

Cenários para uma Transição Justa no Brasil: Avaliação dos Impactos Econômicos e Sociais da Descarbonização da Economia Brasileira

Centro Clima / COPPE / UFRJ

Apoio: iCS – Instituto Clima e Sociedade

Rio, 8 de outubro de 2025

- **Introdução: Apresentação do Estudo, Objetivo, Metodologia**
- **Premissas Econômicas**
- **AFOLU**
- **Transportes**
- **Indústria**
- **Resíduos**
- **Oferta Interna de Energia**
- **Consolidação dos Resultados – Emissões Totais**
- **Análise de Custos e Emissões Evitadas**
- **Impactos Macroeconômicos e Sociais**
- **Conclusão: Análise dos Resultados**

Introdução

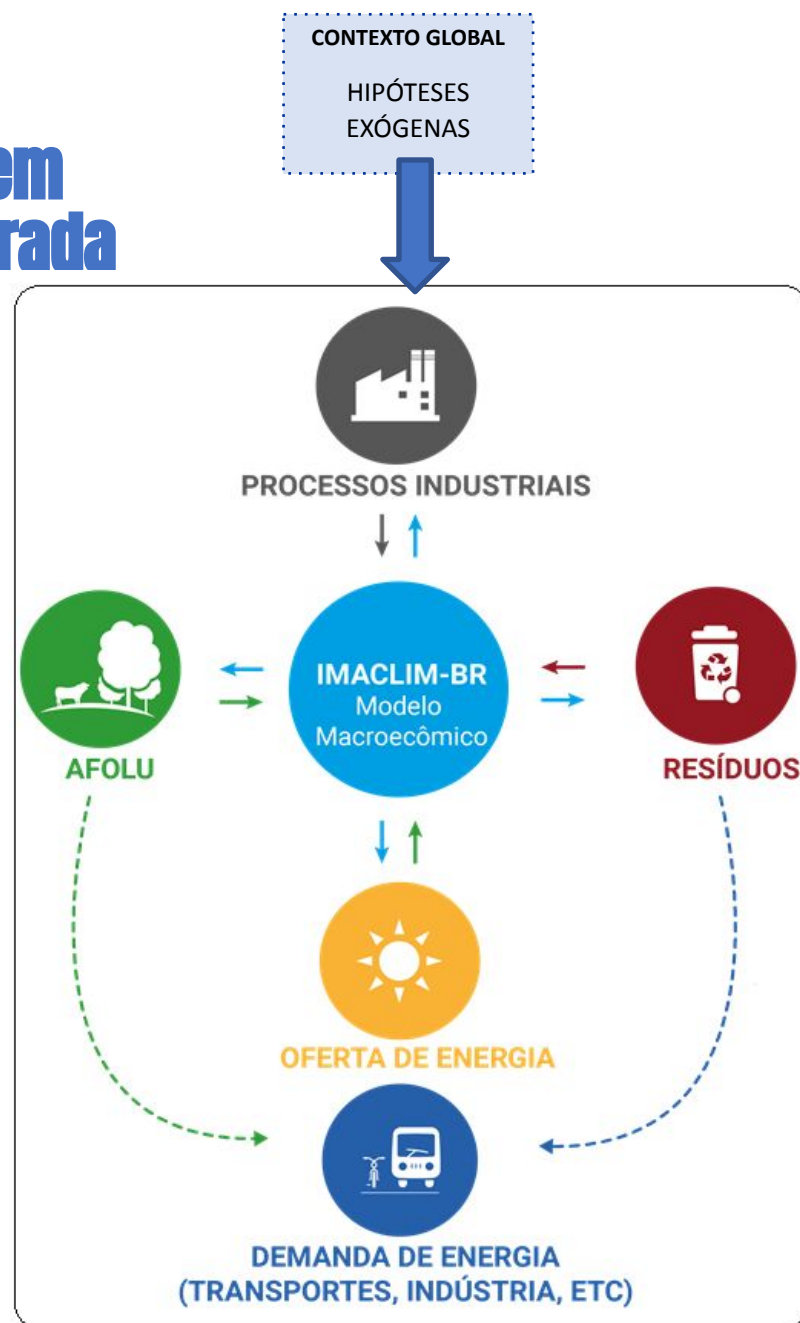
Introdução: Apresentação, Objetivo e Metodologia do Estudo

- Desenvolvimento de uma estratégia de desenvolvimento compatível com uma trajetória de emissões de GEE que leve à neutralidade de emissões de GEE em 2050, cumprindo as metas de para 2030 e 2035: crucial para informar a tomada de decisões de curto e médio prazo sobre a política climática brasileira, novas NDCs e a LTS-LEDS do Brasil.
- O Centro Clima desenvolve regularmente estudos de cenários sobre a transição do Brasil para uma economia de baixo carbono (MMA/PNUD, DDPP1, IES Brasil 2030, DDPP2, IES Brasil 2050, Brasil Carbono Zero em 2060, ICAT, PMR Brasil, DDP-BIICS, IMAGINE).
- Metodologia desses estudos: participativa, para permitir um diálogo abrangente entre técnicos de governo, setor produtivo, comunidade científica, ONGs e sindicatos: hipóteses de cenários e identificação de ações de mitigação viáveis, seus custos, obstáculos e instrumentos para sua superação através do julgamento de especialistas.
- Novo estudo para o Instituto Clima e Sociedade - iCS: 3 cenários de emissões de GEE até 2050; um tendencial; e 2 outros baseados numa trajetória de descarbonização alinhada com os compromissos do Brasil do Acordo de Paris (que leve a emissões líquidas zero em 2050, passando pelo limite superior ou pelo inferior da meta de 2035).

Metodologia Geral do Estudo - Modelagem Integrada

Integração de modelagem setorial com um modelo de equilíbrio geral possibilitando a análise dos impactos macroeconômicos e sociais dos cenários propostos.

- ❑ **Modelo Macroeconômico de Equilíbrio Geral Computável –**
 - **IMACLIM-BR (Centro Clima/PPE/COPPE/UFRJ – Eos – CIRED)**
 - ✓ Modelo híbrido (fluxos monetários e energéticos), dinâmico, com resolução a cada 5 anos
 - ✓ Diagnóstico preciso da situação atual, permitindo o diálogo com modelos Setoriais
 - ✓ Detalha a economia brasileira em 19 setores produtivos, 4 classes de renda e 4 setores institucionais
- ❑ **Modelos setoriais (detalham a evolução tecnológica e investimentos de cada setor para atender as demandas da economia e as restrições informadas pelo IMACLIM-BR)**
 - **AFOLU – Centro Clima/PPE/COPPE/UFRJ**
 - **Modelo de Transportes – TEMA, do LTC/PET/COPPE/UFRJ**
 - **Modelo do Setor Industrial – Centro Clima/PPE/COPPE/UFRJ**
 - **Outros setores (residencial, comercial e agricultura)- Centro Clima/PPE/COPPE/UFRJ**
 - **Resíduos – Centro Clima/PPE/COPPE/UFRJ**
 - **Oferta de energia - MATRIZ, modelo de otimização de cadeias energéticas do CEPEL/ELETRONBRAS utilizado pelo Centro Clima**



Metodologia Geral do Estudo - Cenários Nacionais

- **Cenário de Referência - REF = Retomada do Desenvolvimento** Econômico e Social
 - Aumento do desmatamento anual até 2022, queda de 2023 a 2025 e estabilidade até 2030
 - Prosseguimento do Plano ABC, Renovabio e programas atuais de mitigação, no ritmo atual;
 - Sem precificação explícita do carbono nem novas políticas climáticas até 2030;
- **Cenários de Mitigação Adicional = Retomada do Desenvolvimento Econômico e Social, com Transição Justa** para a neutralidade climática em 2050 (MIT1 chega a 1,05 GtCO₂e em 2035 e MIT2 a 0,85 GtCO₂e em 2035) no MIT2
 - Trajetória de emissões de GEE do país compatível com emissões líquidas zero em 2050 e metas da NDC em 2030 e 2035;
 - Radical redução do desmatamento e aumento de sumidouros de CO₂ a partir de 2025;
 - Precificação de Carbono, de parte das emissões de GEE, a partir de 2026:
 - Cresce até atingir 10 US\$/tCO₂e em 2030, 20 US\$/tCO₂e em 2035, 27 US\$/tCO₂e em 2040; 35 US\$/tCO₂e em 2045 e 43 US\$/tCO₂e em 2050;
 - Neutra do ponto de vista fiscal; 100% das receitas utilizadas na redução de encargos trabalhistas, contribuindo para o reaquecimento do mercado de trabalho;
 - Modelos setoriais introduzem ações de mitigação de custos compatíveis com o preço de carbono em cada período. Medidas mais baratas entram primeiro.

Premissas Econômicas

- **Demografia:**

- Projeção da população alinhada com IBGE (2024), com 218,4 milhões de habitantes em 2050; População atinge pico em 2041 (220 milhões), mas população em idade ativa atinge pico já em 2035.
- Desafio: Proporção (pop. aposentada/pop. ativa) passa de 12% em 2015 para 16% em 2024 e chega a 37% em 2050

- **Petróleo:**

- O preço do petróleo utilizado no presente estudo está alinhado com o cenário *Announced Policies (APS)*, da Agência Internacional de Energia (WEO, 2024).
- Este é um cenário de preços intermediário, e viabiliza o pré-sal.
- As trajetórias projetadas pela AIE são relativamente suaves, e no cenário APS, devido a uma demanda mais baixa de petróleo, os preços caem a um patamar significativamente mais baixo do que o que tem sido visto nos últimos anos.
- Como resultado, o petróleo passa de 82 USD/b em 2023 para 72 USD/b em 2030, 63 USD/b em 2040 e 58 USD/b em 2050.

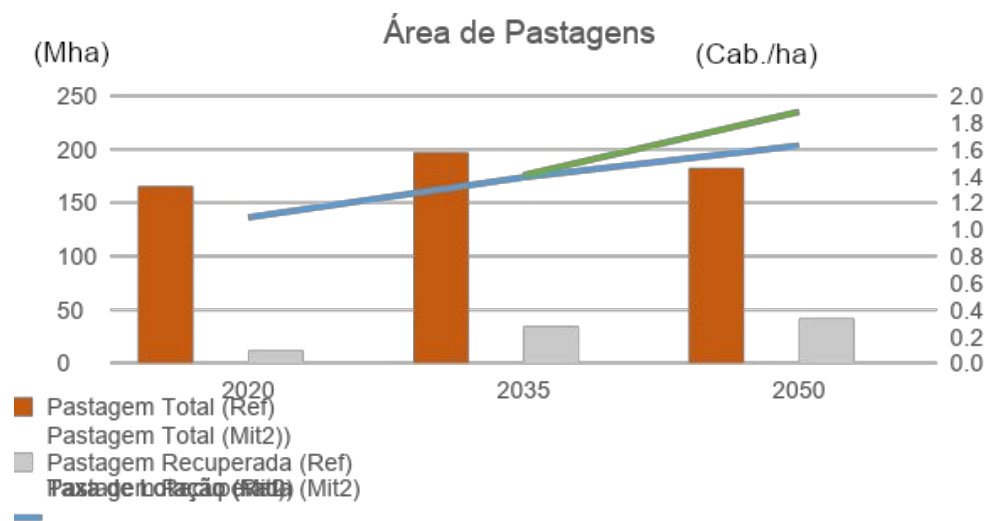
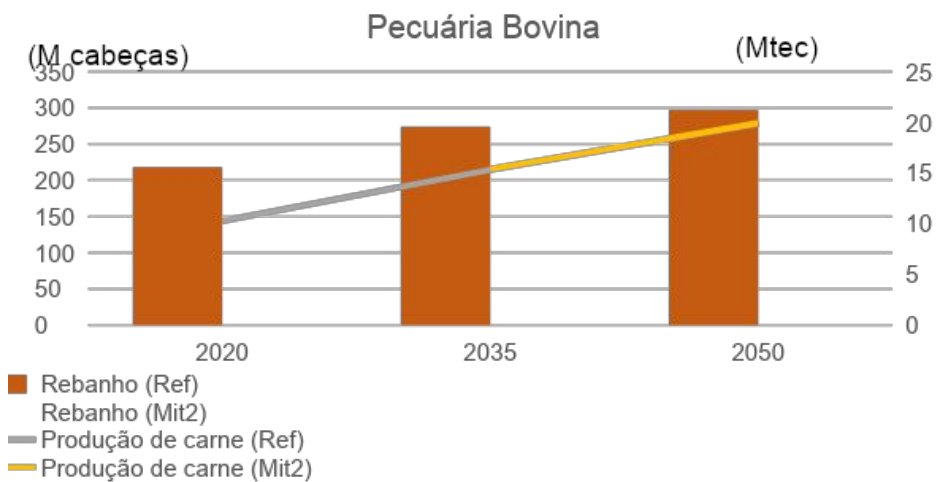
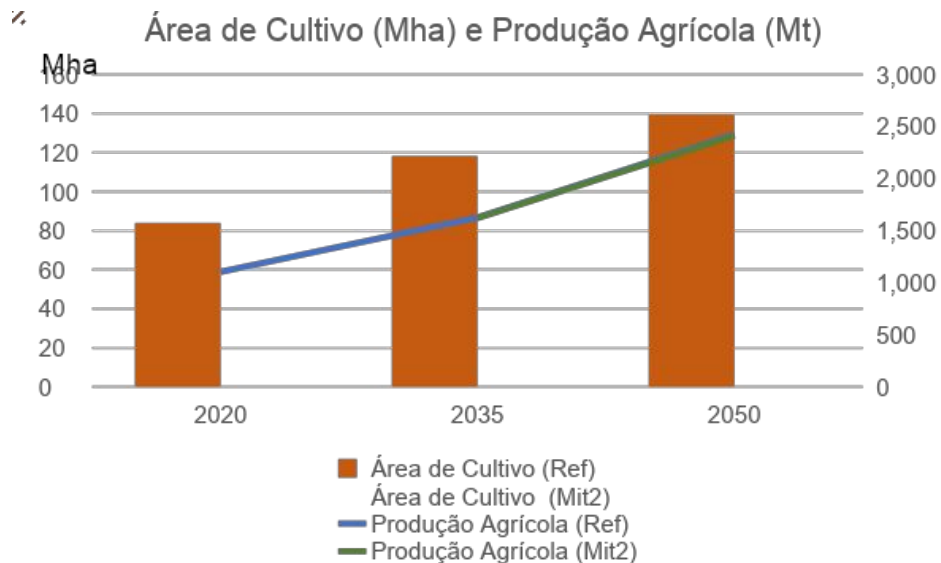
- **Macroeconomia:**

- Divisas originadas das exportações do pré-sal utilizadas para importação de bens de capital;
- Aumento de produtividade da economia brasileira;
- Balança comercial equilibrada;
- Taxa de câmbio: Utilização de base histórica até 2024 e projeção da SPE/MF em que se desvaloriza lentamente até 2050, e passa de uma média de 5,39 R\$/US\$ em 2024 para 5,61 R\$/US\$ em 2030, 6,18 R\$/US\$ em 2040 e 6,82 R\$/US\$ em 2050;
- Taxas médias anuais de crescimento do PIB com viés otimista, seguem cenário elaborado pela SPE/MF:
 - **2021-2030: 3,0%;** 2031-2040: 2,9%; 2041-2050: 2,8%
 - O setor agrícola continua ampliando, de forma gradual, sua participação no PIB, enquanto o país vivencia um processo de reindustrialização verde, em consonância com as diretrizes do PTE.
- Essas taxas de crescimento do PIB estão alinhadas com as premissas do Plano de Transição Ecológica, que projetavam um aumento do PIB per capita de 10% entre 2022 e 2026 e dobrá-lo entre 2022 e 2050.
- Foi escolhida a utilização de taxa de desconto de 8% a.a. para o cálculo dos custos de mitigação e seus impactos econômicos e sociais, refletindo o custo de capital no Brasil, alinhada com as taxas de juros reais que têm sido aplicadas a projetos de infraestrutura no país nos últimos anos.

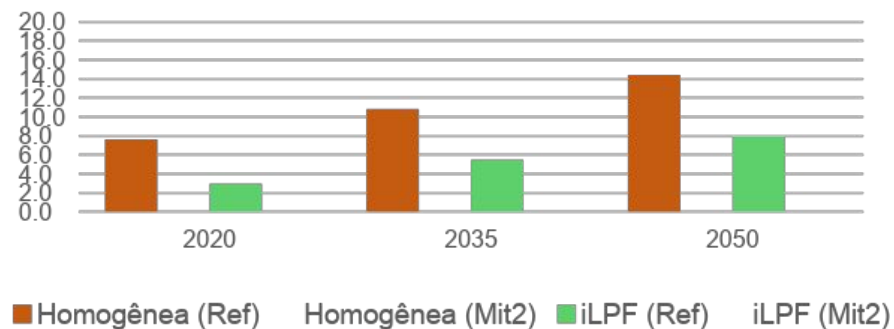
AFOLU – Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra

REF	MIT 2
✓ Considera medidas de mitigação contempladas em políticas, planos e compromissos vigentes: NDCs, Plano ABC+, Planaveg e Planos de controle do desmatamento*. ✓ A área desmatada no períodos de 2026 a 2050 é equivalente à média dos anos de 2024 e 2025. ✓ Não considera o aumento das áreas protegidas após 2025 (Unidades de Conservação e Terras Indígenas) ✓ Atividades de reflorestamento com espécies comerciais são simuladas conforme demandas setoriais. ✓ Níveis de atividade da agricultura seguem a projeção do PIB e as demandas setoriais. ✓ Tecnologias de baixo carbono na agricultura são consideradas conforme o crescimento da área agrícola.	✓ Intensificação na penetração das medidas de mitigação consideradas no REF. ✓ Simula a redução progressiva do desmatamento até 2050, alcançando desmatamento líquido zero em 2035 (compensados pelas remoções da restauração de florestas nativas) e desmatamento total zero em 2050 em todos os biomas. ✓ Incremento de 82 Mha em áreas protegidas até 2050. ✓ Adoção de medidas de mitigação adicionais como intensificação da pecuária bovina e expansão da área de florestas comerciais para produção de pellets. ✓ Níveis de atividade da agricultura seguem a projeção do PIB e as demandas setoriais. ✓ Restauração de florestas nativas em áreas públicas e privadas em larga escala é intensificada após 2030

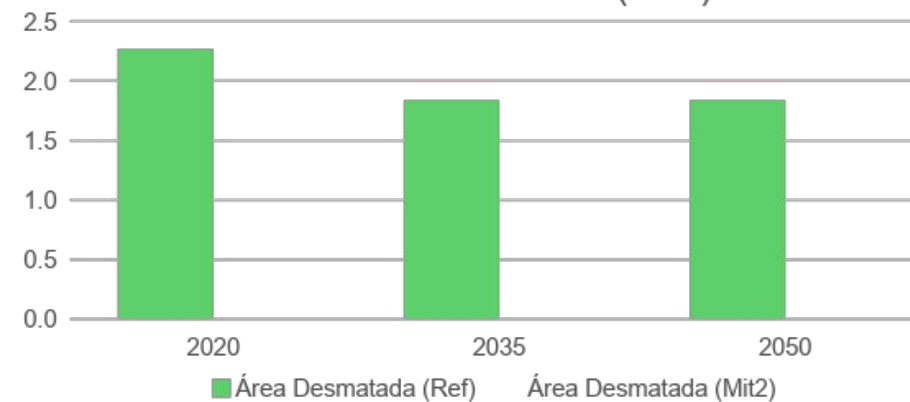
*. Contribuição Nacionalmente Determinada; 2. Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária, com vistas ao Desenvolvimento Sustentável (2020-2030) - ABC+; 3. Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa.



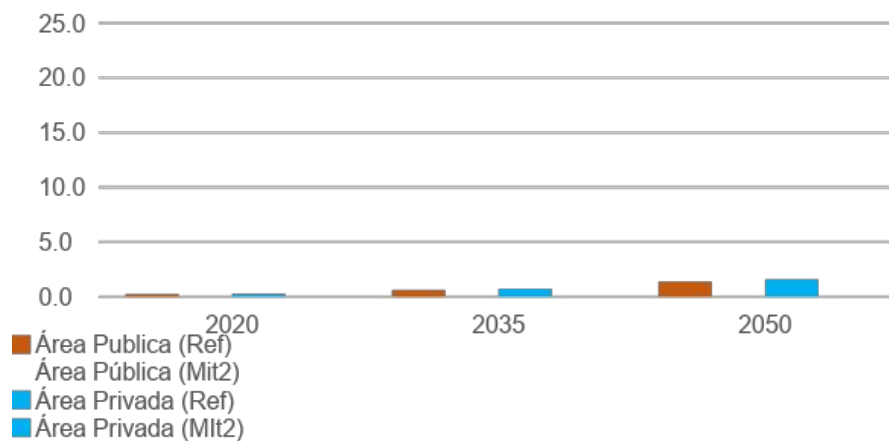
Florestas Plantadas (Mha)



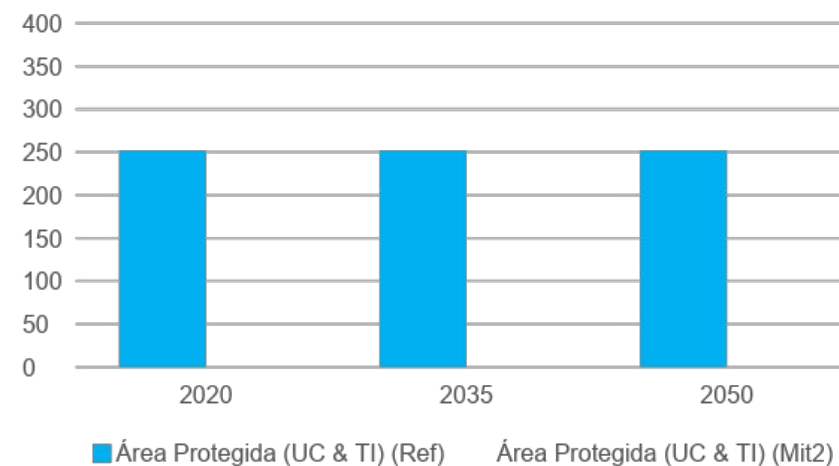
Área Desmatada (Mha)



Restauração de Florestas Nativas (Mha)



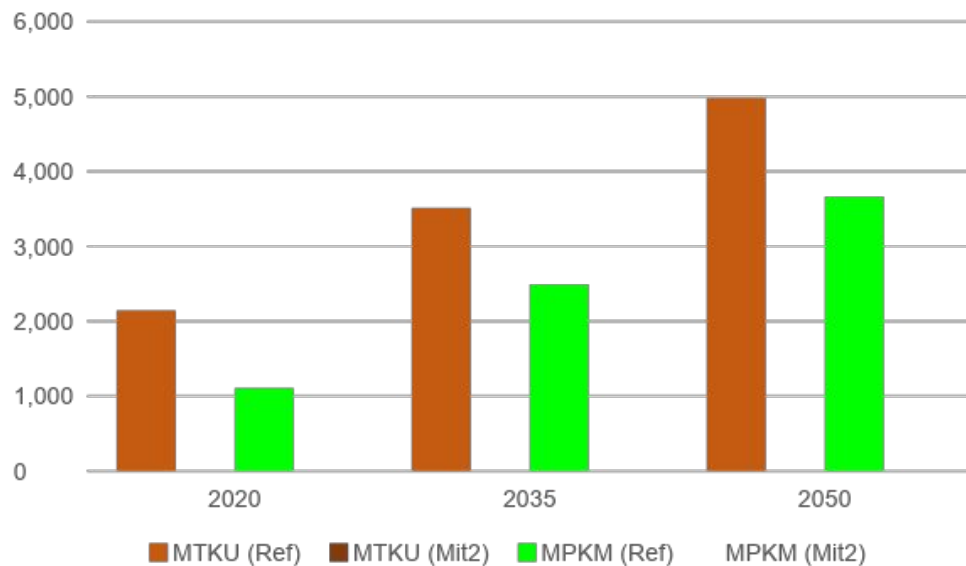
Áreas Protegidas - UC&TI (Mha)



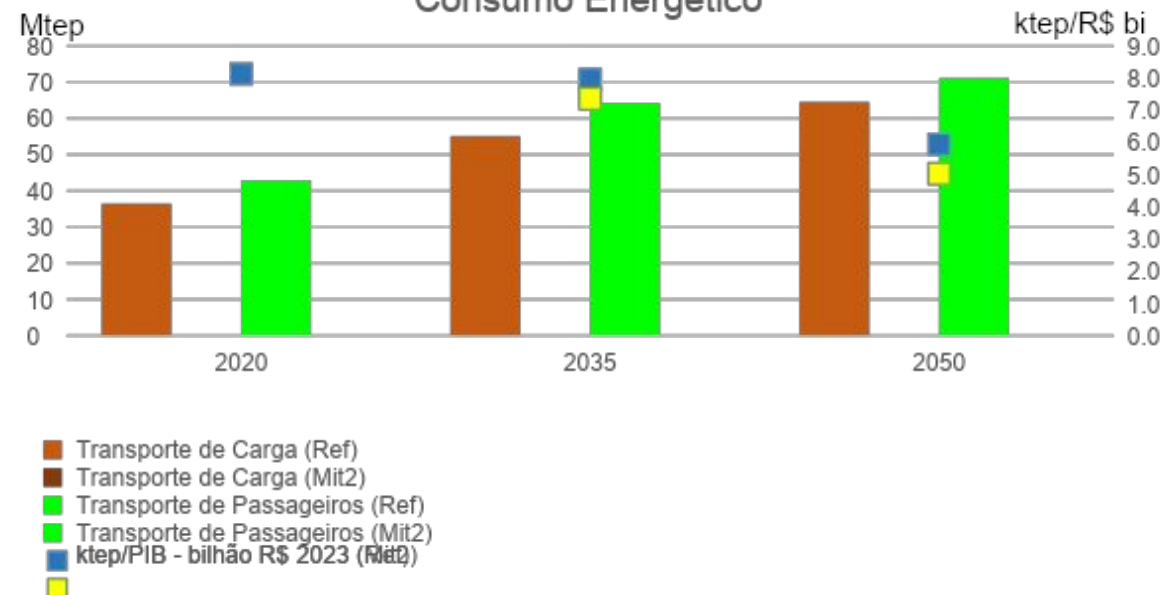
Transportes

Aspecto	Cenário Referência	Cenário MIT 2
Transporte individual	Manutenção da tendência	Redução da participação, buscando patamar pré-pandemia
Etanol hidratado	~37% de usuários de veículos flex irão optar por abastecer com etanol hidratado	~60% de usuários de veículos flex irão optar por abastecer com etanol hidratado
Mistura regulamentada – biocombustíveis (2030-2050)	Biodiesel (Rodo e Ferro) – 20% - 20% Biodiesel (aquaviário) – 0% - 0% Etanol anidro – 30% - 30% SAF – 1% - 3%	Biodiesel (Rodo e Ferro) – 20% - 25% Biodiesel (aquaviário) – 0% - 28% Etanol anidro – 30% - 35% SAF – 1% - 3%
Mobilidade elétrica	Foco nos veículos híbridos full (HEV) flex para o transporte individual e elétricos a bateria (BEV) para o transporte coletivo urbano e para o transporte urbano de cargas (TUC)	Equilíbrio entre veículos HEV flex e BEV para o transporte individual, transição mais acelerada de eletrificação dos segmentos do TUC e transporte coletivo urbano
Infraestrutura de transporte de carga e mudança modal	Cenário 4 do PNL Participação do modo rodoviário (2050): 65%	Cenário 8 do PNL Participação do modo rodoviário (2050): 52%
Otimização logística (Carga) (2050)	4% na redução dos deslocamentos	10% na redução dos deslocamentos
Atividade adicional do transporte ativo (2050)	Tendencial	7%
Eficiência energética e Captação de usuários para modalidades menos intensivas em carbono	Continuidade e avanços no Mover, PBEV, PLVB e Despoluir Conclusão de obras em andamento do PAC/Avançar (BRT, VLT, metrô e trens) Redução progressiva da necessidade de realização de viagens (<i>Home office</i> , IoT etc.) e melhoramento da eficiência do sistema de transportes	

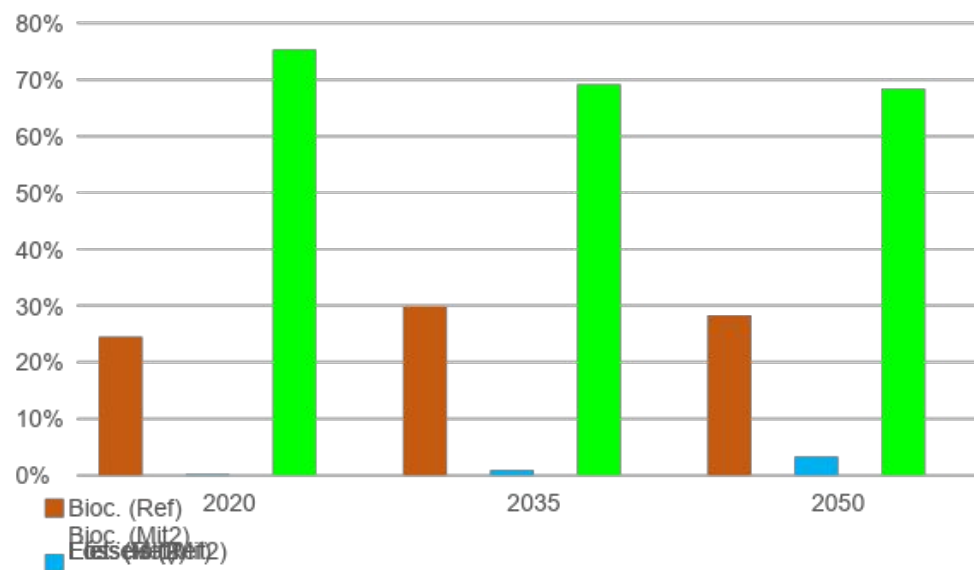
Atividade de Transporte (mil)



Consumo Energético

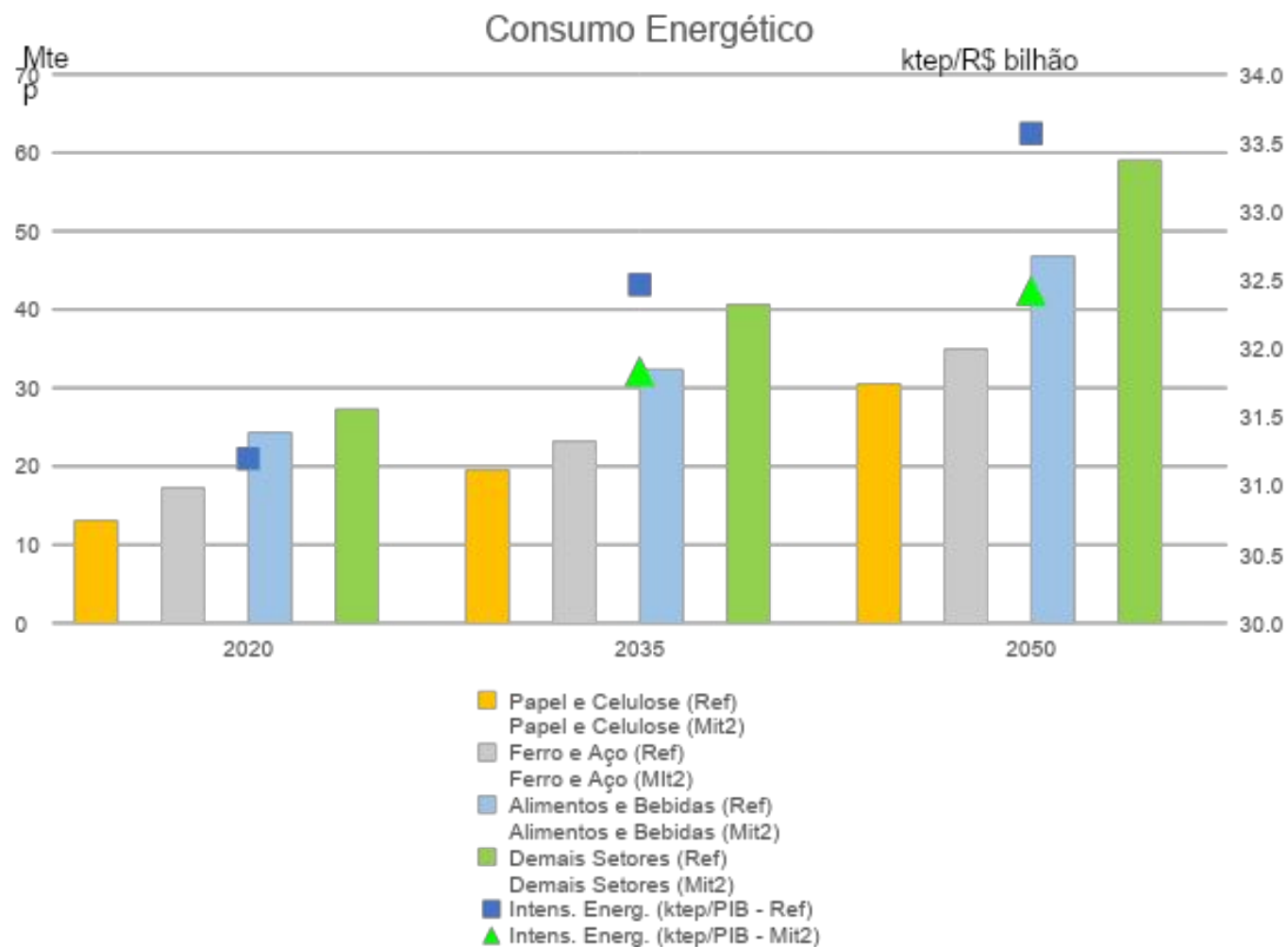


Combustíveis (% do ktep total)

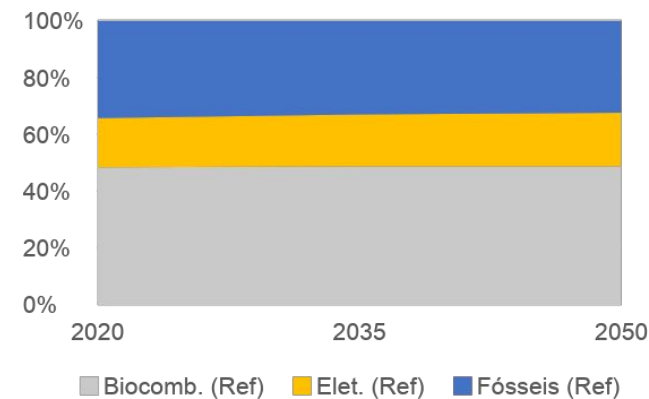


Indústria

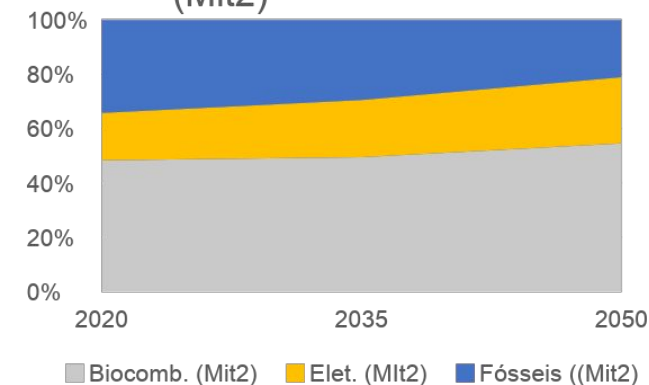
Aspecto	Cenário Referência	Cenário MIT 2
Perfil de Consumo Energético	Sem alterações significativas.	Alteração no mix energético, com maior participação de eletricidade e biomassa em substituição parcial a combustíveis fósseis.
Medidas de Mitigação	Adoção de ações pontuais, como eficiência energética e substituição de combustíveis, e ausência de medidas disruptivas.	Adoção intensificada de medidas conhecidas de mitigação, como maior eletrificação, substituição de combustíveis fósseis por biomassa e eletricidade, e ganhos adicionais de eficiência energética.
Eficiência energética	Poucos ganhos recentes em eficiência e redução da intensidade das emissões.	Ganhos mais significativos em eficiência e maior redução da intensidade de emissões.
Redução de Emissões Estimada	Aproximadamente 2% em 2035 e 4% em 2050 , considerando comportamento tendencial dos segmentos industriais	Aproximadamente 10% em 2035 e 35% em 2050 , de acordo com o nível de ambição das políticas adotadas.
Fontes de Informação Consideradas	Consumo específico, fatores de emissão dos processos, participação das rotas tecnológicas.	Igual ao REF
Ambição das Políticas	Baixa: focada em ajustes incrementais.	Alta: com metas mais ambiciosas, integração de múltiplas estratégias de mitigação e aceleração da transição para baixo carbono.



Participação dos Combustíveis (Ref)

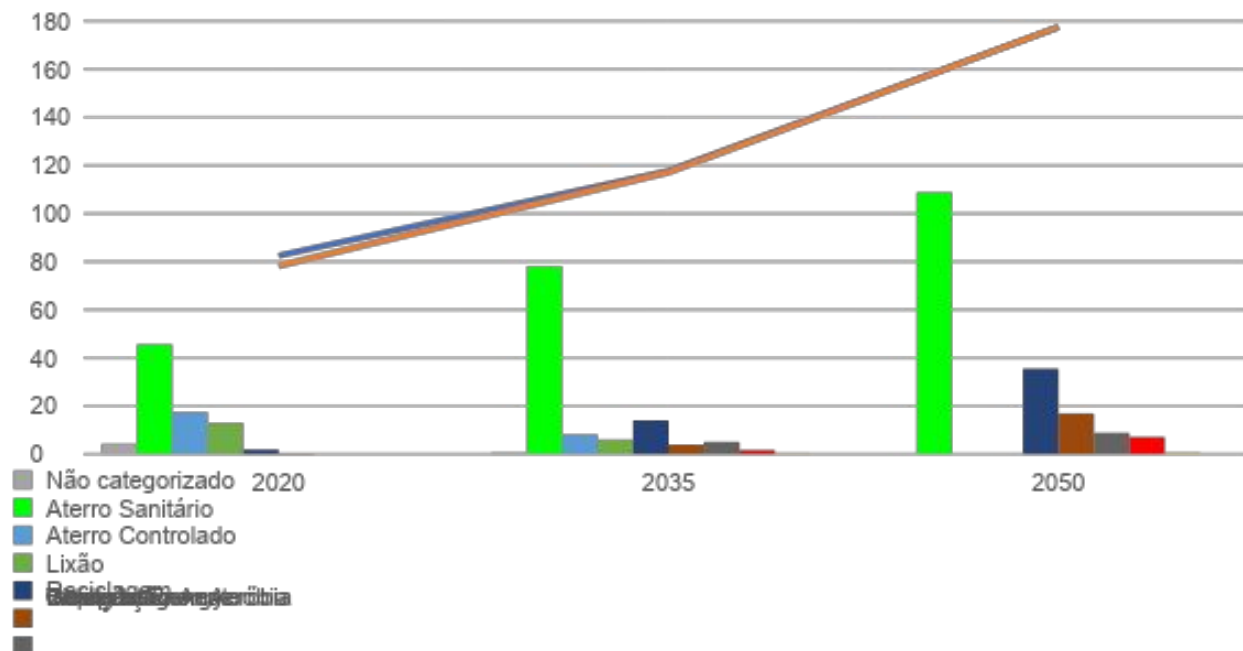


Participação dos Combustíveis (Mit2)

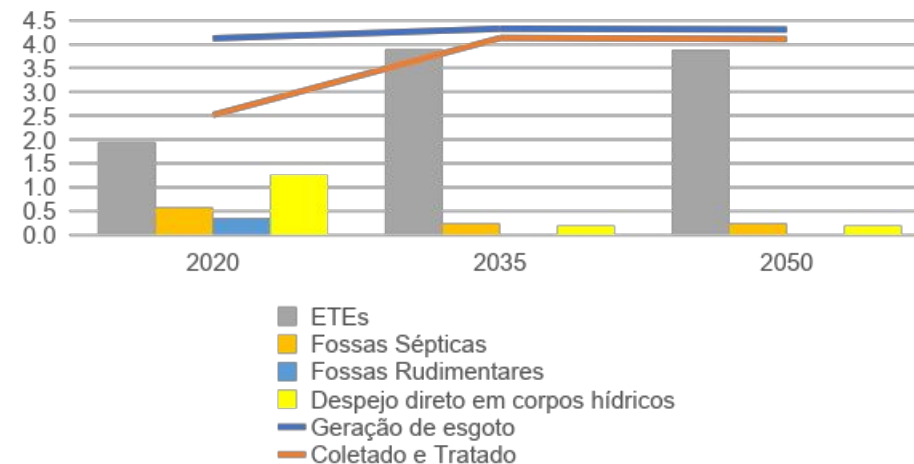


Resíduos

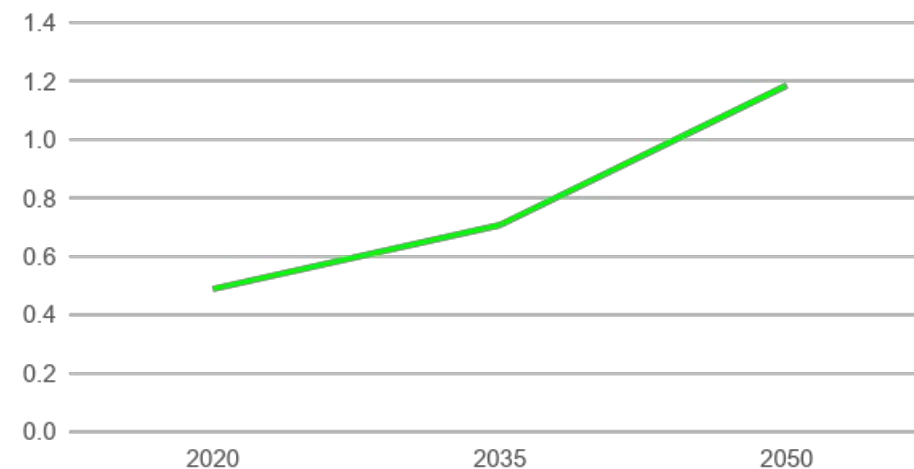
Níveis de Atividade - Resíduos Sólidos nos Dois Cenários (Mt)



Níveis de Atividade - Esgotos Domésticos nos Dois Cenários (Mt DBO)

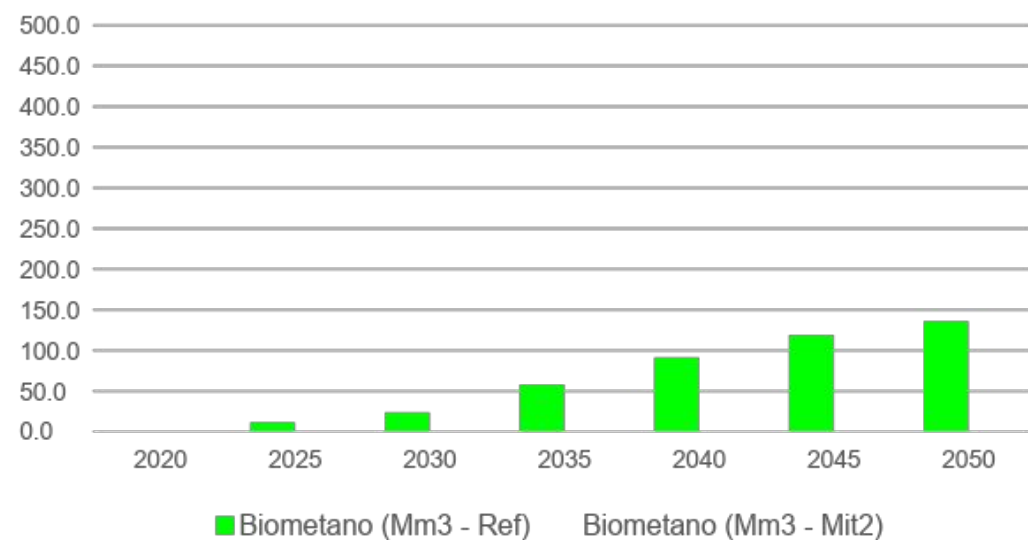


Nível de Atividade - Efluentes Industriais nos Dois Cenários (Mt DBO)

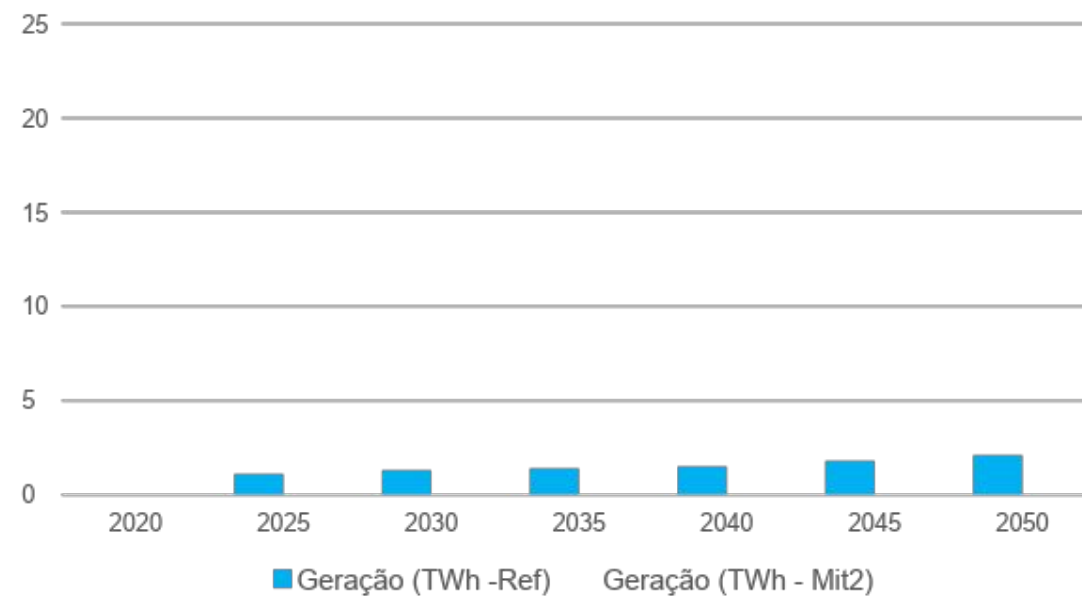


Resultados - mitigação

Biometano (Mm3)



Geração Elétrica (TWh)



Oferta Interna de Energia

Escopo	REF	MIT 2
Produção de Petróleo	5,3 Mbarris/dia em 2050	
% de GN queimado nas plataformas (parte das Emissões Fugitivas)	2,4% de gás queimado em flare (1,08 bilhões m ³) em 2023	
	Percentual mantido em 2,4% ao longo do período de 2024 a 2050	Reduz de 2,4% a 0% entre 2024 e 2030, permanecendo nesse patamar até 2050
Emissões do setor de energia e fugitivas (Refino e Exploração)	Mantida a intensidade de carbono no segmento de E&P de 2023 até 2050 (15 kg CO ₂ eq); Mantida a intensidade de carbono no refino de 2025 até 2050 (36,8 kg CO ₂ eq/CWT)	Redução de 16% na intensidade de carbono no segmento de E&P, alcançando 10,2 kg CO ₂ eq/CWT em 2040 (base 2023); Redução de 2% na intensidade de carbono até 2025 e 18% em 2030, chegando a 36 kg CO ₂ eq/CWT (2025) e 30 kg CO ₂ eq/CWT (2030).
Refino	Ampliação da capacidade (130 mil barris/dia = 1º trem da RNEST em 2025; 150 mil barris/dia = 2º trem da RNEST em 2030)	
Nuclear	Angra III entra em operação em 2030. 3,34 GW em 2030 (Angra I,II e III em operação)	
PCHs	Expansão de 337 MW até 2027, referente a contratos já firmados em leilões	
		Contratação de 4,9 GW referente a Lei nº 15.097 de 2025 (Marco das Eólicas Offshore)
Eólica	Expansão de 1,4 GW até 2027, referente a contratos já firmados em leilões	
		Expansão de 250 MW até 2030, referente a Lei nº 15.097 de 2025 (Marco das Eólicas Offshore)
UTE Fóssil	UTE OD e OC: Descomissionamento completo previsto para 2045	
	UTE GN: Expansão de 5 GW até 2027, referente a contratos já firmados em leilões	
	UTE GN: Expansão de 4,2 GW, referente a Lei nº 15.097 de 2025 (Marco das Eólicas Offshore)	
	Prorrogação dos contratos das usinas termelétricas a carvão, com término previsto para 2027/2028, estendendo-os até 2050	Descomissionamento das usinas termelétricas a carvão em 2028
Eólica Offshore	-	A partir de 2040; em 2050:3 GW

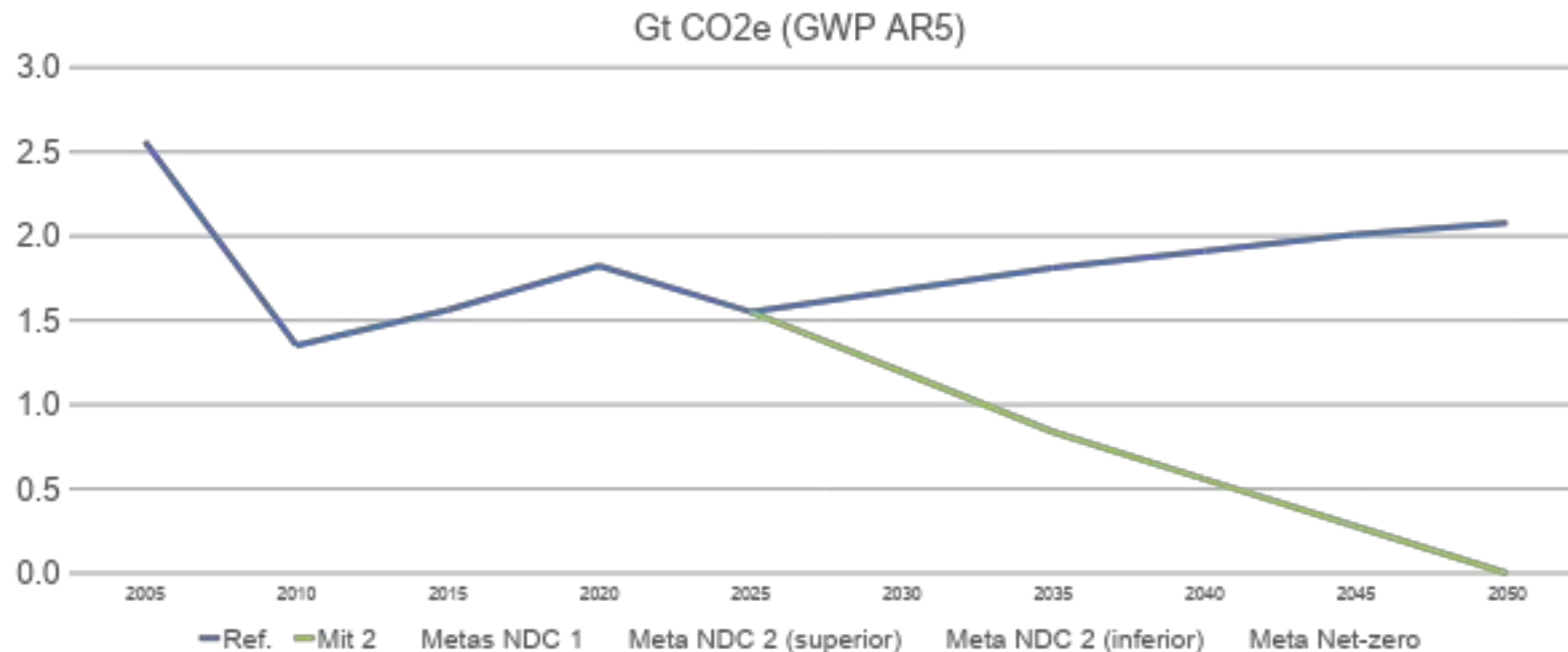
Indicadores	2020	2030	2050
Renov. matriz energ. (% - Ref)	50%	48%	53%
Renov. matriz energ. (% - Mit2)		50%	61%
Renov. matriz energ. s/ hidro (% - Ref)	38%	39%	45%
Renov. matriz energ. s/ hidro(% - Mit2)		41%	54%
Renov. Matriz elétrica s/ hidro (% - Ref)	20%	35%	48%
Renov. Matriz elétrica s/ hidro (% - Mit2)		38%	56%
Geração (TWh - Ref)	628	865	1182
Geração (TWh - Mit2)		887	1275

Consolidação dos Resultados – Emissões Totais

Consolidação das Emissões

Mt CO2e		2020	2035	2050
MUT - emissões brutas	Ref.	1.039	721	721
	Mit 2		318	0
Remoções (MUT, florestas, áreas protegidas, outras)	Ref.	-373	-420	-461
	Mit 2		-755	-1.286
Agricultura - emissões (culturas + energia)	Ref.	200	260	311
	Mit 2		255	298
Agricultura - remoções (iLPF e recuperação de pastos)	Ref.	0	-84	-32
	Mit 2		-136	-60
Pecuária (ferm.entérica + dejetos animais)	Ref.	404	527	587
	Mit 2		481	478
Transporte	Ref.	187	255	286
	Mit 2		210	175
Indústria (energia + IPPU)	Ref.	160	227	328
	Mit 2		206	222
Resíduos	Ref.	89	158	168
	Mit 2		128	44
Oferta de energia +demanda res./com.	Ref.	119	166	169
	Mit 2		132	129
Total	Ref.	1.824	1.810	2.078
	Mit 2		838	0

Evolução das Emissões (líquidas)



% das emissões (CO₂e) do Cenário de Mitigação em relação ao ano-base (2024)

Setor	2030	2035	2050
MUT - emissões brutas (desmat. + outras)	-39%	-56%	-100%
Remoções (MUT, flor., áreas prot., outras)	23%	89%	222%
Agricultura - emissões (culturas + energia)	6%	15%	35%
Agricultura - remoções (iLPF e recuperação de pastos)	67%	77%	-21%
Pecuária (ferm.ent. + dej. anim.)	4%	7%	6%
Transporte	3%	-5%	-21%
Indústria (energia + IPPU)	7%	14%	24%
Residencial + Comercial	14%	25%	58%
Resíduos	18%	23%	-57%
Oferta de energia	6%	12%	-3%
Total	-22%	-46%	-100%

Análise de Custos e Emissões Evitadas

Análise de Custos e Emissões Evitadas

■ Premissas e Metodologia

- Valores monetários em moeda de 2023
- Taxa de câmbio = 5 R\$ / US\$
- Taxa de desconto = 8 % a.a. (fluxos financeiros em Valor Presente)
- Curva de Custo Marginal de Abatimento (IPCC, 1996)
 - Medidas ordenadas pelo menor custo (CAPEX + OPEX - Receitas)
 - Emissões evitadas acumuladas (MtCO₂eq)

■ Resultados dos Investimentos Adicionais em Mitigação (Mit2-Ref)

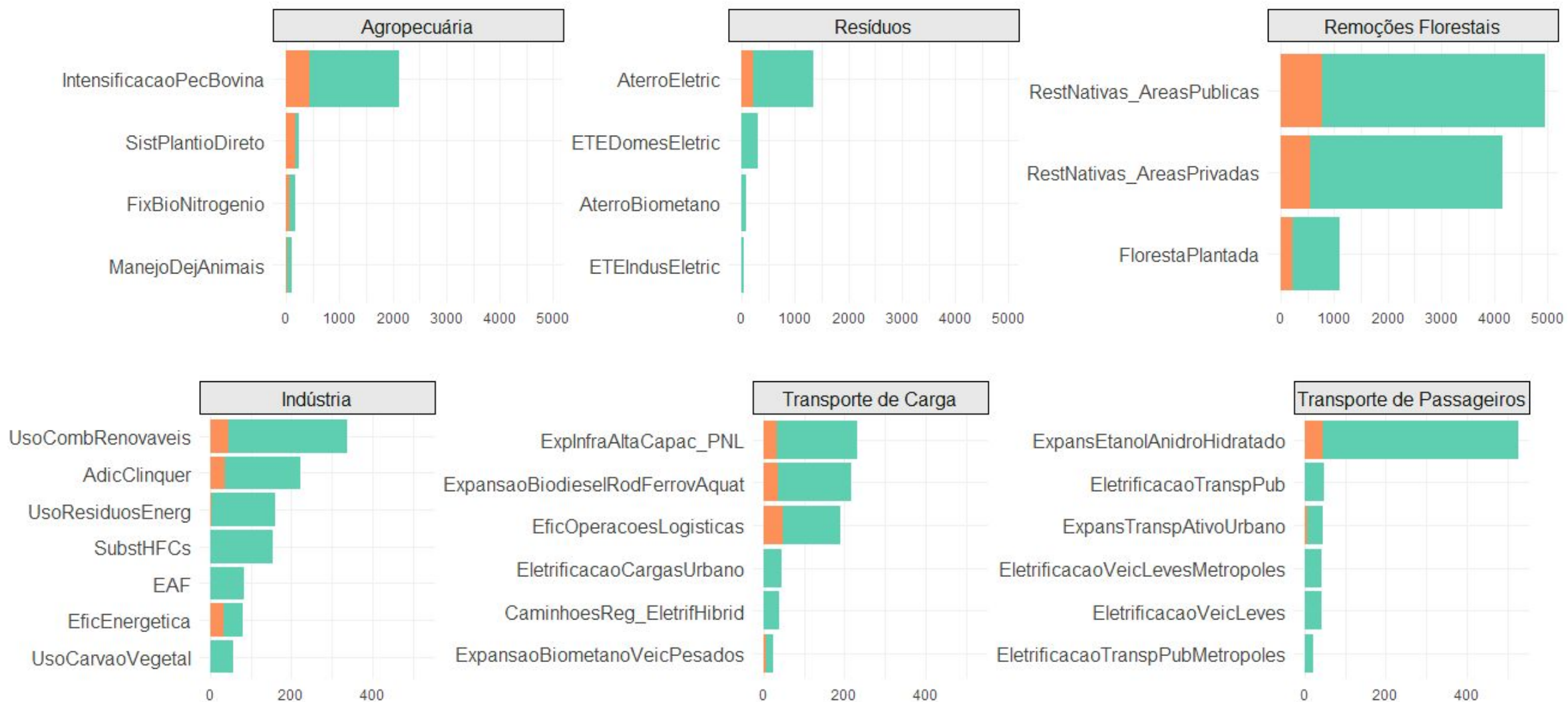
- Em 2035: CAPEX (R\$ 2023) = R\$ 75 bilhões = 0,50 % PIB de 2035
- Em 2050: CAPEX (R\$ 2023) = R\$ 204 bilhões = 0,89 % PIB de 2050

■ Resultados dos Investimentos Adicionais em Mitigação (Mit2-Ref) ao longo do período

- 2026-2050: CAPEX = R\$ 534 bilhões (R\$ 2023)

Ações de Mitigação (por setor)

Períodos: ■ 2026-35 ■ 2036-50

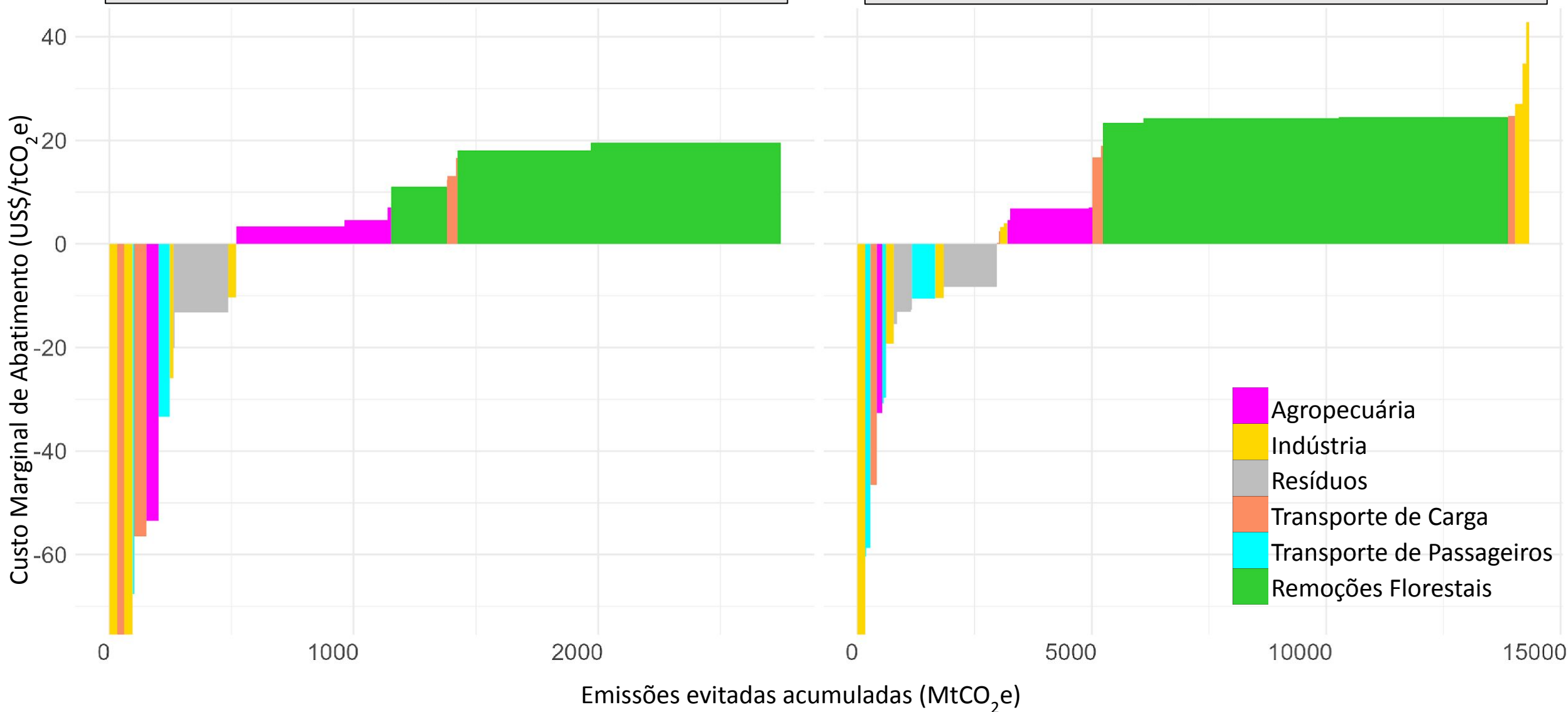


Emissões evitadas acumuladas (MtCO₂e)

Curvas de Custo Marginal de Abatimento

Período 2026-2035 | Preço do C em 2035 = 19,8 US\$/tCO₂e

Período 2036-2050 | Preço do C em 2050 = 42,8 US\$/tCO₂e



Impactos Macroeconômicos e Sociais

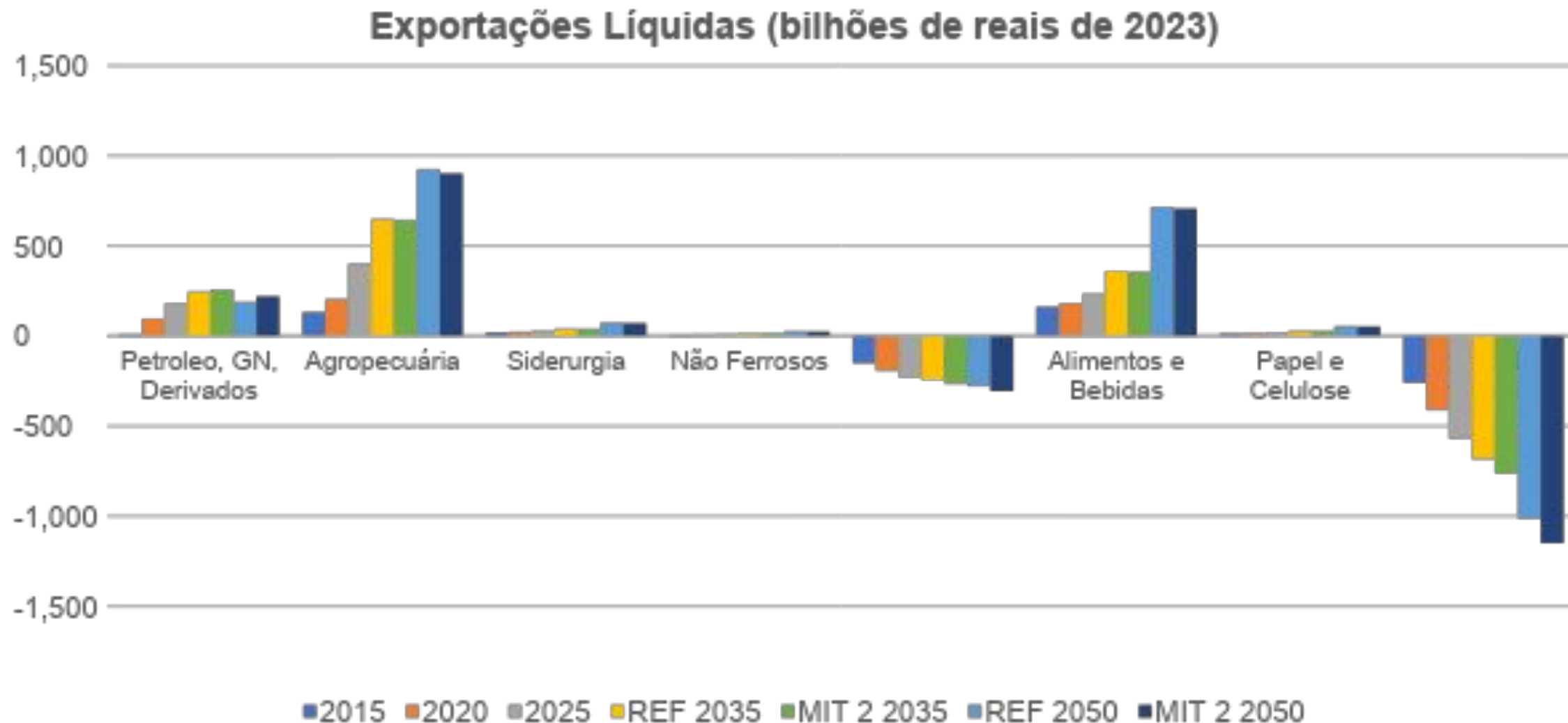
Principais resultados macroeconômicos e sociais

Cenário	2015	2020	2025	REF 2035	MIT 2 2035	REF 2050	MIT 2 2050
População (estimativa IBGE)	202	209	213	219	219	218	218
PIB (Bilhões de R\$ de 2023)	10.002	9.767	11.599	15.006	15.153	22.809	23.048
Variação do PIB do MIT 2 em relação ao REF	-	-	-	-	0,98%	-	1,05%
PIB per capita (Mil R\$ de 2023)	49,5	46,7	54,5	68,5	69,2	104,6	105,7
Balança comercial (% do PIB)	0,40%	1,60%	0,05%	2,17%	1,28%	2,22%	1,27%
Índice de preços do MIT 2 em relação ao REF (REF=1)	-	-	-	-	1,03	-	1,04
Taxa de desemprego (%) (FTE)	9,5%	7,6%	8,1%	8,8%	8,1%	8,9%	8,2%

Principais resultados macroeconômicos e sociais

Cenário	2015	2020	2025	REF 2035	MIT 2 2035	REF 2050	MIT 2 2050
Taxa de desemprego (%) (FTE)	9,5%	7,6%	8,1%	8,8%	8,1%	8,9%	8,2%
Postos de Trabalho (milhões) (FTE)	102	108	109	110	111	101	102
Preço de carbono (US\$/tCO ₂ e)	-	-	-	-	19,8	-	42,8
Receitas da precificação de carbono (Bilhões de R\$ de 2023)	-	-	-	-	67	-	122
Emissões líquidas (MtCO ₂ e)	1562	1824	1824	1679	838	2078	0
Emissões per capita (tCO ₂ e/cap)	7,7	8,7	8,6	7,7	3,8	9,5	-
Intensidade de emissões do PIB (kgCO ₂ e/R\$)	0,16	0,19	0,16	0,11	0,06	0,09	-

Evolução das exportações líquidas por setor



Principais resultados macroeconômicos e sociais

Poder de Compra (2015=1)	2015	2020	2025	REF 2035	MIT 2 2035	REF 2050	MIT 2 2050
(20% mais pobres) Classe 1	1,00	1,08	1,26	1,65	1,71	2,61	2,77
(40% seguintes) Classe 2	1,00	1,04	1,21	1,54	1,59	2,41	2,50
(30% seguintes) Classe 3	1,00	1,04	1,21	1,53	1,58	2,37	2,44
(10% mais ricos) Classe 4	1,00	1,01	1,15	1,42	1,44	2,18	2,21
MIT 2 em relação ao REF							
Classe 1	-	-	-	-	3,5%	-	6,3%
Classe 2	-	-	-	-	2,7%	-	3,6%
Classe 3	-	-	-	-	2,9%	-	2,8%
Classe 4	-	-	-	-	2,0%	-	1,2%
Renda Líquida de Impostos (MIT 2 em relação ao REF)							
Classe 1	-	-	-	-	6,8%	-	8,2%
Classe 2	-	-	-	-	6,0%	-	6,7%
Classe 3	-	-	-	-	5,4%	-	5,8%
Classe 4	-	-	-	-	4,9%	-	5,1%

Conclusão

- O cenário MIT2 apresenta marginalmente um maior PIB e PIB/Capita, e um maior crescimento da renda média das famílias mais pobres;
- O cenário MIT2 neutraliza as emissões de GEE em 2050 enquanto mitiga os efeitos adversos da precificação de carbono sobre as famílias mais pobres e sobre o mercado de trabalho;
- As receitas de carbono são devolvidas à economia (precificação neutra do ponto de vista fiscal), reduzindo os encargos trabalhistas e aumentando o poder de compra das famílias, especialmente as mais pobres;
- A reciclagem das receitas de carbono ajuda a reduzir distorções do sistema fiscal brasileiro e estimula a criação de empregos. No MIT2 a taxa de desemprego é mais baixa, aumentando a renda disponível das famílias;
- A precificação de carbono leva a um maior índice de preços e pode aumentar ligeiramente o déficit da balança comercial – Instrumentos de proteção à competitividade devem ser pensados no âmbito do SBCE.



CENTRO CLIMA

CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE MEIO
AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS - COPPE / UFRJ

<https://www.centroclima.coppe.ufrj.br/index.php/br/>