a mitigação alocada. Em seguida, ela é examinada novamente em um cenário internacional, no qual os países ricos podem pagar às nações em desenvolvimento para mitigar em seu nome (quando for mais barato fazer isso).

Dois outros cenários preveem um mundo híbrido: um grupo de países escolhe opções de baixo esforço, enquanto o restante forma um clube climático para tomar medidas ambiciosas.

¹ Embora esse princípio não seja ético no sentido usual da palavra, ele é considerado aqui porque foi adotado por vários esquemas de comércio de emissões.

² A trajetória específica, desenvolvida no âmbito do projeto ENGAGE, atende a um orçamento total de emissões de 800 Gt CO₂e (800 bilhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente), usando uma rápida mitigação inicial em vez de depender de emissões negativas no final do século. Riahi, K., Bertram, C., Huppmann, D. et al. (2021). Cost and attainability of meeting stringent climate targets without overshoot. *Nature Climate Change* 11, 1063–1069. doi.org/10.1038/s41558-021-01215-2

Para fins de comparação, os modelos também geram cenários que refletem as políticas atuais, as NDCs e a mitigação de custo ideal. Para atingir a meta de Paris, todos os cenários seguem uma trajetória rigorosa de emissões globais² projetada para limitar o pico de aquecimento em cerca de 1,7°C.

Custos baixos

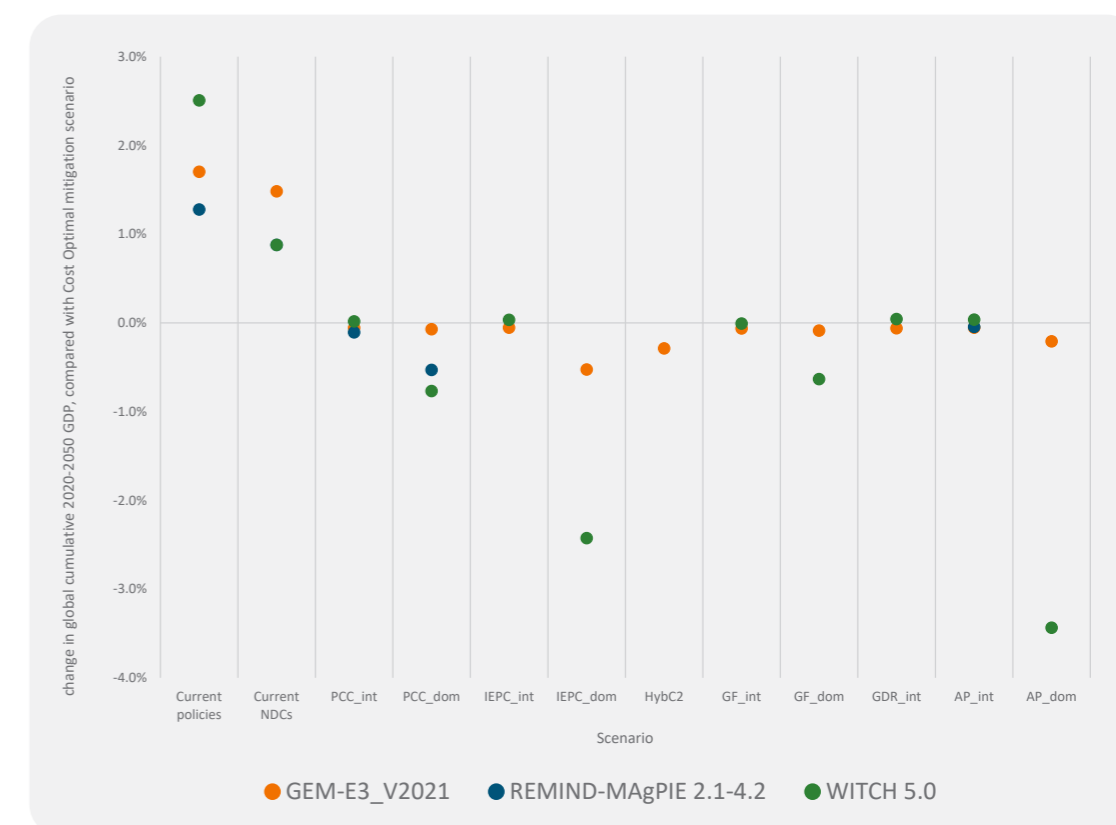
Os custos econômicos são medidos pelo seu efeito no PIB global acumulado entre 2020 e 2050 (Figura 15). Entre os cenários domésticos, o PCC se mostra acessível em todos os modelos. Em comparação à mitigação de custo ideal, ela reduz o PIB em menos de 1%. Os custos do IEPC e do AP são menos claros. Um modelo projeta custos baixos semelhantes ao PCC; outro projeta custos substanciais de alguns % do PIB. A GF tem custos semelhantes aos do PCC, mas é eticamente questionável, favorecendo países que foram grandes emissores no passado. Os modelos não conseguiram fazer com que o GDR funcionasse de forma alguma, pois ele exige reduções de emissões incrivelmente rápidas nos países desenvolvidos (atingindo emissões negativas no início de 2030).

Quando é permitido o comércio internacional de emissões, o impacto sobre o PIB é próximo a zero, sendo que a mitigação ocorre principalmente nos locais de menor custo. O problema é que isso exige enormes pagamentos internacionais, no valor de várias centenas de bilhões de dólares por ano. Os países desenvolvidos podem não estar dispostos a transferir tanto capital e relutam em confiar em outros países para cumprir os compromissos climáticos por eles.

FIGURA 15:

Custos globais de mitigação de abordagens alternativas de compartilhamento e esquemas de governança, calculados por até três modelos diferentes.

Todos são apresentados em % de variação do PIB cumulativo de 2020-2050 em relação à mitigação ideal de custos.



Participe do clube

Se o comércio global de emissões se mostrar inviável, a resposta pode ser uma abordagem híbrida: muitos países seguem seu próprio caminho, e um clube climático de nações dispostas compensa a diferença.

O ENGAGE modelou isso com dois cenários híbridos. Isso pressupõe que as nações fora do clube do clima façam uma contribuição de menor esforço (escolhendo sua menor contribuição dentre as cinco abordagens éticas modeladas aqui sob o esquema *_dom governance*). Em seguida, o clube do clima se compromete a fechar a lacuna de emissões para a trajetória global de emissões NPi2020_800. Para obter uma mitigação com custo ideal dentro do clube, as emissões são negociadas com um preço de carbono comum. As transferências financeiras são muito menores do que nos cenários de comércio de emissões globais.

Isso pode funcionar bem se o clube for grande o suficiente. Em um cenário, o clube inclui países comprometidos com *net-zero* em 2050 (conforme declarado em dezembro de 2021), totalizando 40% das atuais emissões globais de GEE. Os modelos não foram aptos a fazer com que isso funcionasse, pois o cenário exige cortes de emissões entre os membros do clube que são muito acentuados para serem tecnicamente viáveis.

O segundo cenário híbrido expande o clube para os países comprometidos com o *net-zero* até 2060, totalizando 75% das emissões atuais. Isso é muito mais eficaz e capaz de cumprir a trajetória de 1,7°C com pouquíssimo impacto no PIB. No entanto, apenas um modelo relatou resultados para esse cenário até o momento, portanto, é necessário mais trabalho para testar essa conclusão.

Demandas razoáveis

O estudo também analisou os efeitos em países individuais, confirmando que o compartilhamento de esforços reduz a carga injusta sobre os países em desenvolvimento. Em todos os esquemas considerados aqui, o Brasil, a Índia, a Indonésia e a África do Sul precisam oferecer reduções de emissões menos ambiciosas do que no cenário global de custo ideal.

Mesmo assim, tanto as nações em desenvolvimento quanto as desenvolvidas precisam aumentar sua ambição climática. Em todos os países, todos os esquemas de compartilhamento de esforços exigem cortes mais rápidos nesta década do que as NDCs existentes.

Desde que isso possa ser alcançado, este trabalho mostra que as abordagens de mitigação baseadas na equidade podem reduzir o esforço das nações em desenvolvimento sem altos custos econômicos. Isso deve ajudar a fazer com que todas as nações participem, tornando a transição para um mundo sem carbono mais viável e mais justa.

PUBLICAÇÃO NA QUAL ESTE RESUMO SE BASEIA

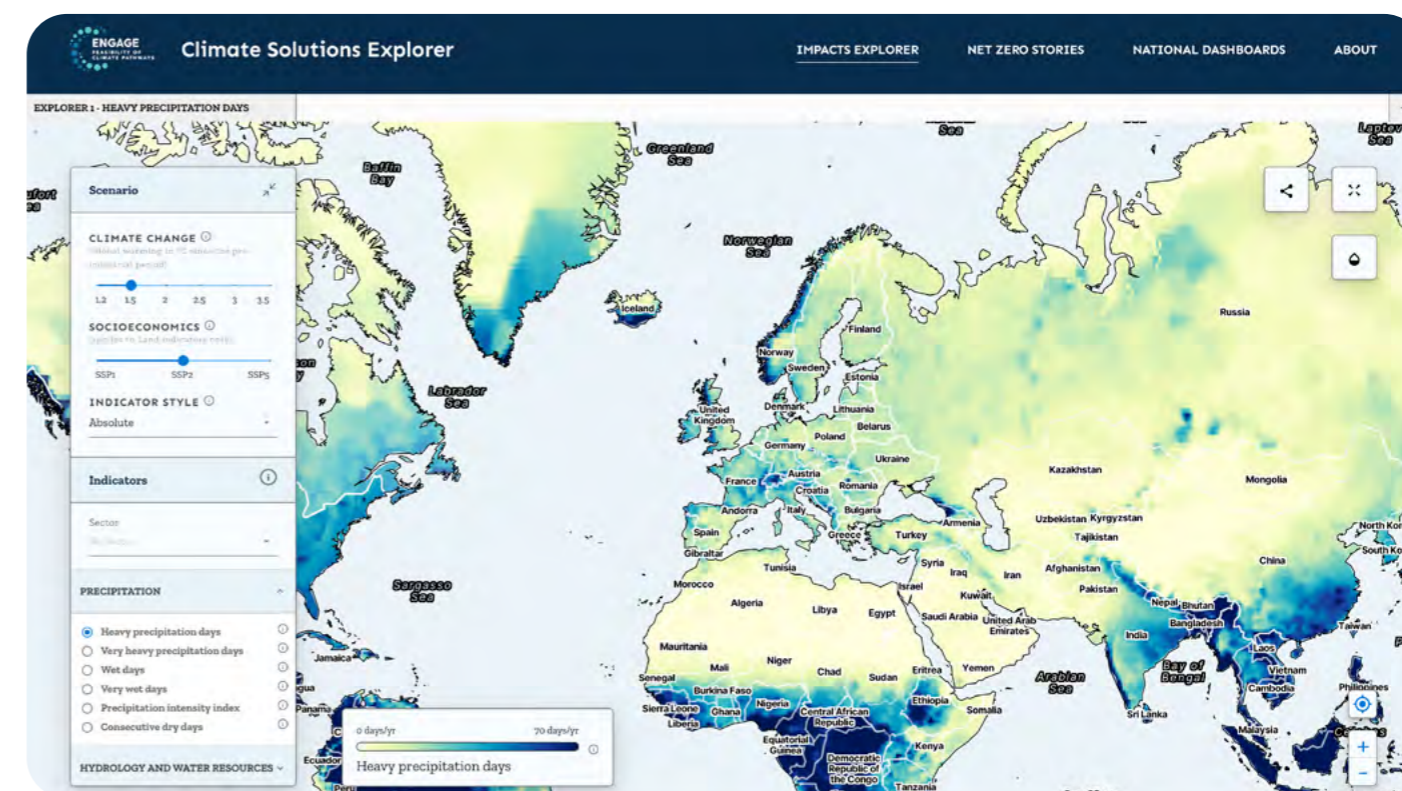
A pesquisa para este resumo foi conduzida por Zoi Vrontisi e Dimitris Fragkiadakis na E3M Modelling. O trabalho foi publicado em um relatório interno para a Comissão Europeia em setembro de 2022.

As pré-impressões das próximas publicações serão postadas em www.engage-climate.org

9. Comunicação dos resultados sobre compensações, benefícios conjuntos e impactos evitados

O Climate Solutions Explorer (CSE) (www.climate-solutions-explorer.eu) apresenta informações sobre trajetórias de mitigação, impactos climáticos, exposição climática evitada e compensações e sinergias de trajetórias de mitigação "net zero".

FIGURA 16:
Captura de tela da página do *Impacts Explorer*



A compreensão e a comunicação aprimoradas dos impactos e riscos das mudanças climáticas desempenham um mecanismo fundamental para informar a formulação de políticas e as tomadas de decisões sobre mitigação e adaptação. Como consequência, uma novidade importante foi a definição de "impactos evitados" e exposição evitada - ou seja, se o mundo conseguir mitigar o aquecimento global para 1,5°C, quais impactos serão evitados em comparação aos níveis mais altos de aquecimento, como 2 ou 3°C? Com esse enquadramento, especialmente em nível nacional, os painéis nacionais apresentam os benefícios da mitigação de forma mais clara. A seção "Dashboards" (painéis) apresenta páginas individuais para quase 200 países e 10 macrorregiões globais, combinando dados e análises sobre mitigação e impactos.

Essas informações se baseiam em uma análise de risco climático nova e atualizada, usando os dados mais recentes do modelo climático e de impactos CMIP6, abrangendo aumentos da temperatura média global entre 1,2 (atual) e 3,5 °C. Apresentadas em um mapa interativo em tela cheia, é possível fazer comparações entre indicadores, regiões e cenários. A Figura 16 mostra um exemplo de página do CSE.

As políticas de mitigação podem ser implementadas de várias maneiras, mesmo que o objetivo seja atingir os mesmos níveis de mitigação de emissões. Promulgada em diferentes setores, a seleção de políticas de mitigação pode resultar em compensações (ou *trade-offs*), e benefícios conjuntos, que geralmente se manifestam em diferentes dimensões de sustentabilidade. Para os principais países para os quais os parceiros ENGAGE poderiam fornecer resultados de modelos e estudos de caso, a análise aprofundada é apresentada no formato de “Stories”, que são escritas em um estilo de resumo de políticas, mas também incluem gráficos e mapas interativos. Elas abrangem diferentes ângulos das compensações e benefícios conjuntos das transições *net-zero* mais relevantes para o país ou setor em questão.

PUBLICAÇÃO NA QUAL ESTE RESUMO SE BASEIA

A pesquisa e o desenvolvimento da ferramenta web para esse resumo foram liderados por Ed Byers (IIASA). O trabalho foi publicado em um relatório interno para a Comissão Europeia em maio de 2023.

Todos os dados usados no site estão disponíveis para download e são acompanhados de documentação.



10. Envolvimento das partes interessadas em um processo de cocriação

A mudança climática é um desafio extremamente complexo, que exige mudanças transformadoras na sociedade. A experiência tem demonstrado que isso requer um processo de diálogo iterativo e construtivo entre a comunidade de pesquisa e uma ampla gama de outras partes interessadas de governos, organizações não governamentais, empresas, instituições financeiras, indústrias, organizações internacionais e sociedade civil. Esse processo pode aprimorar o uso do conhecimento local e especializado na pesquisa e também apoiar a adesão, pois as pessoas estão mais dispostas a aceitar resultados e percepções se fizerem parte do processo. O envolvimento das partes interessadas tornou-se um elemento fundamental do desenvolvimento de políticas da UE para permitir que elas expressem suas opiniões durante todo o ciclo de vida de uma política. Ele também é reconhecido como um componente essencial da pesquisa e da inovação responsáveis.

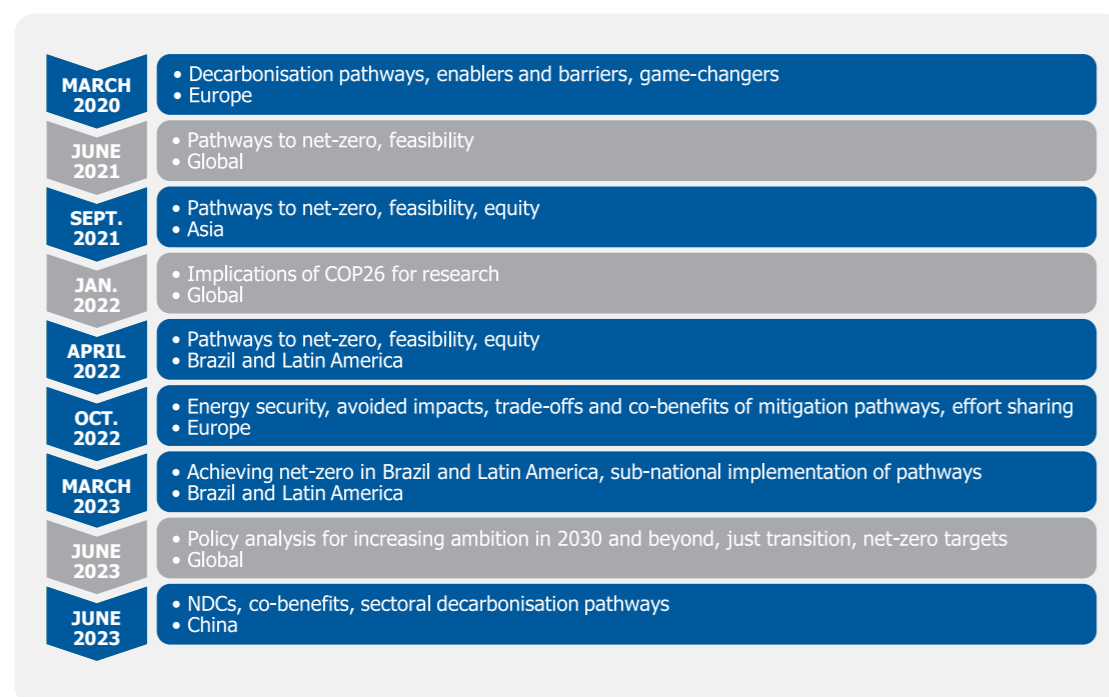
Um elemento importante da boa prática no envolvimento das partes interessadas é a facilitação habilidosa que abre um espaço seguro para que os participantes discutam questões complexas ou emocionais de forma aberta. Isso estimula uma conexão mais profunda entre os participantes e o surgimento de ideias novas e criativas. Uma abordagem conhecida como “Art of Hosting” (ou em português, a Arte de Anfitriar) atende a esses objetivos, usando processos como interações informais a fim de ajudar as pessoas a se sentirem confortáveis, e foi usada para projetar o envolvimento das partes interessadas neste projeto ENGAGE.

No projeto ENGAGE, havia dois fluxos de envolvimento das partes interessadas:

- projeto conjunto e avaliação de trajetórias **globais** de descarbonização pelas partes interessadas;
- diálogos com as partes interessadas sobre políticas e trajetórias **nacionais/regionais**.

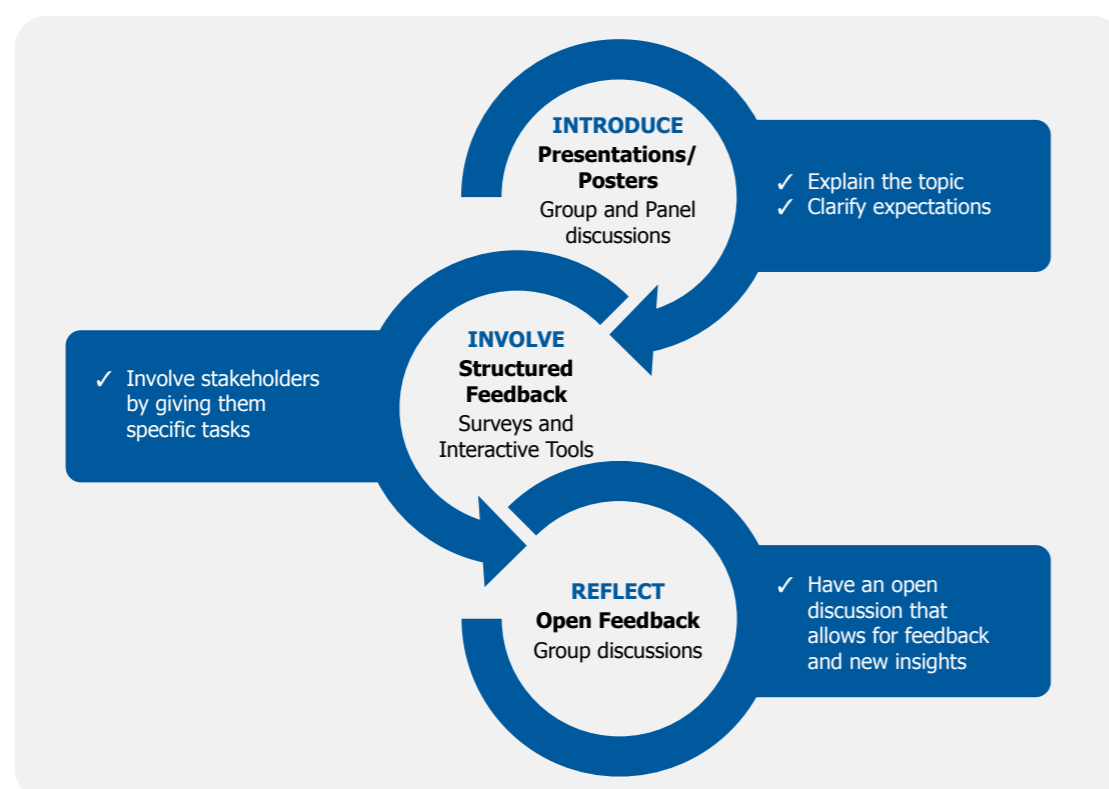
Realizamos nove *workshops*: três em nível global e seis em nível nacional/regional (Figura 17). Os primeiros cinco *workshops* foram realizados online devido à pandemia da COVID-19. Os últimos quatro foram encontros presenciais.

FIGURA 17: Workshops de envolvimento das partes interessadas no projeto. Workshops globais em cinza; workshops nacionais/regionais em azul.



O processo em cada *workshop* foi dividido em apresentar, *envolver*, *refletir* e foi utilizada uma variedade de ferramentas e abordagens (Figura 18) para apresentar os tópicos às partes interessadas, especialmente apresentações sobre os resultados do modelo, painéis de discussão e narração de histórias; e em dois workshops, pôsteres. Foram convidados palestrantes de destaque para as apresentações introdutórias.

FIGURA 18: Várias formas de engajamento usadas nos workshops.



Em seguida, para *envolver* as partes interessadas em nosso trabalho, usamos pesquisas e ferramentas interativas relacionadas a conceitos-chave ou resultados de modelos para coletar o feedback estruturado de todas as partes interessadas.

Por fim, discussões moderadas em pequenos grupos proporcionaram um espaço aberto para *refletir*, coletar *feedback* mais geral e fornecer novas percepções.

Por exemplo, um *workshop* pode começar com uma breve apresentação dos resultados do modelo, mostrando um conjunto de cenários possíveis que limitam o aquecimento a 2°C. Em seguida, podemos usar uma ferramenta online combinada com uma pesquisa com os participantes para avaliar a viabilidade dos cenários. Embora as partes interessadas possam responder que alguns cenários são viáveis, elas podem descobrir que outros são inviáveis, talvez devido a restrições tecnológicas ou à falta de mecanismos de governança. Esse processo contribui para a co-projeção de cenários de emissões, pois as partes interessadas fornecem suas perspectivas, que podem ser consideradas pelos pesquisadores.

Após cada *workshop*, a avaliação da equipe do projeto desempenhou um papel importante no aprimoramento das ferramentas e abordagens. Embora tenhamos conseguido, na maioria dos casos, estimular um diálogo bidirecional com as partes interessadas, também aprendemos que eram necessárias algumas mudanças nas ferramentas interativas. Por exemplo, descobrimos que a primeira versão da ferramenta de viabilidade era muito complexa para ser compreendida no tempo limitado disponível, por isso ela foi simplificada para os *workshops online* posteriores.

Descobrimos que a combinação de abordagens e ferramentas trouxe valor agregado. Em particular, a combinação de pesquisas, ferramentas visuais, apresentação e discussão aberta funcionou bem e forneceu percepções valiosas para as partes interessadas e a equipe do projeto.

A das percepções foi de que os participantes acreditavam que os movimentos sociais, as finanças e a liderança política poderiam ter um forte impacto na descarbonização. Isso fez com que o projeto ENGAGE passasse a dar mais atenção às dimensões sociais em seu trabalho sobre as trajetórias da descarbonização. As partes interessadas também destacaram a necessidade de considerar o papel das instituições na determinação da viabilidade da descarbonização, e isso também foi abordado no trabalho subsequente do projeto ENGAGE.

A necessidade de reuniões presenciais

Nossa experiência nesse projeto mostrou que as atividades online não podem substituir as reuniões presenciais para a cocriação efetiva de trajetórias de descarbonização ou, de modo mais geral, para encontrar soluções para os problemas complexos de insustentabilidade.

Os diálogos online têm uma grande desvantagem: a necessidade de mantê-los curtos. Descobrimos que as reuniões online precisavam ser conduzidas em, no máximo, duas horas, ou uma grande parte dos participantes sairia mais cedo. Como resultado, há pouco ou nenhum tempo para a apresentação dos participantes e nenhuma oportunidade de conhecer outros participantes em atividades de grupo informais. Tampouco há tempo suficiente nos grupos de discussão para abordar mais de uma ou duas questões-chave, ou participar de uma discussão aprofundada. Também não há tempo para uma rodada de *feedback* e avaliação do *workshop* no final da sessão.

Para encontrar e implementar trajetórias que atendam às metas de Paris, as partes interessadas precisam de tempo e espaço suficientes para conhecer e entender as diversas perspectivas, para aprofundarem-se quando necessário e para se envolver em diálogos múltiplos e iterativos. Um sistema de conhecimento aberto para encontrar soluções para problemas de insustentabilidade pode ser apoiado por reuniões online, mas também precisa de reuniões presenciais mais longas que façam parte de um processo de aprendizado social de longo prazo.

Capacitação

Um processo de cocriação depende da disposição da equipe de gestão de projetos e dos parceiros a investir tempo e recursos nas atividades durante o curso do projeto. Portanto, o coordenador do projeto precisa compreender plenamente a importância e o valor de um diálogo bidirecional, as etapas que precisam ser seguidas e sua função no processo, bem como estimular essa compreensão em todos os parceiros do projeto por meio da capacitação, por um lado, e sendo um modelo, por outro.

Isso requer a capacitação contínua dos parceiros, ensinando-lhes, por exemplo, a arte da facilitação, como fazer perguntas, cuidar de um grupo de discussão e fazer um relatório sucinto. No projeto ENGAGE, um *workshop* de capacitação foi realizado no início do projeto em colaboração com o projeto *NEW HORIZON* (<https://newhorizon.eu/>). Isso foi feito principalmente para os alunos e não para os parceiros do projeto, mas forneceu um modelo para uma iniciativa eficaz de capacitação, seguindo a abordagem Arte de Anfitriar.

O projeto também mostrou a necessidade de capacitação de outras partes interessadas. Os participantes de vários *workshops* queriam saber mais sobre como funcionam os IAMs e como interpretar os resultados.

Plataforma ausente

O projeto ENGAGE se beneficiou enormemente da experiência na elaboração e implementação de atividades de envolvimento das partes interessadas em outros projetos financiados pela UE. O que parece estar faltando, no entanto, é uma plataforma central para documentar as lições aprendidas com o envolvimento das partes interessadas, de modo que os projetos futuros tenham uma base sólida para a projeção e a implementação de processos eficazes de cocriação.

Preparação, cultura e financiamento

Outras lições do projeto incluem:

A preparação detalhada e as instruções para a equipe do projeto antes do evento para as partes interessadas foram essenciais para os *workshops* online e presenciais, especialmente ao serem introduzidas novas ferramentas e abordagens.

Um objetivo claro de causar um impacto positivo nas políticas e o apoio do coordenador do projeto e dos parceiros também são vitais para o sucesso do envolvimento das partes interessadas.

É importante reconhecer as diferenças culturais apresentadas na disposição em se envolver em um diálogo, por exemplo, ao responder a perguntas diretas. Seja em uma reunião online ou presencial, todos os participantes precisam de tempo para criar confiança no processo, e isso requer uma facilitação cuidadosa. Dada a necessidade de uma preparação cuidadosa do processo e do envolvimento significativo de um grande número de parceiros em um processo iterativo de diálogo com as outras partes interessadas, um financiamento adequado é essencial.

PUBLICAÇÃO NA QUAL ESTE RESUMO SE BASEIA

Jäger, J., Brutschin, E., Pianta, S., Omann, I., Kammerlander, M., Sudharmma Vishwanathan, S., Vrontisi, Z., MacDonald, J., & van Ruijven, B. (2023). Stakeholder engagement and decarbonization pathways: Meeting the challenges of the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Sustainability*, 3. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsus.2022.1063719>

Mais informações sobre os *workshops* em www.engage-climate.org/stakeholders

11. Capacitação no ENGAGE

Além de realizar pesquisas científicas, um outro objetivo essencial do projeto ENGAGE foi aumentar a capacidade de realizar pesquisas científicas. Os três programas de rede de pesquisa e capacitação do ENGAGE foram os *workshops* de capacitação, o programa de intercâmbio de pesquisa e a escola de verão ENGAGE.

Os **workshops de capacitação** do ENGAGE garantem que as equipes menos experientes do consórcio possam aprender sobre as novas metodologias e práticas com as equipes mais experientes. Os tópicos dos *workshops* de capacitação foram escolhidos com base no consenso geral do consórcio. Os tópicos dos *workshops* foram a inclusão da poluição do ar nos IAMs, o aprimoramento da documentação dos IAMs, a validação de modelos, as boas práticas de modelagem e a modelagem denexo entre água, energia e terra.

O **programa de intercâmbio de pesquisa** permitiu que 11 jovens acadêmicos de vários institutos do mundo colaborassem com as instituições do projeto para pesquisar tópicos como a transição sustentável do setor agrícola para IAMs globais, cenários para o uso de amônia no setor de transporte marítimo chinês e aprender a trabalhar com ferramentas de modelagem de código aberto.

A **escola de verão ENGAGE (ENGAGE summer school)**, organizada em cooperação com o projeto NAVIGATE, foi realizada no Lago Como em julho de 2023 e recebeu 25 alunos de 13 países, incluindo Brasil, China, Líbano, Coreia do Sul e muitos outros. Os cursos da escola, ministrados pelos principais cientistas envolvidos no projeto ENGAGE, abordaram tópicos como a história dos IAMs e seu papel nas negociações climáticas, avaliação socioeconômica ex-ante de políticas climáticas com IAMs e transições justas para emissões *net-zero*. Os alunos realizaram exercícios práticos com ferramentas de análise para resultados de IAM e desenvolveram novos componentes para modelos de IAM.

Participantes e professores da escola de verão ENGAGE/NAVIGATE em julho de 2023



Todos os materiais e gravações das atividades de capacitação do ENGAGE estão disponíveis em www.engage-climate.org/capacity-building/

12. Observações finais

A equipe multidisciplinar do projeto ENGAGE e a abordagem transdisciplinar adotada durante todo o projeto mostram claramente que:

- **Nem as políticas atuais nem as contribuições nacionalmente determinadas (NDCs) existentes aproximam as emissões dos níveis necessários para atingir os objetivos de Paris.** Embora as recentes metas de *net-zero* sejam um grande avanço, elas ainda não são suficientes para atingir os objetivos climáticos de longo prazo. Para fechar a lacuna remanescente, o uso de combustíveis fósseis deve ser reduzido drasticamente e o alcance das energias renováveis deve ser ampliado.
- **Superar as preocupações quanto à viabilidade no curto prazo traz benefícios claros no longo prazo. A rapidez gera menos preocupações quanto à viabilidade em geral.** As instituições constituem uma grande preocupação quanto à viabilidade dos cenários de mitigação. A ajuda internacional focada poderia fazer uma grande diferença nesse caso, por exemplo, através do investimento em educação.
- **Confiar em cenários com emissões líquidas negativas leva a níveis perigosos de overshoot.** O investimento em energia de baixo carbono deve, pelo menos, dobrar até 2030 para evitar o *overshoot* (em um orçamento de 1.000 Gt). O investimento antecipado traz ganhos econômicos de longo prazo. A remoção de CO₂ é necessária para acelerar a mitigação de curto prazo e compensar as emissões de setores de difícil descarbonização.
- **O aquecimento provavelmente passará de 1,5°C, especialmente devido à baixa capacidade institucional, de modo que o mundo deva se preparar para um overshoot da temperatura.** A redução da demanda de energia aumenta a probabilidade de permanecer abaixo de 1,5°C e é ainda mais importante para ajudar a reduzir as temperaturas após um pico. Os países com uma alta capacidade institucional devem assumir mais responsabilidade pela mitigação de curto prazo.
- **A maioria dos esquemas de compartilhamento de esforços leva a uma redução muito pequena no PIB global de 2050 (bem menos de 1% em comparação aos cenários de custo ideal).** O comércio de emissões baseado na equidade pode reduzir ainda mais os custos, mas a escala das transferências internacionais pode tornar isso inviável. Um clube climático pode reunir o que há de melhor nos dois mundos. As nações em desenvolvimento provavelmente serão beneficiadas por qualquer uma das abordagens de compartilhamento de esforços.
- **O diálogo com as partes interessadas é necessário.** Encontrar e implementar soluções para as mudanças climáticas antropogênicas requer um processo de diálogo iterativo e construtivo entre a comunidade de pesquisa e uma ampla gama de outras partes interessadas. Para encontrar e implementar trajetórias que satisfaçam os objetivos de Paris, as partes interessadas precisam de tempo e espaço suficientes para conhecer e entender as diversas perspectivas e aprofundarem-se quando necessário.



Publicações ENGAGE:
www.engage-climate.org/publications/

Para obter mais informações sobre o projeto ENGAGE, acesse
www.engage-climate.org

Autores

Bas van Ruijven, Jill Jaeger, Keywan Riahi, Stephen Battersby, Christoph Bertram, Valentina Bosetti, Elina Brutschin, Ed Byers, Aleh Cherp, Laurent Drouet, Shinichiro Fujimori, Volker Krey, Roberto Schaeffer, Isabela Schmidt Tagomori, Detlef van Vuuren, Zoi Vrontisi, ENGAGE Consortium

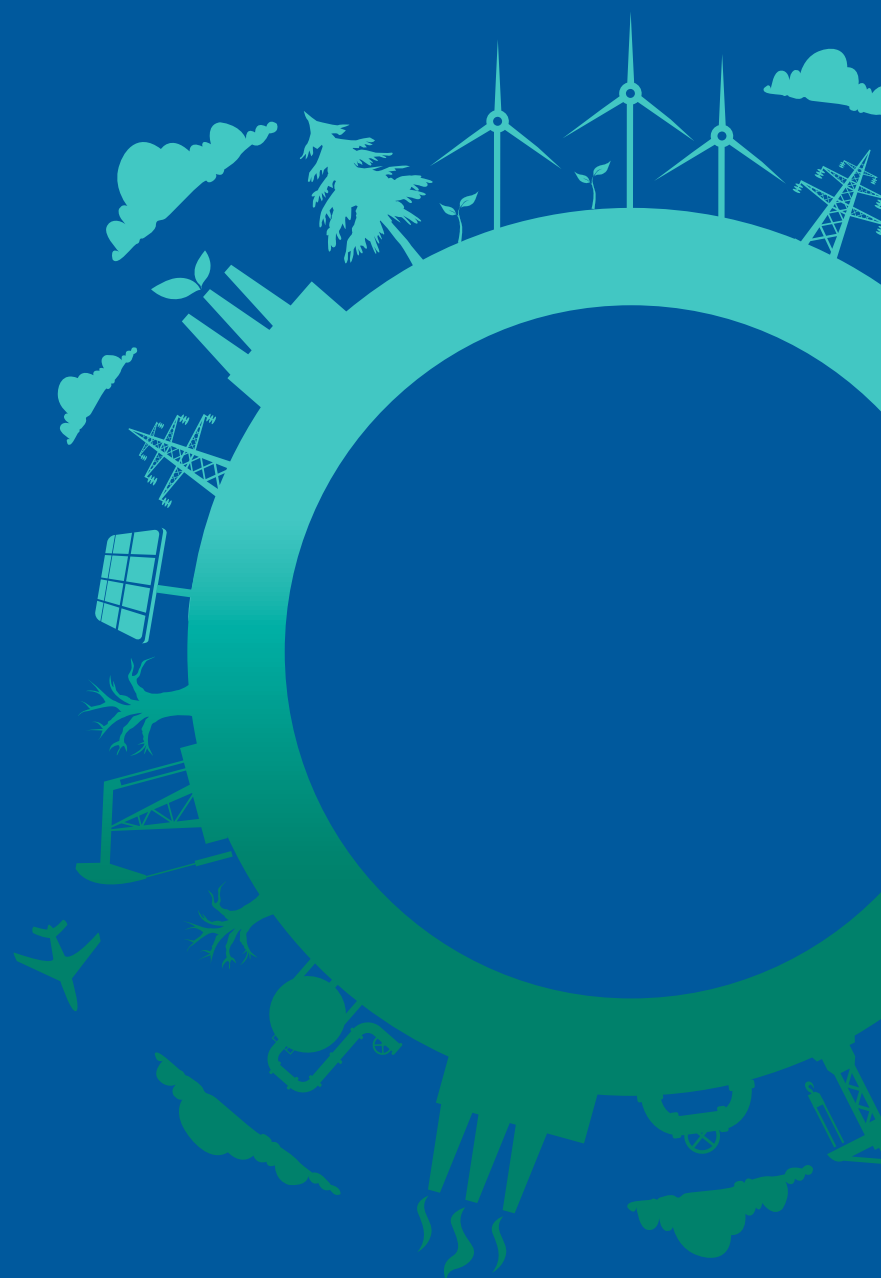
Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a todas as partes interessadas das comunidades de políticas, empresas, sociedade civil e pesquisa que contribuíram para o projeto participando de uma série de *workshops* de partes interessadas e especialistas com importantes contribuições para a análise realizada no ENGAGE. Um agradecimento especial é estendido aos membros do nosso Conselho Consultivo - Prodipto Ghosh, John Weyant, Fu Sha, Joanna Post, Florin Vladu, Alexandra Dumitru, Tom van Ierland, Miles Perry, Katre Kets, Vicky Pollard - que forneceram um *feedback* inestimável sobre a pesquisa realizada no ENGAGE e acompanharam de perto o projeto durante toda a sua duração.

Isenção de responsabilidade

As informações e opiniões apresentadas neste Sumário do ENGAGE para Formuladores de Políticas são de responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente a opinião oficial da União Europeia. Nem as instituições e os órgãos da União Europeia nem qualquer pessoa agindo em seu nome podem ser responsabilizados pelo uso que possa ser feito das informações contidas neste documento.





Sobre o Projeto ENGAGE

O projeto recebeu financiamento do programa de pesquisa e inovação European Union's Horizon 2020 sob o contrato de concessão nº 821471 (ENGAGE).

© 2023 International Institute for Applied Systems Analysis

Schlossplatz 1, A-2361 Laxenburg, Áustria

www.iiasa.ac.at



Este trabalho está licenciado sob uma Licença
Internacional Creative Commons Attribution-

NonCommercial 4.0. Para qualquer uso comercial, entre em contato com:

permissions@iiasa.ac.at

ZVR 524808900