

WORKING PAPER 03

Frameworks de Mercado de Carbono para o **Brasil 2.0**

Integração do SBCE com a cooperação internacional sob o Artigo 6 do Acordo de Paris — uma avaliação analítica de quatro caminhos.

IETA

Sobre este documento

ESTE DOCUMENTO PARTE DE **WORKING PAPERS ANTERIORES DA INICIATIVA IETA BRASIL** SOBRE FRAMEWORKS DE MERCADO DE CARBONO E SEUS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS PARA O BRASIL. COM BASE NO DIÁLOGO COM DIVERSAS PARTES INTERESSADAS DOS SETORES PÚBLICO E PRIVADO, REÚNE AS CONCLUSÕES EM UM ÚNICO DOCUMENTO REVISADO E ABRANGENTE, COM O OBJETIVO DE SUBSIDIAR DISCUSSÕES SOBRE COMO O PAÍS PODE MELHOR CONSIDERAR OS DIFERENTES INSTRUMENTOS DE MERCADO DE CARBONO RUMO AO CUMPRIMENTO EFICIENTE DE SEUS COMPROMISSOS CLIMÁTICOS.

O TRABALHO AVALIA QUATRO CAMINHOS POTENCIAIS PARA A INTEGRAÇÃO DO **SBCE (SISTEMA BRASILEIRO DE COMÉRCIO DE EMISSÕES)**, DO **MERCADO VOLUNTÁRIO DE CARBONO (VCM)** E DOS MECANISMOS DO **ARTIGO 6**, MODELADOS PELA EOS CONSULTING COM O MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL IMACLIM-BR.

Para mais informações sobre a modelagem e a análise, consulte:

[Working Paper 01 — Frameworks de Mercado de Carbono para o Brasil](#)

[Working Paper 02 — Impactos Socioeconômicos dos Frameworks de Mercado de Carbono para o Brasil](#)

[Apêndice A](#)

ELABORADO POR

**INICIATIVA IETA
BRASIL**

MODELAGEM

EOS CONSULTING

PUBLICAÇÃO

JUNHO DE 2026

INICIATIVA IETA BRASIL · PATROCINADORES



Sumário

01 INTRODUÇÃO Pg 05

Construído a partir de working papers anteriores da IETA — base analítica, lógica dos cenários e o novo Caminho 4 híbrido.

02 CENÁRIOS & ABORDAGEM ANALÍTICA Pg 06

Os quatro caminhos, premissas de modelagem, margem de segurança e a regra de retenção de 50%.

03 RESULTADOS & DISCUSSÃO Pg 14

Resultados macroeconômicos, ambientais e sociais nos Caminhos 1–4, com tabelas de dados.

04 CONSIDERAÇÕES FINAIS E LIMITAÇÕES Pg 21

Implicações estratégicas para o desenho do SBCE, o engajamento no Artigo 6 e o papel das soluções baseadas na natureza.

Uma avaliação quantitativa de quatro frameworks de mercado de carbono para o Brasil

Este working paper apresenta os resultados de uma avaliação quantitativa de frameworks de mercado de carbono para o Brasil, desenvolvida em parceria com a EOS Consulting com o modelo de equilíbrio geral computável IMACLIM-BR. Construída a partir de dois working papers publicados anteriormente, esta versão atualizada introduz um quarto cenário analítico e reforça as premissas de modelagem.

Foram avaliados quatro caminhos, representando um espectro de escolhas de política para integrar o mercado de carbono do Brasil às abordagens cooperativas internacionais sob o Artigo 6 do Acordo de Paris. Todos os caminhos compartilham uma base analítica comum: desmatamento ilegal zero até 2030, crescimento do PIB de aproximadamente 2.7% ao ano até 2035, CORSIA (Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Internacional) Fase II em vigor a partir de 2027 e uma trajetória de preço de carbono doméstico consistente com o cumprimento da NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada) (US\$19/tCO₂e em 2030; US\$26.55/tCO₂e em 2035). O Caminho 1 serve como cenário regulatório de referência, no qual o Brasil prioriza a consolidação do SBCE e adia o engajamento no Artigo 6 até que o país tenha demonstrado o cumprimento de sua NDC. Os Caminhos 2, 3 e 4 introduzem o uso progressivamente integrado do Artigo 6, voltado, respectivamente, a setores industriais de difícil abatimento, a soluções baseadas na natureza e à combinação de ambos.

Principais resultados

Caminho 1 confirma estabilidade macroeconômica e ambiental sob uma estratégia de consolidação doméstica — PIB atingindo BRL 15.1 trilhões até 2035 e poder de compra dos 20% mais pobres crescendo 1.70x. No entanto, esse caminho abre mão da receita, do investimento e do potencial de mitigação adicionais que as abordagens cooperativas internacionais podem destravar.

Caminho 2 demonstra que o engajamento no Artigo 6 voltado a setores de difícil abatimento gera ganho incremental de PIB de 1.07% (BRL 15.29 trilhões), BRL 71.6 bilhões em investimento estrangeiro e 106.1 MtCO₂e em exportações de ITMOs (Resultados de Mitigação Transferidos Internacionalmente) até 2035, mantendo a conformidade com a NDC.

Caminho 3 direciona a cooperação do Artigo 6 para soluções baseadas na natureza, sobretudo ARR (aflorestamento, reflorestamento e revegetação), com receitas de autorização cofinanciando atividades domésticas de REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação florestal). O PIB atinge BRL 15.34 trilhões até 2035, com BRL 53.1 bilhões em investimento estrangeiro líquido e 109.2 MtCO₂e em exportações de ITMOs. Os ganhos de poder de compra na classe de renda mais pobre são os maiores entre todos os caminhos.

Caminho 4 entrega resultados equilibrados e ambiciosos em todas as dimensões avaliadas. Ao combinar elementos dos Caminhos 2 e 3 sob um framework de engajamento no Artigo 6 — no qual 50% dos resultados de mitigação são retidos domesticamente e apenas medidas com custos marginais de abatimento ao menos 10% acima da trajetória de preço doméstico da NDC são elegíveis para transferência internacional — o cenário gera resultados econômicos e sociais positivos.

PIB de BRL 15.32 trilhões até 2035 (ganho de +1.2% sobre o Caminho 1), emissões líquidas de 928.7 MtCO₂e até 2035, posicionando o Brasil significativamente abaixo do limite superior da NDC e aproximando-se de seu limite inferior, atribuível à retenção doméstica de 121.3 MtCO₂e de resultados de mitigação adicionais destravados pelo engajamento no Artigo 6; 104.6 MtCO₂e em exportações de ITMOs em 2030 e 121.3 MtCO₂e em 2035, gerando fluxos de BRL 42.1 bilhões em investimento estrangeiro em 2030 e BRL 71.6 bilhões em 2035. Por fim, o Caminho 4 gera 190,000 empregos FTE (equivalente em tempo integral) adicionais em relação ao Caminho 1 em 2035, refletindo a contribuição combinada de atividades industriais intensivas em capital e do ARR, intensivo em mão de obra.

Os resultados sustentam consistentemente algumas conclusões de política. Primeiro, a consolidação do SBCE pode fortalecer um engajamento internacional crível, e um engajamento bem desenhado no Artigo 6 pode ajudar o país a cumprir seus compromissos climáticos e ampliar sua liderança e ambição climáticas. Segundo, o custo de capital estruturalmente elevado do Brasil torna as abordagens cooperativas internacionais uma necessidade estratégica, e não uma opção complementar, evidenciando que o engajamento no Artigo 6 não deveria estar condicionado à conclusão integral do processo regulatório do SBCE. Terceiro, embora os resultados deste trabalho possam subsidiar o engajamento do Brasil no Artigo 6, a consideração para autorização de ITMOs não deveria se limitar às categorias avaliadas neste documento, pois outras atividades — como projetos de REDD+, programas de JREDD+ (REDD+ jurisdicional), recuperação de gás de aterro, entre outras — também podem gerar impactos climáticos e socioeconômicos críticos de curto, médio e longo prazo que eventualmente justifiquem sua

inclusão em listas positivas em abordagens alternativas bem estruturadas.

Ainda assim, algumas características estruturais da abordagem de modelagem e suas limitações decorrentes também devem ser observadas. O cumprimento integral da NDC é uma premissa exógena de modelagem em todos os quatro caminhos; o arcabouço de custo marginal de abatimento subjacente ao modelo não captura plenamente os cobenefícios, os efeitos sobre cadeias de suprimentos e as complementaridades setoriais de categorias específicas de atividade. As trajetórias de preço de carbono e de commodities, tanto domésticas quanto internacionais, são prospectivas e estão sujeitas a incertezas regulatórias, geopolíticas e de mercado. A regra de retenção doméstica de 50% adotada no Caminho 4 é um parâmetro fixo de modelagem e pode não refletir as necessidades de investimento de todos os tipos de projeto; análises de sensibilidade sobre proporções de retenção alternativas e outras formas de autorizações condicionadas são previstas como adições interessantes e relevantes.

Em conjunto, os resultados deste estudo reforçam que o Brasil tem uma oportunidade estratégica única de se posicionar como líder global nos mercados internacionais de carbono. Ao alinhar instrumentos domésticos robustos a um engajamento internacional bem desenhado, o país pode simultaneamente reduzir o custo do cumprimento de sua própria NDC, elevar sua ambição climática e contribuir decisivamente para a eficiência econômica global do esforço de mitigação.

Este trabalho integra uma série de working papers produzidos pela Iniciativa IETA Brasil. Para mais informações sobre as peças anteriores e sobre o apêndice desta peça, acesse os documentos listados no início deste documento.

01

Introdução

Construída a partir de dois working papers publicados anteriormente, esta revisão expande e reúne as conclusões em um único documento revisado e abrangente — e introduz um cenário híbrido, o **Caminho 4**, para avaliar como SBCE, VCM e Artigo 6 podem atuar em conjunto.



Introdução

Construído a partir de working papers da IETA publicados anteriormente sobre frameworks de mercado de carbono e seus impactos socioeconômicos para o Brasil, e do diálogo com diversas partes interessadas dos setores público e privado, este documento expande e reúne as conclusões do trabalho em um único documento revisado e abrangente, para subsidiar discussões sobre como o país poderia melhor considerar os diferentes instrumentos de mercado de carbono rumo ao cumprimento eficiente de seus compromissos climáticos.

O primeiro working paper estabeleceu a base analítica deste estudo. Avaliou o perfil de emissões do Brasil, sua estrutura econômica e seus compromissos climáticos no contexto da evolução dos mercados globais de carbono, identificando desafios críticos — desde deter o desmatamento e ampliar a restauração da vegetação nativa até descarbonizar setores de difícil abatimento. Com base em referências internacionais, propôs três caminhos potenciais iniciais combinando a implementação do SBCE, a promoção do VCM e o engajamento no Artigo 6, posicionando a ação antecipada nos mercados de carbono como um imperativo estratégico que não deveria estar condicionado à conclusão integral do processo regulatório do SBCE.

O segundo working paper traduziu essas conclusões conceituais em resultados mensuráveis: quantificou os impactos econômicos, ambientais e sociais dos três caminhos propostos, constatando que, embora a consolidação doméstica do SBCE forneça as bases de integridade e previsibilidade sobre as quais os instrumentos internacionais podem se apoiar com segurança, diferentes caminhos demonstram que o engajamento estratégico no Artigo 6 pode ampliar significativamente o potencial econômico, social e ambiental do Brasil. Em conjunto, os resultados apontaram para a complementaridade entre a descarbonização industrial e as soluções baseadas na natureza e sinalizaram a necessidade de explorar um cenário mais abrangente e integrado.

O novo cenário — denominado **Caminho 4** híbrido — foi desenvolvido para aprofundar a avaliação de alternativas de desenho de mercado. Nesse caminho, aproximadamente 50% dos créditos gerados permanecem no país para contribuir diretamente com o cumprimento da NDC, enquanto a parcela restante pode ser autorizada para uso internacional, sujeita a critérios rigorosos de integridade ambiental e alinhamento regulatório.

Além de avaliar um caminho adicional, o arcabouço analítico foi substancialmente reforçado: maior transparência sobre as premissas, articulação mais clara dos fluxos de receita e dos beneficiários econômicos, e ilustrações práticas de casos que ancoram as conclusões analíticas em contextos concretos de implementação.

Em nova parceria com a EOS Consulting, o trabalho empregou o modelo de equilíbrio geral computável IMACLIM-BR e foi enriquecido pelas contribuições de atores atuantes no mercado de carbono, que lançaram luz sobre oportunidades de mercado de carbono que poderiam ser destravadas por um framework de mercado de carbono eficiente no país.

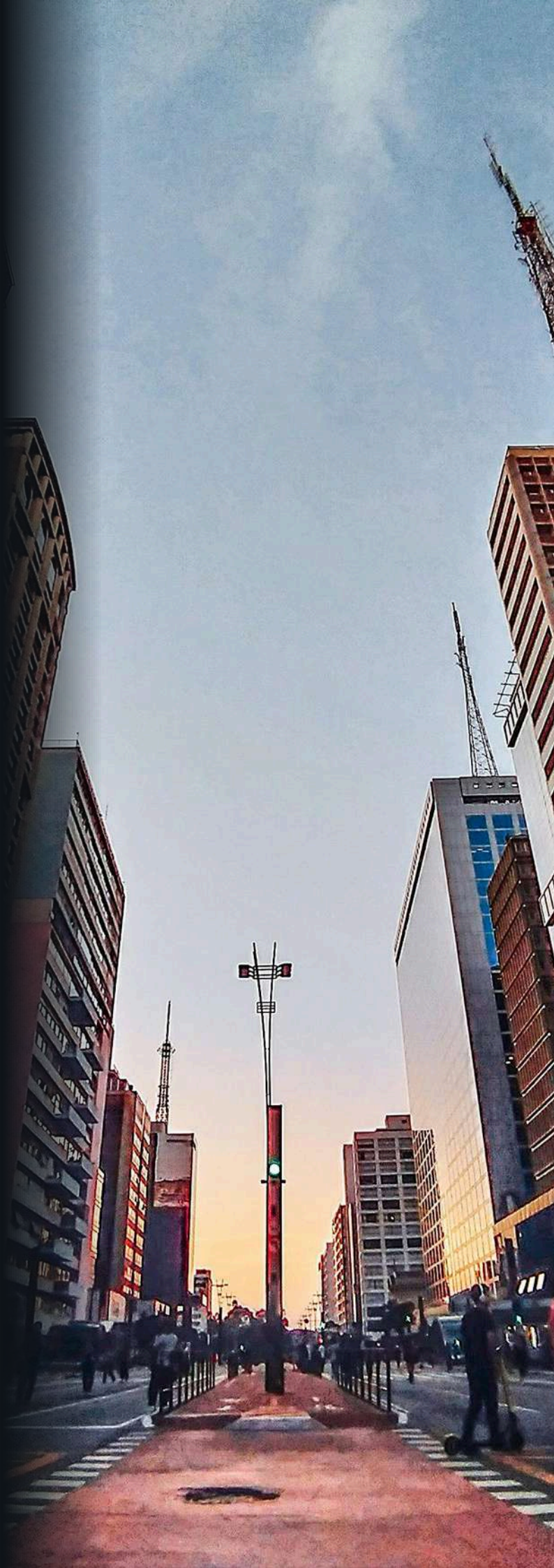
Ainda assim, este trabalho deve ser visto como um exercício em andamento, cujo principal valor está em indicar caminhos possíveis para o engajamento do Brasil nos mercados de carbono. O estudo contribui para alinhar os cenários analisados ao arcabouço nacional de política climática, incluindo o Plano Clima Mitigação e o desenvolvimento do SBCE, além de avaliar o papel dos mecanismos internacionais na promoção da eficiência econômica, da integridade ambiental e da viabilidade de implementação.

Por fim, o trabalho busca oferecer uma base analítica robusta para o debate de políticas públicas e as decisões de desenho de mercado, apoiando a construção de um framework de mercado de carbono coerente, eficiente e de alta integridade, capaz de promover simultaneamente os objetivos de descarbonização de longo prazo do Brasil e o crescimento sustentável.

02

Cenários & abordagem analítica

Quatro caminhos que se reforçam mutuamente para uma arquitetura integrada de mercado de carbono, modelados no IMACLIM-BR e calibrados em relação às discussões de política pública em curso sobre o SBCE e o PMI Brasil.



Cenários e Abordagem Analítica

As primeiras avaliações qualitativas destacaram que a ação antecipada no engajamento ao Artigo 6 e na promoção do VCM não deveria estar condicionada à conclusão integral do processo regulatório do SBCE. Iniciativas-piloto estratégicas e medidas específicas de promoção de mercado já podem ser implementadas no processo de operacionalização do SBCE para gerar sinais de mercado críveis que ampliem os investimentos climáticos do setor privado e ofereçam aprendizados para refinar políticas e arranjos operacionais.

O trabalho quantitativo subsequente avaliou três abordagens potenciais que o país poderia considerar para promover o melhor uso dos instrumentos de mercado de carbono rumo ao cumprimento de suas NDCs, considerando as circunstâncias nacionais específicas do Brasil. Tais frameworks propostos não foram concebidos para funcionar isoladamente; ao contrário, foram vistos como pilares que se reforçam mutuamente de uma arquitetura

integrada de mercado de carbono – capazes de fortalecer sinais de investimento, ampliar oportunidades de financiamento e assegurar que todos os esforços contribuam coerentemente para o cumprimento custo-eficiente da NDC do Brasil. Foram pensados para se encaixar idealmente no horizonte das fases iniciais de implementação do SBCE e concebidos para permanecerem dinâmicos, evoluindo junto com a implementação dos planos setoriais de alocação e outros desenvolvimentos regulatórios. Dessa forma, são particularmente relevantes para o contexto atual do país, permitindo ajustes à medida que as condições de mercado, as tecnologias e as políticas evoluem.

Esta análise revisada compara essas avaliações iniciais com um quarto caminho potencial para um framework de mercado de carbono no Brasil (Figura 1) e busca avaliar os impactos socioeconômicos que cada um deles pode representar para o Brasil.

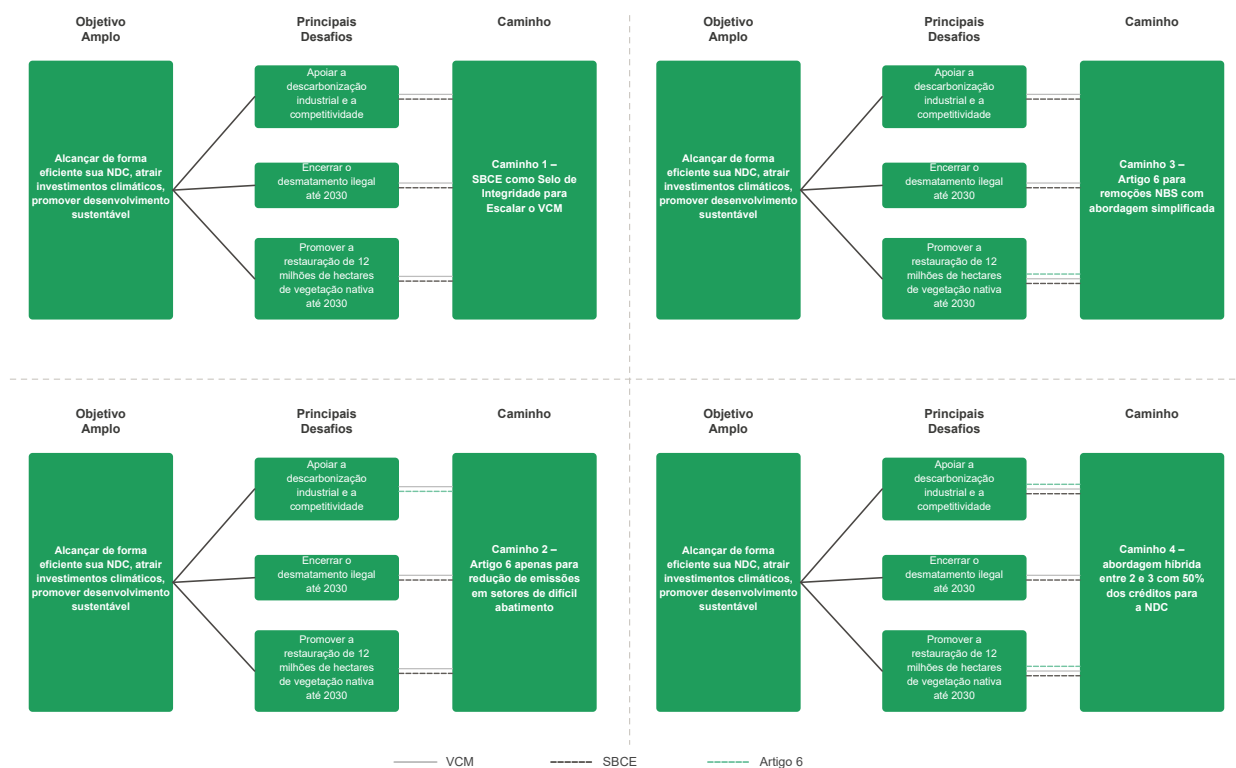


FIG. 01 Caminhos potenciais para os frameworks de mercado de carbono do Brasil.

Fonte: IETA & EOS

Os caminhos avaliados representam um espectro de escolhas de política para integrar o mercado de carbono doméstico do Brasil às abordagens cooperativas internacionais sob o Artigo 6 do Acordo de Paris. Embora cada caminho difira em sua lógica de desenho e nos setores centrais, todos compartilham uma base analítica comum: todos os cenários assumem desmatamento ilegal zero até 2030, crescimento do PIB de aproximadamente 2.7% ao ano até 2035, CORSIA Fase II em vigor a partir de 2027 e uma trajetória de preço de carbono doméstico consistente com o cumprimento da NDC (US\$19/tCO₂e em 2030; US\$26.55/tCO₂e em 2035). As trajetórias de preço do petróleo são consistentes com o cenário “Announced Pledges” da IEA (Agência Internacional de Energia): US\$ 72/barril em 2030, US\$ 63/barril em 2040 e US\$ 58/barril em 2050. Ao longo dos caminhos, projeta-se que as emissões líquidas caiam de 1,824 MtCO₂e em 2025 para aproximadamente 1,050 MtCO₂e em 2035, consistente com a meta da NDC do Brasil.

Vale notar que as trajetórias de preço do petróleo adotadas no modelo refletem premissas de longo prazo consistentes com os cenários internacionais de transição, mas estão sujeitas a incertezas. Choques persistentes de alta de preços poderiam afetar os resultados por múltiplos canais: no curto e médio prazo, preços mais altos do petróleo tendem a elevar os custos de transporte e de produção ao longo das cadeias de suprimentos dependentes de combustíveis fósseis, gerando pressão inflacionária com potenciais efeitos negativos sobre a renda real, o consumo e a competitividade setorial. Sob uma perspectiva estrutural, preços mais altos do petróleo trazem implicações ambíguas para a transição energética: ao mesmo tempo em que aumentam a atratividade econômica da eficiência energética, da eletrificação, dos biocombustíveis, das renováveis e da substituição de combustíveis, potencialmente acelerando o investimento de

baixo carbono, também podem ampliar as receitas e os incentivos de economia política associados à produção de combustíveis fósseis, criando riscos de lock-in e adiando decisões estruturais de transição.

O **Caminho 1** estabeleceu o cenário regulatório de referência. Assume que o Brasil priorizará a consolidação doméstica de seu Sistema de Comércio de Emissões (SBCE) e ampliará seu engajamento no VCM antes de atuar nos mercados internacionais de carbono sob o Artigo 6 do Acordo de Paris. As autorizações de ITMOs são, portanto, consideradas apenas após o país ter demonstrado o cumprimento de seus compromissos da NDC, e não como uma etapa para alcançá-los de forma custo-eficiente.

O **Caminho 2** assume que as exportações de ITMOs poderiam ser usadas para apoiar a descarbonização em setores de difícil abatimento, financiando projetos que, de outra forma, não ocorreriam no curto prazo devido a seus altos custos. Nesse cenário, os esforços domésticos para cumprir a NDC se concentrariam em reduções e remoções de GEE (gases de efeito estufa) menos custosas, com a autorização de ITMOs considerada apenas para créditos precificados acima do preço de carbono estimado como necessário para cumprir a NDC. Esse cenário calculou o potencial de redução adicional além da NDC, considerando a trajetória de preço de carbono necessária para alcançar a NDC do Brasil, a trajetória de preço do EU ETS (Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia) como referência de limite superior para o valor potencial de venda dos ITMOs, e um preço marginalmente abaixo do EU ETS como preço de venda dos ITMOs (Figura 2). É importante destacar que as trajetórias de preço de carbono adotadas no modelo foram calibradas com base em estudos reconhecidos, como AGORA (2024) e Centro Clima (2023).



FIG. 02 Trajetórias de preço de carbono e a oportunidade de negócio do Artigo 6, 2025–2050.

Fonte: EOS Consulting, com base em Centro Clima (2023) e AGORA (2024)

Alinhado à meta do PLANAVEG de restaurar 12 milhões de hectares de vegetação nativa até 2030, o **Caminho 3** considera autorizações de ITMOs para atividades de ARR, autorizando uma parcela dos resultados de mitigação nesse setor para atrair investimento internacional, escalar projetos e estimular o desenvolvimento de uma cadeia de suprimentos de restauração robusta. Propõe uma taxa de autorização para atrair investidores e acelerar a implementação de projetos de restauração de florestas nativas, com as receitas da taxa sendo reinvestidas para apoiar e escalar atividades domésticas complementares de REDD+ de alta integridade e, eventualmente, compensar o impacto dos ajustes correspondentes aplicados (Figura 3).

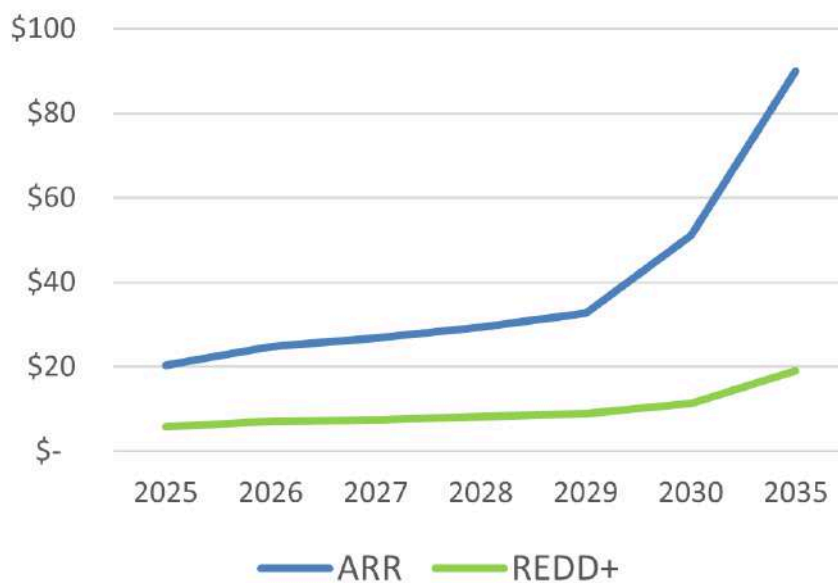


FIG. 03 Trajetória estimada de preço de carbono para ARR e REDD+ no VCM.

Fonte: EOS Consulting, com base em estimativas médias de preço de mercado (S&P Global, Fastmarkets e AlliedOffsets).

Esse cenário assume que o governo poderia considerar autorizar inicialmente um volume de mitigação equivalente a 5% da meta do PLANAVEG, o que resultaria em uma autorização potencial estimada de 327 MtCO₂e entre 2026 e 2030. Dado o maior volume de mitigação doméstica gerado pelo cumprimento dos compromissos dentro do país, até 2035 esse volume autorizado poderia aumentar sua participação para 10% da meta do PLANAVEG, mantendo o nível de autorizações. Para o Cenário 3, assume-se que o custo médio de restauração da vegetação nativa em áreas públicas e privadas, em valor presente, é de US\$ 16.87/tCO₂e em 2030 e US\$ 19.32/tCO₂e em 2035, considerando o bioma amazônico — um custo que deve ser lido em conjunto com os custos de oportunidade de usos concorrentes da terra, que representam um fator determinante da viabilidade da restauração em escala. Paralelamente, considera-se uma trajetória de preço alinhada ao prê-

mio global a ser pago por créditos de ARR de alta integridade, estimado em US\$ 51.08/tCO₂e em 2030 e US\$ 90.04/tCO₂e em 2035.

Nesse contexto, a aplicação de uma taxa de autorização de 20% sobre as transações — calibrada pelo diferencial típico de preço entre créditos de REDD+ e de ARR — permite estruturar um mecanismo de cofinanciamento, no qual a receita gerada pela autorização de créditos de ARR apoia atividades domésticas de REDD+ de alta integridade. Em termos práticos, essa lógica implica que, para cada hectare restaurado via ARR, seria possível financiar adicionalmente a conservação de um hectare via REDD+, ampliando o impacto climático líquido do mecanismo. Essa equivalência foi assumida para fins de modelagem e baseada em diferenciais de preço observados, mas é possível que esse fluxo de receita seja suficiente para assegurar compromissos de conservação ainda mais ambiciosos.

É igualmente importante reconhecer as limitações inerentes à análise. As trajetórias de preço de carbono, tanto domésticas quanto internacionais, são prognósticas e estão sujeitas a desenvolvimentos de política, dinâmicas de mercado e fatores geopolíticos que não podem ser plenamente antecipados. Os resultados quantitativos devem, portanto, ser lidos como faixas indicativas para subsidiar a deliberação de políticas, e não

como previsões precisas. Além dos três caminhos analisados, os resultados apontam para o potencial de uma abordagem híbrida que combina elementos dos Caminhos 2 e 3. Tal estratégia aceleraria simultaneamente a descarbonização industrial e ampliaria as soluções baseadas na natureza, maximizando os benefícios econômicos, sociais e ambientais.

PERSPECTIVAS DO MERCADO

Biomás • Destravando a restauração ecológica em escala por meio de ajustes correspondentes

Projetos de restauração ecológica em larga escala no Brasil apresentam alto investimento inicial de capital (BRL 20,000–50,000/ha), longos ciclos de investimento e exposição ao risco cambial. O mercado comprador permanece altamente concentrado, limitando a previsibilidade de receita que os investimentos de restauração de longo prazo exigem. Os mecanismos do Artigo 6 abordam diretamente essa lacuna estrutural: sinais de demanda dos países compradores indicam demanda potencial por ITMOs de até 570 MtCO₂ anualmente até 2040–2050, complementada pelo CORSIA, de até 1,500 MtCO₂ até 2035. Os mercados do Artigo 6 estão vinculados a necessidades de conformidade e metas nacionais, oferecendo sinais de demanda mais fortes e maior visibilidade de receita de longo prazo. Para projetos de restauração de alta integridade, os ajustes correspondentes são o mecanismo habilitador crítico: sem eles, os projetos permanecem em grande parte limitados às dinâmicas do mercado voluntário; com eles, podem acessar a demanda movida por conformidade, combinando resultados climáticos com conservação da biodiversidade e cobenefícios socioeconômicos para comunidades locais.

Mombak • Escalando a remoção de carbono por meio da cooperação no Artigo 6

O Brasil está emergindo como um fornecedor significativo de remoção de dióxido de carbono (CDR) de alta integridade. Contudo, espera-se que a demanda do VCM no médio prazo se concentre e se aproxime da saturação para créditos de alta qualidade, enquanto o diferencial de preço entre os valores domésticos e a disposição internacional a pagar sinaliza uma lacuna estrutural de financiamento que os mecanismos do Artigo 6 poderiam endereçar. Projetos de CDR podem entregar resultados climáticos ao lado de múltiplos cobenefícios. As atividades de ARR podem avançar a restauração em larga escala de áreas desmatadas na Amazônia, gerando maior intensidade de emprego do que os usos anteriores da terra, criação de empregos formais e diversificação de renda para proprietários rurais, além de fomentar a biodiversidade da fauna e da flora. As atividades de ERW (intemperismo aprimorado de rochas) podem integrar a remoção de carbono a paisagens agrícolas produtivas, melhorando a química do solo e reduzindo a dependência de insumos importados. A previsibilidade nas autorizações permite o acesso à demanda movida por conformidade e ao financiamento inicial para projetos dessa natureza e para os benefícios que geram.

Future Climate Group · Mobilizando finanças climáticas para a recuperação de paisagens em larga escala

Iniciativas de restauração de paisagens, como o Todos pelo Araguaia, liderado pelo Governo de Mato Grosso e focado na revitalização da Bacia do Alto Araguaia, são críticas para promover segurança hídrica, produção agrícola e resiliência ambiental. Tais programas podem integrar a recuperação de terras degradadas, a restauração de zonas ripárias, a promoção de sistemas agroflorestais e o engajamento ativo de proprietários e comunidades locais. Além disso, estabelecer projetos de carbono integrados a esses programas e metas de restauração pode destravar um pipeline de longo prazo para a geração de créditos de remoção de carbono, inserido em uma estratégia mais ampla de mobilização de capital para o manejo sustentável da terra e a infraestrutura verde. O Artigo 6 representa um caminho natural para escalar iniciativas dessa natureza. Além da remoção de carbono, tais iniciativas podem entregar cobenefícios mensuráveis, ilustrando como programas jurisdicionais podem funcionar como plataformas de investimento escaláveis que alinham resultados de mitigação climática a objetivos mais amplos de desenvolvimento socioeconômico.

O novo **Caminho 4** avaliado neste documento combina elementos dos Caminhos 2 e 3, alavancando simultaneamente o Artigo 6 para viabilizar a descarbonização em setores de difícil abatimento e para expandir as soluções baseadas na natureza, inicialmente com foco em ARR, conforme descrito no Caminho 3. Como premissa central, 50% dos resultados de mitigação permanecem no Brasil para contribuir diretamente com o cumprimento da NDC, enquanto o restante pode ser autorizado para uso internacional, sujeito a critérios de integridade ambiental e alinhamento regulatório. Quanto a esta última premissa, é importante notar que a interação entre a autorização de ITMOs e a conformidade com a NDC foi explicitamente tratada na modelagem, permitindo uma avaliação mais precisa dos trade-offs entre as decisões sobre exportações de mitigação e o cumprimento da meta climática brasileira.

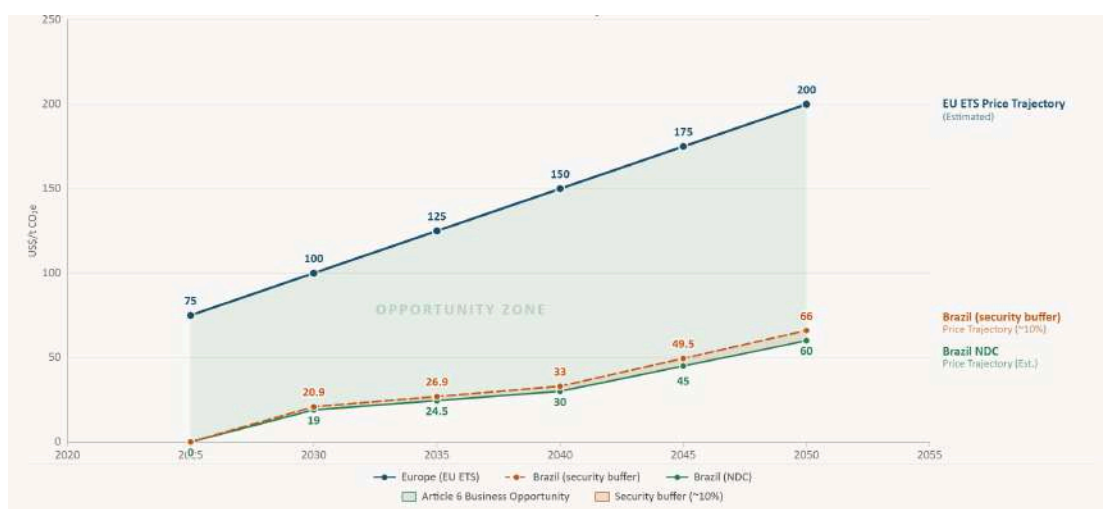


FIG. 04 Trajetórias projetadas de preço do SBCE e do EU ETS (Caminho 4).

Fonte: EOS Consulting, com base em MF (2025)

No cerne deste caminho está um princípio que reflete uma orientação fundamentalmente pragmática: um foco em acelerar o cumprimento da NDC de forma custo-eficiente, destravando investimento privado em atividades de mitigação de alto custo que, de outra forma, não ocorreriam apenas sob incentivos do mercado doméstico ou voluntário. Investimentos privados em reduções ou remo-

ções de emissões que atendam a critérios pré-definidos e cumpram os requisitos de qualidade do SBCE para a geração de CRVEs (Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões) destravariam a autorização de ITMOs para até 50% dos resultados de mitigação gerados por projetos elegíveis. A parcela restante é retida domesticamente, disponível para contribuir com a NDC do Brasil.

PERSPECTIVAS DO MERCADO

BeZero Carbon • Usando CCPs e CORSIA como pontos de referência para autorização no Brasil

Frameworks internacionais que aplicam avaliações em nível de metodologia podem desempenhar um papel como pontos de referência na abordagem do Brasil para autorizar créditos de carbono para uso internacional. Sob uma perspectiva de mercado global, esses frameworks ajudam a manter a fungibilidade e a flexibilidade do lado da oferta do mercado para se direcionar a diferentes conjuntos de demanda. No entanto, esses selos de mercado não precisam ser tratados como indicadores automáticos ou suficientes de integridade.

Nesse contexto, conceder ajustes correspondentes a créditos alinhados a frameworks reconhecidos internacionalmente tende a melhorar o acesso à demanda internacional e a reforçar prêmios de preço para a oferta de maior integridade. Isso é particularmente relevante para o CORSIA, onde a oferta permanece restringida pelas autorizações dos países anfitriões e os créditos elegíveis continuam a obter um prêmio movido por conformidade. Na prática, o Brasil pode adotar uma abordagem em múltiplas camadas para se alinhar a frameworks internacionais reconhecidos e manter a compatibilidade de mercado, ao mesmo tempo em que se adapta ao contexto nacional pela adição de salvaguardas complementares. Isso poderia incluir avaliação de risco independente em nível de projeto e sistemas robustos de transparência e registro ao conceder ajustes correspondentes. Por fim, a combinação de alinhamento internacional com escrutínio baseado em risco em nível de projeto pode contribuir para construir confiança de mercado de longo prazo.

Embora a aplicação de critérios comuns de qualidade para determinar quais créditos de carbono são elegíveis para uso em sistemas domésticos de conformidade tenha se tornado prática cada vez mais comum, tal abordagem ainda não se reflete de forma consistente nos acordos bilaterais do Artigo 6.2. Nesse contexto, busca-se um equilíbrio sensível entre assegurar critérios comuns para preservar a credibilidade dos mercados internacionais e restringir excessivamente os frameworks de engajamento pela aplicação de restrições metodológicas que possam comprometer uma participação de mercado mais ampla. Essa discussão qualitativa é um próximo passo natural no processo de desenvolvimento e refinamento do framework de engajamento do Brasil no Artigo 6.

É importante notar que as trajetórias de preço de carbono adotadas no modelo foram recalibradas com base em discussões de política pública em curso no Brasil, incluindo propostas relativas à regulação do SBCE e análises institucionais dos preços implícitos de carbono necessários para cumprir a NDC, por meio da iniciativa PMI Brasil (Partnership for Market Implementation). Portanto, a trajetória do EU ETS permanece como no Caminho 2, mas a trajetória nacional é levemente modificada para se alinhar ao PMI Brasil.

Além disso, para o Caminho 4, adota-se a premissa de uma margem de segurança como critério conservador

para a autorização de créditos sob o Artigo 6. Especificamente, apenas reduções de emissões cujo custo marginal de abatimento seja ao menos 10% superior à trajetória de preço de carbono estimada pelo Ministério da Fazenda no âmbito do PMI são consideradas elegíveis para comercialização internacional. Esse mecanismo assegura que as opções de mitigação mais custo-eficientes para o cumprimento doméstico da NDC permaneçam plenamente disponíveis ao Brasil, ao mesmo tempo em que permite ao país capturar receita adicional sob uma estratégia conservadora de engajamento no Artigo 6.

A inclusão de atividades de ARR neste caminho reflete uma escolha de desenho, e não uma aplicação padrão dos critérios de elegibilidade de difícil abatimento, dados os significativos cobenefícios sociais associados à restauração florestal e os desafios de implementação. Isso resulta em um caminho mais equilibrado, que promove soluções de descarbonização tanto tecnológicas quanto baseadas na natureza. Outras atividades tam-

bém podem entregar impactos climáticos e socioeconômicos críticos que justifiquem tratamento diferenciado semelhante e podem ser objeto de estudos futuros.

Vale notar que os caminhos avaliados neste estudo fazem parte de um exercício contínuo e não exaustivo sobre opções potenciais que poderiam facilitar um engajamento inicial robusto do Brasil com o Artigo 6.

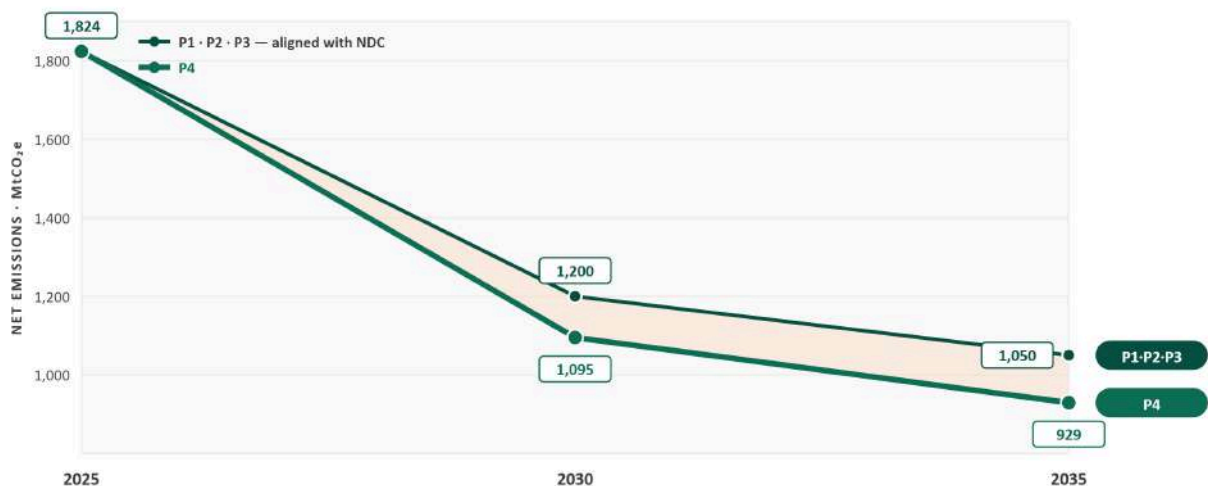


FIG. 05 Emissões líquidas (MtCO₂e) em cada caminho proposto, comparadas ao limite superior da NDC do Brasil.

Fonte: EOS Consulting / IMACLIM-BR

03

Resultados e discussão

Resultados macroeconômicos, ambientais e sociais para os Caminhos 1, 2, 3 e 4 — modelados com o IMACLIM-BR e comparados ao cenário de referência de consolidação doméstica do SBCE.



Resultados e Discussão

As simulações conduzidas com o modelo IMACLIM-BR avaliaram os impactos econômicos, sociais e ambientais dos quatro caminhos propostos para a implementação integrada do SBCE, das abordagens cooperativas internacionais sob o Artigo 6 do Acordo de Paris e do fortalecimento do VCM. Os resultados são apresentados de forma comparativa, tomando o Caminho 1 — focado na consolidação doméstica do SBCE e em sua integração gradual com o VCM — como cenário de referência para a análise dos demais caminhos.

Caminho 1 representa o cenário regulatório de referência, no qual o Brasil opta por engajar-se no Artigo 6 apenas após alcançar sua NDC, em termos de sequenciamento, não o considerando como mecanismo de apoio a esse cumprimento e concentrando-se primeiro em estabelecer regras robustas para que créditos de carbono se tornem CRVEs sob o SBCE, de modo a aumentar o investimento direcionado a atividades de mitigação no país.

Nesse cenário, o PIB cresce de BRL 11.6 trilhões em 2025 para BRL 15.1 trilhões em 2035 (BRL de 2023), refletindo uma taxa média de expansão de aproximadamente 2.7% ao ano, consistente com as projeções do “Plano Clima Mitigação” e do “Plano de Transição Ecológica”. O PIB per capita aumenta de BRL 54.5 mil para BRL 69.4 mil no mesmo período, indicando ganhos reais de renda e produtividade. A taxa de desemprego se estabiliza entre 7.6% e 8.1%, com cerca de 110.7 milhões de empregos em equivalente de tempo integral (FTE) até 2035. A balança comercial permanece levemente positiva, em torno de 1.15% do PIB em 2035, e a inflação setorial permanece sob controle.

No front ambiental, as emissões líquidas caem de 1,824 MtCO₂e em 2025 para 1,050 MtCO₂e em 2035, em linha com a meta da NDC do Brasil de redução de 59–67% em relação aos níveis de 2005. A intensidade de emissões do PIB diminui de 0.16 kgCO₂e/BRL em 2025 para 0.07 kgCO₂e/BRL em 2035, demonstrando um desacoplamento estrutural entre o crescimento econômico e as emissões de gases de efeito estufa.

Sob a perspectiva social, o poder de compra das famílias cresce significativamente, sobretudo nos grupos de menor renda. Os 20% mais pobres da população veem seu poder de compra aumentar 1.70x entre 2015 e 2035, em resultado da expansão do consumo doméstico, da estabilidade de preços e do aumento da renda real.

De modo geral, os resultados deste caminho indicam um quadro de estabilidade macroeconômica e ambiental, servindo como referência importante para o desenvolvimento de regulações capazes de destravar investimento rumo ao cumprimento da NDC e de construir a base para o engajamento futuro no Artigo 6.

No entanto, ao concentrar-se principalmente na consolidação doméstica do SBCE e em seu potencial de ampliar demanda e investimento no VCM, este caminho limita o potencial de receitas e fluxos de investimento adicionais — particularmente para apoiar o cumprimento de compromissos climáticos de curto prazo — que poderiam ser destravados pela cooperação internacional e que são explorados nos Caminhos 2, 3 e 4. A estabilidade macroeconômica projetada no Caminho 1 está condicionada à manutenção de uma trajetória fiscal compatível com incerteza reduzida, juros reais estáveis e capacidade de investimento público e privado preservada. Por se tratar de um exercício de modelagem de longo prazo, os resultados estão sujeitos a incerteza significativa quanto à evolução das condições fiscais, particularmente diante de pressões sobre o gasto público, da dinâmica da dívida, do custo de capital e das necessidades de financiamento das políticas estruturais de transição climática.

Os resultados do Caminho 1 devem, portanto, ser interpretados como uma trajetória de referência sob condições macroeconômicas relativamente estáveis, e não como uma projeção incondicional. Importante: esse risco fiscal reforça a atratividade relativa dos Caminhos 2, 3 e 4 — mecanismos capazes de atrair capital externo, reduzir o custo marginal de mitigação e complementar a capacidade doméstica de financiamento ganhariam relevância estratégica adicional em um contexto de maior restrição fiscal.

Alguns dos compromissos de curto prazo mencionados estão ancorados em uma meta de desmatamento ilegal zero em todos os biomas até 2030 e na restauração de 12 milhões de hectares de vegetação nativa até 2030, sem mencionar a NDC do Brasil de reduzir de 59% a 67% de todas as emissões de GEE até 2035, em relação à linha de base de 2005. Essas e outras metas climáticas e políticas relacionadas foram avaliadas mais profundamente em nosso working paper anterior, “Frameworks de mercado de carbono para o Brasil”.

Caminho 2 introduz os mecanismos do Artigo 6 como instrumentos de financiamento internacional para esforços de mitigação em setores industriais e de energia de

difícil abatimento, fomentando a transferência de tecnologia, o investimento estrangeiro e a aceleração da modernização industrial.

PERSPECTIVAS DO MERCADO

Mitsui • Alavancando o Artigo 6 para a descarbonização industrial e a segurança energética

O Brasil está bem posicionado para escalar a geração de energia renovável, a bioenergia e os biocombustíveis avançados, aproveitando sua base de recursos naturais e suas capacidades industriais estabelecidas para reduzir a dependência de insumos estratégicos importados. A cooperação no Artigo 6 pode desempenhar um papel catalisador nesses caminhos ao melhorar a bancabilidade dos projetos, reduzir o risco de investimento e viabilizar o acesso à demanda internacional. Além dos sistemas de energia, a integração da captura e armazenamento de carbono a processos industriais, como a produção de etanol, e a implantação de abordagens como carbon farming, BECCS (bioenergia com captura e armazenamento de carbono) e biochar oferecem vias adicionais para reduções duradouras de emissões, particularmente relevantes no Brasil dada a disponibilidade de biomassa e a dinâmica de uso da terra.

Em conjunto, essas oportunidades posicionam o Artigo 6 não apenas como um mecanismo de mercado complementar, mas como um canal estratégico para alinhar a demanda internacional ao potencial doméstico de mitigação e remoção do Brasil. Ao viabilizar o acesso a mercados movidos por conformidade e apoiar a implantação de tecnologia em setores de difícil abatimento, a cooperação internacional sob o Artigo 6 pode elevar tanto a custo-eficiência quanto a ambição da NDC do Brasil, mobilizando investimento privado e expertise internacional para atividades que avançam metas climáticas ao lado da segurança energética e da competitividade industrial.

Nesse cenário, o PIB registra um ganho incremental de 1.07% em 2035 sobre o cenário de referência, atingindo BRL 15.3 trilhões, sustentado por ingressos de investimento estrangeiro de BRL 53.8 bilhões em 2030 e BRL 71.6 bilhões em 2035, decorrentes de transações de ITMOs e parcerias industriais. A balança comercial melhora ligeiramente, alcançando 2.09% do PIB, refletindo a expansão de atividades industriais e serviços tecnológicos associados à inovação climática.

A exportação de ITMOs totaliza 99.7 MtCO₂e em 2030 e 106.1 MtCO₂e em 2035, com ajustes correspondentes assegurando a integridade ambiental e a conformidade com a NDC. Antes da aplicação desses ajustes, as emissões alcançariam 944 MtCO₂e em 2035, ante 1,050 MtCO₂e após o ajuste, para assegurar o cumprimento da NDC, bem como a transparência e a credibilidade do processo.

É importante notar que as medidas avaliadas neste caminho — tipicamente de difícil abatimento — não pertencem ao portfólio de menor custo para o cumprimento da NDC do Brasil. Embora não sejam prioridade no curto prazo para a mitigação doméstica, são atrativas para países desenvolvidos, onde os custos marginais de abati-

mento são significativamente mais altos. Nesse contexto, o Artigo 6 permite ao Brasil converter diferenciais de custo em oportunidades de financiamento e de aprendizado tecnológico.

Sob a perspectiva social, o poder de compra das famílias segue uma trajetória semelhante à do Caminho 1, com leve aumento de renda nas classes de renda média e maior geração de empregos qualificados. A transição tecnológica exerce um efeito inflacionário moderado ($\approx +1.04\%$), ao mesmo tempo em que contribui positivamente para a produtividade, as receitas fiscais e a sofisticação industrial.

Em resumo, embora o Caminho 2 demonstre que o uso estratégico do Artigo 6 pode combinar descarbonização industrial, atração de capital estrangeiro e ganhos macroeconômicos — posicionando o Brasil como fornecedor competitivo de resultados de mitigação e tecnologias de baixo carbono —, seus benefícios tendem a se concentrar inicialmente em setores intensivos em capital e podem levar mais tempo para se traduzir em ganhos sociais e ambientais amplos.

TABELA 1 · Opções de mitigação por setor nas exportações de ITMOs e sua participação agregada em setores de difícil abatimento, em 2030 e 2035. · Fonte: EOS Consulting / IMACLIM-BR

SETOR	POTENCIAL DE ITMOS 2030 (MTCO ₂ E)	POTENCIAL DE ITMOS 2035 (MTCO ₂ E)	PARTICIPAÇÃO SETORIAL (%)
Óleo & Gás (O&G)	7.74	10.33	8%
Transportes	53.06	70.74	53%
CCS	34.61	46.14	35%
Aço	1.50	2.00	1%
Outras Indústrias	0.83	1.11	1%
Química	2.33	3.10	2%
Total	100.06	133.41	100.0%

Para complementar as avaliações anteriores, o **Caminho 3** explora um uso mais inclusivo da cooperação internacional — que aproveita as vantagens comparativas do Brasil em soluções baseadas na natureza para entregar resultados de mitigação de larga escala e curto prazo, com potencial de fomentar o desenvolvimento rural, a proteção da biodiversidade e a resiliência comunitária.

O **Caminho 3** direciona a cooperação do Artigo 6 para soluções baseadas na natureza (NBS), especialmente ARR, reinvestindo as receitas de autorização em atividades domésticas de REDD+ de alta integridade. Em termos macroeconômicos, o PIB atinge BRL 15.34 trilhões em 2035, representando 1.40% acima do Caminho 1, em resultado do dinamismo das cadeias florestais e do efeito multiplicador dos investimentos locais. A balança comercial permanece superavitária (1.2% do PIB), e os níveis de emprego crescem ligeiramente, alcançando 111 milhões de empregos FTE em 2035.

O volume de ITMOs exportados é de 109.2 MtCO₂e em 2030 e permanece no mesmo nível em 2035, sendo relativamente pequeno em comparação com o total de

mitigações a serem geradas pelo cumprimento da meta, mas as receitas líquidas geradas são significativas, estimadas em BRL 30.1 bilhões e BRL 53.1 bilhões respectivamente, refletindo o elevado valor de mercado dos créditos de ARR (US\$51/tCO₂e em 2030; US\$90/tCO₂e em 2035).

A combinação de custos de restauração relativamente mais baixos e preços internacionais mais altos gera um diferencial econômico significativo, criando margens atrativas para investidores ao longo do tempo. Tais margens de transação tendem a se expandir ao longo do horizonte analisado, impulsionadas principalmente pela valorização esperada dos créditos de carbono de ARR de alta integridade no mercado internacional, permitindo reinvestimentos em mitigações adicionais.

Sob a perspectiva social, o poder de compra da população mais pobre alcança o maior ganho entre todos os caminhos, crescendo 1.74 vez entre 2015 e 2035, impulsionado pela criação de empregos na restauração florestal (geralmente exigindo menor qualificação), pela valorização da economia rural e pelos cobenefícios socioambientais de projetos de carbono.

O impacto inflacionário é ligeiramente maior (índice 1.09 em comparação ao Caminho 1), devido ao aumento da demanda doméstica, à elevação dos salários médios em decorrência do menor desemprego e à

valorização dos insumos agrícolas, mas permanece dentro de limites macroeconômicos estáveis e gerenciáveis.

Tratamento de REDD+ e JREDD+ • Sua importância para o framework de mercado de carbono do Brasil

Os créditos de REDD+ podem provir tanto de REDD+ de base projetual quanto de programas de REDD+ jurisdicional, que têm papéis distintos, porém complementares. Enquanto o REDD+ de base projetual gera créditos a partir de intervenções focalizadas, os programas jurisdicionais agregam resultados de mitigação em paisagens inteiras ou unidades administrativas, tipicamente sob supervisão governamental e alinhados a abordagens de contabilização que dialogam com os frameworks nacionais da NDC. Nesse sentido, os créditos jurisdicionais, à luz de sua escala programática, do alinhamento com a prestação de contas governamental e dos sistemas nacionais de MRV (monitoramento, relato e verificação), podem apresentar certas vantagens no contexto da autorização de ITMOs e dos arranjos de transferência internacional, particularmente se os países adotarem abordagens consistentes com aquelas refletidas nos requisitos de elegibilidade do CORSIA. Embora o CORSIA não aceite amplamente créditos de REDD+, reconhece explicitamente certas abordagens jurisdicionais, incluindo a Architecture for REDD+ Transactions (ART) e cenários específicos sob o framework Jurisdictional and Nested REDD+ (JNR) da Verra. Nesse sentido, considerando a importância que tais atividades podem representar para a viabilidade do CORSIA no curto e médio prazo, a possibilidade de conceder autorizações a tais atividades também deveria ser avaliada e considerada. Ainda assim, isso não diminui a relevância das atividades de REDD+ de base projetual, que podem desempenhar um papel complementar ao lado dos programas jurisdicionais na mobilização de financiamento, na entrega de resultados de mitigação e no avanço de objetivos climáticos mais amplos sob diferentes abordagens de implementação do Artigo 6.

O Caminho 3, portanto, confirma que o Brasil pode consolidar sua posição como fornecedor global de soluções baseadas na natureza de alta integridade, combinando ganhos econômicos, restauração ambiental com conservação e redução de desigualdades regionais. Essa abordagem favorece ganhos sociais e ambientais amplos, promovendo inclusão territorial, geração de renda em áreas rurais e o fortalecimento de comunidades tradicionais.

Caminho 4 combina elementos dos Caminhos 2 e 3, alavancando simultaneamente o Artigo 6 para viabilizar a descarbonização em setores de difícil abatimento e expandindo as soluções baseadas na natureza. Como premissa central, apenas 50% dos resultados de mitigação gerados por projetos aprovados são autorizados como ITMOs, enquanto a parcela restante de créditos contribui diretamente para o cumprimento da NDC do Brasil. Essa abordagem busca equilibrar a captura de oportunidades nos mercados internacionais de car-

bono com a preservação da eficiência econômica e ambiental da estratégia doméstica.

Vale esclarecer que, diferentemente da taxa de autorização de 20% que havia sido adotada no Caminho 3 — na qual a receita gerada pela autorização de créditos de ARR apoia atividades domésticas de REDD+ de alta integridade —, o Caminho 4 não pressupõe a aplicação de tal taxa, sendo a regra de autorização de 50% a única restrição aplicada em termos de volumes de autorização para atividades elegíveis.

Sob a perspectiva econômica, o cenário apresenta significativo potencial de geração de receita a partir da comercialização internacional desses créditos, estimada em aproximadamente BRL 42 bilhões em 2030 e BRL 72 bilhões em 2035, refletindo tanto a valorização esperada dos créditos de carbono de alta integridade quanto a complementaridade entre diferentes fontes de mitigação.

TABELA 2 · Potenciais de mitigação, distribuição entre exportação sob o Artigo 6 e uso doméstico, e receitas associadas – Caminho 4 (2030 e 2035) · Fonte: EOS Consulting / IMACLIM-BR

CATEGORIA	2030				2035			
	POTENCIAL TOTAL MTCO ₂ E	EXPORTADO ANUALMENTE MTCO ₂ E	RETIDO NO BRASIL MTCO ₂ E	RECEITA BRL MILHÕES	POTENCIAL TOTAL MTCO ₂ E	EXPORTADO ANUALMENTE MTCO ₂ E	RETIDO NO BRASIL MTCO ₂ E	RECEITA BRL MILHÕES
Difícil abatimento	100.06	50.03	50.03	27,016	133.42	66.71	66.71	45,027
ARR	109.18	54.59	54.59	15,058	109.18	54.59	54.59	26,542
Total	209.24	104.62	104.62	42,074	242.59	121.30	121.30	71,569

O volume de reduções e remoções retido no Brasil — estimado em 105 MtCO₂e em 2030 e 121 MtCO₂e em 2035 — representa uma contribuição decisiva para o cumprimento da NDC, ao afetar diretamente tanto o custo marginal quanto o nível de ambição do esforço doméstico. Em particular, até 2035 esse volume é da mesma ordem de grandeza que a diferença entre os limites superior e inferior da faixa de meta do Brasil, implicando que sua retenção doméstica, por si só, poderia permitir uma transição do limite superior em direção ao inferior da NDC. Se o país já estiver alinhado à trajetória mais ambiciosa, esse volume adicional permitiria que as emissões caíssem abaixo do limite inferior, aumentando significativamente o nível de ambição climática. Alternativamente, se o país estiver fora do rumo de cumprir sua NDC devido à não implementação até mesmo das medidas de mitigação de menor custo disponíveis, o engajamento sob o Artigo 6 ainda poderia desempenhar um papel corretivo ao reduzir a lacuna de mitigação. Isso constitui, portanto, uma operacionalização concreta do texto da NDC do Brasil, que reconhece explicitamente o papel dos mecanismos de mercado e da cooperação internacional como instrumentos para elevar a ambição e reduzir o custo de conformidade com as metas climáticas.

Uma consideração importante a respeito dos resultados ambientais de cada caminho proposto é que, nos três primeiros caminhos, projeta-se que as emissões líquidas alcancem aproximadamente

1,050 MtCO₂e em 2035, consistente com a meta da NDC do Brasil. No Caminho 4, contudo, devido aos resultados de mitigação adicionais contabilizados para a NDC brasileira, as emissões líquidas alcançam 1,095.4 MtCO₂e em 2030 e 928.7 MtCO₂e em 2035, além do compromisso da NDC.

Além disso, ambas as categorias de atividade avaliadas apresentam casos fortes e complementares: as atividades de ARR geram cobenefícios catalisadores — como emprego rural, desenvolvimento da cadeia de suprimentos da bioeconomia, biodiversidade e segurança hídrica — que se estendem muito além de suas remoções diretas de carbono; já os setores de difícil abatimento dificilmente se descarbonizarão dentro do horizonte de política relevante apenas sob sinais do mercado doméstico, e o engajamento antecipado no Artigo 6 pode acelerar a implantação de tecnologia.

Em resumo, o Caminho 4 combina elementos dos cenários anteriores, avançando simultaneamente a descarbonização em setores de difícil abatimento e expandindo as soluções baseadas na natureza, sob uma abordagem conservadora de engajamento no Artigo 6. Nesse cenário, o PIB atinge BRL 13.31 trilhões em 2030 e BRL 15.32 trilhões em 2035, representando um ganho marginal de aproximadamente +0.4% em 2030 e +1.2% em 2035 em relação ao Caminho 1. A balança comercial permanece positiva, alcançando 0.18% do PIB em 2030 e 1.60% em 2035.

No mercado de trabalho, os resultados mostram um efeito positivo e consistente. Os níveis de emprego permanecem elevados, com aproximadamente 110.7 milhões de empregos FTE em 2030 e 110.9 milhões em 2035. Em relação ao Caminho 1, o Caminho 4 gera aproximadamente 190,000 empregos FTE adicionais em 2035, desempenhando melhor que o Caminho 2 (70,000 empregos FTE adicionais) e aproximando-se do Caminho 3 (440,000 empregos FTE adicionais), refletindo a combinação de atividades intensivas em capital e soluções baseadas na natureza mais intensivas em mão de obra. As atividades de ARR desempenham um papel central, dada sua natureza intensiva em mão de obra e seu amplo alcance territorial.

Sob a perspectiva ambiental, o Caminho 4 entrega os resultados mais ambiciosos. As emissões líquidas alcançam 1,095.4 MtCO₂e em 2030 e recuam para 928.7 MtCO₂e em 2035, posicionando o Brasil não apenas dentro de sua meta da NDC, mas significativamente abaixo de seu limite superior. A intensidade de emissões do PIB melhora para 0.08 kgCO₂e/BRL em 2030 e 0.06 kgCO₂e/BRL em 2035, reforçando o desacoplamento entre o crescimento econômico e as emissões.

Sob a perspectiva social, o cenário mantém fortes ganhos de renda e consumo, com o poder de compra da população mais pobre aumentando 1.49 vez até 2030 e 1.72 vez até 2035 (linha de base 2015=1). Os impactos inflacionários per-

manecem moderados (índice de preços de 1.021 em 2030 e 1.054 em 2035), inferiores aos do Caminho 3.

Uma questão relevante na interpretação dos resultados diz respeito ao risco de autorizar ITMOs enquanto, potencialmente, não se cumpre a NDC doméstica. A análise do Caminho 4 sugere que esse risco é estruturalmente mitigado por desenho. A combinação de uma margem de segurança — restringindo a elegibilidade para exportação a medidas com custos marginais acima dos exigidos para a conformidade doméstica — e a retenção de 50% dos resultados de mitigação assegura que as opções mais custo-eficientes permaneçam plenamente disponíveis para o cumprimento da NDC do Brasil. Além disso, o ingresso de investimento externo direcionado a medidas de maior custo amplia o portfólio geral de mitigação sem competir com a estratégia doméstica central.

Em suma, o Caminho 4 demonstra que é possível combinar eficiência econômica, ambição climática e integração estratégica aos mercados internacionais. Ao preservar as opções domésticas de menor custo por meio da margem de segurança e, simultaneamente, aproveitar oportunidades de exportação de mitigação, o cenário posiciona o Brasil como ator-chave tanto no cumprimento de sua NDC quanto na contribuição para a redução do custo global da transição climática.

TABELA 3 · TODOS OS CAMINHOS · 2015–2035

Resumo comparativo dos resultados da modelagem

TABELA 3 · Resumo comparativo dos resultados da modelagem. Fonte: EOS Consulting com base nos resultados do IMACLIM-BR. Coluna do Caminho 4 destacada. Caminho 1 = referência (consolidação doméstica do SBCE). Todos os valores monetários em BRL de 2023, salvo indicação. FTE = empregos em equivalente de tempo integral. “-” = não aplicável para este caminho/período.

INDICADOR	LINHA DE BASE			CAMINHO 1		CAMINHO 2		CAMINHO 3		CAMINHO 4		UNIDADE
	2015	2020	2025	2030	2035	2030	2035	2030	2035	2030	2035	
População (IBGE)	202	209	213	219	218	219	218	219	218	219	218	Milhões
PIB (BRL 2023)	10,002	9,767	11,599	13,254	15,135	13,282	15,297	13,319	15,343	13,310	15,321	BRL bi
Crescimento do PIB (vs. ref)	—	—	—	—	—	0.21%	1.07%	0.49%	1.37%	0.42%	1.20%	% do PIB
PIB per capita	49.5	46.7	54.5	60.5	69.4	60.6	70.2	60.8	70.4	60.8	70.3	‘000 BRL/hab
Balança comercial	0.40	1.60	0.05	-0.10	1.15	0.28	2.09	-0.02	1.24	0.18	1.60	% do PIB
Taxa de desemprego	9.5	7.6	8.1	7.58	8.08	7.60	8.09	7.55	7.81	7.56	7.93	%
Postos de trabalho	102	108	109	110.70	110.71	110.67	110.78	110.84	111.15	110.72	110.90	Milhões FTE
Novos postos de trabalho (vs. ref)	—	—	—	—	—	-30	70	140	440	20	190	Mil FTE
Índice de preços (vs. ref)	—	—	—	—	—	1.026	1.046	1.026	1.090	1.021	1.054	Índice
Emissões líquidas	1,562	1,824	1,824	1,200	1,050	1,200	1,050	1,200	1,050	1,095.4	928.7	MtCO ₂ e
Preço de carbono (NDC)	—	—	—	—	—	19	26.5	19	26.5	19	26.5	US\$/tCO ₂ e
Preço de venda de ITMOs	—	—	—	—	—	100	125	51	90	74.5	109.3	US\$/tCO ₂ e
ITMOs exportados por ano	—	—	—	—	—	99.71	106.1	109.2	109.2	104.6	121.3	MtCO ₂ e/ano
ITMOs exportados — Acumulado 2030–2035	—	—	—	—	—	617.4		655.2		677.6		MtCO ₂ e
Investimento estrangeiro	—	—	—	—	—	53.8	71.6	30.1	53.1	42.1	71.6	BRL bi
Investimento estrangeiro — Acumulado 2030–2035	—	—	—	—	—	376.3		249.6		341.1		BRL bi
Emissões per capita	7.7	8.7	8.6	5.5	4.8	5.5	4.8	5.5	4.8	5.0	4.3	tCO ₂ e/hab
Intensidade de emissões	0.16	0.19	0.16	0.09	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.08	0.06	kgCO ₂ e/BRL
Poder de compra – Classe 1	1.00	1.08	1.26	1.48	1.70	1.48	1.70	1.49	1.74	1.49	1.72	2015=1
Poder de compra – Classe 2	1.00	1.04	1.21	1.43	1.61	1.42	1.61	1.43	1.64	1.43	1.62	2015=1
Poder de compra – Classe 3	1.00	1.04	1.21	1.35	1.51	1.35	1.51	1.36	1.54	1.35	1.53	2015=1
Poder de compra – Classe 4	1.00	1.01	1.15	1.28	1.44	1.28	1.44	1.29	1.46	1.29	1.45	2015=1

04

Considerações finais e limitações

Implicações estratégicas para o desenho do SBCE, o engajamento no Artigo 6 e o posicionamento do Brasil como líder global na governança de mercados de carbono de alta integridade.



Considerações Finais e Limitações

Os resultados indicam que estabelecer a base institucional do SBCE e sua articulação com o mercado voluntário, destacada no Caminho 1, permanece uma condição necessária para assegurar a integridade, a previsibilidade e a credibilidade de um mercado de carbono brasileiro integrado. No entanto, a análise mostra que a combinação estratégica de instrumentos domésticos com abordagens cooperativas internacionais — como explorado nos Caminhos 2, 3 e 4 — amplia significativamente o potencial econômico, social e ambiental do país. Essa abordagem permite transformar diferenciais de custo em oportunidades tangíveis de financiamento, inovação e geração de renda.

Além disso, uma preocupação recorrente nas discussões entre países anfitriões sobre o Artigo 6 diz respeito ao risco de autorizar ITMOs enquanto, simultaneamente, não se cumpre a NDC. Os resultados deste estudo, embora não exaustivos, indicam que esse risco pode ser substancialmente mitigado, sendo o Caminho 4 um exemplo disso. Primeiro, a adoção de uma margem de segurança assegura que apenas medidas com custos marginais acima da trajetória de custo doméstico para cumprir a NDC sejam elegíveis para exportação, preservando integralmente o portfólio de opções de menor custo necessário à conformidade com a NDC. Segundo, a regra que determina a retenção de 50% dos resultados de mitigação dentro do país assegura que uma parcela significativa das reduções permaneça disponível para os esforços domésticos, contribuindo não apenas para o cumprimento da meta, mas também para a redução de seu custo marginal. Por fim, a lógica de atrair investimento externo para medidas de maior custo, não priorizadas domesticamente, amplia o volume total de mitigação disponível, reduzindo o risco de escassez de opções ao longo do tempo. Embora persistam incertezas quanto à dinâmica internacional dos preços de carbono, o desenho proposto incorpora salvaguardas econômicas e regulatórias suficientes para assegurar que a participação do Brasil no Artigo 6 reforçe, em vez de comprometer, sua trajetória de conformidade e de crescente ambição climática.

Nesse contexto, o Caminho 4 destaca-se como uma configuração particularmente robusta e equilibrada, combinando coerentemente a descarbonização industrial com soluções baseadas na natureza, ancorada em duas premissas centrais: (i) a retenção de uma parcela significativa de reduções e remoções para a conformidade doméstica com a NDC e (ii) a

adoção de uma margem de segurança conservadora, assegurando que apenas medidas com custos marginais acima do limiar doméstico sejam elegíveis para exportação. Essa arquitetura preserva as opções de mitigação mais custo-eficientes para o Brasil, ao mesmo tempo em que viabiliza a captura de receitas externas e a atração de investimento.

Sob a perspectiva ambiental, o Caminho 4 demonstra um nível mais alto de ambição, posicionando o país não apenas dentro de sua meta da NDC, mas significativamente abaixo de seu limite superior até 2035. Esse resultado decorre diretamente da retenção doméstica de volumes adicionais substanciais de mitigação — da ordem de 121.3 MtCO₂e — que, por si só, permitiriam uma transição do limite superior em direção ao inferior de sua faixa da NDC. Isso representa uma operacionalização concreta da NDC brasileira, que reconhece explicitamente o papel dos mecanismos de mercado como ferramentas para elevar a ambição climática.

Do ponto de vista econômico, o Caminho 4 combina ganhos de eficiência com a diversificação dos motores de crescimento. O cenário entrega um desempenho macroeconômico sólido, com expansão do PIB acima do cenário de referência, manutenção do equilíbrio externo e significativa geração de receita a partir da comercialização de ITMOs. Ao canalizar para os mercados internacionais reduções de emissões obtidas a custos inferiores aos observados em economias desenvolvidas, o Brasil contribui para reduzir o custo global de implementação do Acordo de Paris, ao mesmo tempo em que captura fluxos financeiros e tecnológicos que reforçam sua própria trajetória de descarbonização.

Sob a perspectiva social, os resultados destacam o potencial de uma transição justa e inclusiva, com ganhos consistentes de renda e emprego. Em particular, a forte contribuição das soluções baseadas na natureza — especialmente o ARR — introduz um componente intensivo em mão de obra, com efeitos diretos sobre a criação de empregos em áreas rurais e sobre o dinamismo das economias regionais. Essa característica distingue o Caminho 4 ao combinar sofisticação tecnológica com inclusão territorial, ampliando a distribuição dos benefícios socioeconômicos da transição. De modo geral, os resultados indicam que os diferentes caminhos não devem ser interpretados como alternativas mutuamente exclusivas, mas como componentes de uma potencial estratégia integrada e escalada.

Além dos aspectos já discutidos, é essencial reconhecer uma característica estrutural das economias em desenvolvimento — e particularmente do Brasil — que molda decisivamente o papel dos mercados de carbono: a relativa escassez de capital. Embora o país disponha de um portfólio amplo e diversificado de oportunidades de mitigação — ancorado em seu extenso território, na alta disponibilidade de recursos naturais, em uma matriz energética relativamente limpa e em forte potencial em soluções baseadas na natureza —, a limitação central para sua implementação em larga escala reside no custo e no acesso ao financiamento. O Brasil historicamente enfrentou alguns dos mais altos custos de capital do mundo, com taxas de juros reais entre as mais elevadas globalmente.

Nesse contexto, os mecanismos de mercado internacionais desempenham um papel estratégico ao viabilizar a entrada de capital externo sob condições potencialmente mais favoráveis. Ao permitir a monetização dos resultados de mitigação e sua comercialização em mercados com maior disposição a pagar, esses instrumentos funcionam como um canal de arbitragem entre o custo de capital e o custo marginal de abatimento, destravando investimentos que, de outra forma, não ocorreriam no ritmo ou na escala necessários.

Por fim, este estudo reforça que o Brasil tem uma oportunidade estratégica única de se posicionar como líder global na governança de mercados de carbono. Ao alinhar instrumentos domésticos robustos a um engajamento internacional bem calibrado, o país pode simultaneamente reduzir o custo de sua própria transição, elevar seu nível de ambição climática e contribuir decisivamente para a eficiência econômica global do esforço de mitigação. A adoção de uma abordagem baseada em evidências, combinada com o diálogo contínuo entre governo, setor privado e sociedade, será fundamental para transformar esse potencial em resultados concretos, consolidando um mercado de carbono coerente, eficiente e de alta integridade, capaz de sustentar o desenvolvimento de longo prazo do país em um contexto de crescente urgência climática.

Limitações e Recomendações para Estudos Futuros

Os resultados apresentados neste estudo devem ser interpretados à luz de um conjunto relevante de incertezas inerentes à modelagem econômica de longo prazo e à natureza dinâmica dos mercados de carbono. Em particular, destacam-se as incertezas associadas às trajetórias futuras de

preço de carbono, tanto no Brasil quanto nos mercados internacionais — que dependem de fatores regulatórios, geopolíticos e da ambição climática global. Ao assumir as trajetórias de preço dos créditos de ARR internacionalmente, para estimar a “disposição” a pagar dos compradores internacionais, certo grau de incerteza está embutido na premissa. Em termos dos resultados do estudo, um cenário de preços de petróleo mais altos tenderia a amplificar a relevância de instrumentos capazes de canalizar investimento para tecnologias limpas e reduzir riscos de transição, reforçando, em vez de reverter, as conclusões centrais do estudo. Isso, contudo, não ameaça dramaticamente a consistência e a robustez das estimativas.

Adicionalmente, há incertezas relevantes relacionadas aos custos de mitigação, ao potencial técnico e econômico de diferentes opções de abatimento e ao ritmo de desenvolvimento e difusão de novas tecnologias, especialmente em setores de difícil abatimento. Esses elementos influenciam diretamente a competitividade relativa das opções de mitigação e, conseqüentemente, a viabilidade econômica dos diferentes caminhos analisados.

Outro ponto importante diz respeito às limitações dos dados de referência utilizados. Uma parcela significativa das estimativas de custo e potencial de mitigação deriva de estudos anteriores — como o projeto “Opções de Mitigação” — que, embora robustos, refletem um contexto tecnológico e econômico que já vem evoluindo rapidamente. Além disso, como em qualquer exercício de modelagem integrada, assume-se certo grau de eficiência de mercado e racionalidade econômica, que pode não se materializar plenamente no curto prazo devido a barreiras institucionais, falhas de mercado ou restrições de financiamento.

Uma limitação embutida nas escolhas de desenho do Caminho 4 diz respeito à regra escolhida de retenção de 50% dos créditos, concebida para salvaguardar a conformidade doméstica com a NDC, mas que pode restringir a viabilidade financeira de certos projetos de mitigação de alto custo. A proporção de resultados de mitigação disponível para comercialização internacional afeta diretamente as projeções de receita e os retornos de investimento, e uma taxa de retenção fixa pode não ser igualmente adequada aos diversos modelos de negócio e estruturas de custo dos diferentes tipos de projeto. Estudos adicionais que avaliem as implicações financeiras de proporções de retenção alternativas em setores e categorias de projeto específicos seriam valiosos.

PERSPECTIVAS DO MERCADO

Unicarbo • O componente de adicionalidade em atividades relacionadas a gás de aterro

No Brasil, os aterros podem representar uma oportunidade significativa de reduzir emissões de metano enquanto geram energia renovável, seja na forma de eletricidade, biometano ou ambos. Porém, transformar biogás em energia exige um capital inicial considerável. Sem financiamento de carbono e sem o Artigo 6 como um dos instrumentos de financiamento, montar sistemas avançados de captura e queima simplesmente não é economicamente viável para a maioria dos operadores — especialmente em instalações menores fora dos grandes centros urbanos. Se essas instalações forem concebidas com metas climáticas em mente desde o primeiro dia, deixam de ser meros depósitos de resíduos e passam a atuar como usinas de energia descentralizadas. É uma mudança que limpa os resíduos municipais, cria empregos locais e atrai investimento privado. Com um framework regulatório mais claro, o Brasil poderia escalar facilmente esse modelo, provando que até mesmo municípios menores podem gerar valor ambiental real, além de aumentar significativamente a eficiência de projetos existentes.

Uma limitação estrutural adicional do arcabouço de modelagem diz respeito ao tratamento da conformidade com a NDC como premissa, e não como resultado. Em todos os quatro caminhos, o modelo é calibrado para convergir ao cumprimento integral da NDC até 2035, o que restringe a análise a cenários de implementação doméstica bem-sucedida. Na prática, contudo, o cumprimento parcial é um resultado possível, e suas implicações para a autorização de ITMOs podem não ser triviais: em condições de cumprimento incompleto da NDC, a justificativa para autorizar resultados de mitigação para transferência internacional torna-se mais dependente das características específicas das atividades elegíveis.

Ainda assim, apesar de eventuais limitações, os resultados deste estudo indicam consistentemente a relevância estratégica de o Brasil engajar-se de forma proativa e dinâmica com os mecanismos do Artigo 6. Dado o ritmo de evolução dos mercados internacionais de carbono, tal engajamento deveria ser acompanhado de uma reavaliação contínua dos modelos de referência, das condições de mercado e do desempenho das abordagens cooperativas implementadas. Mesmo que inicialmente conduzida por meio de iniciativas-piloto ou autorizações de escala limitada, a cooperação no Artigo 6 pode revelar-se um instrumento crítico para financiar a agenda climática do país, ao mesmo tempo em que apoia objetivos mais amplos de desenvolvimento sustentável.

À luz dessas limitações, recomenda-se aprofundar as agendas de pesquisa para refinar e ampliar os resultados aqui apresentados. Primeiro, é essencial a atualização das curvas de custo marginal de abatimento (MACCs) para o Brasil. Estudos mais recentes poderiam capturar avanços tecnológicos, mudanças estruturais na economia e novas oportunidades de mitigação surgidas desde a publicação dos estudos de referência, oferecendo uma base mais precisa para a avaliação de políticas climáticas e estratégias de mercado. Além disso, pesquisas futuras poderiam explorar a dimensão temporal das autorizações de ITMOs. Diversas opções de mitigação permanecem acima do limiar de preço do SBCE durante suas fases iniciais de implementação, tornando-se custo-eficientes domesticamente apenas ao longo do tempo. A autorização condicionada no tempo, pela qual os resultados de mitigação de um projeto são autorizados para exportação durante um período inicial, poderia representar um mecanismo prático para destravar a viabilidade do projeto desde cedo, ao mesmo tempo em que preserva o valor de mitigação doméstica de longo

prazo. Identificar quais atividades e setores são mais adequados a essa abordagem representa uma alavanca relevante para trabalhos futuros.

Além do ARR, outras atividades — como projetos e programas de REDD+, mitigações relacionadas a aterros, entre outras — podem enfrentar desafios estruturais comparáveis à sua implementação, como altas necessidades de capital inicial, longos ciclos de investimento ou externalidades socioambientais transformadoras, que poderiam justificar tratamento diferenciado semelhante a ser promovido dentro de um framework de engajamento no Artigo 6. Identificar e avaliar rigorosamente tais setores representa um caminho relevante para pesquisas futuras e para o desenho de políticas.

Análises de sensibilidade mais aprofundadas seriam particularmente valiosas para testar a robustez dos resultados frente a diferentes trajetórias de preço de carbono, preços do petróleo, taxas de câmbio, custos tecnológicos, taxas de desconto e cenários para a evolução da demanda internacional por créditos. Esse tipo de exercício permitiria identificar faixas de risco e oportunidades, contribuindo para o desenho de políticas mais resilientes e adaptativas.

Adicionalmente, estudos voltados à operacionalização dos caminhos discutidos neste relatório poderiam oferecer importantes percepções práticas. Isso inclui a avaliação de arranjos institucionais, especialmente considerando a interação entre acordos internacionais sob o Artigo 6 e outras políticas domésticas de mitigação, bem como alavancas e procedimentos de autorização. Avançar na compreensão de como essas abordagens poderiam ser implementadas na prática ajudaria a reduzir a incerteza e a aprimorar a prontidão regulatória.

Por fim, recomenda-se o desenvolvimento de análises setoriais mais detalhadas, particularmente para os segmentos industrial e de uso da terra. Estudos dessa natureza poderiam apoiar mais diretamente a tomada de decisão de empresas e formuladores de políticas, ao identificar oportunidades específicas de investimento, gargalos tecnológicos e estratégias de posicionamento nos mercados internacionais de carbono. Nesse sentido, o avanço dessas análises pode desempenhar um papel central na preparação da economia brasileira para capturar as oportunidades emergentes associadas à transição climática, promovendo simultaneamente a modernização produtiva, o aumento da competitividade e a criação de valor de longo prazo.

Referências & Notas

1. Centro Clima / COPPE / UFRJ (2023). *Uma Estratégia de Descarbonização para uma Economia Brasileira de Zero Carbono Líquido em 2050: Instrumentos de Política e Planos Setoriais de Mitigação — Projeto DecarBoost.*
2. Agora Energiewende (2024). *Next stop 2040: EU climate policy between economic opportunities and fiscal risks — assessing the macroeconomic impacts of Europe’s transition to climate neutrality.* Berlin. [agora-energiewende.org](https://www.agora-energiewende.org)
3. Ministério da Fazenda (2024). *Anúncios Iniciais da Secretaria Extraordinária de Mercado de Carbono.* [youtube.com/watch?v=mySl94pqsL4](https://www.youtube.com/watch?v=mySl94pqsL4)
4. Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações — MCTIC. *Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Setores-Chave do Brasil.*

IETA

IETA **Making** **Net Zero** **Possible**

Desde 1999, a IETA é a principal voz do setor empresarial em soluções climáticas ambiciosas baseadas no mercado, impulsionando o net zero.