



*Opções de Mitigação de Emissões
de Gases de Efeito Estufa em
Setores-Chave do Brasil*



**TRAJETÓRIAS DE MITIGAÇÃO
E INSTRUMENTOS DE POLÍTICAS
PÚBLICAS PARA ALCANCE
DAS METAS BRASILEIRAS NO
ACORDO DE PARIS**

RÉGIS RATHMANN
RICARDO VIEIRA ARAUJO
MÁRCIO ROJAS DA CRUZ
ANTÔNIO MARCOS MENDONÇA

***TRAJETÓRIAS DE MITIGAÇÃO
E INSTRUMENTOS DE POLÍTICAS
PÚBLICAS PARA ALCANCE
DAS METAS BRASILEIRAS
NO ACORDO DE PARIS***

Brasília
Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
ONU Meio Ambiente
2017

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Ministério
da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

T768 Trajetórias de mitigação e instrumentos de políticas públicas para alcance das metas brasileiras no acordo de Paris / Régis Rathmann ... [et al.] -- Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente, 2017.
64 p.: il. - (Opções de mitigação de emissões de gases de efeito estufa em setores-chave do Brasil)

ISBN: 978-85-88063-44-0

1. Mudanças Climáticas. 2. Efeito estufa. 3. Acordo de Paris. 4. Políticas públicas - Emissão de gases - Brasil. I. Rathmann, Régis. II. Araujo, Ricardo Vieira. III. Cruz, Márcio Rojas da. IV. Mendonça, Antônio Marcos. V. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. VI. ONU Meio Ambiente. VII. Séries

CDU 551.583

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e
Comunicações

Esplanada dos Ministérios, Bloco E
CEP: 70.067-900 - Brasília - DF
Tel.: +55 (61) 2033-7500
www.mcti.gov.br

ONU Meio Ambiente - Programa das Nações Unidas
para o Meio Ambiente
Casa da ONU - Complexo Sérgio Vieira de Mello
Setor de Embaixadas Norte, Quadra 802, Conjunto C,
Lote 17
CEP 70800-400 - Brasília/DF
Tel.: +55 (61) 3038-9233
web.unep.org/regions/brazil

República Federativa do Brasil

Presidente da República

Michel Temer

Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Gilberto Kassab

Secretário Executivo

Elton Santa Fé Zacarias

Secretário de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento

Jailson Bittencourt de Andrade

Diretor do Departamento de Políticas e Programas de Ciências

Sávio Túlio Oselieri Raeder

Coordenador-Geral do Clima

Márcio Rojas da Cruz

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – ONU Meio Ambiente

Diretor Executivo da ONU Meio Ambiente

Erik Solheim

Diretor Regional da ONU Meio Ambiente para América Latina e Caribe

Leo Heileman

Representante da ONU Meio Ambiente no Brasil

Denise Hamú

EQUIPE TÉCNICA DO MCTIC

Coordenador-Geral do Clima

Márcio Rojas da Cruz

Diretor Nacional do Projeto Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil

Ricardo Vieira Araujo

Coordenador do Projeto Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil

Antônio Marcos Mendonça

Coordenador Técnico do Projeto Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil

Régis Rathmann

EQUIPE TÉCNICA

Andréa Nascimento de Araújo

Lidiane Rocha de Oliveira Melo

Marcela Cristina Rosas Aboim Raposo

Moema Vieira Gomes Corrêa (Diretora Nacional do Projeto até outubro de 2016)

Rodrigo Henrique Macedo Braga

Sonia Regina Mudrovitsch de Bittencourt

Susanna Erica Busch

EQUIPE ADMINISTRATIVA

Ana Carolina Pinheiro da Silva

Andréa Roberta dos Santos Campos

Maria do Socorro da Silva Lima

Ricardo Morão Alves da Costa

EQUIPE TÉCNICA DA ONU MEIO AMBIENTE

Francine Costa Vaurof

Patricia Taboada

Guilherme Sattamini

Maria Claudia Cambraia

AUTORES

Régis Rathmann

Ricardo Vieira Araujo

Márcio Rojas da Cruz

Antônio Marcos Mendonça

Revisão

Anna Cristina de Araújo Rodrigues

Projeto Gráfico

Capitular Design Editorial

Editoração

Phábrica de Produções: Alexander Coelho e Paulo Ciola (direção de arte); Ércio Ribeiro, Icaro Bockmann, Kauê Rodrigues, Marcelo Macedo e Rodrigo Alves (diagramação)



Prefácio

PREFÁCIO

Cada vez se torna mais seguro afirmar que a mudança climática global representa hodiernamente um dos maiores desafios de ordem científica e tecnológica que a humanidade já enfrentou. Incertezas gradativamente menores apontam para a influência antrópica no sistema climático terrestre, mormente por meio da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, o que resulta em aumento da temperatura média da superfície da Terra e, por conseguinte, em perturbações em eventos climáticos como chuvas intensas, secas, ondas de frio e de calor, com corolários negativos na esfera social, econômica e ambiental.

Considerando o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, o reconhecimento da relevância da mudança climática global se manifesta concretamente, tendo o clima como tema estratégico na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022. O objetivo da agenda climática no referido documento declara a imprescindibilidade de se

[...] promover o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação de forma a permitir a melhor compreensão, avaliação e previsão dos processos relacionados à mudança do clima e fornecer informações relevantes que contribuam para a definição de ações de promoção do desenvolvimento sustentável compatíveis com o cenário climático futuro. (MCTIC, 2017).

É nesse cenário que se apresenta o estudo “Trajetórias de mitigação e instrumentos de políticas públicas para o alcance das metas brasileiras no Acordo de Paris”. E não poderia se apresentar em momento mais necessário, considerando tanto o contexto internacional quanto o nacional.

Internacionalmente, a Organização Meteorológica Mundial acaba de divulgar novo recorde na concentração de dióxido de carbono na atmosfera, alcançado em 2016. Tal concentração – 403,3 partes por milhão – é a maior em 800 mil anos e compromete consideravelmente o alcance das metas globais de controle dos efeitos das mudanças climáticas.

Nacionalmente, o Brasil se prepara para elaborar a estratégia de implementação da primeira Contribuição Nacionalmente Determinada, no âmbito do Acordo de Paris. Tendo por referência as emissões de gases de efeito estufa no ano de 2005, o compromisso assumido objetiva redução em 37% no ano de 2025 e indica redução em 43% nas emissões de 2030.

É digno de nota que, para que as informações aqui apresentadas chegassem de forma tão oportuna, fez-se mister fomentar a ciência, avançando na fronteira do conhecimento com anos de antecedência, quando ainda não se vislumbrava com clareza a relevância de tal passo.

Assim, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações cumpre de forma exemplar sua atribuição de oferecer à sociedade brasileira nada menos do que o estado da arte em conhecimento científico, tornando real a possibilidade de desempenhar uma reflexão genuinamente qualificada e de formular políticas baseadas em evidência.

Márcio Rojas da Cruz



Sumário

PREFÁCIO.....	4
SUMÁRIO EXECUTIVO.....	8
INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO 1 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E PREMISSAS ADOTADAS.....	18
CAPÍTULO 2 - POTENCIAIS DAS AÇÕES DE MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GEE.....	24
CAPÍTULO 3 - CUSTOS E IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA IMPLEMENTAÇÃO DOS CENÁRIOS DE BAIXO CARBONO	36
CAPÍTULO 4 - BARREIRAS E SUBSÍDIOS À FORMULAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DOS CENÁRIOS DE BAIXO CARBONO	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS.....	58
ANEXOS.....	62



Sumário executivo

SUMÁRIO EXECUTIVO

No âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), durante a 21ª Conferência das Partes (COP21), foi aprovado o Acordo de Paris para reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE), com o objetivo de conter o aumento da temperatura média global em menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais, além de envidar esforços para limitar esse aumento a 1,5°C. O Brasil depositou o instrumento de ratificação do Acordo em setembro de 2016, que passou a vigorar no plano internacional em novembro de 2016. Nesse Acordo, o país assumiu o compromisso de adotar medidas para redução das emissões de GEE por meio de uma Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC).

A NDC brasileira contém o compromisso de reduzir as emissões de GEE em 37% em 2025 e 43% em 2030, tendo por referência o ano de 2005, o que equivale a um teto de emissões de 1.300 e 1.200 MtCO₂e em 2025 e 2030, respectivamente. Diante desse contexto, o MCTIC preparou uma contribuição técnica para subsidiar as discussões sobre a elaboração da estratégia nacional para a implementação da NDC do Brasil ao Acordo de Paris.

A contribuição do MCTIC utiliza os resultados do Projeto “Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave do Brasil”, iniciativa executada em parceria com a ONU Meio Ambiente. O objetivo deste documento é apontar o papel que cada setor econômico pode desempenhar, segundo uma ótica de custo-efetividade, para o cumprimento das metas de emissões de GEE para 2025 e 2030.

O Projeto “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil” considera um exercício inédito, em nível nacional, de modelagem integrada de cenários de mitigação de emissões de GEE. O procedimento metodológico trouxe robustez às projeções apresentadas na medida em que garantiu tanto consistência macroeconômica quanto identificação de potenciais setoriais aditivos de abatimento de emissões. Ademais, apresentou as oportunidades de mitigação por uma lógica de custo-efetividade, ressaltando os impactos que sua implementação traria para diferentes agregados econômicos e sociais, entre os quais, produto interno bruto (PIB), nível de emprego, geração e distribuição de renda.

Foram construídos cenários de baixo carbono (BC) que abrangem a aplicação de melhores tecnologias disponíveis (MTD) que reduzem emissões, considerando diferentes níveis de valores de carbono: 0, 10, 25, 50 e 100 dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente (US\$/tCO₂e). O cenário de baixo carbono com valor de carbono nulo (BC0) contém as medidas de abatimento do tipo *no regret*, ou seja, que apresentam viabilidade econômica ao longo da sua vida útil, mas não são implementadas devido a outras barreiras (tecnológicas, regulatórias, comportamentais, entre outras). Os demais cenários BCx (onde x é o valor do carbono) incluem as medidas de valor de carbono nulo e oportunidades adicionais de mitigação que demandam internalização de valor de carbono na economia para sua viabilização.

A implementação do cenário BC0 é compatível com o cumprimento da meta da NDC para 2025. Em 2030, o cumprimento do compromisso assumido exige a adoção do cenário BC10, que demanda esforço econômico de internalização de preço de carbono na economia da ordem de US\$ 10/tCO₂e.

Na Tabela 1, estão elencadas todas as medidas a serem adotadas para alcance da meta da NDC em 2025, segundo o critério de custo-efetividade. A total implementação das medidas considera um custo acumulado de US\$ 1,7 bilhão. As principais medidas de mitigação consideradas são:

- Expansão do plantio de florestas comerciais;
- Eficientização na recuperação de calor e vapor (em diferentes segmentos industriais);
- Redução de queima em *flare*, considerando a adoção da tecnologia de piloto de ignição, e instalação de unidades de recuperação de vapor em plataformas de extração e produção (E&P) de óleo e gás;
- Repotenciação de usinas hidrelétricas no setor elétrico.

Os resultados demonstraram que as medidas de maior custo-efetividade são as relacionadas com eficientização energética, sobretudo nos segmentos industriais.

Tabela 1 – Ranking de Custo-efetividade das Opções Setoriais de Mitigação para Cumprimento da NDC em 2025

Setor (segmento)	Opções de mitigação	Potencial de mitigação (MtCO ₂ e)	Custo total (US\$ milhões)	Índice ¹
Indústria (cimento)	Troca de combustíveis	0,7	0,9	1,3
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	1,2	9,7	8,1
Indústria (cimento)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	3,2	33,3	10,4
Indústria (siderurgia)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	0,2	2,4	12,2
Indústria (outros setores)	Eficientização na recuperação de calor e vapor nos processos	7,0	119,2	17,0
Aflu (florestas)	Expansão do cultivo de florestas comerciais	25,3	483,0	19,1
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de vapor nos processos	0,9	22,8	25,3
Indústria (outros setores)	Eficientização de fornos e otimização de processos	2,4	84,6	35,2
Gestão de resíduos (RSU)	Degradação de biogás de aterro sanitário com <i>flare</i>	5,4	234,6	43,4
Energia (elétrico)	Repotenciação de usinas hidrelétricas	1,8	145,8	81,0
Energia (E&P de óleo e gás)	Redução de <i>flare</i> ² e instalação de unidades de recuperação de vapor	7,2	611,0	84,9
Total		55,3	1.747,3	NA³

¹ O índice é obtido a partir da razão entre o custo total (US\$ milhões) e o potencial de mitigação (MtCO₂e) de cada medida do cenário BCO.

² Redução da queima em *flare* por meio da instalação de piloto de ignição.

³ Não se aplica o índice de custo-efetividade em termos totais.

RSU – Resíduos sólidos urbanos.

O cumprimento da NDC em 2030 demanda a implementação de medidas em maior número de setores (Tabela 2), totalizando um custo de US\$ 11,1 bilhões. As principais medidas a serem implementadas são:

- Expansão das ações de redução do desmatamento;
- Recuperação de pastagens degradadas;
- Expansão do plantio de florestas comerciais;
- Eficientização na recuperação de calor e vapor e troca de combustíveis em plantas industriais;
- Redução de queima em *flare*, considerando a adoção da tecnologia de piloto de ignição, e instalação de unidades de recuperação de vapor em plataformas de extração e produção (E&P) de óleo e gás;
- Substituição de térmicas a carvão por biomassa e repotenciação de usinas hidrelétricas no setor elétrico;
- Aproveitamento energético proveniente de resíduos sólidos urbanos e de estações de tratamento de efluentes para a produção de biometano e eletricidade;
- Mudança modal no setor de transportes.

Tabela 2 – Ranking de Custo-efetividade das Opções Setoriais de Mitigação para Cumprimento da NDC em 2030

Setor (segmento)	Opções de mitigação	Potencial de mitigação (MtCO ₂ e)	Custo total (US\$ milhões)	Índice ¹
Indústria (cimento)	Troca de combustíveis	1,0	1,0	1,0
Indústria (siderurgia)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	14,7	14,3	1,0
Indústria (siderurgia)	Troca de combustíveis	4,1	4,0	1,0
Indústria (outros setores)	Troca de combustíveis	2,4	3,0	1,3
Energia (refino)	Eficientização elétrica em motores	1,2	7,9	6,6
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	1,4	9,7	6,9
Gestão de resíduos (RSU)	Degradação de biogás de aterro sanitário com <i>flare</i>	20,8	234,6	11,3
Indústria (cimento)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	2,8	31,7	11,3
Energia (refino)	Eficientização no consumo de hidrogênio	3,9	55,0	14,1
Indústria (outros setores)	Eficientização na recuperação de calor e vapor nos processos	7,1	117,4	16,5
Afolu (florestas)	Expansão do cultivo de florestas comerciais	23,6	483,0	20,5
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de vapor nos processos	1,1	22,8	20,7
Energia (E&P de óleo e gás)	Redução de <i>flare</i> ² e instalação de unidades de recuperação de vapor	22,3	607,6	27,2
Gestão de resíduos (RSU)	Aproveitamento de biogás para produção de biometano	8,2	234,6	28,6
Afolu (florestas)	Redução do desmatamento ³	47,7	1.576,0	33,0
Indústria (outros setores)	Eficientização de fornos e otimização de processos	2,2	82,8	37,6
Energia (elétrico)	Repotenciação de usinas hidrelétricas	2,9	145,8	50,3
Transportes (rodoviário)	Eficientização de caminhões e ônibus movidos a diesel	5,3	311,4	58,8
Gestão de resíduos (RSU)	Aproveitamento de biogás para geração de eletricidade	6,7	399,0	59,5
Energia (refino)	Eficientização na recuperação de calor e vapor nos processos	6,9	489,9	71,0
Gestão de resíduos (RSU)	Difusão da biodigestão para produção de eletricidade	0,9	70,4	78,2
Gestão de resíduos (efluentes)	Aproveitamento de biogás de efluentes para geração de eletricidade	5,0	399,0	79,8
Gestão de resíduos (RSU)	Difusão da biodigestão para produção de biometano	2,1	188,6	89,8
Energia (elétrico)	Substituição de térmicas a carvão por biomassa e cogeração a bagaço	23,1	2.631,1	113,9
Afolu (pecuária)	Recuperação de pastagens degradadas	7,4	905,0	122,3
Transportes (passageiros)	Mudança modal (automóveis para ônibus e metrô)	15,0	2.097,4	139,8
Total		239,8	11.123,0	NA⁴

¹ O índice é obtido a partir da razão entre o custo total (US\$ milhões) e o potencial de mitigação (MtCO₂e) de cada medida do cenário BCO.

² Redução da queima em *flare* por meio da instalação de piloto de ignição.

³ Aumento na redução do desmatamento na Amazônia e aplicação de meta de redução no desmatamento dos biomas Caatinga, Pantanal e Pampas.

⁴ Não se aplica o índice de custo-efetividade em termos totais.

RSU – Resíduos sólidos urbanos.

As metas de redução de emissões de GEE são compatíveis com uma agenda de desenvolvimento sustentável, pois podem conciliar benefícios econômicos e sociais, como aumento do PIB e diminuição na desigualdade de distribuição de renda.

A implementação do cenário BC0, em 2025, não produz impactos relevantes sobre os indicadores de PIB, emprego e renda. Por sua vez, a adoção do cenário BC10 em 2030, associado com mecanismos de reciclagem de receitas da tributação do carbono, produz efeitos agregados positivos sobre os indicadores econômico e sociais avaliados. Em particular, a reciclagem da receita da tributação para famílias de baixa renda, que produziria significativos benefícios em termos de redistribuição de renda no Brasil.

No entanto, a implementação das atividades de baixo carbono exige a remoção de barreiras por meio de aprimoramento e/ou elaboração de instrumentos de política pública. Fundamentalmente, os subsídios apresentados corroboram a necessidade de convergência entre os objetivos das políticas econômica, ambiental, energética, ciência e tecnologia, transportes e industrial, com vistas ao cumprimento da NDC.

Para o cumprimento da meta de 2025, é fundamental a adoção de instrumentos regulatórios (Quadro 1), o que exige a mobilização de atores governamentais, como: Ministério do Meio Ambiente; Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços; Ministério de Minas e Energia; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Todas as medidas poderiam ser implementadas no curto prazo, ou seja, a partir de 2018.

Quadro 1 – Instrumentos de Política Pública para Cumprimento da Meta da NDC Brasileira em 2025

Instrumento de política pública	Setores de abrangência	Tipo de instrumento
Criação de um programa de depreciação obrigatória de equipamentos de geração de calor e vapor	Indústria Energia	Regulatório
Estabelecimento de padrões mínimos de eficiência para equipamentos (criação do Selo de Eficiência Industrial)	Indústria Energia	Regulatório
Inserção da lenha proveniente de florestas plantadas na Política de Garantia de Preços Mínimos	Afolu	Regulatório
Regulamentação do biogás proveniente de RSU e efluentes	Gestão de resíduos	Regulatório
Implementação de regulação específica para a remuneração da repotenciação em usinas hidrelétricas	Energia	Regulatório
Certificação da madeira de florestamento e implementação em âmbito nacional do Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor)	Afolu	Regulatório

O cumprimento da meta da NDC em 2030 é compatível com o cenário BC10, no qual se requer a implementação da precificação de carbono na economia. A opção da tributação do carbono, com instrumentos compensatórios, como reciclagem dos recursos para o governo e reciclagem para famílias, que seria exigida a partir de 2025, é preferencial para setores com carbono-intensidade associada ao consumo de combustíveis fósseis, como é o caso dos segmentos industriais, energético e de transportes. Em particular, é relevante para tornar competitiva a geração elétrica baseada em fontes renováveis.

O Quadro 2 sumariza os instrumentos de política pública fundamentais para a implementação do cenário BC10, em 2030, que são adicionais aos mencionados no Quadro 1.

Quadro 2 – Instrumentos de Política Pública para Cumprimento da Meta da NDC Brasileira em 2030

Instrumento de política pública	Setores de abrangência	Tipo de instrumento
Criação e ampliação de linhas de crédito para investimento em fontes renováveis e eficiência energética	Indústria Energia Gestão de resíduos	Mercado
Criação de leilões específicos, com preços-teto diferenciados, para usinas que operam com fontes renováveis	Indústria Energia	Mercado
Estabelecimento de novos limites de emissões de queima em flare em plataformas de petróleo, considerando a adoção da tecnologia de piloto de ignição	Energia	Regulatório
Definição de benchmark para novas plantas industriais de grande porte	Indústria	Regulatório
Inclusão de metas e prazos no Programa de Parcerias de Investimentos (PPI), visando à conclusão das obras de infraestrutura e à construção de terminais de integração modal	Transportes	Regulatório
Revisão dos padrões do Selo Procel	Indústria Energia Edificações	Regulatório
Elaboração de diretivas de compras públicas para equipamentos mais eficientes e realização de auditorias energéticas no setor público	Edificações	Regulatório
Condicionamento da concessão de isenções e incentivos fiscais aos estados e municípios à implementação de contrapartidas de gestão de baixo carbono dos RSU	Gestão de resíduos	Regulatório
Estabelecimento de metas de emissões para os biomas Caatinga, Pampas e Pantanal	Afolu	Regulatório
Implementação e operacionalização do CAR com sensoriamento remoto para fiscalização eletrônica do desmatamento	Afolu	Regulatório
Vinculação da isenção e da redução do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) à regularização por meio da restauração florestal	Afolu	Regulatório
Condicionamento da concessão de incentivos fiscais aos estados à realização de investimentos nos órgãos de ATER (assistência técnica e extensão rural) e regulamentação do Programa de Regularização Ambiental (PRA)	Afolu	Mercado
Tributação do carbono	Indústria Energia Transportes	Mercado

A análise dos instrumentos mostra que o cumprimento da meta da NDC em 2030 é mais complexo, na medida em que envolve uma série de setores e instrumentos de mercado. Portanto, deveriam promover amplo debate com sociedade civil e setor privado, em particular com atores do setor financeiro, dado o maior patamar de investimentos necessário para adoção das medidas de baixo carbono. Por esses motivos, trata-se de medidas que seriam viabilizadas no longo prazo, ou seja, a partir de 2025.



Introdução

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas causaram impactos nos sistemas naturais e humanos em todos os continentes e em todos os oceanos. A influência humana no sistema climático é clara, e as emissões antropogênicas de gases de efeito estufa (GEE) são as maiores da história. O aquecimento do sistema climático é inequívoco: os oceanos estão mais quentes, a quantidade de neve e gelo diminuiu e há elevação no nível do mar (IPCC, 2014a).

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), é “extremamente provável” que a alta concentração dos GEE seja a causa dominante do aquecimento observado desde meados do século XX. A continuidade das emissões de GEE nos patamares atuais levará a mais aquecimento e alterações nos componentes do sistema climático, aumentando a probabilidade de impactos severos e irreversíveis para pessoas e ecossistemas (IPCC, 2014b).

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (UNFCCC) foi instituída durante a Earth Summit (Cúpula da Terra), em 1992, no Rio de Janeiro. O objetivo principal da Convenção é estabilizar as concentrações de GEE em um nível que impeça a interferência antropogênica perigosa no sistema climático. Esse objetivo deve ser atingido dentro de um prazo que permita a adaptação dos ecossistemas, o desenvolvimento sustentável e não ameace a produção de alimentos.

O Acordo de Paris é o acordo climático global mais recente, realizado durante a 21ª Conferência das Partes (COP21) da UNFCCC, em 2015. O objetivo central do Acordo é fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças.

O Acordo foi aprovado pelos 195 países que compõem a UNFCCC para reduzir emissões de GEE, com o objetivo de conter o aumento da temperatura média global em menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais, além de envidar esforços para limitar esse aumento a 1,5°C até 2100. O Brasil depositou o instrumento de ratificação do Acordo em setembro de 2016, que passou a vigorar no plano internacional em novembro de 2016. Nesse Acordo, o país assumiu o compromisso de adotar medidas para redução de emissão de GEE por meio de uma Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC).

A NDC brasileira contém o compromisso de reduzir as emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005 (tendo como referência as emissões reportadas na Segunda Comunicação Nacional do Brasil à UNFCCC),¹ em 2025, com possível esforço para chegar à redução de 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030, o que equivale a um teto de emissões de 1.300 e 1.200 MtCO₂e em 2025 e 2030, respectivamente.²

A implementação de ações de mitigação das emissões apresenta custos e oportunidades para os setores econômicos do país. A identificação do custo-efetividade das opções de mitigação requer uma abordagem integrada que combine medidas para reduzir o consumo de combustíveis fósseis e emissões provenientes do uso e mudanças no uso do solo.

O setor ambiental poderá ser beneficiado com ações e políticas públicas que aumentem a conscientização sobre a necessidade de estabelecimento de um processo produtivo ambientalmente sustentável. Eliminação do desmatamento ilegal, melhoria dos sistemas de produção agrícola, recuperação de áreas degradadas, manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos e eficiência energética são exemplos de medidas que reduzem emissões e produzem benefícios diretos ao meio ambiente.

Diante da iniciativa do governo federal de elaborar a Estratégia Nacional para a Implementação e o Financiamento da NDC do Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) preparou uma contribuição técnica com o objetivo de apontar o papel que cada setor econômico pode desempenhar, segundo uma ótica de custo-efetividade, para o cumprimento das metas de emissões de GEE para 2025 e 2030.

O referido documento deu origem a esta publicação, cujos resultados foram baseados no Projeto “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Setores-Chave do Brasil”, iniciativa do MCTIC executada em parceria com a ONU Meio Ambiente (MCTIC, no prelo), cujo objetivo é ajudar o governo brasileiro a reforçar sua capacidade técnica de apoiar a implementação de ações de mitigação de emissões de GEE em diversos setores (indústria; energia; transportes; edificações; agricultura, florestas e outros usos do solo; gestão de resíduos).

Nos próximos capítulos, serão demonstrados os papéis que cada setor econômico pode desempenhar, segundo uma ótica de custo-efetividade, para o cumprimento das metas de emissões de GEE para 2025 e 2030, de 1.300 e 1.200 MtCO₂e, respectivamente.

Para tanto, inicialmente, serão sumarizados os procedimentos metodológicos e as premissas consideradas para a construção dos cenários de redução de emissões. A partir da descrição das possibilidades setoriais de mitigação, visando ao cumprimento das metas constantes na referida NDC, são destacadas as opções de abatimento que deveriam ser privilegiadas para o atingimento do compromisso. Além disso, são apresentados custos e impactos econômicos em termos do PIB, assim como indicadores de emprego e renda, decorrentes da implementação das ações propostas. A seção

1 Disponível em: <<http://sirene.mcti.gov.br/publicacoes/>>. Acesso em: 29 set. 2017

2 Disponível em: <<http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Brazil/1/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2017.

seguinte trata das barreiras à implementação das atividades de baixo carbono mapeadas pelo projeto para cumprimento do compromisso, para então serem propostos instrumentos de política pública que precisam ser revistos ou formulados para removê-las. Por fim, apresentam-se as considerações finais desta contribuição.



Procedimentos metodológicos e premissas adotadas

Capítulo

1

1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E PREMISSAS ADOTADAS

A modelagem integrada de cenários de mitigação de emissões de GEE partiu de condições de contorno provenientes de um modelo de consistência macroeconômica (modelo de equilíbrio geral dinâmico – DSGE) que gerou informações para a elaboração dos cenários econômicos junto a um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) – intitulado Modelo Efes (KANCZUK, 2001; HADDAD; DOMINGUES, 2016). No Efes, foram projetadas as variáveis-chave usadas para a construção de cenários setoriais de oferta e demanda de energia, assim como uso e mudanças no uso do solo, entre as quais: produto interno bruto (PIB), valor bruto da produção, valor adicionado, pessoal ocupado, renda do trabalho e produtividade dos fatores de produção.

Em virtude da correlação entre o nível de atividade econômica e emissões de GEE, foi importante considerar projeções de agregados macroeconômicos que reflitam, sobretudo no curto prazo, as condições presentes de conjuntura da economia brasileira e mundial. Por essa razão, foram elaborados, no período de 2014 a 2016, três cenários econômicos intitulados Fipe I, Fipe II e Fipe III. Para fins de formulação dos subsídios constantes neste documento, foi considerado o cenário mais recente (Fipe III), elaborado em maio de 2016.

Conforme demonstrado na Tabela 1 e na Tabela 2, esse cenário apresenta uma evolução do PIB, em particular no período de 2016 a 2025, sensivelmente inferior à considerada nos cenários Fipe I e Fipe II. Destaca-se a indústria de transformação, para a qual se projeta variação média negativa do PIB de 0,2% ao ano no período de 2016 a 2020.

Tabela 1 – Taxas de Crescimento Médio do PIB Nacional (%)

Cenários/Anos	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050	2016-2050
Fipe I	3,2	3,3	3,2	3,0	2,8	2,5	2,3	2,9
Fipe II	2,3	2,7	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	2,2
Fipe III	0,6	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,6

Tabela 2 – Taxas de Crescimento Médio do PIB (%) por Setores e Anos – Cenário Fipe III

Setores/Anos	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050	2016-2050
Agropecuária	0,5	1,8	1,7	1,6	1,3	1,0	0,8	1,2
Indústria extrativa mineral	2,8	3,0	2,5	2,2	1,8	1,6	1,0	2,1
Indústria de transformação	-0,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,2
Comércio	0,4	1,8	1,8	1,8	1,6	1,4	1,2	1,4
Serviços	0,8	2,6	2,5	2,3	2,1	1,9	1,7	2,0

Esses dados, em conjunto com variáveis de caracterização e evolução dos setores econômicos, como perfil de produção, tecnológico, energético, uso do solo e de emissões de GEE, viabilizaram a

modelagem setorial desagregada do tipo *bottom-up*. Foram desenvolvidos e aplicados modelos de otimização e simulação,³ subdivididos nos seguintes setores: industrial, energético, transportes, edificações (residenciais, comerciais e de serviços), agricultura, florestas e outros usos do solo (Afolu) e gestão de resíduos. Esses modelos setoriais representam o comportamento dos agentes, traduzindo-o em demanda energética e uso e mudanças no uso do solo. Todavia, a análise setorial não permite a detecção de não aditividades de potenciais de mitigação que podem derivar, por exemplo, da competitividade por insumos energéticos e tecnologias, visando à redução de emissões de GEE (LUCENA et al., 2016).⁴

A técnica de integração de modelos permitiu analisar o efeito da não aditividade de potencial de mitigação em todos os setores avaliados, garantindo consistência aos cenários setoriais de mitigação de emissões. Ademais, a utilização dos modelos setoriais permitiu a elaboração de uma base de dados para viabilizar a integração das projeções em modelos do sistema energético, Afolu e econômico, intitulados MSB8000, Otimizagro e Efes (SOARES-FILHO et al., 2009; SPENCER et al., 2015; HADDAD; DOMINGUES, 2016), respectivamente. Essa integração foi do tipo *soft-link* (MCTIC, no prelo), o que exigiu a transposição de resultados entre os modelos. Para o MSB8000, foi feita uma integração desse tipo com os modelos setoriais de demanda, Otimizagro e Efes. Como essa técnica de integração requer um recurso iterativo para convergência, visando manter a consistência entre os modelos, fez-se necessário elaborar planilhas do tipo MS-Excel com esse propósito (MCTIC, no prelo).

Objetivamente, o MSB8000 é um modelo de otimização da oferta de energia que, para fins do projeto, segue a ótica do menor custo total do sistema energético para atendimento da demanda de energia (LUCENA et al., 2016). O modelo compreende todos os setores consumidores e ofertantes de energia, quais sejam: agricultura, edificações, energético, industrial, gestão de resíduos e transportes. A demanda de energia foi informada pelos modelos setoriais, assim como os parâmetros técnico-econômicos das tecnologias empregadas tendencialmente e das opções que implicam reduções de emissões de GEE.

No que se refere à interação da demanda de energia com o modelo Otimizagro (plataforma integrada de modelagem de uso e mudança no uso da terra), fez-se necessário verificar, por exemplo, eventuais restrições de uso do solo para expansão da produção de lenha e carvão vegetal provenientes de florestas plantadas, assim como cana-de-açúcar e soja. O Otimizagro é um modelo espacialmente explícito, com resolução de 500 x 500 metros (células de 25 hectares), e foi aplicado para projetar as diferentes atividades agropecuárias com base em critérios de rentabilidade potencial, aptidão física e favorabilidade climática. Ademais, foi aplicado para construir mapas de evolução de uso e mudanças no uso do solo, bem como para projetar as emissões de GEE do setor.

Por fim, para o procedimento iterativo com o modelo Efes, fizeram-se necessárias rodadas para

3 Otimizagro, LEAP, Message, Caesar, Multi-Hubbert, Waste Model, Retscreen, SAM e modelos paramétricos de simulação elaborados em MS-Excel.

4 Por exemplo, o gás natural é um insumo energético para mitigar emissões na geração termoeletrica e produção de calor e vapor para processos industriais, em substituição a combustíveis mais energointensivos (carvão e óleo combustível). Modelos setoriais não são capazes de mensurar os efeitos da disputa sobre a disponibilidade e os preços do gás natural e, como consequência, tendem a super e subestimar, respectivamente, o potencial e o custo de mitigação associados à substituição do carvão e do óleo combustível pelo gás natural.

alcance das metas contidas nos planos setoriais da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e no Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) (MMA, 2008; MAPA, 2012; EPE, 2015). Também foram considerados: Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), entre outros (MMA; 2006; 2010; MT, 2012; MCIDADES, 2013; MP, 2017).

Os cenários BC abrangem a aplicação de melhores tecnologias disponíveis (MTD) que produzam efeitos de mitigação de emissões e consideram diferentes níveis de valores de carbono na função objetivo dos modelos de otimização⁶, quais sejam: 0, 10, 25, 50 e 100 dólares por tonelada de dióxido de carbono equivalente (US\$/tCO₂e). Nesse caso, o cenário de baixo carbono com valor de carbono nulo (BC0) contém as medidas de abatimento do tipo *no regret*, ou seja, que apresentam viabilidade econômica ao longo da sua vida útil, mas não são implementadas devido a outras barreiras, como assimetria de informação, diferença de custo de oportunidade do capital, custos de transação, acesso a crédito, *lock-in* tecnológico, poder de mercado de agentes, entre outras. Por sua vez, os outros cenários BCx (onde x é o valor do carbono na função objetivo da otimização) abrangem as medidas de valor de carbono nulo e oportunidades adicionais de mitigação que demandam um valor implícito de carbono para sua viabilização.

Ainda no que se refere a premissas gerais, foram utilizados dados da Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (TCN) para calibragem do ano-base, assim como para equalização dos fatores de emissão e transições de uso do solo (MCTIC, 2016). Foram consideradas as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O relativas a combustão, tratamento e disposição de resíduos, processos energéticos e industriais, emissões fugitivas e emissões decorrentes do uso e mudanças no uso do solo. Foi utilizada a métrica Global Warming Potential 100 Anos (GWP-100), contida no 5º relatório de avaliação (AR5) do IPCC, para contabilizar as emissões por unidade de dióxido de carbono equivalente (IPCC, 2014a; 2014b). Finalmente, foram utilizadas projeções de crescimento populacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013) e, para o setor de Afolu e sistema energético, foram consideradas taxas de desconto reais de 8% e 10% ao ano, respectivamente.

No Quadro 1 e no Quadro 2, estão demonstradas as principais premissas consideradas na construção dos cenários REF e BC do setor de Afolu, por subsetor, e do sistema energético.

6 Na função objetivo, é contabilizado, portanto, o custo-carbono da trajetória escolhida diante das emissões de GEE. Essa internalização do custo-carbono, que não necessariamente se daria via taxação, leva a que a decisão de mínimo custo possa se alterar, dentro da otimização.

Quadro 1 – Principais Premissas dos Cenários REF e BC do Setor de Afolu, por Subsetores

Subsetor	Principais premissas	
	Cenário REF	Cenário BC
Agricultura	80% das áreas de produção de soja, milho, algodão, arroz, feijão e trigo com sistemas conservacionistas.	Aumento para 90% dessas áreas com sistemas conservacionistas.
	Meta do Plano ABC para área ocupada com sistemas integrados até 2020 e manutenção da proporção de adoção entre 2021 e 2050.	Meta do Plano ABC até 2020 e aumento de 50% na meta da área ocupada entre 2021 e 2050.
	Aplicação da fertilização biológica de nitrogênio (FBN) em 100% das áreas plantadas de soja e 10% nas áreas de cultivo de arroz, feijão, milho e trigo.	Ampliação da FBN para 30% nas áreas de arroz, feijão, milho e trigo e inclusão do cultivo de cana-de-açúcar.
Pecuária	Projeção do rebanho de corte, visando ao atendimento da expectativa de demanda por carne das projeções do agronegócio: 2013/2014 a 2023/2024, com redução no crescimento de 2031 a 2050.	Manutenção da produção de carne, porém com aumento de produtividade (intensificação) da pecuária bovina de corte. Para tanto, consideram-se incrementos de 16% e 27% no confinamento e de 35% e 37% na reforma de pastagens em 2025 e 2030, respectivamente, em relação ao cenário REF.
Florestas plantadas	Demanda setorial por lenha proveniente de florestas nativas de 53% no período de 2011 a 2050.	Diminuição da proporção de lenha proveniente de floresta nativa para 10% em 2050.
Florestas nativas	Metas de redução no desmatamento de 80% e 40% nos biomas Amazônia e Cerrado, respectivamente, aplicadas à meta de desmatamento verificado no período de 2002 a 2010, e proibição da supressão da vegetação nativa na Mata Atlântica.	Idem ao anterior, com somente desmatamento legal na Amazônia e aplicação de meta de redução de 40% no desmatamento dos biomas Caatinga e Pantanal e de 58% no bioma Pampas.
	Recuperação do passivo ambiental de 12,5 milhões de hectares em 20 anos e recuperação adicional de 4,5 milhões de hectares entre 2035 e 2050.	Ampliação da recomposição de vegetação nativa para 21 milhões de hectares até 2050.

Quadro 2 – Principais Premissas dos Cenários REF e BC do Sistema Energético

Setor	Principais premissas	
	Cenário REF	Cenário BC
Sistema energético	<ul style="list-style-type: none"> • Expansão do sistema energético a mínimo custo; • Inserção das tecnologias disponíveis na linha de base; • Desconsideração da adoção de políticas adicionais de mitigação; • Predomínio da ótica setorial sobre a modelagem; • Trajetória de curto prazo aderente com a expansão em curso e prevista do sistema energético. 	<ul style="list-style-type: none"> • Expansão do sistema energético, considerando diferentes patamares de valor de carbono; • Inserção das melhores tecnologias e práticas produtivas disponíveis; • Internalização de diferentes patamares de valor de carbono na economia; • Liberdade de seleção da evolução do perfil tecnológico e da otimização do sistema energético, segundo uma lógica de mitigação das emissões de GEE.



Potenciais das ações de mitigação de emissões de GEE

Capítulo

2

2 POTENCIAIS DAS AÇÕES DE MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GEE

A modelagem integrada dos cenários de emissão de GEE foi executada até 2050. No entanto, neste documento, serão destacados os resultados relacionados às metas de emissão para o cumprimento da NDC brasileira.

As emissões totais do sistema energético e do setor de Afolu, no cenário REF, crescem aproximadamente 45% no período 2020-2050 e 16% no período 2020-2030 (Figura 2A). As emissões projetadas em 2025 revelam que a meta da NDC implica esforço de redução de emissão de 3,6% em relação ao cenário REF, sendo o compromisso cumprido no cenário BCO (Figura 2B). Embora viável sob o ponto de vista técnico-econômico, esse cenário não implica ausência de custos, tampouco de barreiras não econômicas à sua implementação. Em geral, esse cenário compreende medidas de eficientização energética que demandam a realização de investimentos e o consequente acesso a crédito que, por sua vez, resultam em custos de transação que podem ser proibitivos aos atores. Esse é o caso, por exemplo, da aquisição de eletrodomésticos mais eficientes por famílias de baixa renda.

A meta proposta na NDC para 2030 implica esforço de redução, com relação às emissões projetadas no cenário REF, de aproximadamente 16%, percentual que poderá ser atingido no cenário BC10 (Figura 2B). Nesse cenário, as emissões atingiriam 1.079 MtCO₂e em 2030, o que representa redução de 25% das emissões em relação ao cenário REF.

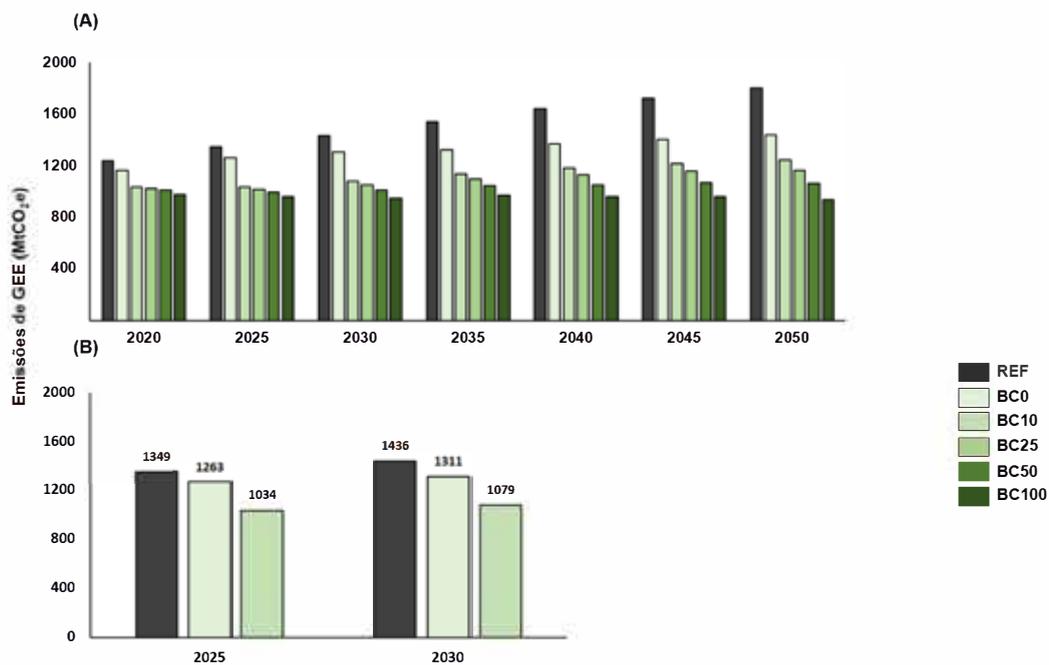


Figura 2 – Cenários de Emissões Totais para o Setor de Aflu e Sistema Energético

(A) Cenários de emissão até 2050, referência (REF) e baixo carbono (BC) com faixas de valor de carbono de US\$ 0 a US\$ 100/ tCO₂e.

(B) Cenários de emissão de 2025 e 2030, referência (REF) e baixo carbono (BC) com faixas de valor de carbono de US\$ 0 e US\$ 10/tCO₂e.

Para o setor de Aflu, entre 2020 e 2050, foi projetado um crescimento de aproximadamente 15% das emissões de GEE no cenário REF (Figura 3). O aumento menos acentuado das emissões nesse setor decorre da implementação de ações de redução de emissões relacionadas ao Plano ABC e aos planos PPCDAm e PPCerrado, que objetivam alcançar as metas previstas pela Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC (Lei nº 12.187/2009) de redução no desmatamento da Amazônia e do Cerrado (MAPA, 2012; MMA, 2008; 2017a; 2017b). Nos cenários BCO e BC10, seria possível reduzir as emissões, em relação ao cenário REF para o ano de 2050, em 6% e 18%, respectivamente.

Deve-se enfatizar que as diretrizes do IPCC para inventários nacionais preveem a contabilização das emissões e remoções antrópicas de GEE. Assim, a partir da criação e manutenção de unidades de proteção de vegetação nativa, essas áreas passam a ser consideradas “florestas manejadas”, e o sequestro de carbono que ocorre nessas áreas é considerado remoção antrópica. Dessa forma, a TCN considera, em sua metodologia, a remoção de carbono em unidades de conservação (UC) e terras indígenas (TI) para a contabilização das emissões líquidas. Para o cálculo das remoções, a TCN utilizou valores distintos para cada bioma, obtidos por meio de revisão bibliográfica (MCTIC, 2016). Os resultados encontrados mostram a remoção total de 2,14 milhões de GgCO₂e, no período de 2002 a 2010, o que corresponde a 268 MtCO₂e sequestrados anualmente, dos quais 230 MtCO₂e foram sequestrados na Amazônia, visto que 86% da área das UC e TI consideradas nesse período pertencem a esse bioma.

Optou-se por considerar essa remoção média constante até 2050, apesar da incerteza existente quanto à capacidade da Amazônia de manter seu papel de sumidouro de carbono em um contexto de mudanças climáticas (GATTI et al., 2014). Os inventários contidos nas comunicações nacionais se referem à remoção que ocorreu no passado em condições climáticas conhecidas. Porém, com o advento das mudanças climáticas até 2050 e a maior incidência de secas, existe a possibilidade de que as florestas passem a ser emissoras líquidas de GEE (DAVIDSON et al., 2012). Além disso, mesmo sem um efeito substancial causado pelas mudanças climáticas, existe a possibilidade de que a floresta atinja o clímax e se torne carbono-neutra, como já verificado em algumas florestas temperadas (CANADELL, 2007).

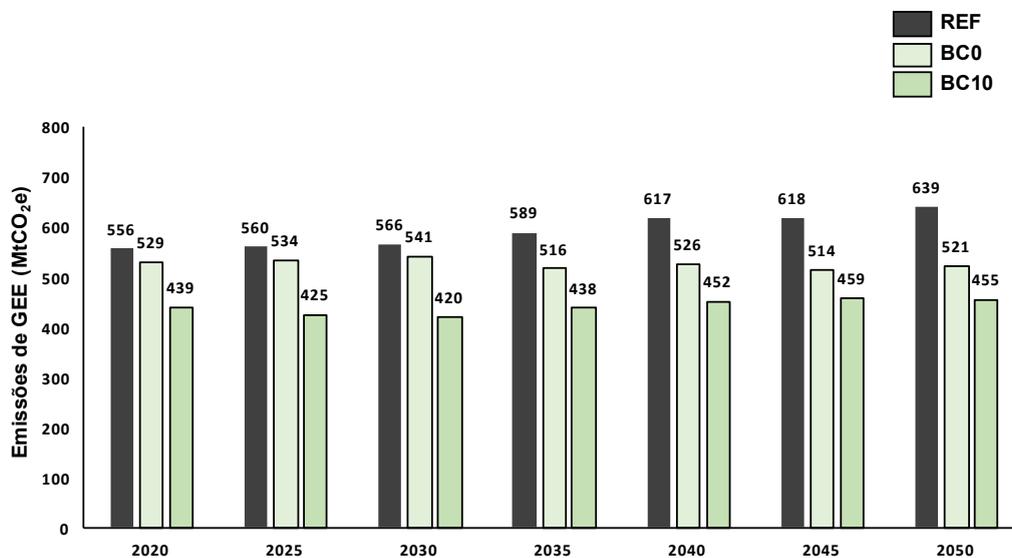


Figura 3 – Cenários de Emissões Totais do Setor de Afolu no Período de 2020 a 2050

REF = Cenário de referência.

BCx = Cenário de baixo carbono, no qual "x" se refere à faixa de valor de carbono abrangida pelo cenário (US\$ 0 e US\$ 10/tCO₂e).

O setor de Afolu contribuiu com mitigação de 25,5 MtCO₂e em 2025, relativa ao cenário BC0, e de 145,8 MtCO₂e em 2030, no cenário BC10 (Tabela 3). Deve-se destacar que as emissões provenientes do uso de fertilizantes sintéticos e vinhaça, assim como queima e decomposição de resíduos agrícolas, são maiores nos cenários BC0 e BC10, com relação ao cenário REF, em função dos seguintes aspectos: aumento da produção de biocombustíveis (setor de transportes) e recuperação de pastagens degradadas e expansão de florestas plantadas (setor de Afolu).

Tabela 3 – Cenários e Potenciais de Redução de Emissões para o Setor de Afolu em 2025 e 2030

	Emissão de GEE (MtCO ₂ e)						Mitigação de emissão de GEE ¹ (MtCO ₂ e)			
	2025			2030			2025		2030	
	REF	BC0	BC10	REF	BC0	BC10	BC0	BC10	BC0	BC10
1. Mudanças de uso do solo	321,1	292,5	215,3	298,0	269,8	189,0	-28,6	-105,8	-28,2	-109
2. Agropecuária (2a+2b+2c+2d+2e)	506,4	509,6	478	536,2	539,5	499,5	3,2*	-28,4	3,3*	-36,7
2a. Fermentação entérica	305,4	305,4	276,3	319,4	319,4	283,3	0	-29,1	0	-36,1
2b. Manejo de dejetos animais	23,1	23,1	22,2	24,5	24,5	22,8	0	-0,9	0	-1,7
2c. Arroz	11,9	11,9	11,9	11,2	11,2	11,2	0	0,0	0	0,0
2d. Queima de resíduos	4,2	5,0	5,0	3,3	3,9	4,0	0,8*	0,8*	0,6*	0,7*
2e. Solos agrícolas (2e1+2e2+2e3+2e4+2e5)	161,7	164,2	162,4	177,7	180,5	178,1	2,5*	0,7*	2,8*	0,4*
2e1. Fertilizantes sintéticos	41,2	42,9	48	48,7	50,6	57,6	1,7*	6,8*	1,9*	8,9*
2e2. Resíduos agrícolas	15,8	16,5	16,5	17,4	18,1	18,1	0,7*	0,7*	0,7*	0,7*
2e3. Vinhaça	1,3	1,5	1,5	1,4	1,6	1,7	0,2*	0,2*	0,2*	0,3*
2e4. Animais em pastagem e adubo animal	99,2	99,2	92,2	105,8	105,8	96,2	0	-7,0	0	-9,6
2e5. Manejo de dejetos animais (N ₂ O)	4,2	4,1	4,1	4,5	4,4	4,4	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Total (1+2)	827,6	802,1	693,3	834,1	809,3	688,3	-25,5	-134,3	-24,8	-145,8
Remoções UC e TI	-268,0	-268,0	-268,0	-268,0	-268,0	-268,0	NA	NA	NA	NA
Emissões líquidas (total - remoções)	559,6	534,1	425,3	566,1	541,3	420,3	-25,5	-134,3	-24,8	-145,8

¹ As reduções de emissões para os cenários BC0 e BC10 foram calculadas subtraindo as emissões dos cenários REF dos respectivos anos (2025 e 2030).

* Nesse cenário, a atividade apresenta aumento de emissão.

REF = Cenário de referência; BCx = Cenário de baixo carbono, no qual x se refere à faixa de valor de carbono abrangida pelo cenário (US\$ 0 e US\$ 10/tCO₂e); UC = Unidades de Conservação; TI = Terras Indígenas; NA = Não se aplica.

Os modelos indicam que, relativo ao cenário BC0, para alcançar as reduções de emissão de GEE apresentadas na Tabela 3, em 2025, as ações setoriais de mitigação a serem implementadas devem compreender:

- Expansão do plantio de florestas comerciais;
- Expansão dos sistemas integrados de cultivo (integração lavoura-pecuária, pecuária-floresta, lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais);
- Expansão da técnica de plantio direto;
- Maior aporte de nitrogênio via fertilização biológica.

Embora abranja inúmeras ações, a redução de emissões de GEE em 2025, no cenário BC0, é significativamente menor do que aquela estimada para 2030, no cenário BC10. Dois fatores explicam essa tendência:

- i. Custo-efetividade da intensificação da pecuária e redução do desmatamento, atividades que apresentam o maior potencial de redução de emissões no setor;
- ii. Ampliação do cultivo agrícola, em particular de cana-de-açúcar e soja, em virtude da expansão prevista de biocombustíveis enquanto atividade de baixo carbono do setor de transportes.

O cumprimento da NDC brasileira em 2030 é compatível com o cenário BC10 (Figura 2B), para o qual é necessária a implementação, em conjunto com as atividades citadas, da diminuição do rebanho, da redução do desmatamento e da expansão da recuperação de vegetação nativa e de pastagens degradadas.

Para diminuir o rebanho, propõe-se intensificar a produção bovina de corte por meio da estratégia do confinamento. Por sua vez, a proposta de redução do desmatamento abrange o desmatamento legal na Amazônia, cumprimento da meta de desmatamento do Cerrado e criação de meta de redução de 40% no desmatamento dos biomas Caatinga e Pantanal e 58% no bioma Pampas. Além disso, a redução do desmatamento considera recuperação de aproximadamente 9,3 milhões de hectares de vegetação nativa em 2030.

Em suma, trata-se de promover ações relacionadas à redução do desmatamento associadas à expansão das áreas de vegetação nativa e florestas plantadas, assim como ao aumento do estoque de carbono no solo por meio da expansão dos sistemas integrados e da recuperação de pastagens degradadas.

Tabela 4 – Principais Atividades de Baixo Carbono do Setor de Aflu, por Atividade

Atividade	Opções de mitigação	Potencial de mitigação (MtCO ₂ e) ¹	
		BC0 (2025)	BC10 (2030)
Agricultura	Expansão do plantio direto para 90% da área de cultivo de soja, milho, arroz, algodão, feijão e trigo até 2050. ²	2,0	2,1
Agricultura	Incremento de 200 mil hectares/ano, no período de 2021 a 2050, nos sistemas integrados. ³	0,4	0,5
Agricultura	Expansão do uso de inoculantes para promover a fertilização biológica do nitrogênio (FBN), atingindo cerca de 47 milhões de hectares em 2050. ⁴	0,3	0,4
Pecuária	Intensificação da pecuária, por meio da expansão do confinamento da pecuária bovina de corte, que atingiria 19 milhões de cabeças em 2050. ⁵	NA ⁹	47,6
Pecuária	Intensificação da pecuária, por aumento da recuperação da pastagem degradada, que totalizaria 74 milhões de hectares em 2050. ⁶	NA ⁹	7,4
Mudanças no uso do solo	Redução do desmatamento na Amazônia (90% em relação à média histórica) e aplicação de meta de redução de 40% no desmatamento dos biomas Caatinga e Pantanal e 58% no bioma Pampas.	NA ⁹	47,7
Mudanças no uso do solo	Expansão do cultivo de florestas comerciais, que totalizariam 14 milhões de hectares em 2050. ⁷	25,3	23,6 ¹⁰
Mudanças no uso do solo	Ampliação da recomposição de vegetação nativa para 21 milhões de hectares até 2050. ⁸	NA ⁹	9,5
Emissões/remoções indiretas provenientes de atividades de baixo carbono de outros setores ¹¹		-2,5	7,0
Total		25,5	145,8

¹ O potencial e as opções de mitigação referem-se aos cenários BC0 e BC10 para os anos de 2025 e 2030, respectivamente.

² A área estimada com plantio direto em 2025 e 2030 é de 33,2 e 34,1 milhões de hectares, respectivamente.

³ A área agrícola dos sistemas integrados faz uso de plantio direto, e a área de pastagens é considerada bem manejada.

⁴ A área estimada com FBN, em 2025 e 2030, é de 39 e 40 milhões de hectares, respectivamente.

⁵ Confinamento de 8,2 e 10,5 milhões de cabeças em 2025 e 2030, respectivamente.

⁶ Recuperação de 24 e 33,2 milhões de hectares de pastagens degradadas em 2025 e 2030, respectivamente.

⁷ Cultivo de 9 e 10 milhões de hectares de florestas comerciais em 2025 e 2030, respectivamente.

⁸ Recomposição de 6,2 e 9,3 milhões de hectares de vegetação nativa em 2025 e 2030, respectivamente.

⁹ Medidas não aplicáveis ao cenário BC0, em 2025, em função do custo de abatimento de emissões.

¹⁰ A redução do potencial de mitigação do cenário BC10 em 2030, com relação ao cenário BC0 em 2025, deriva da diferença da área plantada no ano (área a ser colhida em 7 anos) e da área colhida no ano. No caso, a floresta plantada colhida como medida de mitigação para substituição de biomassa nativa por renovável é menor em 2030.

¹¹ Emissões e remoções indiretas de carbono advindas de atividades de baixo carbono de outros setores. É o caso do aproveitamento energético de resíduos agrícolas pelo setor de gestão de resíduos, reduzindo a sua queima, e da mudança no uso do solo de pastagens para cana-de-açúcar, tendo em vista a maior produção de etanol pelo setor energético, ambos nos cenários BC0 e BC10.

As projeções de emissões do sistema energético são resultantes do balanço de oferta e demanda de energia, modelados por meio do MSB8000. Para tanto, em primeiro lugar, foram obtidas projeções de consumo de energia primária para os diferentes cenários (Figura 4). Mantém-se o papel preponderante do óleo bruto como a principal fonte primária de energia consumida na matriz energética brasileira, com destaque para expansões do parque de refino que ocorrem entre 2020 e 2030. Em grande medida, não se notam alterações sensíveis, no cenário REF, na participação das fontes primárias de energia na matriz de consumo, salvo para o caso do carvão, cuja participação aumenta a partir de 2040, em detrimento da participação da hidroeletricidade e do gás natural. Essa tendência deriva do deplecionamento, a partir de 2030, do potencial hidrelétrico remanescente. Por fim, também ganha destaque a biomassa lenhosa para fins energéticos.

Os resultados do cenário REF do sistema energético indicam que, na ausência das medidas de abatimento definidas setorialmente, o Brasil seguiria conservadoramente por uma matriz energética em que o papel das fontes fósseis oscilaria entre 50% e 60%, com um valor máximo em 2040, quando a oferta de óleo e gás também estaria no seu platô de produção.

Nos cenários BC0 e BC10, observa-se menor consumo de petróleo em refinarias e, portanto, menor expansão do parque refinador em prol de um maior processamento de cana-de-açúcar em destilarias para produção de etanol. Também se reduz o consumo de carvão devido a uma menor expansão da geração elétrica à base de termelétricas a carvão, sobretudo no cenário BC10, a partir de 2030.

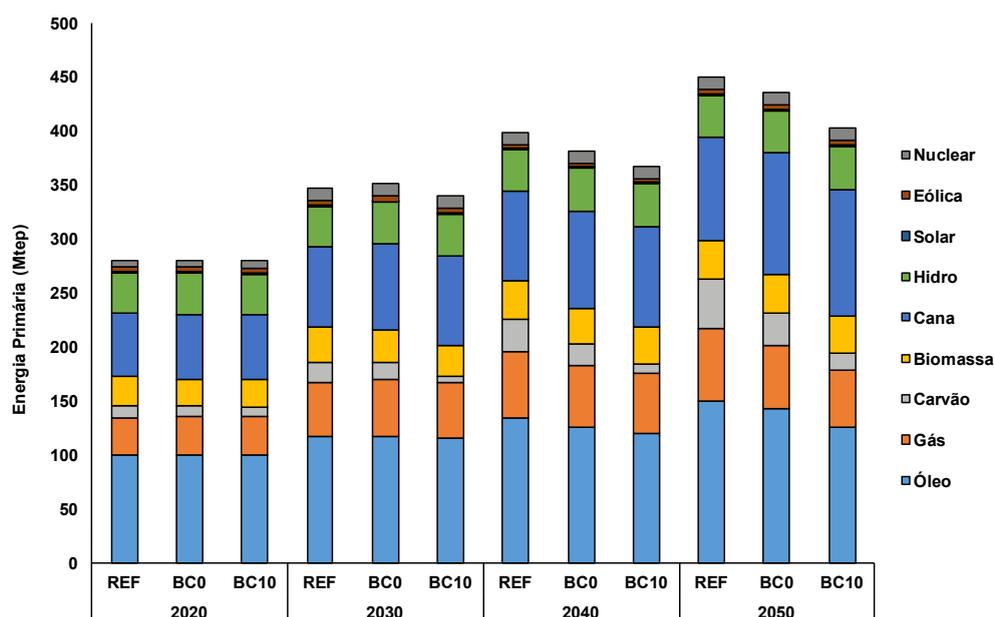


Figura 4 – Consumo de Energia Primária pelo Sistema Energético nos Cenários REF, BC0 e BC10 – 2020 a 2050

REF = Cenário de referência.

BCx = Cenário de baixo carbono, no qual x se refere à faixa de valor de carbono abrangida pelo cenário (US\$ 0 e US\$ 10/tCO₂e).

Em virtude da representatividade do setor elétrico para o crescimento das emissões de GEE, os resultados referentes à geração de energia elétrica, por fonte de energia, estão apresentados na Figura 5. No cenário REF, destaca-se o aumento da participação da geração termelétrica à base de bagaço de cana e de combustíveis fósseis, primeiramente gás natural e, no final do período, carvão importado. A expansão de sistemas fotovoltaicos distribuídos ocorre, mas ainda de forma modesta em termos absolutos, indicando que existem barreiras de mercado a essa opção energética. A geração eólica também cresce, todavia, assim como a energia solar, sua representatividade se mantém pequena com relação a outras fontes. Em 2050, a participação da hidroeletricidade no mix de geração elétrica atinge cerca de 55%, enquanto termelétricas a gás e a carvão passam a representar cerca de 20% do total da geração. Além disso, observou-se que a internalização de um custo de carbono de até US\$ 10/tCO₂e na economia não seria capaz de alterar significativamente essa tendência, à exceção da substituição da geração termoelétrica a carvão por bagaço de cana.

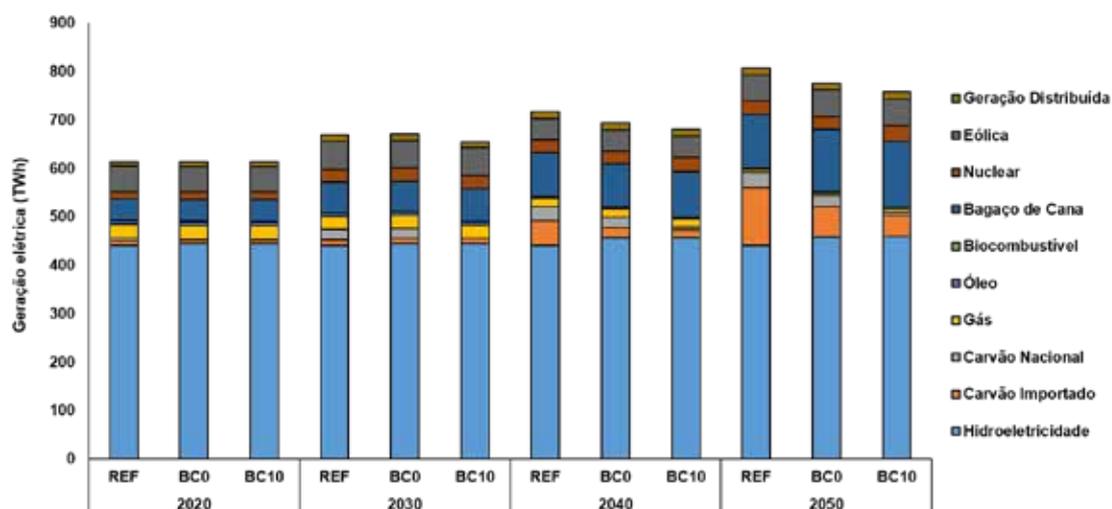


Figura 5 – Geração de Energia Elétrica por Fonte de Energia nos Cenários REF, BC0 e BC10 – 2020 a 2050

REF = Cenário de referência.

BCx = Cenário de baixo carbono, no qual x se refere à faixa de valor de carbono abrangida pelo cenário (US\$ 0 e US\$ 10/tCO₂e).

Devido à matriz de consumo de energia primária nos centros de transformação de energia (setor energético) e nos setores de consumo de energia final (transportes, edificações, gestão de resíduos, indústria e agricultura), as emissões de GEE, no cenário REF, crescem cerca de 70% entre 2020 e 2050 (Figura 6). Em grande medida, o crescimento das emissões é induzido pelo setor elétrico, que passa a expandir com base em usinas termelétricas, em função do deplecionamento do potencial hidrelétrico, segundo uma lógica de atendimento à demanda de energia por mínimo custo. Por sua vez, o cenário BC0 apresenta abatimento de emissões de 8% e 21% em 2025 e 2050, respectivamente. O cenário BC10, compatível com a meta da NDC para o ano de 2030, implica redução de 24% nas emissões daquele ano e de 32% em 2050 (Figura 6).

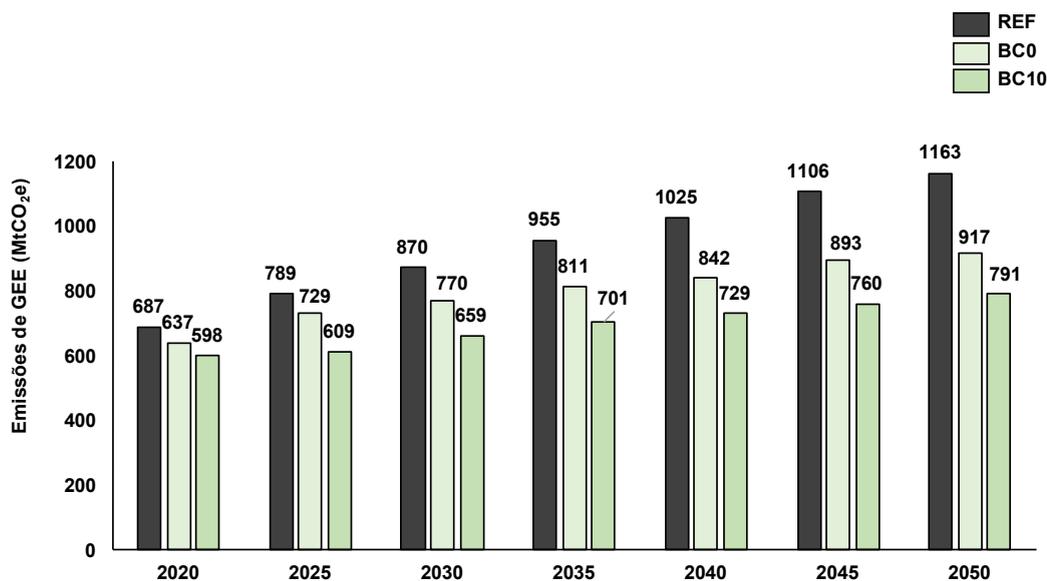


Figura 6 – Cenários de Emissões de GEE do Sistema Energético para o Período de 2020 a 2050

REF = Cenário de referência.

BCx = Cenário de baixo carbono, no qual x se refere à faixa de valor de carbono abrangida pelo cenário (US\$ 0 e US\$ 10/tCO₂e).

Na Tabela 5, estão demonstrados os potenciais de redução de emissão do sistema energético, o qual contribui com mitigação de 60,4 MtCO₂e em 2025 (cenário BC0) e 211,1 MtCO₂e em 2030 (cenário BC10). No cenário BC0, observam-se os maiores valores de redução de emissões nos setores industrial, gestão de resíduos e transportes, sendo que a eficiência energética desempenha papel relevante para a mitigação de emissões nesses setores. Deve-se ressaltar que o valor nulo de carbono atribuído a esse cenário indica a viabilidade econômica das medidas de eficiência energética.

Por sua vez, destaca-se, no cenário BC10, o aumento do potencial de mitigação de emissões no setor elétrico em relação ao BC0, em particular, devido à adoção de medidas de eficiência energética e repotenciação de usinas hidrelétricas.

O aumento das emissões no setor de edificações, em 2030, decorre da substituição do gás natural por gás liquefeito de petróleo (GLP) na cocção. Trata-se de uma escolha da modelagem integrada que considerou mais custo-efetiva a redução de emissões no setor industrial por meio da disponibilização do gás natural para substituir carvão e óleo combustível para a geração de calor e vapor.

Deve-se enfatizar que a implementação dessas medidas enfrenta barreiras que precisam ser removidas para viabilizar o cumprimento das metas de redução de emissões em 2025 e 2030. Esse é o caso, por exemplo, da troca de queimadores para a geração de calor industrial, que demandam acesso ao capital para investimento, assim como capacitação técnica para empreender a medida. No caso das medidas do cenário BC10, uma barreira econômica está relacionada à necessidade da internalização de um valor de carbono na economia de US\$ 10/tCO₂e. No final deste documento, serão analisadas mais detalhadamente barreiras das atividades de baixo carbono e propostos instrumentos de política pública para removê-las.

Tabela 5 – Cenários e Potenciais de Redução de Emissões do Sistema Energético, por Subsetores e não CO₂¹ em 2025 e 2030

	Emissão de GEE (MtCO ₂ e)						Mitigação de emissão de GEE ² (MtCO ₂ e)			
	2025			2030			2025		2030	
	REF	BC0	BC10	REF	BC0	BC10	BC0	BC10	BC0	BC10
Indústria	120,4	105,4	87,4	131,5	110,9	91,9	-15,0	-33,0	-20,6	-39,6
Agricultura	22,0	21,9	22,1	23,9	23,8	24,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,3
Transportes	214,6	200,7	198,4	228,6	208,6	203,3	-13,9	-16,2	-20,0	-25,3
Edificações	22,5	22,5	22,4	21,0	21,4	21,4	0,0	-0,1	0,4*	0,4*
Elétrico	49,4	47,6	25,3	53,2	52,3	27,2	-1,8	-24,1	-0,9	-26,0
Energético	118,0	108,1	85,5	140,6	131,0	106,3	-9,9	-32,5	-9,6	-34,3
Processos industriais	98,3	97,7	88,7	106,6	105,3	94,1	-0,6	-9,6	-1,3	-12,5
Não CO₂¹	35,6	28,4	10,4	42,2	33,0	13,2	-7,2	-25,2	-9,2	-29,0
Gestão de resíduos	108,5	96,6	68,5	122,2	83,1	77,1	-11,9	-40,0	-39,1	-45,1
Total	789,3	728,9	608,7	869,8	769,4	658,7	-60,4	-108,6	-100,4	-211,1

¹Emissões de CH₄ relativas à operação em plataformas de petróleo, assim como transporte e distribuição de gás natural e carvão.

²As reduções de emissões para os cenários BC0 e BC10 foram calculadas subtraindo as emissões dos cenários REF dos respectivos anos (2025 e 2030).

* Nesse cenário, o subsetor apresenta aumento de emissão.

REF = Cenário de referência; BCx = Cenário de baixo carbono, no qual x se refere à faixa de valor de carbono abrangida pelo cenário (US\$ 0 e US\$ 10/tCO₂e).

Conforme demonstrado na Tabela 6, quase a totalidade da redução de emissões de GEE que ocorre nos cenários do sistema energético deriva de:

- Ganhos de eficiência na conversão de energia térmica na indústria por medidas de custo fixo praticamente nulo, como controle adequado de queima, bem como por medidas de custo fixo baixo (posto que não nulo), como reposição de equipamentos no final da vida útil (troca de queimadores por *low Nox burners* – LNB);
- Redução de queima em *flare* por meio da instalação de piloto de ignição (STATOIL, 2010) e instalação de unidades de recuperação de vapor em plataformas de extração e produção (E&P) de óleo e gás;
- Ganhos de eficiência energética em refinarias de petróleo, especialmente na conversão de energia térmica;
- Ganhos de eficiência elétrica nas edificações e na indústria, reduzindo a necessidade de expansão de plantas termelétricas a carvão;
- Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos e de estações de tratamento de efluentes para a produção de biometano e eletricidade;
- Mudança do modal individual para o coletivo, visando ao transporte de passageiros, e do transporte de carga de rodovias para ferrovias e hidrovias.

Tabela 6 – Principais Atividades de Baixo Carbono do Sistema Energético, por Setor e Segmento

Setor (segmento)	Opções de mitigação	Potencial de mitigação (MtCO ₂ e) ¹	
		BCO (2025)	BC10 (2030)
Indústria (outros)	Eficientização na recuperação de calor e vapor nos processos	7,0	7,1
Indústria (cimento)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	3,2	2,8
Indústria (outros)	Eficientização de fornos e otimização de processos	2,4	2,2
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	1,2	1,4
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de vapor nos processos	0,9	1,1
Indústria (cimento)	Troca de combustíveis	0,7	1,0
Indústria (siderurgia)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	0,2	14,7
Indústria (siderurgia)	Troca de combustíveis	NA ³	4,1
Indústria (outros)	Troca de combustíveis	NA ³	2,2
Energia (E&P de óleo e gás)	Redução de <i>flare</i> ² e instalação de unidades de recuperação de vapor	7,2	22,3
Energia (refino)	Eficientização na recuperação de calor e vapor nos processos	2,9	6,9
Energia (refino)	Eficientização no consumo de hidrogênio	NA ³	3,9
Energia (refino)	Eficientização elétrica em motores	NA ³	1,2
Energia (elétrico)	Substituição de térmicas a carvão por biomassa e cogeração a bagaço	NA ³	23,1
Energia (elétrico)	Repotenciação de usinas hidrelétricas	1,8	2,9
Transportes (rodoviário)	Eficientização de ônibus e caminhões movidos a diesel	NA ³	5,3
Transportes (cargas)	Mudança modal (rodoviário de cargas para ferroviário e hidroviário)	8,3	3,8
Transportes (passageiros)	Mudança modal (automóveis para ônibus e metrô)	5,6	15,0
Edificações (residencial)	Eficientização de fogões a GLP e gás natural	0,1	0,4
Gestão de resíduos (RSU)	Degradação de biogás de aterro sanitário com <i>flare</i>	5,4	20,8
Gestão de resíduos (RSU)	Aproveitamento de biogás para produção de biometano	2,2	8,2
Gestão de resíduos (RSU)	Aproveitamento de biogás para geração de eletricidade	1,8	6,7
Gestão de resíduos (efluentes)	Aproveitamento de biogás de efluentes para geração de eletricidade	1,3	5,0
Gestão de resíduos (RSU)	Difusão da biodigestão para produção de biometano	0,6	2,1
Gestão de resíduos (RSU)	Incineração de resíduos	0,3	1,0
Gestão de resíduos (RSU)	Difusão da biodigestão para produção de eletricidade	0,2	0,9
Gestão de resíduos (RSU)	Ampliação da reciclagem de RSU ⁴	NA ³	0,4
Outras atividades de baixo carbono menos representativas para a redução das emissões setoriais ⁵		7,1 ⁶	44,6 ⁷
Total		60,4	211,1

¹ O potencial e as opções de mitigação referem-se aos cenários BCO e BC10, para os anos de 2025 e 2030, respectivamente.

² Redução da queima em *flare* por meio da instalação de piloto de ignição.

³ Medidas não aplicáveis ao cenário BCO, em 2025, em função do custo de abatimento de emissões.

⁴ Aumento na reciclagem de RSU de 5% para 7% entre os cenários REF e BC.

⁵ Abrange medidas com potencial de mitigação menor que 0,1 MtCO₂e.

⁶ Considera redução de emissões de CO₂ e CH₄ relativas à queda no efeito atividade em plataformas de petróleo e transporte e distribuição de gás natural e carvão no cenário BCO.

⁷ São consideradas as reduções de emissões de CO₂ e CH₄ relativas à redução na extração de carvão, com potencial de mitigação de 38,6 MtCO₂e no cenário BC10 em 2030, e à diminuição no efeito atividade dos setores de cimento, transportes e siderúrgico, com mitigação de 4,1 MtCO₂e no cenário BC10 em 2030. Além disso, são consideradas medidas com potencial de mitigação menor que 0,1 MtCO₂e.

RSU – Resíduos sólidos urbanos.

E&P – Extração e produção.



Custos e impactos econômicos e sociais da implementação dos cenários de baixo carbono

Capítulo

3

3 CUSTOS E IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA IMPLEMENTAÇÃO DOS CENÁRIOS DE BAIXO CARBONO

Uma vez identificadas as ações de baixo carbono mais custo-efetivas a serem priorizadas setorialmente para o cumprimento do compromisso assumido da NDC, foram analisados os custos e os impactos econômicos e sociais, tendo em vista a relevância para o estabelecimento do papel que cada setor poderia assumir no cumprimento das metas.

Conforme demonstrado na Tabela 7, a implementação dos cenários BC0 e BC10 implicaria custos totais de aproximadamente US\$ 28,5 bilhões e US\$ 41,2 bilhões, em 2025 e 2030, respectivamente. Quando consideradas as receitas obtidas com a adoção das atividades setoriais de baixo carbono, constata-se resultados financeiros positivos em ambos os cenários.

A predominância de ações de eficiência energética, que implicam significativas receitas obtidas com a economia de energia, tornam o cenário BC0 mais atrativo sob o ponto de vista financeiro. Os dados demonstram resultados financeiros positivos para os setores de Afolu e gestão de resíduos no cenário BC0, e Afolu, gestão de resíduos e industrial, no cenário BC10, os quais seriam capazes de custear os custos com investimento e operação e manutenção (O&M).

A implementação dos cenários BC0 e BC10 geraria maior impacto financeiro positivo para o setor de Afolu. O cenário BC0 implica ganho financeiro de US\$ 14,5 bilhões, e o cenário BC10, que representa o limite superior de custos de implementação, tem resultado de aproximadamente US\$ 1,8 bilhão (Tabela 7).

O cenário BC10 abrange as atividades de baixo carbono do cenário BC0, assim como ações menos atrativas sob o ponto de vista financeiro, como redução do desmatamento e recomposição da vegetação nativa, que apresentam custos totais superiores às receitas totais.⁷

⁷ Os custos totais da redução de desmatamento e recomposição da vegetação nativa são de US\$ 1,58 e US\$ 2,13 bilhões, respectivamente, não sendo mensuradas receitas das atividades.

Tabela 7 – Receitas e Custos Associados à Implementação das Atividades de Baixo Carbono pelos Setores, nos Cenários BC0 (2025) e BC10 (2030)

Setor (cenário)	Receita total ¹	Custo total ¹	Resultado financeiro ¹
Agricultura, florestas e outros usos do solo (BC0)	19.656 ²	5.135 ²	14.521
Edificações (BC0)	915	950	-35
Energia (BC0)	12.778	14.746	-1.968
Gestão de resíduos (BC0)	2.044	1.938	106
Indústria (BC0)	284	368	-84
Transportes (BC0)	3.948	5.458	-1.510
Total no cenário BC0 em 2025	39.625	28.595	11.030
Agricultura, florestas e outros usos do solo (BC10)	19.655	17.892	1.763
Edificações (BC10)	907	926	-19
Energia (BC10)	14.849	15.430	-581
Gestão de resíduos (BC10)	2.504	1.938	566
Indústria (BC10)	494	363	131
Transportes (BC10)	3.948	4.617	-669
Total no cenário BC10 em 2030	42.357	41.166	1.191

¹ As receitas e os custos totais, assim como o resultado financeiro, consideram a implementação do conjunto de atividades de baixo carbono dos cenários BC0 e BC10.

² No setor de Afolu, também são considerados receitas e custos relativos às atividades de baixo carbono que reduzem emissões relacionadas ao consumo de combustíveis, que são contabilizadas pelo sistema energético.

Receita total = receita gerada com a implementação da medida nos cenários BC0 e BC10.

Custo total = custo total para implementação da medida nos cenários BC0 e BC10.

Resultado financeiro = Receita total - Custo total.

No entanto, o resultado financeiro tem potencial para ser maior, pois, nesta análise, não foram atribuídas receitas decorrentes da proteção e recomposição da vegetação nativa, que, em sentido amplo, implicariam atribuir valor à biodiversidade. A atribuição dessas receitas não foi realizada devido a limitações das metodologias de valoração ambiental disponíveis que apresentam, de maneira geral, muita incerteza quanto à atribuição de valor presente de uso da biodiversidade em relação aos serviços ecossistêmicos que proporcionam no longo prazo (MARTINEZ-ALIER, 1994; CARVER, 2015).

A redução do desmatamento enquanto principal atividade de baixo carbono, em termos de potencial de mitigação para o setor de Afolu, apresenta custo de aproximadamente US\$ 1,6 bilhão, que abrange a validação do Cadastro Ambiental Rural (CAR), assim como ações de fiscalização e o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Trata-se de aumento dos custos setoriais em virtude da implementação de medidas adicionais em relação ao cenário REF. A implementação do cenário REF é, por si só, desafiadora, tendo em vista o esforço econômico que será necessário para reduzir as taxas de desmatamento recentemente verificadas na Amazônia Legal – incremento nas taxas de desmatamento de 72,7% no período de 2012 a 2016 (INPE, 2017).

Cumpra enfatizar que o investimento necessário para implementação das atividades de baixo carbono deve ser avaliado separadamente, pois o horizonte temporal do custeio de capital é diferenciado em relação às receitas e aos custos de O&M. Nesse caso, os custos de capital indicam que a implementação dos cenários BCO e BC10 demandam financiamento de aproximadamente US\$ 20,7 bilhões e US\$ 30,7 bilhões em 2025 e 2030, respectivamente (Tabela 8). As despesas com operação e manutenção das atividades de baixo carbono, por sua vez, seguem lógica de custeio diferenciada, com recursos que devem ser originados do fluxo de caixa dos empreendimentos. Conforme destacado, a adoção das atividades de baixo carbono, em grande parte dos setores, é capaz de gerar resultados financeiros positivos que permitem custear as despesas de O&M e pagar o financiamento dos investimentos.

Tabela 8 – Custos de Capital e O&M Associados à Implementação das Atividades de Baixo Carbono pelos Setores, nos Cenários BCO (2025) e BC10 (2030)

Setor (cenário)	Custo de capital	Custo de O&M ¹	Custo total ²
	US\$ Milhões		
Agricultura, florestas e outros usos do solo (BC0)	3.081	2.054	5.135
Edificações (BC0)	228	722	950
Energia (BC0)	11.133	3.613	14.746
Gestão de resíduos (BC0)	506	1.432	1.938
Indústria (BC0)	336	32	368
Transportes (BC0)	5.458	-	5.458
Total no cenário BCO em 2025	20.742	7.853	28.595
Agricultura, florestas e outros usos do solo (BC10)	13.419	4.473	17.892
Edificações (BC10)	211	715	926
Energia (BC10)	11.615	3.815	15.430
Gestão de resíduos (BC10)	506	1.432	1.938
Indústria (BC10)	330	33	363
Transportes (BC10)	4.617	-	4.617
Total no cenário BC10 em 2030	30.698	10.468	41.166

¹Custos de operação e manutenção.

²O custo total resulta da soma de custos de capital (investimentos) e operação e manutenção.

A adoção dos cenários para cumprimento da NDC brasileira pouco impactaria o crescimento acumulado do PIB (Figura 7). De fato, o cenário BCO praticamente não afetaria as projeções de variação do PIB no período de 2015 a 2025, e a adoção do cenário BC10 levaria a uma redução média anual do PIB menor que 0,1% entre 2015 e 2030. A redução acumulada no PIB também seria mínima: 0,2% de 2015 a 2025 (cenário BCO) e 1,1% de 2015 a 2030 (cenário BC10), perante crescimentos acumulados de 18,6% e 28,2% nos mesmos períodos, respectivamente.

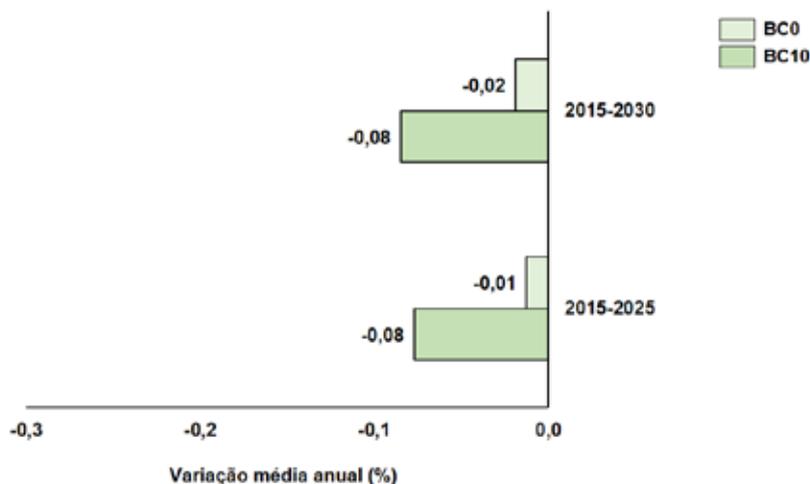


Figura 7 – Impacto sobre o Crescimento do PIB, na Adoção dos Cenários BC0 e BC10 até 2030

Os valores foram obtidos a partir dos desvios médios anuais nos períodos de 2015 a 2025 e 2015 a 2030 (com internalização do valor do carbono na economia a partir de 2025), decorrentes da implementação dos cenários BC0 e BC10, respectivamente, com relação ao cenário REF de projeções do PIB.

Em suma, o cumprimento da NDC brasileira não geraria pressões significativas sobre as taxas de crescimento da economia. Ainda assim, no cenário BC10, foram testados dois mecanismos de precificação de carbono com reciclagem de receitas, com vistas a avaliar os efeitos sobre a variação anual do PIB: com devolução da receita para as famílias, por meio de redução do imposto indireto sobre consumo de bens, e com devolução da receita para o consumo do governo. Deve-se enfatizar que a adoção desse instrumento se faz necessária apenas a partir de 2025, na medida em que a meta daquele ano poderá ser cumprida sem precificação de carbono (cenário BC0).

Trata-se de um mecanismo que pressupõe alguma forma de redistribuição das receitas obtidas com o tributo cobrado sobre o carbono (GOULDER, 1995; BARANZANI et al., 2000). Nessa alternativa, existem várias opções de reciclagem da receita, tanto de redução de impostos (diminuição de impostos sobre a folha de pagamentos, sobre o imposto de renda, sobre bens finais, desoneração de tributos sobre empresas, redução de impostos sobre propriedade etc.) quanto de compensação aos mais afetados pelo tributo – redistribuição para a população, subsídios para introduzir tecnologias mais limpas nos setores poluidores mais afetados, entre outras (MAGALHÃES; DOMINGUES, 2014). Nesta análise, foram testadas as opções de reciclagem para as famílias e para o governo.

Os resultados expostos na Figura 7, relativos ao cenário BC10, pressupõem uma receita que é absorvida pelo orçamento do setor público, logo, sem retorno ou reciclagem para famílias ou consumo do governo. Trata-se de uma situação extrema em termos do efeito negativo sobre o PIB, na medida em que desconsidera medidas de compensação sobre os setores mais afetados pela precificação de carbono. Por outro lado, os resultados expostos na Figura 8 mostram que a reciclagem para famílias tende a contrabalançar o efeito negativo do tributo. O efeito positivo sobre o PIB seria um desvio

médio anual de 0,18% entre 2025 e 2030. A reciclagem para o consumo do governo gera efeito positivo médio sobre o PIB de 0,22% ao ano entre 2025 e 2030. Finalmente, o impacto positivo acumulado da reciclagem para famílias ou para o governo, no mesmo período, seria de 1,1% e 1,3%, respectivamente.

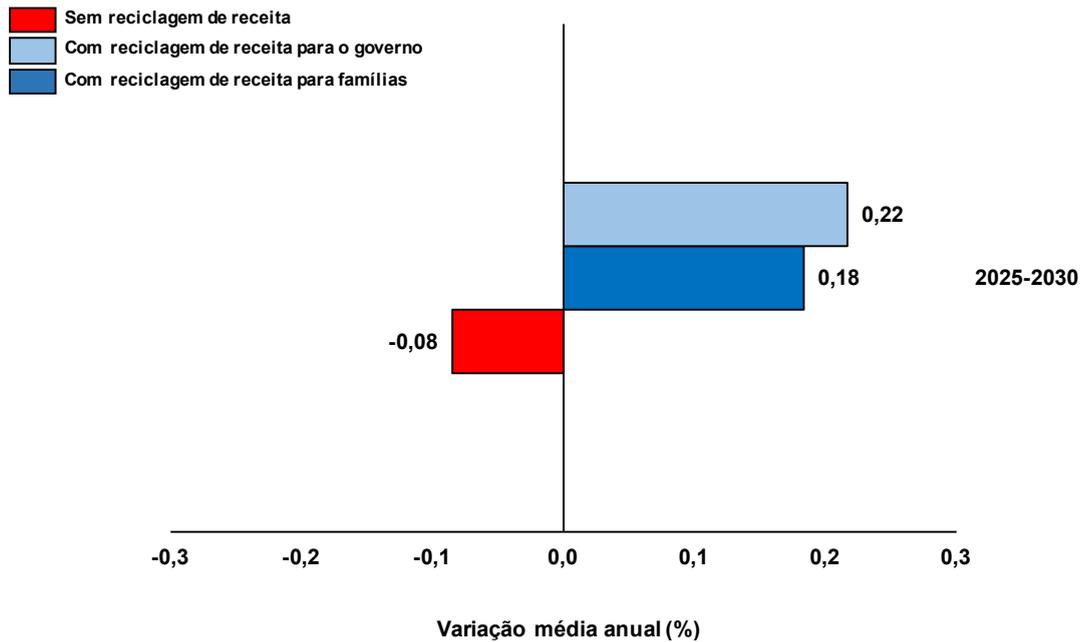


Figura 8 – Impacto sobre o Crescimento do PIB na Adoção do Cenário BC10 a partir de 2025

Os valores foram obtidos a partir dos desvios médios anuais no período de 2025 a 2030, decorrentes da implementação dos cenários BCO e BC10, respectivamente, com relação ao cenário REF de projeções do PIB.

Em nível agregado, a reciclagem para o consumo do governo mostrou-se mais eficaz para eliminar o efeito negativo do tributo de carbono. Além disso, a expansão de serviços públicos (saúde, educação e administração pública) tem impacto positivo importante do lado da oferta de bens públicos e das externalidades positivas geradas na economia. Finalmente, parte do efeito positivo no setor de administração pública pode ser utilizada para financiar a própria política de controle de emissões.

Setorialmente, todavia, os efeitos observados são heterogêneos. Os setores mais impactados, em termos da redução das taxas de crescimento do PIB anual, são aqueles intensivos em emissões, ligados indiretamente a setores com elevadas emissões, exportadores e que competem no mercado doméstico com importações (Figura 9), como é o caso do setor de refino de petróleo. Por outro lado, a adoção das medidas custo-efetivas de eficiência energética no setor de petróleo e gás natural traria considerável ganho econômico.

Considerando que a principal empresa produtora de óleo e gás no Brasil é integrada e detém o monopólio do refino de petróleo no país, compreende-se que a perda de valor adicionado da atividade de refino seria absorvida em virtude do benefício auferido no segmento de exploração e produção (E&P). O ganho na atividade de E&P deriva da receita adicional decorrente da venda do gás natural que deixa de ser utilizado no autoconsumo e queimado em *flare* por meio da instalação de unidades de recuperação de vapor em tanques de armazenamento e de piloto de ignição em plataformas de petróleo, respectivamente.

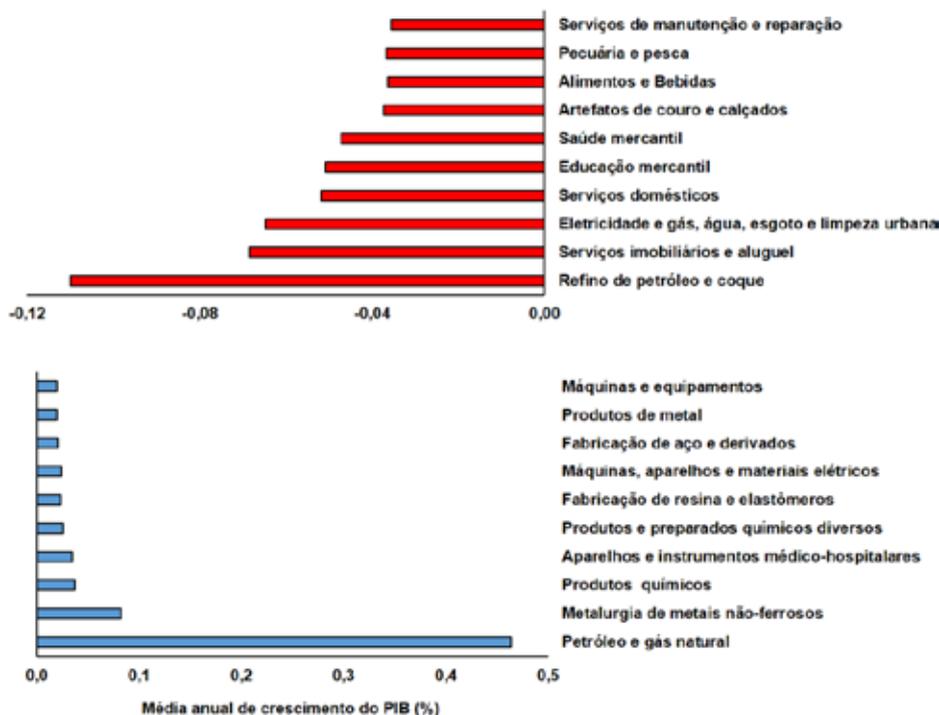


Figura 9 – Impacto sobre o Crescimento do PIB Setorial na Adoção do Cenário BC0 até 2025

A implementação do cenário BC10 afetaria, significativamente, o crescimento do PIB da cadeia siderúrgica e do setor elétrico (Figura 10). Por outro lado, o setor agrícola e a cadeia sucroalcooleira seriam positivamente impactados. Os efeitos negativos sobre os setores de mineração e siderurgia decorrem, principalmente, do efeito da internalização de um custo de carbono por meio da precificação de carbono sobre os custos de produção, em particular, devido à carbono-intensidade dos insumos de produção. Mais que isso, em face do encadeamento desse setor com a construção civil, observa-se significativo impacto de queda no PIB da construção civil, o que repercutiria sobre os custos relativos dos serviços imobiliários e de aluguel.

A principal diferença nos resultados das simulações com reciclagem deve ser atribuída aos efeitos induzidos. Conforme descrito, mesmo setores com baixa emissão são negativamente afetados pela queda da atividade econômica e do consumo das famílias, bem como pela transmissão do sobrecusto associado ao preço de carbono de US\$ 10/tCO₂e. Com a reciclagem da receita para famílias, o consumo tem um choque positivo, elevando a demanda por produtos e contrabalançando o efeito negativo do custo de carbono. Da mesma forma, a reciclagem para o consumo do governo tem efeito positivo nos setores de serviços públicos e setores ligados indiretamente.

A reciclagem do tributo de carbono para o consumo das famílias se constitui no instrumento mais eficaz para diminuição do impacto negativo decorrente da implementação do cenário BC10 nos setores comerciais e de serviços. Setores carbonointensivos demonstraram diminuição no impacto negativo sobre o crescimento do PIB (siderurgia e eletricidade), e setores diretamente ligados ao consumo das famílias tiveram o efeito negativo significativamente amenizado ou positivamente potencializado

na medida em que a reciclagem estimula o aumento da demanda por bens e serviços. Entretanto, o instrumento é insuficiente para proteger a competitividade dos segmentos da siderurgia, apenas amenizando a perda acumulada do PIB setorial em 25% entre 2025 e 2030. Portanto, faz-se necessária a implementação de outros mecanismos compensatórios para proteção da competitividade do setor siderúrgico. Por sua vez, a reciclagem para o consumo do governo gera alguns impactos setoriais positivos e ameniza os efeitos sobre setores negativamente afetados, entretanto em patamar inferior ao direcionamento da receita obtida com a tributação do carbono para famílias.

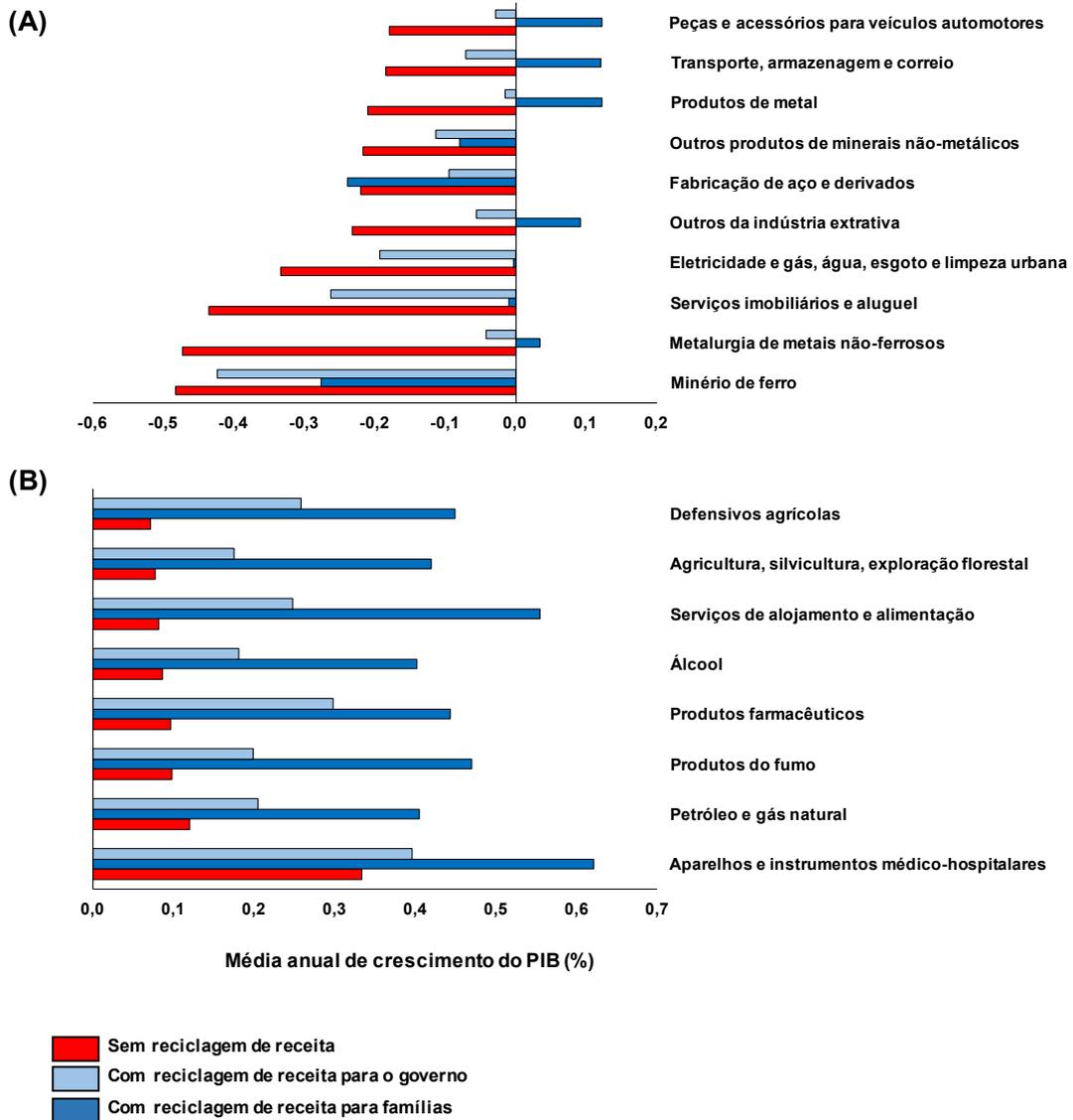


Figura 10 – Impacto sobre o Crescimento do PIB Setorial na Adoção do Cenário BC10 até 2030

(A) Principais setores impactados negativamente no cenário BC10, com e sem reciclagem de receita obtida, a partir de 2025, com o tributo de carbono.

(B) Principais setores impactados positivamente no cenário BC10, com e sem reciclagem de receita obtida, a partir de 2025, com o tributo de carbono.

Na Figura 11, estão demonstrados os impactos sobre os indicadores de emprego e renda decorrentes da adoção dos cenários BCO e BC10 em 2025 e 2030, respectivamente. Quanto ao cenário BCO, constata-se que os indicadores permanecem praticamente inalterados, principalmente os indicadores-chave que tratam da variação média anual do pessoal ocupado e da renda do trabalho. Destaca-se que a variação negativa no pessoal ocupado decorre da inércia necessária para a recuperação do emprego decorrente da atual conjuntura econômica. Ou seja, não guarda relação com a adoção de medidas de mitigação de emissões de GEE.

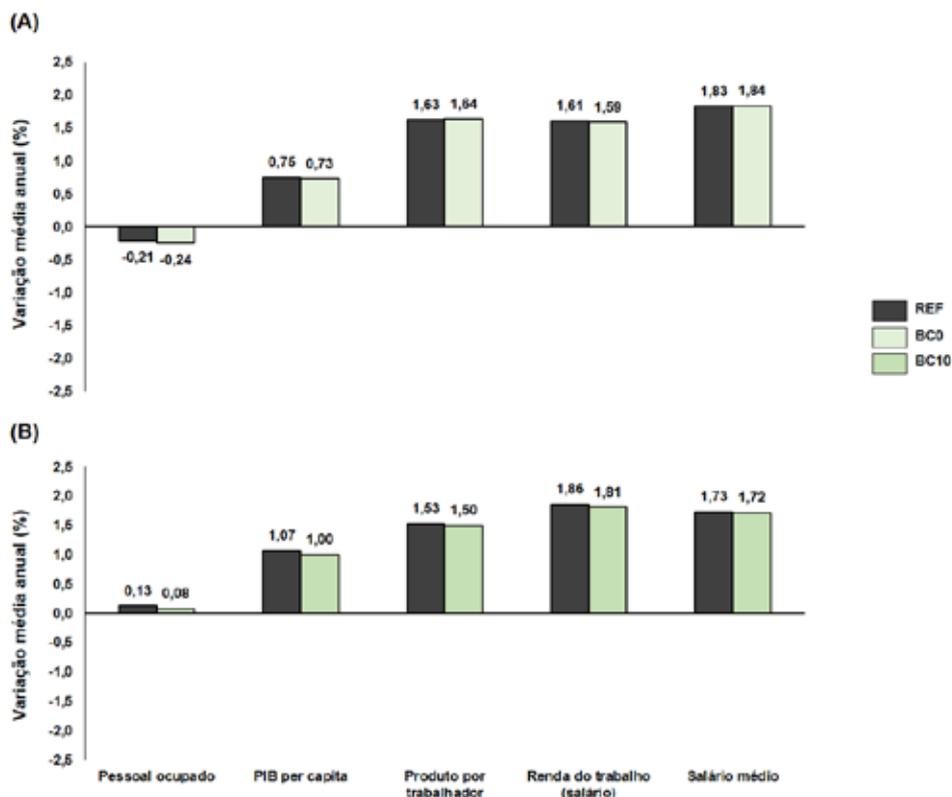


Figura 11 – Variação Média Anual de Indicadores de Emprego e Renda em 2025 e 2030

(A) Variação dos indicadores de emprego e renda até 2025, nos cenários REF e BCO.

(B) Variação dos indicadores de emprego e renda até 2030, nos cenários REF e BC10.

REF = Cenário de referência.

BCx = Cenário de baixo carbono, no qual x se refere à faixa de valor de carbono abrangida pelo cenário (US\$ 0 e US\$ 10/tCO₂e).

Em seguida, foram testados os efeitos da tributação de carbono de US\$ 10/tCO₂e a partir de 2025, com reciclagem para o governo e para famílias, comparativamente à ausência de reciclagem da receita (Figura 12). A reciclagem para o governo se revela preferencial sob o ponto de vista agregado, pois resulta em variação média anual superior à opção sem reciclagem em todos os indicadores de emprego e renda. Entretanto, a reciclagem da receita para famílias se mostra mais vantajosa que a reciclagem para o governo em termos do pessoal ocupado e PIB *per capita*. Esse aspecto revela que o incentivo ao consumo das famílias tem maior efeito multiplicador sobre o PIB *per capita* e a geração de emprego, que está relacionada, sobretudo, com o aumento da demanda no setor de serviços.

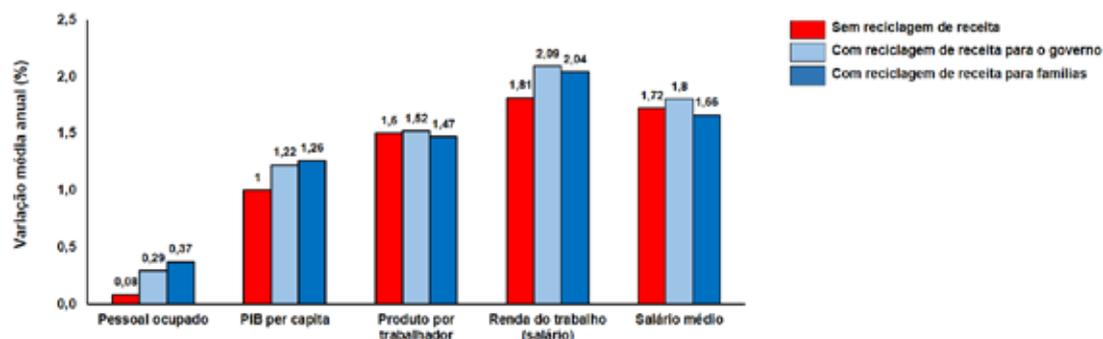


Figura 12 – Variação Média Anual de Indicadores de Emprego e Renda na Adoção do Cenário BC10, com e sem Reciclagem da Receita Obtida, a partir de 2025, com o Tributo de Carbono

Por fim, foram avaliados os impactos da tributação de carbono, visando ao cumprimento da meta da NDC em 2030, em termos da distribuição de renda segundo o coeficiente de Gini. Para realizar a simulação, pressupôs-se que a receita auferida com o tributo de US\$ 10/tCO₂e seria integralmente direcionada para famílias com renda mensal entre R\$ 85,01 e R\$ 170,00 por pessoa, participantes do Programa Bolsa Família.

Observa-se sistemática melhoria no indicador, mesmo no cenário sem reciclagem de receita, no qual se obteve valor do coeficiente igual a 0,470 em 2030. Esse valor é compatível com a trajetória observada entre 2004 e 2015, em que o valor do coeficiente foi de 0,555 a 0,491 (IBGE, 2016).

Quando a reciclagem do tributo é direcionada para o governo, observa-se que o valor do coeficiente é reduzido para 0,461. Por sua vez, a reciclagem do tributo para famílias participantes do Programa Bolsa Família conduziria a uma melhora expressiva no indicador (0,429), levando o país a sair da 10ª posição de mais desigual em distribuição de renda no mundo, em 2015, para uma posição intermediária compatível com o coeficiente atual da principal economia em desenvolvimento, qual seja, a China (UNDP, 2016).



Barreiras e subsídios à formulação de instrumentos de política pública para a implementação dos cenários de baixo carbono

Capítulo

4

4 BARREIRAS E SUBSÍDIOS À FORMULAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DOS CENÁRIOS DE BAIXO CARBONO

Os cenários BCO e BC10 exigem esforços adicionais de mitigação de emissões de GEE. Sua implementação exige a remoção de uma série de barreiras, que podem ser econômicas, regulatórias, técnicas, culturais, entre outras. Para tanto, pode ser necessária a revisão ou a formulação de instrumentos de política pública existentes, aspecto que será analisado a seguir.

Com vistas a sintetizar os principais subsídios para implementação das metas da NDC brasileira, foi criado um índice de custo-efetividade que prioriza as atividades de baixo carbono mapeadas no âmbito dos cenários BCO (Tabela 9) e BC10 (Tabela 10). Trata-se de ranquear as medidas pela sua custo-efetividade, calculada pela razão entre o custo total de implementação e o potencial de mitigação de emissões, que expressa que quanto menor o valor do índice, mais custo-efetiva é a medida.

O ranqueamento para o cenário BCO revela a custo-efetividade das medidas de eficiência energética, sobretudo nos segmentos industriais. O índice revela ainda que o cumprimento da NDC em 2025 não demanda a implementação de todas as atividades de baixo carbono selecionadas no cenário BCO, aspecto que permite priorizar políticas públicas, visando ao atendimento do compromisso nacional. A mitigação de 49 MtCO₂e, que é o esforço necessário para a transição do cenário referencial para meta de emissão de 1,3 GtCO₂e em 2025 (Figura 2), é atingida com a implementação de 11 medidas, a um custo acumulado de US\$ 1,74 bilhão. Com a adoção das medidas elencadas na Tabela 9, até a redução da queima em *flare* por meio da implementação de piloto de ignição e a instalação de unidades de recuperação de vapor (décima primeira medida) no setor de exploração e produção (E&P) de óleo e gás, é acumulada uma mitigação de 55,3 MtCO₂e.

Tabela 9 – Ranking de Custo-efetividade das Opções Setoriais de Mitigação para o Cenário BCO em 2025

Setor (segmento)	Opções de mitigação	Potencial de mitigação (MtCO ₂ e) ¹	Custo total (US\$ milhões) ²	Índice ³
Indústria (cimento)	Troca de combustíveis	0,7	0,9	1,3
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	1,2	9,7	8,1
Indústria (cimento)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	3,2	33,3	10,4
Indústria (siderurgia)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	0,2	2,4	12,2
Indústria (outros setores)	Eficientização na recuperação de calor e vapor nos processos	7	119,2	17,0
Afolu (florestas)	Expansão do cultivo de florestas comerciais	25,3	483,0	19,1
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de vapor nos processos	0,9	22,8	25,3
Indústria (outros setores)	Eficientização de fornos e otimização de processos	2,4	84,6	35,2
Gestão de resíduos (RSU)	Degradação de biogás de aterro sanitário com <i>flare</i>	5,4	234,6	43,4
Energia (elétrico)	Repotenciação de usinas hidrelétricas	1,8	145,8	81,0
Energia (E&P de óleo e gás)	Redução de <i>flare</i> ⁴ e instalação de unidades de recuperação de vapor	7,2	611,0	84,9
Gestão de resíduos (RSU)	Aproveitamento de biogás para produção de biometano	2,2	234,6	106,6
Energia (refino)	Eficientização na recuperação de calor e vapor nos processos	2,9	432,2	149,0
Gestão de resíduos (RSU)	Aproveitamento de biogás para geração de eletricidade	1,8	399,0	221,6
Gestão de resíduos (efluentes)	Aproveitamento de biogás de efluentes para geração de eletricidade	1,3	399,0	306,9
Gestão de resíduos (RSU)	Difusão da biodigestão para produção de biometano	0,6	188,6	314,4
Transportes (cargas)	Mudança modal (rodoviário de cargas para ferroviário e hidroviário)	8,3	2.653,0	319,6
Gestão de resíduos (RSU)	Difusão da biodigestão para produção de eletricidade	0,2	70,4	352,1
Transportes (passageiros)	Mudança modal (automóveis para ônibus e metrô)	5,6	2.494,2	445,4
Gestão de resíduos (RSU)	Incineração de resíduos	0,3	412,6	1.375,5
Afolu (agricultura)	Expansão do plantio direto e do uso de inoculantes	2,3	3.876,0	1.685,2
Afolu (agricultura)	Incremento nos sistemas integrados de cultivo	0,4	689,0	1.722,5
Edificações (residencial)	Eficientização de fogões a GLP e gás natural	0,1	201,5	2.015,4
Outras atividades de baixo carbono menos representativas para a redução das emissões setoriais ⁵		7,1	14.797,6	2.084,2

¹ O potencial de mitigação refere-se ao cenário BCO para o ano de 2025.

² Custo total, medido em milhões de dólares, para implementação das medidas do cenário BCO até 2030.

³ O índice é obtido a partir da razão entre o custo total (US\$ milhões) e o potencial de mitigação (MtCO₂e) de cada medida do cenário BCO.

⁴ Redução da queima em *flare* por meio da instalação de piloto de ignição.

⁵ Potencial de mitigação e custo total das demais atividades de baixo carbono menos representativas do sistema energético (medidas com potencial de mitigação menor que 0,1 MtCO₂e).

RSU – Resíduos sólidos urbanos.

Aspecto semelhante ocorre para o cumprimento da NDC em 2030, embora o número de medidas que precisariam ser implementadas seja superior, o que decorre do maior esforço em termos de mitigação de emissões, qual seja, de 236 MtCO₂e. Esse patamar de redução de emissões é obtido com a adoção de 26 medidas, a um custo acumulado de US\$ 11,1 bilhões. Com a adoção das medidas elencadas na Tabela 10, até a mudança modal do transporte individual para o coletivo (ônibus e metrô), é acumulada uma mitigação de 240 MtCO₂e.

Tabela 10 – Ranking de Custo-efetividade das Opções Setoriais de Mitigação para o Cenário BC10 em 2030

Setor (segmento)	Opções de mitigação	Potencial de mitigação (MtCO ₂ e) ¹	Custo total (US\$ milhões) ²	Índice ³
Indústria (cimento)	Troca de combustíveis	1,0	1,0	1,0
Indústria (siderurgia)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	14,7	14,3	1,0
Indústria (siderurgia)	Troca de combustíveis	4,1	4,0	1,0
Indústria (outros setores)	Troca de combustíveis	2,4	3,0	1,3
Energia (refino)	Eficientização elétrica em motores	1,2	7,9	6,6
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	1,4	9,7	6,9
Gestão de resíduos (RSU)	Degradação de biogás de aterro sanitário com flare	20,8	234,6	11,3
Indústria (cimento)	Eficientização na recuperação de calor nos processos	2,8	31,7	11,3
Energia (refino)	Eficientização no consumo de hidrogênio	3,9	55,0	14,1
Indústria (outros setores)	Eficientização na recuperação de calor e vapor nos processos	7,1	117,4	16,5
Aflu (florestas)	Expansão do cultivo de florestas comerciais	23,6	483,0	20,5
Indústria (químico)	Eficientização na recuperação de vapor nos processos	1,1	22,8	20,7
Energia (E&P de óleo e gás)	Redução de flare ⁴ e instalação de unidades de recuperação de vapor	22,3	607,6	27,2
Gestão de resíduos (RSU)	Aproveitamento de biogás para produção de biometano	8,2	234,6	28,6
Aflu (florestas)	Redução do desmatamento ⁵	47,7	1.576,0	33,0
Indústria (outros setores)	Eficientização de fornos e otimização de processos	2,2	82,8	37,6
Energia (elétrico)	Repotenciação de usinas hidrelétricas	2,9	145,8	50,3
Transportes (rodoviário)	Eficientização de caminhões e ônibus movidos à diesel	5,3	311,4	58,8
Gestão de resíduos (RSU)	Aproveitamento de biogás para geração de eletricidade	6,7	399,0	59,5
Energia (refino)	Eficientização na recuperação de calor e vapor nos processos	6,9	489,9	71,0
Gestão de resíduos (RSU)	Difusão da biodigestão para produção de eletricidade	0,9	70,4	78,2
Gestão de resíduos (efluentes)	Aproveitamento de biogás de efluentes para geração de eletricidade	5,0	399,0	79,8
Gestão de resíduos (RSU)	Difusão da biodigestão para produção de biometano	2,1	188,6	89,8
Energia (elétrico)	Substituição de térmicas a carvão por biomassa e cogeração a bagaço	23,1	2.631,1	113,9
Aflu (pecuária)	Recuperação de pastagens degradadas	7,4	905,0	122,3
Transportes (passageiros)	Mudança modal (automóveis para ônibus e metrô)	15,0	2.097,4	139,8
Aflu (pecuária)	Intensificação da pecuária por meio da expansão do confinamento	47,6	8.140,5	171,0
Gestão de resíduos (RSU)	Ampliação da reciclagem de RSU	0,4	82,5	206,3
Aflu (florestas)	Ampliação da recomposição da vegetação nativa	9,5	2.134,0	224,6
Gestão de resíduos (RSU)	Incineração de resíduos	1,0	330,1	330,1
Transportes (cargas)	Mudança modal (rodoviário de cargas para ferroviário e hidroviário)	3,8	2.208,6	581,2
Aflu (agricultura)	Incremento nos sistemas integrados de cultivo	0,5	689,0	1.378,0
Aflu (agricultura)	Expansão do plantio direto e do uso de inoculantes	2,5	3.876,0	1.550,4
Edificações (residencial)	Eficientização de fogões a GLP e gás natural	0,4	925,0	2.312,5
Outras atividades de baixo carbono menos representativas para a redução das emissões setoriais ⁶		51,6	11.657,6	225,9

¹ O potencial de mitigação refere-se ao cenário BC10 para o ano de 2030.

² Custo total, medido em milhões de dólares, para implementação das medidas do cenário BC10 até 2030.

³ O índice é obtido a partir da razão entre o custo total (US\$ milhões) e o potencial de mitigação (MtCO₂e) de cada medida do cenário BC10.

⁴ Redução da queima em flare por meio da instalação de piloto de ignição.

⁵ Aumento na redução do desmatamento na Amazônia e aplicação de meta de redução no desmatamento dos biomas Caatinga, Pantanal e Pampas.

⁶ Potencial de mitigação e custo total das demais atividades de baixo carbono menos representativas do sistema energético (medidas com potencial de mitigação menor que 0,1 MtCO₂e).

RSU – Resíduos sólidos urbanos.

A partir do ranqueamento, pôde-se identificar o conjunto de medidas que permite o cumprimento das metas da NDC brasileira em 2025 e 2030. Cabe, portanto, elencar subsídios para a formulação de instrumentos de política pública com vistas a viabilizar a implementação das atividades setoriais de baixo carbono. Inicialmente, serão descritos barreiras e instrumentos para remoção, relativos às medidas priorizadas no cenário BCO, que serve como transição para o cenário BC10, no qual se observa uma barreira adicional, que é a necessidade de internalização de um preço de carbono na economia de US\$ 10/tCO₂e.

No Quadro 3, estão demonstradas as principais medidas a serem viabilizadas por meio de instrumentos de política pública para cumprimento da meta da NDC em 2025. Podem ser destacadas:

- No setor industrial, atividades de eficiência energética e troca de combustíveis, para as quais a remoção de barreiras exige a priorização do estabelecimento de padrões mínimos de eficiência para equipamentos e de padrões máximos de emissão por unidades industriais e/ou combustíveis, respectivamente. Para tanto, são essenciais a criação de Selo de Eficiência Industrial, a obrigatoriedade da realização de inventário de equipamentos industriais e auditorias energéticas e a criação de um programa de depreciação obrigatória de fornos;
- Para viabilizar a repotenciação de usinas hidrelétricas, é fundamental a implementação de regulação específica que remunere a atividade, sendo um exemplo a realização de leilões específicos para potência adicionada. Mais que isso, a tecnologia poderia ser incentivada por meio do estabelecimento do preço-teto para a contratação da repotenciação como serviço ancilar;
- O incentivo à expansão de florestas comerciais pode ocorrer por meio da inserção da lenha proveniente desses cultivos na Política de Garantia de Preços Mínimos. Além disso, é importante a certificação da madeira de florestamento por meio da implementação, em âmbito nacional, do Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor);
- Finalmente, a degradação do biogás de aterro sanitário com *flare* demanda a implementação de uma série de instrumentos, dentre os quais se destacam: i) criação de um centro nacional de apoio a municípios para a gestão de baixo carbono dos resíduos sólidos; ii) articulação e elaboração de mecanismos financeiros com governos subnacionais; iii) condicionamento da concessão de isenções e incentivos fiscais aos estados e municípios à implementação de contrapartidas de gestão de baixo carbono dos RSU.

Quadro 3 – Medidas, Barreiras de Implementação e Instrumentos de Política Pública para Cumprimento da Meta da NDC Brasileira em 2025

Medidas (setor)	Barreiras	Instrumentos
Eficientização na geração de calor e vapor (indústria)	<ul style="list-style-type: none"> Falta de conhecimento sobre custos e vantagens da aplicação da tecnologia de recuperação de vapor; Aplicabilidade de equipamentos, considerando a configuração das plantas industriais; Disponibilidade de crédito. 	<ul style="list-style-type: none"> Estabelecimento de padrões mínimos de eficiência para equipamentos (criação de Selo de Eficiência Industrial); Criação de um programa de depreciação obrigatória de equipamentos de geração de calor e vapor; Obrigatoriedade da realização de inventário de equipamentos industriais e auditorias energéticas; Criação de um programa de depreciação obrigatória de fornos; Criação de fundos de investimento específicos para eficiência energética; Realização de atividades de capacitação e sensibilização junto aos setores industriais acerca dos benefícios da efficientização na geração de calor e vapor.
Troca de combustíveis (indústria)	<ul style="list-style-type: none"> Inexistência de padrão de emissões para o consumo de combustíveis nos setores industriais; Disponibilidade e garantia de suprimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Estabelecimento de padrões máximos de emissão por unidades industriais e/ou combustíveis; Elaboração de contratos e seguros de fornecimento.
Repotenciação de usinas hidrelétricas (energético)	<ul style="list-style-type: none"> Usinas são remuneradas pela garantia física, que não necessariamente aumenta com a repotenciação; Aumento da potência aumenta encargos setoriais – Montante de Utilização do Sistema de Transmissão (MUST). 	<ul style="list-style-type: none"> Realização de estudos que estimem possíveis economias para o consumidor por meio da repotenciação perante o custo da geração termelétrica; Implementação de uma regulação específica para a remuneração da repotenciação; Realização de leilões específicos para potência adicionada; Estabelecimento do preço-teto para a contratação da repotenciação como serviço ancilar; Realização de estudos de impactos na rede de transmissão e distribuição do aumento da potência das usinas hidrelétricas.
Expansão do plantio de florestas comerciais (Afolu)	<ul style="list-style-type: none"> Insegurança no retorno do investimento em face da insegurança na demanda (setores siderúrgico e de papel e celulose); Assistência rural insuficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> Inserção da lenha proveniente de florestas plantadas na Política de Garantia de Preços Mínimos; Certificação da madeira de florestamento e implementação em âmbito nacional do Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor); Inserção de obrigatoriedade de contratos de fornecimento e seguros para financiamento por bancos públicos da atividade; Condicionamento da concessão de isenções e incentivos fiscais aos estados à realização de investimentos nos órgãos de ATER (assistência técnica e extensão rural).
Degradação do biogás de aterro sanitário com flare (resíduos)	<ul style="list-style-type: none"> Altos custos de transação para acesso a crédito; Inexistência de arranjos comerciais adequados; Baixa legitimação da prática; Falta de conhecimento dos benefícios das tecnologias e/ou para a elaboração de estudos de viabilidade técnica e econômica (EVTE); Desafios econômicos e institucionais relacionados à gestão municipal. 	<ul style="list-style-type: none"> Investimentos em projetos-piloto (utilizando estrutura inicial de aterros) e desenvolvimento de plataforma para veículos a biometano (motores duais e dedicados); Elaboração de guias para arranjos regulatórios e comerciais (PPP, consórcios etc.); Criação de um centro nacional de apoio a municípios para a gestão de baixo carbono dos resíduos sólidos; Redução de impostos de importação para tecnologias de baixo carbono; Articulação e elaboração de mecanismos financeiros com governos subnacionais; Condicionamento da concessão de isenções e incentivos fiscais aos estados e municípios à implementação de contrapartidas de gestão de baixo carbono dos RSU.

O cumprimento da meta da NDC em 2030 é compatível com o cenário BC10, no qual se requer a implementação da precificação de carbono na economia. Foi testada a possibilidade de criação de um tributo sobre a emissão de carbono, com reciclagem para o consumo das famílias e do governo, que revelou efetividade diferenciada em termos de amenização de impactos econômicos e sociais agregados e setoriais. De fato, a tributação de carbono é crucial para o cumprimento da meta da NDC em 2030, porém sua implementação poderia ocorrer a partir de 2025, e não necessariamente deveria incidir sobre todos os setores da economia, visto que o instrumento apresenta nível de eficácia diferenciado em âmbito setorial.

O tributo é preferencial para os setores com carbono-intensidade associada ao consumo de combustíveis fósseis, como é o caso dos segmentos industriais, energéticos e de transportes. Em particular, é relevante para tornar competitiva a geração elétrica baseada em fontes renováveis, que permitiria redução de emissões de aproximadamente 62 MtCO₂e, em 2030, associadas à mineração e à geração termoelétrica baseadas em carvão. Mais que isso, incentivaria a mudança modal, que tem potencial de redução de emissões de 20 MtCO₂e em 2030.

Quadro 4 – Medidas, Barreiras de Implementação e Instrumentos de Política Pública para Cumprimento da Meta da NDC Brasileira em 2030

Medidas (setor)	Barreiras	Instrumentos
Substituição de térmicas a carvão por biomassa e cogeração com bagaço (energético)	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa competitividade da biomassa perante o carvão importado; • Custos de acesso à biomassa; • Desconhecimento da opção de cogeração com bagaço. 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de leilões específicos com preços-teto diferenciados para usinas que operam com fontes renováveis; • Alteração de regulação para térmicas a biomassa até 30 MW; • Criação de cooperativas de coleta de biomassa; • Criação de estoques mínimos e precificação da biomassa; • Realização de matchmaking workshops com o setor sucroalcooleiro para discussão da opção de geração elétrica e cogeração a biomassa; • Criação de instrumentos de precificação de carbono.
Redução de queima em flare por meio da instalação de piloto de ignição e instalação de unidades de recuperação de vapor (energético)	<ul style="list-style-type: none"> • Segurança e confiabilidade nos sistemas de piloto de ignição em flare; • Falta de conhecimento sobre custos e vantagens da aplicação da tecnologia de recuperação de vapor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de plataformas-piloto com vistas à adequação da tecnologia no Brasil; • Estabelecimento de limites de emissões pela ANP de queima em flare, considerando a instalação de piloto de ignição; • Obrigatoriedade da adoção das melhores tecnologias disponíveis (MTD) para novas plataformas ou troca de equipamentos em plataformas existentes; • Estabelecimento de padrões mínimos de eficiência para equipamentos (criação de Selo de Eficiência Industrial); • Criação de um programa de depreciação obrigatória de equipamentos de geração de calor e vapor.
Eficiência na geração de calor, vapor e consumo de hidrogênio nos processos (energético)	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de conhecimento sobre custos e vantagens da aplicação da tecnologia de recuperação de vapor; • Aplicabilidade de equipamentos, considerando a configuração das unidades de refino; • Disponibilidade e acesso a crédito. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecimento de padrões mínimos de eficiência para equipamentos (criação de Selo de Eficiência Industrial – etiquetagem de plataformas e refinarias); • Criação de um programa de depreciação obrigatória de equipamentos de geração de calor e vapor; • Obrigatoriedade da realização de inventário de equipamentos industriais; • Criação de fundos de investimento em eficiência energética e descarbonização.
Eficientização elétrica em motores, bombas e compressores (energético)	<ul style="list-style-type: none"> • Preço elevado das tecnologias; • Riscos operacionais; • Resistência à substituição de equipamentos; • Lock-in tecnológico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecimento de padrões mínimos de eficiência para equipamentos (criação de Selo de Eficiência Industrial – etiquetagem de plataformas e refinarias); • Criação de linhas de crédito específicas para substituição de equipamentos, visando à eficiência energética; • Obrigatoriedade da realização periódica de auditorias energéticas; • Realização de campanhas de sensibilização e informação junto ao setor.

<p>Mudança do modal rodoviário de carga para hidroviário e ferroviário (transportes)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de integração intermodal; • Falta de infraestrutura adequada para transporte não motorizado; • Falta de capacidade de financiamento e tempo de construção para/das obras de infraestrutura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimentos nos modais hidroviário e ferroviário, em especial com conclusão das obras da Ferrovia Norte-Sul, permitindo a ligação entre Barcarena/PA e Rio Grande/RS, e Balsas/MA e Vila do Conde/PA; • Construção de ferrovias de bitola larga, ou seja, com maior capacidade para o transporte de carga, traçado geométrico otimizado e velocidade elevada; • Construção de plataformas logísticas multimodais; • Inclusão de metas e prazos no Programa de Parcerias de Investimentos (PPI), visando à conclusão das obras de infraestrutura e à construção de terminais de integração modal; • Modernização e ampliação da infraestrutura portuária no Brasil; • Implementação de sistemas inteligentes de transportes, responsáveis por coletar informações e aplicar tecnologias de comunicação em todos os modais; • Criação de instrumentos de precificação do carbono.
<p>Mudança do modal passageiro individual para ônibus e metrô (transportes)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa disponibilidade de transporte público adequado; • Diferenciação social associada à posse de veículos; • Falta de integração intermodal; • Falta de segurança no transporte público. 	<ul style="list-style-type: none"> • Intensificação da construção de faixas exclusivas para transporte público; • Construção de estacionamentos de grande porte nas estações do metrô; • Restrição à circulação de veículos em determinadas áreas; • Construção de terminais de integração: intermodalidade; • Inclusão de metas e prazos no Programa de Parcerias de Investimentos (PPI), visando à conclusão das obras de infraestrutura e à construção de terminais de integração modal; • Permissão para transporte/estacionamento de bicicletas em outros modais; • Fiscalização da qualidade e segurança do serviço e da política tarifária para transporte público; • Criação de sistemas inteligentes e plataforma virtual; • Criação de instrumentos de precificação do carbono.
<p>Redução no desmatamento (Afolu)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de alternativa econômica e demanda de insumos do desmatamento; • Baixa eficácia do CAR na redução do desmatamento no Mato Grosso; • Falta de infraestrutura legal e tecnológica para PSA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exigência de selo de procedência da madeira; • Pagamento por serviços ambientais; • Incentivo a atividades extrativistas e de manejo florestal sustentáveis; • Criação de linhas de crédito no Plano ABC para atividades de baixo carbono; • Regulamentação sobre o uso do CAR e sensoriamento remoto para fiscalização eletrônica do desmatamento; • Reforma institucional e legal para o julgamento e a execução dos processos administrativos e criminais; • Regulamentação do XCRA como infraestrutura para PSA.
<p>Recuperação de florestas degradadas (Afolu)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Custo elevado; • Desconhecimento e aumento das taxas de juros das linhas de crédito do Pronaf Florestal e Programa ABC; • Desconhecimento das técnicas de restauração florestal; • Cultura da transgressão ambiental e baixa eficácia do CAR na redução do desmatamento no Mato Grosso e Pará; • Viés declaratório nos acordos dos ajustes de conduta que envolvam a restauração florestal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de parcerias público-privadas, visando à implementação de viveiros a partir dos quais seriam doadas mudas; • Vinculação da isenção e da redução do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) à regularização por meio da restauração florestal; • Criação de linhas de crédito no Plano ABC para atividades de baixo carbono; • Realização de campanhas publicitárias para disseminação das linhas de financiamento e de atividades de capacitação ministradas pelas universidades; • Obtenção de recursos externos, visando desatrelar a taxa de juros do Pronaf Florestal e Programa ABC da conjuntura econômica; • Condicionamento da concessão de isenções e incentivos fiscais aos estados à realização de investimentos nos órgãos de ATER (assistência técnica e extensão rural) e regulamentação do Programa de Regularização Ambiental (PRA); • Elaboração de manuais de técnicas de restauração florestal; • Integração do Programa Mais Ambientes com os PRA estaduais; • Aprimoramento dos sistemas de monitoramento de desmatamento existentes, ampliação de sistemas de monitoramento para os demais biomas e desenvolvimento de sistemas de monitoramento para restauração florestal.

<p>Aproveitamento do biogás para produção de biometano e eletricidade (resíduos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptação da tecnologia de biodigestão e de uso final de biometano; • Fraca cadeia de suprimentos e serviços e competitividade do energético; • Dificuldade de acesso a crédito e custos de transação; • Desconhecimento do consumidor a respeito da qualidade e confiabilidade do combustível; • Especificação físico-química da ANP para comercialização do energético; • Inadequação dos arranjos comerciais regulatórios; • Desafios econômicos e institucionais relacionados à gestão municipal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulamentação do combustível pela ANP (com origem de RSU e efluentes); • Definição de metas de uso de acordo com o mapa de competitividade (mapeamento sistêmico); • Investimentos em projetos-piloto (utilizando estrutura inicial de aterros) e desenvolvimento de plataforma para veículos a biometano (motores duais e dedicados); • Elaboração de guias para arranjos regulatórios e comerciais (PPP, consórcios etc.); • Criação de estruturas de financiamento (fundos dedicados, green bonds, fundos de clima, fundos de desenvolvimento tecnológico e linhas de financiamento), com captação que também utilize os mecanismos internacionais de crédito (GCF, GEF, BID etc.); • Articulação com governos subnacionais; • Criação de um centro nacional de apoio a municípios para a gestão de baixo carbono dos resíduos sólidos; • Condicionamento da concessão de isenções e incentivos fiscais aos estados e municípios à implementação de contrapartidas de gestão de baixo carbono dos RSU.
<p>Difusão da biodigestão para produção de biometano e eletricidade (resíduos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fraca cadeia de suprimentos e serviços e competitividade do energético; • Dificuldade de acesso a crédito e custos de transação; • Desconhecimento do consumidor a respeito da qualidade e confiabilidade do combustível; • Especificação físico-química da ANP para comercialização do energético; • Inadequação dos arranjos comerciais regulatórios; • Desafios econômicos e institucionais relacionados à gestão municipal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulamentação do combustível pela ANP (com origem de RSU e efluentes); • Definição de metas de uso de acordo com o mapa de competitividade (mapeamento sistêmico); • Investimentos em projetos-piloto (utilizando estrutura inicial de aterros) e desenvolvimento de plataforma para veículos a biometano (motores duais e dedicados); • Elaboração de guias para arranjos regulatórios e comerciais (PPP, consórcios etc.); • Criação de estruturas de financiamento (fundos dedicados, green bonds, fundos de clima, fundos de desenvolvimento tecnológico e linhas de financiamento), com captação que também utilize os mecanismos internacionais de crédito (GCF, GEF, BID etc.); • Articulação com governos subnacionais; • Criação de um centro nacional de apoio a municípios para a gestão de baixo carbono dos resíduos sólidos; • Condicionamento da concessão de isenções e incentivos fiscais aos estados e municípios à implementação de contrapartidas de gestão de baixo carbono dos RSU.

Ainda que seja um instrumento necessário, a tributação é insuficiente para o cumprimento da NDC brasileira em 2030. Fundamentalmente, porque grande parte das ações de redução do desmatamento, que são centrais para o setor de Afolu, utiliza instrumentos de comando e controle para suprimir o desmatamento ilegal.

Além disso, uma tributação indiscriminada do setor poderia levar a uma elevação nos preços dos alimentos, não necessariamente reduzindo suas emissões. Uma forma de incentivo à implementação das ações do cenário BC10 seria criar ou modificar os incentivos presentes no setor. Em primeiro lugar, um mecanismo de REDD+, implementado por meio da Cota de Reserva Ambiental (CRA), poderia realizar pagamentos para evitar o desmatamento legal por meio de recursos oriundos de um mercado nacional de emissões.

Os planos ABC e Safra também poderiam adotar critérios ambientais mais rigorosos, fornecendo linhas de crédito subsidiados somente para as propriedades regulares perante o Código Florestal. Além disso, outros instrumentos são essenciais para esse setor: i) exigência de selo de procedência da madeira; ii) imposto sobre abate tardio de bovinos; iii) regulamentação sobre o uso do CAR e sensoria-mento remoto para fiscalização eletrônica do desmatamento; iv) criação de parcerias público-privadas, visando à implementação de viveiros a partir dos quais seriam doadas mudas; v) vinculação da isenção e da redução do ITR à regularização por meio da restauração florestal; vi) condicionamento

da concessão de isenções e incentivos fiscais aos estados à realização de investimentos nos órgãos de ATER (assistência técnica e extensão rural) e a regulamentação do Programa de Regularização Ambiental (PRA); vii) integração de sistemas de informação governamentais e desburocratização do acesso ao crédito rural (promoção da regularização fundiária e criação de fundos de aval).

O setor de gestão de resíduos tem papel relevante para o cumprimento da meta da NDC em 2030. No entanto, a crise econômica de estados e municípios precisa ser contornada para a consolidação de atividades de baixo carbono no setor. Para tanto, os seguintes instrumentos são relevantes: i) regulamentação do biogás, com origem de RSU e efluentes, pela ANP; ii) captação de recursos de fundos internacionais para financiamento da atividade, como GCF, GEF, BID, entre outros; iii) criação de um centro nacional de apoio a municípios para a gestão de baixo carbono dos resíduos sólidos; iv) condicionamento da concessão de isenções e incentivos fiscais aos estados e municípios à implementação de contrapartidas de gestão de baixo carbono dos RSU.

Como mencionado, nos setores energético e de transportes, a precificação de carbono é fundamental.

No setor energético, outros instrumentos são necessários: i) criação de leilões específicos com preços-teto diferenciados para usinas que operam com fontes renováveis; ii) estabelecimento de limites de emissões pela ANP de queima em *flare*, considerando a adoção da tecnologia de piloto de ignição; iii) definição de *benchmark* para novas unidades de refino implementadas a partir de 2025; iv) estabelecimento de padrões mínimos de eficiência para equipamentos por meio da criação do Selo de Eficiência Industrial; v) criação de um programa de depreciação obrigatória de equipamentos de geração de calor e vapor (fornos); vi) obrigatoriedade da realização de inventário de equipamentos industriais e auditorias energéticas; vii) criação de linhas de crédito específicas para substituição de equipamentos, visando à eficiência energética.

Por fim, para a adoção das medidas do cenário BC10 para o setor de transportes, podem ser destacados: i) investimentos nos modais hidroviário e ferroviário, em especial, com conclusão das obras da Ferrovia Norte-Sul, permitindo a ligação entre Barcarena/PA e Rio Grande/RS, e Balsas/MA e Vila do Conde/PA; ii) construção de plataformas logísticas multimodais; iii) implementação de sistemas inteligentes de transportes, responsáveis por coletar informações e aplicar tecnologias de comunicação em todos os modais; iv) intensificação da construção de faixas exclusivas para transporte público; v) construção de estacionamentos de grande porte nas estações do metrô; vi) construção de terminais de integração que promovam a intermodalidade.



Considerações finais

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta publicação é discutir o papel que cada setor econômico pode desempenhar, segundo uma ótica de custo-efetividade, para cumprimento das metas de emissões de GEE para 2025 e 2030, tendo em vista os compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito da NDC brasileira.

A adoção das ações do cenário BCO é compatível com o cumprimento da meta da NDC para 2025. Em 2030, o cumprimento do compromisso assumido exige a adoção do cenário BC10, que demanda esforço econômico de internalização de preço de carbono na economia da ordem de US\$ 10/tCO₂e. Todavia, trata-se de patamar reduzido de valoração do carbono, compatível com valores verificados na segunda fase do comércio de permissões de emissões da União Europeia – EU-ETS (THE CLIMATE GROUP, 2013).

No entanto, duas incertezas críticas, relacionadas a premissas que foram consideradas no cenário referencial, tornam desafiador o cumprimento de metas adicionais de redução de emissões de GEE: i) plena implementação da PNMC até 2020 perante efeitos da crise econômica; ii) remoções de carbono em unidades de conservação (UC) e terras indígenas (TI).

Com o aprofundamento da crise econômica no país, o governo federal adotou a imposição de restrições orçamentárias por meio da Emenda Constitucional nº 95, que limita por 20 anos os gastos públicos (PEC 55/2016). Esse aspecto poderá levar à implementação parcial da PNMC, tendo em vista que o contingenciamento do orçamento federal afetaria ações fundamentais da referida política, assim como a realização de investimentos em estados e municípios, entre as quais: i) financiamento da integração lavoura pecuária floresta (ILPF), plantio direto e recuperação de pastagens degradadas; ii) pesquisa e desenvolvimento para a FBN; iii) monitoramento e controle do desmatamento; iv) ATER; entre outras. No âmbito do sistema energético, podem-se mencionar aspectos que potencializam o aumento das emissões no cenário REF, quais sejam: i) atraso na conclusão de obras de infraestrutura, sobretudo estradas, ferrovias e portos; ii) deterioração da pavimentação de estradas federais sem concessão; iii) descumprimento das metas da PNRS, sobretudo o prazo de banimento dos lixões; entre outras.

No caso das remoções por UC e TI, em face do advento das mudanças climáticas, que traz consigo maior incidência de secas no bioma da Amazônia, existe a possibilidade de que as florestas passem a ser emissoras líquidas de GEE. Além disso, mesmo sem um efeito substancial causado pelas mudanças climáticas, existe a possibilidade de que a floresta atinja o clímax e se torne carbono-neutra.

Tais aspectos trariam margem para a eventualidade de o cenário referencial de emissões, em 2025 e 2030, se situar em patamar superior ao projetado. Diante do exposto, avalia-se que, em futuras revisões das metas da NDC, poderá ser necessário ampliar as opções de mitigação a serem consideradas setorialmente. Havendo a possibilidade de não ocorrência do cumprimento pleno das políticas consideradas no cenário REF, poderá ser necessária a implementação do conjunto completo de medidas selecionadas nos cenários BCO e BC10, ainda que isso represente custo superior ao patamar atualmente exigido para o cumprimento da NDC em relação ao cenário REF.

Por esse motivo, foram listados nos Anexos I e II medidas a serem implementadas e instrumentos de política pública necessários para a remoção de barreiras à adoção das atividades de baixo carbono adicionais constantes das Tabelas 9 e 10.



Referências

REFERÊNCIAS

BARANZANI, A.; GOLDEMBERG, J.; SPECK, S. A future for carbon taxes. *Ecological Economics* 32, p. 395-412, 2000.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2024*. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Projeção da população do Brasil por idade e sexo para o período 2000/2060*. 2013. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Projecao_da_Populacao/Projecao_da_Populacao_2013/nota_metodologica_2013.pdf>. Acesso em: 2 out. 2017.

_____. *Síntese de Indicadores 2015*. Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios. 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf>. Acesso em: 25 set. 2017.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. *Projeto PRODES – Monitoramento da Floresta Amazônica brasileira por satélite*. 2017. São José dos Campos: MCTIC, 2017a. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2016n.htm>. Acesso em: 10 maio 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. *Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)*. 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>. Acesso em: 11 mai. 2017.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC. *Modelagem integrada e impactos econômicos de opções setoriais de baixo carbono*. Brasília: MCTIC, no prelo.

_____. *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – 2016 a 2022*. Brasília: MCTIC, 2017.

_____. *Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume III*. Brasília: MCTIC, 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades – MCidades. *Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB*. 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Consehos_Nacionais_020520131.pdf>. Acesso em: 2 out. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. *Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal*. 2017a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/component/k2/item/616?Itemid=1155>>. Acesso em: 2 out. 2017.

_____. *Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado*. 2017b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/component/k2/item/618?Itemid=1157>>. Acesso em: 2 out. 2017.

_____. *Plano Nacional de Recursos Hídricos*. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/agua/category/42-recursos-hidricos>>. Acesso em: 2 out. 2017.

_____. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima*. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf>. Acesso em: 2 out. 2017.

_____. *Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS*. 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/contextos-e-principais-aspectos>>. Acesso em: 2 out. 2017.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MP. *Programa de Aceleração do Crescimento – PAC*. PAC 4º Balanço: 2015-2018. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/pub/up/relatorio/12c9979f887047791592a0e16c838e04.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2017.

BRASIL. Ministério dos Transportes – MT. *Plano Nacional de Logística e Transporte: Projeto de reavaliação de estimativas e metas do PNLT*. 2012. Disponível em: <<http://brasil2100.com.br/files/7614/5278/7628/2011.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2017.

CANADELL, J. G. Saturation of the terrestrial carbon sink. In *Terrestrial ecosystems in a changing world 2007* (p. 59-78). Springer Berlin Heidelberg, 2007.

CARVER, L. *Measuring the value of what? An ethnographic account of the transformation of “Nature” under the DEFRA biodiversity offsetting metric*. LCSV Working Paper Series (11). 2015. Disponível em: <<http://thestudyofvalue.org/wp-content/uploads/2015/02/WP11-Carver-2015-Measuring-what-value.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2017.

DAVIDSON, E. A. et al. The Amazon basin in transition. *Nature* 481(7381), p. 321-328, 2012.

GATTI L. V. et al. Drought sensitivity of Amazonian carbon balance revealed by atmospheric measurements. *Nature* 506(7486), p.76-80, 2014.

GOULDER, L. H. Environmental taxation and the double dividend: a reader’s guide. *International Tax Public Finance* 2 (2), p. 157-183, 1995.

HADDAD, E.; DOMINGUES, E. EFES – Um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: Projeções setoriais de 1999-2004. *Estudos Econômicos* 31(1), p. 89-125, 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. IPCC Working group II contribution to AR5. 2014a. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>>. Acesso em: 29 set. 2017.

_____. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. 2014b. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>>. Acesso em: 29 set. 2017.

KANCZUK, F. Business Cycles in a Small Open Brazilian Economy. *Economia Aplicada* 5(3): 455-470, 2001.

LUCENA, A. F. P. et al. Climate policy scenarios in Brazil: A multi-model comparison for energy. *Energy Economics* 56, p. 564-574, 2016.

MAGALHÃES, A. S.; DOMINGUES, E. P. Economia de baixo carbono no Brasil: alternativas de políticas, custos de redução de emissões de gases de efeito estufa e impactos sobre as famílias. In *Anais do XLI Encontro Nacional de Economia* [Proceedings of the 41th Brazilian Economics Meeting] (No. 191). ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pós graduação em Economia [Brazilian Association of Graduate Programs in Economics], 2014.

MARTINEZ-ALIER, J. Distributional obstacles to international environmental policy (The failures at Rio and prospects after Rio). In: JANSSON, A. et al. (eds.). *Investing in Natural Capital*. Washington, D.C.: Island Press, 1994.

SOARES-FILHO, B. S. et al. *Modeling environmental dynamics with dinamica EGO*. Belo Horizonte: Centro de Sensoriamento Remoto, 2009. Disponível em: <http://csr.ufmg.br/dinamica/tutorial/Dinamica_EGO_guidebook.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2017.

SPENCER, T. et al. *Beyond the numbers: understanding the transformation induced by INDCs*, Study N°05/15, IDDRI – MILES Project Consortium, Paris, France, 2015, 80 p.

STATOIL. *Statoil and flaring*. 2010. Disponível em: <<http://www.statoil.com/annualreport2010/en/sustainability/health,safety,climateandtheenvironment/climate/pages/statoilandflaring.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2015.

THE CLIMATE GROUP. *Analyzing the issues that matter to the Clean Revolution*. Insight briefing: Carbon pricing. 2013. Disponível em: <<https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/May-Insight-Briefing---Carbon-Pricing.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME – UNDP. *Human Development Report 2016*. Human Development for Everyone. 2016. Disponível em: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf>. Acesso em: 6 out. 2017.



Anexos

ANEXO I – MEDIDAS, BARREIRAS DE IMPLEMENTAÇÃO E INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA ADICIONAIS PARA TOTAL IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO BC0, EM 2025

Medidas (setor)	Barreiras	Instrumentos
Incineração de resíduos (resíduos)	<ul style="list-style-type: none"> Alto custo de capital e de transação para acesso a crédito; Baixa legitimação da prática; Falta de conhecimento dos benefícios das tecnologias e/ou para a elaboração de estudos de viabilidade técnica e econômica (EVTE); Baixo desenvolvimento da cadeia de serviços; Ausência de mão de obra qualificada para implementação da tecnologia. 	<ul style="list-style-type: none"> Definição de metas de uso de acordo com o mapa de competitividade (mapeamento sistêmico); Investimentos em projetos-piloto de incineração de resíduos; Elaboração de guias para arranjos regulatórios e comerciais (PPP, consórcios etc.); Criação de estruturas de financiamento (fundos dedicados, green bonds, fundos de clima, fundos de desenvolvimento tecnológico e linhas de financiamento), com captação que também utilize mecanismos internacionais de crédito (GCF, GEF, BID etc.); Articulação com governos subnacionais; Criação de um centro nacional de apoio a municípios para a gestão de baixo carbono dos resíduos sólidos; Criação de convênio com universidades para ministrar treinamentos na elaboração de EVTE e implementação e monitoramento de tecnologias de baixo carbono; Condicionamento da concessão de isenções e incentivos fiscais aos estados e municípios à implementação de contrapartidas de gestão de baixo carbono dos RSU.
Expansão do plantio direto e uso de inoculantes (Afolu)	<ul style="list-style-type: none"> Falta de capital para compra de maquinário; Oferta de inoculantes para a FBN insuficiente no mercado; Resistência dos produtores rurais com relação a investimentos de longa duração; Comportamento conservador dos proprietários rurais; Assistência técnica rural insuficiente; Crédito subsidiado de difícil acesso, principalmente para os pequenos e médios produtores; Falta de incentivos institucionais para a otimização da irrigação; Poucos tipos de inoculantes disponíveis no mercado; Necessidade de estudos sobre o potencial da FBN que contemplem diferentes culturas condições de clima e manejo do país. 	<ul style="list-style-type: none"> Consolidação e expansão dos planos de governo já existentes (ABC e Inovagro); Criação de linhas de crédito no Plano ABC para atividades de baixo carbono; Expansão das linhas de crédito específicas para atividades de baixo carbono mediante captação em fundos internacionais; Incentivo à criação de empresas de base biotecnológica para produção de inoculantes; Criação de fundos de aval para permitir o acesso a crédito de produtores sem o título da terra; Cursos de capacitação para produtores rurais sobre práticas contábeis e administrativas; Capacitação de técnicos para implementar medidas de baixo carbono; Fortalecimento dos órgãos de extensão rural; Integração de sistemas de informação governamentais e desburocratização do acesso ao crédito rural; Criação de guias técnicos (opções técnicas, custos e benefícios); Desenvolvimento de novas tecnologias agropecuárias.
Incremento nos sistemas integrados de cultivo (Afolu)	<ul style="list-style-type: none"> Incerteza com relação ao retorno do investimento; Alto investimento inicial e restrição de capital; Pouco conhecimento sobre sinergias e desafios técnicos e econômicos das diferentes configurações. 	<ul style="list-style-type: none"> Consolidação e expansão dos planos de governo já existentes (ABC e Inovagro); Criação de linhas de crédito no Plano ABC para atividades de baixo carbono; Expansão das linhas de crédito específicas para atividades de baixo carbono mediante captação em fundos internacionais; Criação de fundos de aval para permitir o acesso a crédito de produtores sem o título da terra; Cursos de capacitação para produtores rurais sobre práticas contábeis e administrativas; Capacitação de técnicos para implementar medidas de baixo carbono; Fortalecimento dos órgãos de extensão rural; Integração de sistemas de informação governamentais e desburocratização do acesso ao crédito rural; Criação de guias técnicos (opções técnicas, custos e benefícios); Desenvolvimento de novas tecnologias agropecuárias.
Eficientização de fogões a GLP e gás natural (edificações)	<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade de acesso e custo do crédito para aquisição de equipamentos; Competição com investimentos alternativos; Defasagem dos padrões de eficiência do Selo Procel; Falta de suprimento e volatilidade dos preços do GN; Lock-in tecnológico das edificações; Desconhecimento dos benefícios da eficiência energética. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisão dos padrões de eficiência energética do Selo Procel e criação das categorias A+ e A++; Financiamento a taxas diferenciadas de juros pelo Finem – Eficiência Energética, para equipamentos das categorias A+ e A++ do Selo Procel; Criação da linha de crédito “Finem – Eficiência Energética em Residências” para concessão de crédito aos consumidores residenciais por meio da rede varejista; Expansão da rede de gasodutos; Criação do concurso nacional de eficiência energética em edificações; Realização de atividades regionais de capacitação e matchmaking workshop em tecnologias-chave de baixo carbono aplicáveis ao setor de edificações; Estabelecimento de metas de ampliação dos gasodutos para concessionárias de energia, visando ao pleno atendimento pleno de cidades > 1 milhão de habitantes até 2025.

ANEXO II – MEDIDAS, BARREIRAS DE IMPLEMENTAÇÃO E INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PÚBLICA ADICIONAIS PARA TOTAL IMPLEMENTAÇÃO DO CENÁRIO BC10, EM 2030

Medidas (setor)	Barreiras	Instrumentos
Expansão do confinamento da pecuária bovina de corte (Afolu)	<ul style="list-style-type: none"> • Custo fixo alto; • Limitação das regiões geográficas propícias à intensificação; • Concentração de frigoríficos e incertezas de mercado; • Gestão e visão de negócio pouco profissional do pecuarista tradicional; • Assistência técnica rural insuficiente; • Crédito subsidiado de difícil acesso, principalmente para pequenos e médios produtores; • Lacunas de conhecimento sobre intensificação pecuária em diferentes biomas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidação e expansão dos planos de governo já existentes (ABC e Inovagro); • Criação de linhas de crédito no Plano ABC para atividades de baixo carbono; • Fomento à criação de polos regionais de intensificação da pecuária; • Fortalecimento dos órgãos de extensão rural; • Integração entre políticas de intensificação e de conservação; • Expansão das linhas de crédito específicas para atividades de baixo carbono mediante captação em fundos internacionais; • Integração de sistemas de informação governamentais e desburocratização do acesso ao crédito rural; • Criação de guias técnicos (opções técnicas, custos e benefícios) • Desenvolvimento de novas tecnologias agropecuárias.
Ampliação da recomposição da vegetação nativa (Afolu)	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de incentivos à regularização; ambiental por meio da restauração; • Altos custos de implantação em áreas de baixo potencial de regeneração natural; • Indisponibilidade de sementes/mudas; • Cultura da transgressão das leis ambientais; • Falta de informação sobre os serviços ecossistêmicos fornecido pelas florestas; • Falta de conhecimento sobre técnicas de restauração florestal e exigências da lei; • Ausência de regulamentação do Programa de Regularização Ambiental (PRA) pelos estados (ex. lista de espécies nativas/exóticas); • Assistência técnica rural insuficiente; • Sistema de monitoramento inadequado para restauração florestal; • Lacunas de conhecimento sobre métodos economicamente viáveis de restauro induzido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Expansão das linhas de crédito específicas para recomposição da vegetação nativa mediante captação em fundos internacionais; • Elaboração de Estratégia e Plano de Ação do Programa Mais Ambiente (federal) e dos PRA (estados); • Financiamento público à restauração florestal e doação de insumos para a restauração; • Investimentos em viveiros públicos e estabelecimento de parcerias público-privadas para produção de sementes e mudas; • Vinculação da restauração de RL e APP a benefícios comerciais e tributários; • Ações de treinamento sobre técnicas de restauração florestal; • Campanhas informativas sobre linhas de crédito para a restauração florestal; • Desenvolvimento de sistemas de monitoramento para detectar evidência de restauração a partir de 10 m²; • Elaboração de estudos para o desenvolvimento de tecnologias de indução da restauração florestal de menor custo.
Ampliação da reciclagem de RSU (resíduos)	<ul style="list-style-type: none"> • Inexistência de arranjos comerciais adequados; • Baixa legitimização da prática; • Falta de conhecimento dos benefícios da reciclagem de RSU; • Desafios econômicos e institucionais relacionados à gestão municipal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de guias para arranjos regulatórios e comerciais (PPP, consórcios etc.); • Criação de um centro nacional de apoio a municípios para a gestão de baixo carbono dos resíduos sólidos; • Articulação e elaboração de mecanismos financeiros com governos subnacionais; • Condicionamento da concessão de isenções e incentivos fiscais aos estados e municípios à implementação de contrapartidas de gestão de baixo carbono dos RSU.



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

