

Rumo à mobilidade zero emissões: avaliação de cenários para descarbonização do transporte rodoviário no Brasil

Guido Haytzmann, André Cieplinski, Arijit Sen e Gabe Alvarez

INTRODUÇÃO

O governo brasileiro deve reforçar sua ambição climática na COP 30 em Belém, Brasil, em novembro de 2025. Durante a reunião anterior, na COP 29, o país publicou uma nova Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) alinhada ao Acordo de Paris, aumentando sua meta de redução de gases de efeito estufa (GEE) para 2035 de 59% para 67% em relação aos níveis de emissão de 2005.¹ O Brasil publicou recentemente seu novo plano climático para consulta pública, o *Plano Clima Mitigação Estratégia Nacional*, um documento com estratégias de mitigação e adaptação que definem as principais políticas e metas setoriais específicas para os próximos dez anos (2035).²

As estratégias de mitigação climática de curto prazo publicadas no Plano Clima estão concentradas no uso da terra e no desmatamento, as maiores fontes de emissões do país. No entanto, as diretrizes para descarbonizar o transporte permanecem vagas. Os níveis de emissões de 2035 para o setor de transportes podem variar de 8% a menos a 16% a mais que os níveis de 2022. O setor de cidades, que inclui a mobilidade urbana, tem metas de emissão para 2035 que variam de 18% a 45% abaixo dos níveis de 2022.³ Os planos de mitigação, por sua vez, destacam os veículos elétricos (VEs) e os biocombustíveis como essenciais para a descarbonização do transporte, mas não incluem metas objetivas de eletrificação ou diretrizes sobre como atingir emissões

www.icctbrasil.org.br

comunicacao@theicct.org

linkedin.com/icct-brasil

- 1 Governo brasileiro, *Contribuições Nacionalmente Determinadas do Brasil: determinação nacional para contribuir e transformar*, 2024, <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/brasil-entrega-a-onu-nova-ndc-alinhada-ao-acordo-de-paris/ndc-versao-em-portugues.pdf>; Agência Gov, “Brasil Leva Meta Mais Ousada de Redução de Emissões para a COP 29, no Azerbaijão”, 11 de novembro de 2024, <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202411/brasil-leva-nova-meta-de-reducao-de-emissoes-para-a-cop-29-no-azerbaijao>.
- 2 Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, *Plano Clima Mitigação Estratégia Nacional*, apresentado no Seminário Processo de Construção da Estratégia Nacional de Mitigação 2024-2035, 28 de maio de 2024, <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/smc/plano-clima/ApresentaoENM28052024PainellIrev.pdf>.
- 3 “*Plano Clima Participativo: metas setoriais de mitigação*”, *Brasil Participativo*, acessado em 24 de setembro de 2025, <https://brasilparticipativo.presidencia.gov.br/processes/planoclima/f/1353>.

líquidas zero até 2050. Apesar da falta de atenção com a descarbonização do transporte, o setor foi responsável por 10% das emissões do Brasil em 2023, das quais 92% são provenientes do setor de transporte rodoviário, principalmente, de caminhões (45%) e carros de passeio (34%).⁴

Atualmente, veículos flex-fuel compõem cerca de 80% da frota circulante de veículos leves (LDV, na sigla em inglês) no Brasil.⁵ A atual estratégia de descarbonização adotada pelas principais montadoras no Brasil está focada em veículos híbridos flex-fuel, embora os veículos elétricos a bateria (BEVs, na sigla em inglês) apresentem emissões do poço à roda (WTW, na sigla em inglês) significativamente menores.⁶ Por sua vez, o Programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER), que define os padrões obrigatórios de emissão de dióxido de carbono do Brasil para as montadoras, estabeleceu uma meta de redução de emissões de veículos leves para 2027 de apenas 3% em relação a 2025, demandando pouco esforço das montadoras. Além disso, o programa só anunciará as primeiras metas para veículos pesados (HDVs, na sigla em inglês) em 2029, com data de cumprimento em 2033.⁷

A Taxonomia Sustentável Brasileira define quais atividades econômicas o governo considera sustentáveis para orientar investimentos.⁸ A versão atual dessa taxonomia identifica ambos veículos de zero emissão (ZEVs, na sigla em inglês) e biocombustíveis como importantes para a transição de baixo carbono do país.⁹

Nesse contexto de múltiplas medidas de descarbonização para o setor de transporte rodoviário brasileiro, este estudo investiga qual é o caminho mais eficaz para mitigar as emissões de GEE. Para abordar a questão, esta publicação examina cenários alternativos para a evolução das emissões de GEE do transporte rodoviário no Brasil entre 2025 e 2050. Em particular, ele compara o desempenho de cenários que se baseiam principalmente no aumento da adoção de ZEVs (BEVs e veículos elétricos a célula de combustível [FCEVs, na sigla em inglês]) com uma transição eclética baseada no aumento do uso de biocombustíveis e na penetração de diferentes motorizações, como veículos híbridos plug-in (PHEVs, na sigla em inglês) e veículos com motor de combustão interna (ICEVs, na sigla em inglês) abastecidos com gás natural veicular (GNV).

A seção a seguir descreve a abordagem metodológica e os cenários desenvolvidos para esta análise. Em seguida, discutimos os resultados, as conclusões extraídas da análise e as implicações políticas.

4 Observatório do Clima, “Fonte: SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa”, acessado em 24 de setembro de 2025, <https://plataforma.seeg.eco.br/?yearRange%5B0%-5D=1990&yearRange%5B1%5D=2023§or%5B0%5D=477&category%5B0%5D=755&emissionType%5B0%-5D=1&gas=8&groupBy=Detail&rankBy=State&filtersTab=filters>.

5 Masao Ukon et al., “Avançando nos Caminhos da Descarbonização Automotiva no Brasil”, Boston Consulting Group, 2024, <https://www.bcg.com/publications/2024/brasil-avancando-nos-caminhos-da-descarbonizacao-automotiva-no-brasil>.

6 André Cieplinski et al., *Estratégias Para Veículos Elétricos Entre as Principais Montadoras: Comparando o Brasil com Outros Principais Mercados* (Conselho Internacional de Transporte Limpo, 2025), <https://theicct.org/publication/pt-ev-development-and-strategies-among-leading-automakers-comparing-brazil-with-other-major-markets-oct25/>.

7 André Cieplinski et al., *Política de Eficiência Energética Veicular do Programa MOVER* (Conselho Internacional de Transporte Limpo, 2025), <https://theicct.org/publication/pt-politica-de-eficiencia-energetica-veicular-do-programa-mover-oct25/>.

8 Ministério da Fazenda, *Taxonomia Sustentável Brasileira*, setembro de 2023, <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/taxonomia-sustentavel-brasileira/taxonomia-sustentavel-brasileira.pdf>.

9 Ministério da Fazenda, *Caderno 2.7 – CNAE H - Transporte, armazenagem e correios* (2025), <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/orgaos/spe/taxonomia-sustentavel-brasileira/cadernos/transporte-armazenamento-e-correio-cnae-h>.

MÉTODOS

Esta seção descreve os recursos do modelo Roadmap do ICCT, usado para estimar as trajetórias de emissão de GEE de 4 cenários com diferentes suposições sobre a evolução das vendas de veículos e da composição da frota, bem como dos combustíveis usados no Brasil entre 2025 e 2050. Em seguida, apresenta os quatro cenários que desenvolvemos neste estudo, detalhando as vendas de veículos por tecnologia e segmento e os fatores de emissão para diferentes matérias-primas de biocombustíveis e fontes de energia elétrica. Expressamos as emissões de GEE em termos de potencial de aquecimento global equivalente ao dióxido de carbono em 100 anos (CO₂e GWP100).

MODELO ROADMAP

O modelo Roadmap do ICCT faz projeções de atividade veicular, consumo energético e emissões do setor de transporte com base em um banco de dados histórico desenvolvido pelo ICCT. Esse modelo inclui dados de vendas, estoque de veículos, quilometragem média da frota, consumo energético de veículos novos, fatores de emissão de combustível e energia elétrica e taxa de sucateamento de veículos.¹⁰ A versão do modelo Roadmap usada neste estudo (versão 2.10) contém dados históricos até 2023. O modelo se baseia no uso de dados de entrada alternativos para simular cenários. Esses dados modificáveis incluem a distribuição das vendas de veículos novos entre diferentes tecnologias, fatores de emissão de combustível, matérias-primas de biocombustível, fatores de emissão de energia elétrica, consumo energético do veículo e taxas de sucateamento.

O modelo Roadmap combina dados de vendas de veículos novos e sucateamento dos antigos para estimar a frota. Funciona a partir do cálculo da rotatividade do estoque de veículos do último ano histórico com base na idade de aposentadoria, definida por curvas de sucateamento de veículos para cada segmento. Em um determinado ano, o estoque restante do ano anterior multiplicado pela quilometragem média do ano em questão atinge uma determinada parte da atividade projetada no respectivo segmento de veículos. O déficit da meta é dividido pela quilometragem média, que calcula o número de veículos novos que precisam ser vendidos para que a meta de atividade projetada seja atingida em um determinado ano.

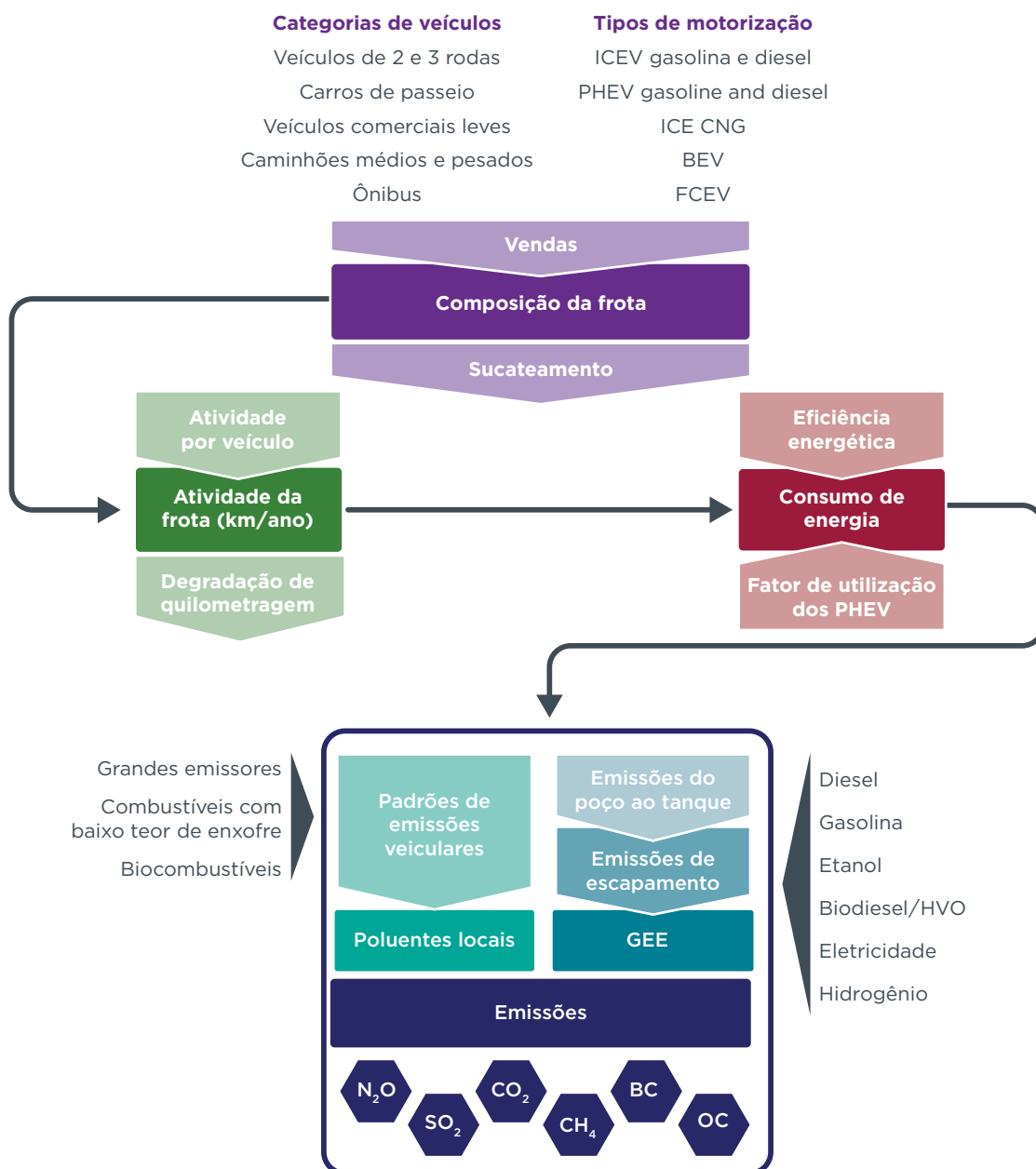
Esse processo é repetido para cada ano entre 2025 e 2050 para todos os segmentos de veículos. Uma vez definindo o estoque de cada ano, o modelo separa a frota pelo ano modelo de cada veículo e calcula a emissão de cada ano modelo conforme indicado na Equação 1. Isso é feito pois cada ano modelo apresenta características únicas de consumo energético.

$$\begin{aligned} \text{emissões por ano modelo} = & \text{estoque do ano modelo} \times \text{quilometragem anual média} \\ & \times \text{consumo energético específico do ano modelo} \\ & \times \text{fatores de emissão} \end{aligned} \quad (\text{Equação 1})$$

A Figura 1 é uma representação visual do modelo Roadmap. Ela apresenta os dados de entrada divididos por tipo de motorização e categorias dos veículos, indica as taxas de atividade da frota e o consumo energético, além do cálculo das emissões de GEE e de poluentes locais.

¹⁰ Gabe Hillman Alvarez, *Documentação do modelo Roadmap v2.10*, software, Conselho Internacional de Transporte Limpo, 2025, <https://theicct.github.io/roadmap-doc/versions/v2.10/>.

Figura 1
Modelo Roadmap do ICCT



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://www.theicct.org)

Observações: As formas em tons claros indicam os dados de entrada que fornecemos ao modelo : a distribuição das vendas de veículos novos por segmento e motorização, sua eficiência energética, atividade por veículo, uso de combustível e misturas de biocombustíveis. As formas escuras são os resultados calculados pelo modelo a partir dos dados de entrada: composição e atividade anual da frota, consumo total de energia e emissões. As emissões do poço ao tanque (WTT, na sigla em inglês) representam as emissões geradas na produção de combustíveis ou energia elétrica, enquanto as emissões do tanque à roda (TTW, na sigla em inglês) representam as emissões geradas durante o uso do veículo (combustão). Juntas, as emissões WTT e TTW compõem as emissões do poço à roda (WTW).

A distância percorrida por veículo varia de acordo com o segmento do veículo, mas permanece constante ao longo do tempo. Essas premissas são as inerentes ao modelo, cujas fontes podem ser acessadas na documentação.¹¹

Todos os cenários descritos na próxima seção consideram as mesmas taxas de crescimento nas vendas de cada segmento veicular, mas têm uma distribuição diferente de vendas por tipo de motorização. Essas taxas de crescimento estão resumidas na tabela 1.

Tabela 1
Taxas de crescimento anual das vendas de veículos novos por segmento, 2025-2050

Segmento	Taxa de crescimento anual das vendas
Motocicletas	-1.1%
Carros de passeio	2.0%
Veículos comerciais leves	-1.5%
Caminhões médios	-4.5%
Caminhões pesados	1.3%
Ônibus	0.3%

O modelo usa dados históricos de estoque e vendas do Brasil.¹² As vendas de veículos novos e os dados de intensidade energética são informados no nível de tipo de motorização: ICEVs movidos a gasolina, diesel ou GNV, PHEVs movidos a gasolina ou diesel, BEVs e FCEVs. Como os dados de vendas e uso de FCEVs são escassos, os valores de consumo energético destes veículos vêm dos cálculos do modelo AFLEET do Argonne National Laboratory.¹³

CENÁRIOS

Quatro cenários foram modelados para essa análise. Eles mudam gradualmente de uma frota baseada em ICEVs para uma maior penetração de ZEVs até 2050. Os quatro cenários podem ser resumidos da seguinte forma:

- » **Baseline:** Este cenário representa a manutenção de tendências atuais, incorporando apenas as metas de emissão de dióxido de carbono e a eficiência energética compatíveis com a primeira fase das metas de veículos leves do programa MOVER.¹⁴ As vendas se concentram em ICEVs até 2050 com um leve aumento no uso de etanol para veículos leves.
- » **Transição Eclética:** Este cenário representa o atual caminho de descarbonização adotado pela maioria das montadoras e considera várias soluções, envolvendo uma combinação de biocombustíveis, biometano e hidrogênio verde, juntamente

11 Alvarez, *Documentação do modelo Roadmap v2.10*.
12 ADK Automotive, *Brazil's Light-duty Vehicle Registration Database, 2010-2020*, banco de dados; Jato Dynamics, *Venda de Carros de Passageiro e Veículos Comerciais Leves, 2021-2024*, banco de dados, <https://info.jato.com/pt-br/jato-brasil>.
13 Argonne National Laboratory, *Alternative Fuel Life-Cycle Environmental and Economic Transportation (AFLEET) Tool*, acessado em 6 de outubro de 2025, <https://afleet.esia.anl.gov/home/>.
14 André Cieplinski et al., *Política de Eficiência Energética Veicular do Programa MOVER*.

com BEVs e PHEVs.¹⁵ A participação dos BEVs nas novas vendas segue a mesma trajetória do cenário Baseline. A soma das participações de todas as tecnologias alternativas (BEVs, PHEVs, FCEVs e veículos movidos a GNV) é a mesma do cenário Eletrificação Moderada (discutido abaixo) em todos os segmentos de veículos. Contudo, há uma participação maior de PHEVs entre os veículos leves, além de uma participação maior de FCEVs e veículos movidos a GNV entre os veículos pesados. Aumentamos a participação do diesel à base de biomassa (biodiesel e óleo vegetal hidrogenado [HVO ou “diesel verde”]), misturado ao conjunto de combustíveis derivados do diesel, de acordo com os mandatos de mistura de biodiesel e a capacidade expandida de produção de diesel verde como um coproduto da produção de combustível de aviação sustentável (da sigla em inglês, SAF).

- » **Eletrificação Moderada:** Este cenário inclui maior penetração de BEVs em todos os segmentos, alinhados com as metas de eletrificação do México, Colômbia, Chile e Equador conforme esboçado no cenário Eletrificação de Cieplinski et al.¹⁶ Consideramos as mesmas proporções de mistura de biocombustível do cenário Baseline.
- » **Eletrificação Ambiciosa:** Esse cenário reflete uma adoção agressiva de ZEVs em todos os segmentos. A transição é coerente com um orçamento global de carbono compatível com um cenário de aquecimento bem abaixo de 2 °C.¹⁷ Consideramos as mesmas proporções de mistura de biocombustível do cenário Baseline.

A Tabela 2 resume a composição das vendas de veículos por tecnologia nos seis segmentos analisados em cada cenário, apresentados para os anos de 2030, 2040 e 2050. A tabela mostra apenas as novas tecnologias; as vendas restantes são principalmente de ICEVs.

15 Nayara Machado, “Brasil Aposta em Veículos Flex e Hidrogênio em Cenários para Transição”, *Eixos*, 1 de agosto de 2025, https://eixos.com.br/newsletters/dialogos-da-transicao/brasil-aposta-em-veiculos-flex-e-hidrogenio-em-cenarios-para-transicao/?utm_source=newsletters+eixos&utm_campaign=249bf32482-E-MAIL_CAMPAIGN_2025_08_01_08_57&utm_medium=email&utm_term=0_-249bf32482-505; André Catto, “Híbridos Flex: Por Que a Tecnologia Está no Centro dos R\$ 117 Bilhões de Investimentos das Montadoras”, *Globo.com*, 9 de março de 2024, <https://g1.globo.com/carros/noticia/2024/03/09/hibridos-flex-por-que-a-tecnologia-esta-no-centro-dos-r-117-bilhoes-de-investimentos-das-montadoras.ghtml>; Mário Sérgio Venditti, “Nossa Aposta é nos Automóveis com a Tecnologia Híbrido-Flex, Diz Diretor da Toyota do Brasil”, *Estadão Mobilidade*, 24 de abril de 2024, <https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-para-que-nossa-aposta-e-nos-automoveis-com-a-tecnologia-hibrido-flex-diz-diretor-da-toyota-do-brasil/>.

16 André Cieplinski et al., *A Transição Para Veículos Elétricos na Indústria Automotiva Brasileira e Seus Efeitos em Empregos e Renda* (Conselho Internacional de Transporte Limpo, 2025), <https://theicct.org/publication/a-transicao-da-industria-brasileira-para-veiculos-eletricos-e-seus-efeitos-em-emprego-e-renda-june25/>.

17 Arijit Sen et al., *Vision 2050 Strategies to Align Global Road Transport with Well Below 2° C* [Visão para 2050: estratégias para alinhar o transporte rodoviário global à meta bem abaixo de 2 graus Celsius] (Conselho Internacional de Transporte Limpo, 2023), <https://theicct.org/publication/vision-2050-strategies-to-reduce-gap-for-global-road-transport-nov23/>.

Tabela 2
Participação nas vendas de novas tecnologias por segmento de veículos nos quatro cenários em 2030, 2040 e 2050

			Baseline				Transição Eclética			Eletrificação Moderada			Eletrificação Ambiciosa		
		2025	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	
Motocicletas	BEVs	2%	20%	55%	90%	20%	55%	90%	20%	70%	100%	20%	100%	100%	
Carros de passeio	BEVs	4%	10%	26%	42%	10%	26%	42%	16%	40%	70%	30%	80%	99%	
	FCEVs	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	
	PHEVs	4%	10%	15%	15%	14%	29%	38%	10%	15%	10%	1%	1%	0%	
Veículos comerciais leves	BEVs	0%	1%	20%	40%	1%	20%	40%	9%	45%	71%	28%	95%	95%	
	FCEVs	0%	0%	0%	1%	1%	2%	3%	2%	5%	5%	2%	5%	5%	
	PHEVs	0%	0%	0%	0%	12%	43%	43%	4%	15%	10%	0%	0%	0%	
Caminhões médios	BEVs	1%	3%	6%	10%	10%	26%	42%	13%	48%	83%	28%	93%	93%	
	FCEVs	0%	0%	0%	0%	2%	10%	15%	2%	7%	7%	2%	7%	7%	
	ICE GNV	0%	0%	0%	2%	3%	19%	35%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	
Caminhões pesados	BEVs	1%	1%	3%	4%	1%	3%	4%	2%	15%	40%	18%	83%	92%	
	FCEVs	0%	0%	0%	0%	2%	10%	15%	2%	7%	8%	2%	7%	8%	
	ICE GNV	0%	0%	0%	1%	1%	10%	30%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	
Ônibus	BEVs	5%	10%	25%	41%	10%	25%	41%	21%	62%	92%	55%	92%	92%	
	FCEVs	0%	0%	0%	2%	5%	8%	8%	5%	8%	8%	5%	8%	8%	
	ICE GNV	0%	1%	1%	1%	11%	37%	51%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

No cenário Eletrificação Moderada, as projeções de BEVs baseiam-se nas metas de outros países latino-americanos, conforme observado anteriormente. As projeções de FCEVs seguem as projeções apresentadas no cenário Eletrificação Ambiciosa. As cotas de PHEVs para carros de passeio e veículos comerciais leves (LCVs, na sigla em inglês) são semelhantes às dos carros de passeio no cenário Baseline. As cotas de ICEVs movidos a GNV permanecem mínimas.

O cenário Transição Eclética foi projetado para manter a mesma parcela de tecnologias alternativas que o cenário Eletrificação Moderada, porém, com menos foco nos BEVs. Nesse caso, as cotas de BEVs são iguais às do cenário Baseline e o restante das vendas é distribuído entre PHEVs para veículos leves, e FCEVs e ICEVs movidos a GNV para veículos pesados. O objetivo dessa escolha é explorar uma estratégia mais coerente com as narrativas promovidas por alguns documentos do governo e pelas principais montadoras no Brasil.¹⁸ Em 2050, a participação somada de BEVs, FCEVs e PHEVs em carros de passeio é de 81% nos cenários Transição Eclética e Eletrificação Moderada. A participação dos BEVs no cenário Transição Eclética é de 42% (assim como no cenário Baseline), porém no cenário Eletrificação Moderada a participação dos BEVs é de 70%.

MISTURA DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Os cenários têm diferentes suposições com relação ao uso de biocombustíveis. A porcentagem de etanol, biodiesel e biometano usados está listada na tabela 3. Em

18 Centro Brasileiro de Relações Internacionais, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Banco Interamericano de Desenvolvimento e Centro de Economia Energética e Ambiental, *Neutralidade de Carbono Até 2050: Cenários para uma Transição Eficiente no Brasil*, 2023, https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-726/PTE_RelatorioFinal_PT_Digital_.pdf.

todos os quatro cenários, o uso de etanol chega a 62% em 2034 e permanece fixo até 2050. Essa porcentagem inclui tanto a mistura obrigatória de etanol anidro misturado à gasolina brasileira (mistura de 27% a 30%) quanto o etanol hidratado (E100) vendido diretamente nos postos de gasolina. As projeções gerais de uso de etanol baseiam-se em um relatório publicado recentemente pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE).¹⁹

Tabela 3
Evolução da taxa de mistura de biocombustível

	Baseline				Transição Eclética			Eletrificação Moderada			Eletrificação Ambiciosa		
	2025	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Etanol	56%	60%	62%	62%	60%	62%	62%	60%	62%	62%	60%	62%	62%
Biodiesel	15%	20%	20%	20%	20%	28%	37%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Biogas GNV	0%	1%	1%	1%	7%	15%	15%	1%	1%	1%	1%	1%	1%

Em todos os cenários, consideramos que a mistura de biodiesel aumente dos atuais 15% para os 20% estipulados para 2030.²⁰ O cenário Transição Eclética é o único que inclui contribuições de diesel verde. Trata-se de um coproduto da produção de SAF que pode ser usado em motores a diesel com taxas de mistura de até 100%. Citamos as projeções de mistura de biodiesel da EPE até 2034 e estimamos a produção de diesel verde com base nos anúncios de instalações de SAF durante esse período.²¹ Supomos que o diesel verde represente 50% do volume do produto de combustível destilado nas plantas de co-processamento de SAF, diesel verde e nafta. Projetamos um aumento linear no consumo de diesel à base de biomassa entre 2034 e 2050 até que a mistura total de diesel à base de biomassa atinja 37%. Esse cenário também projeta um aumento gradual do biometano de 0% em 2025 para 15% após 2040. Em um estudo futuro do ICCT, Rebouças et al. estimaram que a mistura máxima de biometano no gás fóssil seria de 18% para o Brasil nas próximas décadas.²² O 1% de biometano considerado nos outros cenários é a mistura obrigatória de biometano estipulada pela Lei do Combustível do Futuro.²³

Embora a mesma mistura de biocombustíveis seja considerada para os três cenários (Baseline, Eletrificação Moderada e Eletrificação Ambiciosa), espera-se que o volume total de biocombustíveis consumidos seja diferente. Como o cenário Eletrificação Ambiciosa pressupõe uma adoção mais rápida de BEVs, a frota circulante de ICEVs que podem usar biocombustíveis diminui até 2050. Por outro lado, os ICEVs compõem a maior parte da frota no cenário Baseline até 2050. Essas diferenças serão apresentadas na seção dos resultados.

19 EPE, *Nota Técnica: Descarbonização do Setor de Transporte Rodoviário, Intensidade de Carbono das Fontes de Energia*, 2025: 25, Tabela 4, https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-708/topico-770/NT-EPE-DPG-SDB-2025-03_Intensidade_de_Carbono_Transporte_Rodovi%C3%A1rio.pdf.

20 Lei No. 14.993, de 8 de outubro de 2024, https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14993.htm.

21 EPE, *Nota Técnica-Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis: 2024-2033*, 2023, https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-783/NT-EPE-DPG-SDB-2023-05_Investimentos_Custos_O_e_M_Bios_2024-2033.pdf.

22 Ana Beatriz Rebouças et al., *Are Natural Gas and Biomethane Effective Decarbonization Strategies for Heavy-Duty Vehicles in Brazil? A Life-cycle Greenhouse Gas Assessment* [Utilizar gás natural e biometano é uma boa estratégia para descarbonização de veículos pesados no Brasil? Uma análise de ciclo de vida dos gases de efeito estufa] (Conselho Internacional de Transporte Limpo, publicação futura).

23 Lei No. 14.993, de 8 de Outubro de 2024.

FATORES DE EMISSÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS

Arelada ao aumento do uso de etanol em ICEVs, a participação das matérias-primas usadas para produzir o biocombustível também muda. A Tabela 4 apresenta as intensidades de carbono do etanol de cana-de-açúcar e do etanol de milho no Brasil, bem como a evolução da participação dessas matérias-primas ao longo do tempo, o que mostra um pequeno aumento relativo do etanol de milho em relação ao etanol de cana-de-açúcar. As intensidades de carbono para a fase de produção, ou emissões WTT, do etanol são estimadas usando os valores médios do RenovaBio por rota para projetos certificados entre 2022 e 2024.²⁴ Ponderamos os fatores de emissão certificados pela participação do etanol anidro e hidratado consumido em 2023, o último ano com dados disponíveis.²⁵ Aproximadamente 90% do etanol consumido no setor de transportes é certificado pelo RenovaBio. Portanto, presumimos que esses valores refletem a composição de etanol atual e futura no Brasil. Os valores de mudança indireta no uso da terra (ILUC, na sigla em inglês) para o etanol de cana-de-açúcar e de milho baseiam-se nos valores atualizados do Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Internacional (CORSIA, na sigla em inglês).²⁶ As participações de matéria-prima entre cana-de-açúcar e milho foram estimadas pela EPE até 2034 e, depois disso, fixamos a participação.²⁷ O fator de emissão padrão para a gasolina no modelo Roadmap é 93,4 g CO₂e/MJ do poço à roda.

Tabela 4
Intensidade de carbono do etanol e participação por matéria-prima

	Emissões diretas	Emissões de ILUC	Emissões do poço à roda (total)	Participação das matérias-primas			
				2025	2027	2032	2034
	g CO ₂ e/MJ	g CO ₂ e/MJ	g CO ₂ e/MJ	%	%	%	%
Milho	32.5	26.2	58.7	24%	29%	31%	32%
Cana-de-açúcar	29.1	11	40.1	76%	71%	69%	68%
Média de emissões do poço à roda g CO ₂ e/MJ				44.5	45.4	45.9	46.0

Ao contrário do etanol, não há projeções oficiais para a evolução das matérias-primas do biodiesel no Brasil. Portanto, assumimos que a participação das matérias-primas observada em 2024 permanece fixa ao longo do tempo em todos os cenários.²⁸ O biodiesel produzido a partir de resíduos, como óleo de cozinha usado e gorduras animais, não tem um fator de emissão de ILUC associado. Utilizamos os valores de ILUC para as demais matérias-primas do CORSIA. Como apenas uma pequena parcela do biodiesel é certificada pelo RenovaBio e os resultados não são desagregados por matéria-prima, não utilizamos os valores do RenovaBio para as rotas do biodiesel. Em vez disso, obtemos os fatores de emissão de biodiesel do modelo GREET, usando

24 Agência Nacional do Petróleo, *Painel Dinâmico RenovaBio Certificação de Biocombustíveis*, acessado em 3 de outubro de 2025, <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibWVjNDcwYmEtZjU4Zi00ZmJmLTg2MWUtMjE5NTJmNjE3ZDNhliwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTtNGl0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>.

25 EPE, *Analysis of Biofuels' Current Outlook* [Análise de biocombustíveis: um panorama atual], acessado em 3 de outubro de 2025, <https://www.epe.gov.br/en/publications/publications/analysis-of-biofuels%E2%80%9999-current-outlook>.

26 Organização Internacional da Aviação Civil, *CORSIA Default Life Cycle Emissions Values for CORSIA Eligible Fuels* [Valores padrão de emissões em vida útil para combustíveis selecionados por CORSIA], 2025, <https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA%20Eligible%20Fuels/ICAO-document-06-Default-Life-Cycle-Emissions-June-2025.pdf>.

27 EPE, *Nota Técnica: Descarbonização do Setor de Transporte Rodoviário*.

28 Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, *Painel Dinâmico de Produtores de Biodiesel*, 24 de setembro de 2025, <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-e-mapa-dinamicos-de-produtores-de-combustiveis-e-derivados/painel-dinamico-de-produtores-de-biodiesel>.

alocação baseada em energia para óleo e farelo.²⁹ O fator de emissão padrão para o diesel no modelo Roadmap é 94,9 g CO₂e/MJ do poço à roda. A participação das matérias-primas na produção do biodiesel e suas respectivas intensidades de carbono estão listadas na Tabela 5.

Tabela 5
Intensidade de carbono do biodiesel e participação por matéria-prima

	Emissões diretas	Emissões de ILUC	Emissões do poço à roda (total)	Participação das matérias-primas
	g CO ₂ e/MJ	g CO ₂ e/MJ	g CO ₂ e/MJ	%
Óleo de soja	34.7	20.7	55.4	84%
Óleo de palma	35.5	36.6	72.1	2%
Óleo de canola	41.8	23.9	65.7	1%
Óleo de cozinha usado	19	0.0	19	2%
Gordura de origem animal	24.6	0.0	24.6	11%
Média de g CO ₂ e/MJ	33.3	18.3	51.7	

A intensidade de carbono do biometano também se baseia em diferentes matérias-primas ponderadas por sua participação, mostradas na Tabela 6. Devido aos níveis de produção muito limitados em 2025 e ao aumento projetado do uso de biometano em nossos cenários, sua intensidade média de carbono é baseada no potencial de produção de cada matéria-prima no país.³⁰ Toda matéria-prima de biometano foi considerada um resíduo. Assim, em contraste com as principais matérias-primas do etanol e do biodiesel, não há emissões de ILUC na produção do biometano.

A produção de biometano captura o metano que, de outra forma, seria liberado na atmosfera, o que explica as emissões negativas ou baixas na fase de produção. O fator de emissão padrão do modelo Roadmap para o GNV é de 69,7 g CO₂e/MJ do poço à roda.

Tabela 6
Intensidade de carbono do biometano e participação por matéria prima

	Emissões diretas	Emissões de ILUC	Emissões do poço à roda (total)	Participação das matérias-primas
	g CO ₂ e/MJ	g CO ₂ e/MJ	g CO ₂ e/MJ	%
Suíños	-191.7	0.0	-191.7	12%
Resíduos agrícolas	21.2	0.0	21.2	52%
Aterro sanitário	14.2	0.0	14.2	31%
Esgoto	29.4	0.0	29.4	5%
Média de g CO ₂ e/MJ	-7.2	0.0	-7.2	

Assim como no caso do etanol, as participações das matérias-primas na produção do hidrogênio devem mudar ao longo do tempo, como mostra a Tabela 7.³¹ A participação

29 Argonne National Laboratory, *REET: O Modelo de Gases de Efeito Estufa, Emissões Regulamentadas e Uso de Energia em Tecnologias*, software, 2023, <https://greet.anl.gov/index.php>.
30 Rebouças et al., *Natural Gas and Biomethane*.
31 Alvarez, *Documentação do modelo Roadmap v2.10*.

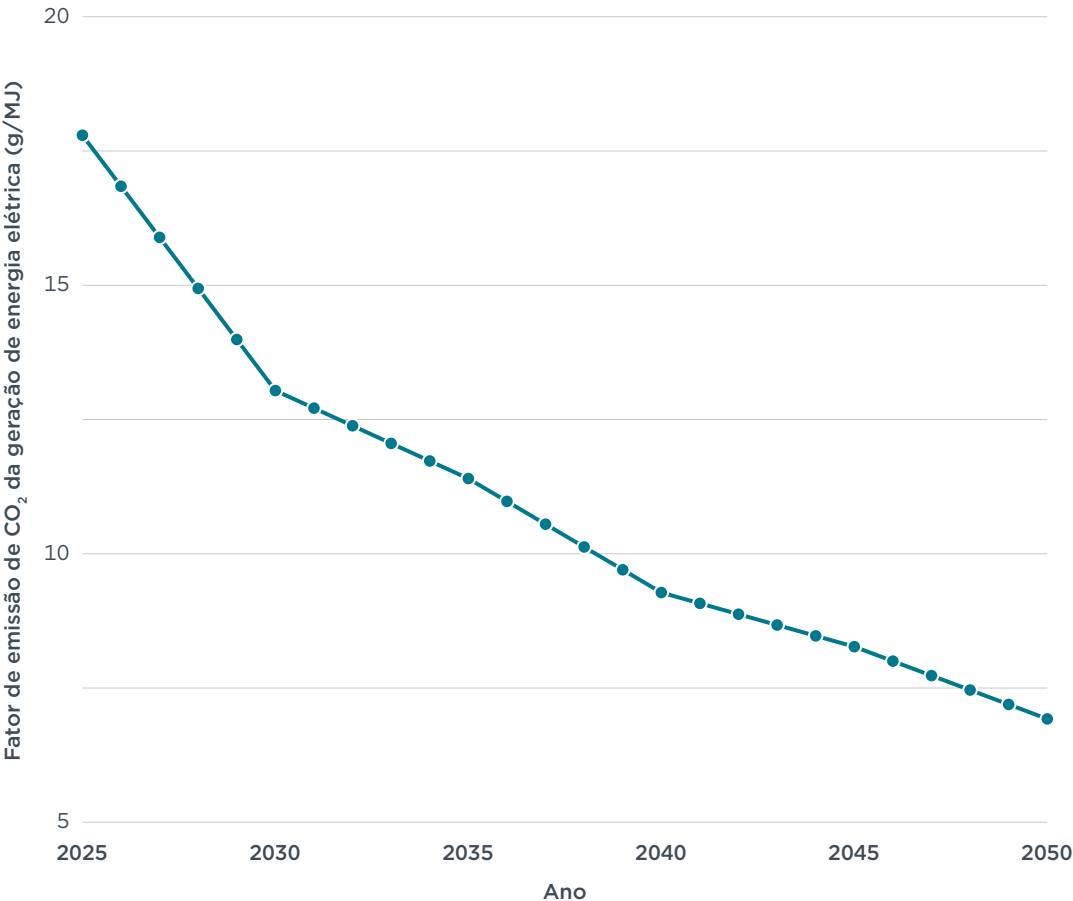
da energia elétrica renovável aumenta significativamente ao longo dos anos, fazendo com que a intensidade média de carbono do hidrogênio no Brasil seja reduzida pela metade entre 2030 e 2050.

Tabela 7
Intensidade de carbono do hidrogênio e participação por matéria prima

	Emissões do poço à roda (total)	Participação das matérias-primas		
	g CO ₂ e/MJ	2030	2040	2050
Gás natural	84.1	85%	52.5%	20%
Gás natural + captura de carbono	65.3	0%	10%	20%
Energia elétrica renovável	13.3	15%	37.5%	60%
Média de g CO ₂ e/MJ		73.5	55.7	37.9

A intensidade de carbono da produção de energia elétrica brasileira e sua projeção até 2050 são apresentadas na Figura 2.³²

Figura 2
Série temporal da intensidade de carbono da geração de energia elétrica, 2025-2050



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

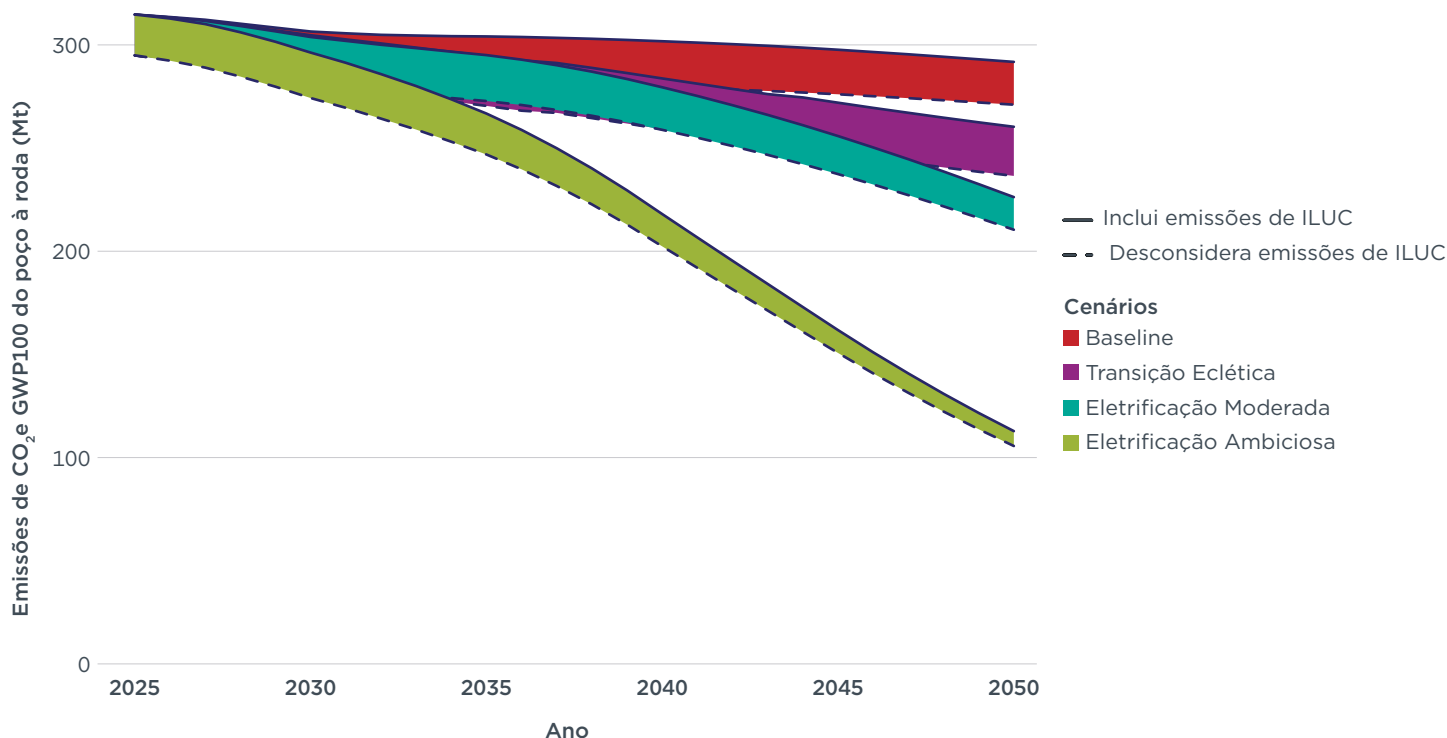
32 Agência Internacional de Energia, *World Energy Outlook 2023* [Panorama energético mundial 2023], 2023: 259-294, Anexo A, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>.

RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados da modelagem, comparando os quatro cenários em termos de emissões de GEE. Ele também separa as emissões entre os principais fatores que contribuem para redução das emissões de GEE.

A Figura 3 apresenta as projeções das emissões de CO₂e do poço à roda de 2025 a 2050 nos quatro cenários, mostrando os resultados com e sem as emissões de ILUC. Cada cenário é representado por uma faixa colorida, delimitada na parte superior por uma linha sólida e na parte inferior por uma linha tracejada. As linhas tracejadas indicam a evolução das emissões do cenário desconsiderando as emissões de ILUC. As linhas sólidas, por sua vez, as incluem.

Figura 3
Evolução das emissões de GEE nos quatro cenários, 2025-2050



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

Cada cenário conta com medidas de descarbonização únicas, o que resulta em evoluções distintas das emissões de GEE ao longo do tempo. Projeta-se que as emissões no cenário Baseline sejam as mais altas entre todos os cenários, com níveis de emissão em 2050 apenas 7% abaixo de 2025. O cenário Baseline não inclui nenhuma estratégia considerável para descarbonização, o que significa que a adoção de tecnologias alternativas segue apenas as tendências atuais.

No cenário Transição Eclética, o aumento de biocombustíveis, GNV e hidrogênio para caminhões pesados (HDTs, da sigla em inglês) e a maior adoção de PHEVs entre os veículos leves resultam em níveis de emissão em 2050 17% menores que em 2025, ambos considerando as emissões de ILUC.

O cenário Eletrificação Moderada mostra uma redução mais rápida nas emissões de GEE. Esse cenário inclui metas de vendas de BEVs alinhadas com as de outros países da América Latina. As projeções do modelo indicam que seguir essa estratégia levará a níveis de emissão em 2050 28% menores que em 2025.

Projeta-se que o cenário Eletrificação Ambiciosa seja o caminho mais eficiente para promover a descarbonização do setor de transporte rodoviário no Brasil. A transição acelerada para ZEVs com foco nos BEVs, combinada com a rede elétrica de baixa intensidade de carbono do Brasil, resulta em emissões 64% menores em 2050 que em 2025.

Conforme mencionado anteriormente, ILUC é um componente dos fatores de emissão dos biocombustíveis.³³ Não há consenso entre cientistas quanto aos valores absolutos das emissões de ILUC, pois as estimativas dependem do uso de modelos e podem variar de acordo com a metodologia utilizada.³⁴ Neste estudo, usamos as estimativas do CORSIA para as emissões de ILUC. Na contramão da regulamentação de combustíveis de diversos países, as políticas atuais do Brasil não consideram as emissões de ILUC nas metodologias de análise do ciclo de vida dos biocombustíveis produzidos no país.³⁵ Portanto, apresentamos nossas trajetórias de emissões com e sem emissões de ILUC. Essa abordagem visa investigar se poderia haver um cenário em que as estimativas de emissões que não levam em conta ILUC seriam menores que as de outro cenário que as inclua.

Os resultados mostram que, em 2050, as emissões dos cenários de maior eletrificação ficam abaixo das de uma transição eclética, mesmo que essa não inclua ILUC. Entretanto, a não contabilização do ILUC faz com que valores significativos de emissões sejam desconsiderados ao longo do tempo. As emissões acumuladas de ILUC entre 2025 e 2050 são de 590 Mt CO₂e no cenário Baseline, 631 Mt CO₂e no cenário Transição Eclética, 547 Mt CO₂e no cenário Eletrificação Moderada e 445 Mt CO₂e no cenário Eletrificação Ambiciosa.

A traça uma identidade Kaya adaptada, ou I=PAT, para o setor de transporte em todos os cenários.³⁶ Essa abordagem consiste em fatorar as emissões de dióxido de carbono em variáveis distintas que podem explicar o que está causando suas variações. Nessa figura, decompomos as emissões de dióxido de carbono na intensidade média de carbono da fonte energética (combustíveis e energia elétrica), na eficiência energética, distância percorrida e no tamanho da frota. Todos os segmentos de veículos compõem as médias da frota, que são ponderadas pelo número de veículos.³⁷

33 André Cieplinski e Carmen Araújo, "Impacto Ambiental dos Biocombustíveis no Brasil: O que Ficou de Fora? *Blog da Equipe do Conselho Internacional de Transporte Limpo*, 28 de março de 2023, <https://theicct.org/impacto-ambiental-biocombustiveis-brasil-mar23>.

34 Organização da Aviação Civil Internacional, *CORSIA Eligible Fuels - Life Cycle Assessment Methodology* [Metodologia de avaliação do ciclo de vida de combustíveis adotados por CORSIA], 2024: 217, Tabela 115, https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/CORSIA/Documents/SCS-Evaluation/CORSIA_Supporting_Document_CORSIA-Eligible-Fuels_LCA_Methodology_V6.pdf.

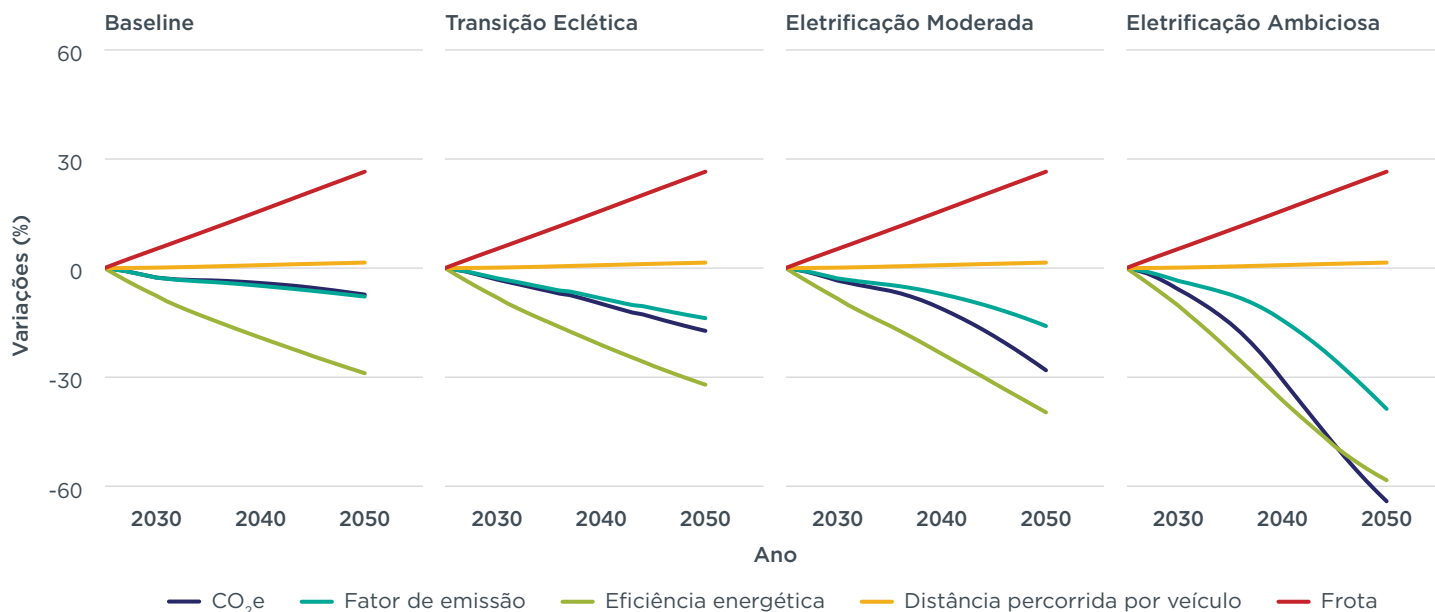
35 Nikita Pavlenko e Carmen Araujo, *Oportunidades e Riscos Para Expansão Continuada de Biocombustíveis no Brasil* (Conselho Internacional de Transporte Limpo, 2019), <https://theicct.org/publication/oportunidades-e-riscos-para-a-expansao-continuada-dos-biocombustiveis-no-brasil/>

36 Significa Impacto = População, Afluência e Tecnologia.

37 A decomposição é uma identidade declarada como: $CO_2 = \frac{CO_2}{PJ} \cdot \frac{PJ}{km} \cdot \frac{km}{veh} \cdot fleet$. Da esquerda para a direita, esses termos são: a intensidade de carbono das fontes de energia, a eficiência energética da frota, o nível médio de atividade por veículo e o tamanho da frota.

Figura 4

Contribuição de diferentes variáveis para a emissão de GEE



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

A evolução do tamanho da frota e da intensidade do uso de veículos é a mesma em todos os cenários. Portanto, os principais fatores que contribuem para a diferença entre as projeções de emissão de dióxido de carbono entre os cenários são o fator de emissão da fonte de energia do veículo e a eficiência energética da frota.

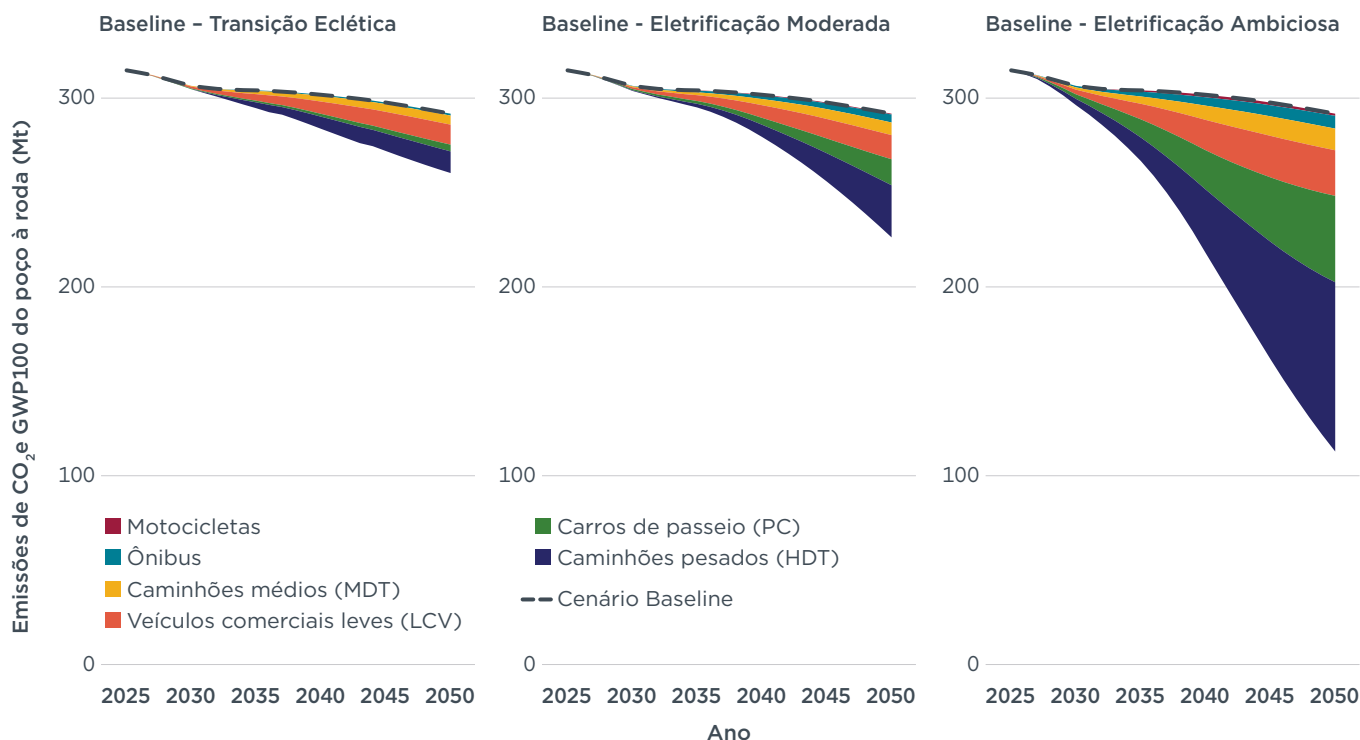
No cenário Baseline, a melhoria da eficiência energética da frota e a transição singela para fontes de energia de baixo carbono (biocombustíveis e eletricidade) são contrabalançadas pelo crescimento da frota e da distância percorrida por veículo, fazendo com que as emissões de GEE diminuam em um ritmo lento. No cenário Transição Eclética, não há aumento na adoção de BEVs frente ao cenário Baseline. Os pequenos ganhos de eficiência energética frente ao Baseline, são causados pela maior adoção de PHEVs. No entanto, há um aumento considerável no uso de biocombustível e hidrogênio entre os HDTs e os caminhões médios (MDTs), o que contribui para uma redução mais rápida do fator de emissão no cenário Transição Eclética que no cenário Baseline, fazendo com que as emissões de GEE diminuam de forma mais significativa.

A transição mais rápida para ZEVs nos cenários Eletrificação Moderada e Eletrificação Ambiciosa resulta em ganhos significativos de eficiência energética, bem como uma forte redução no fator de emissão das fontes energéticas e, consequentemente, nas emissões de GEE. Em outras palavras, quanto mais rápida for a transição para ZEVs, maior será a quantidade de emissões de GEE evitadas. Isso ocorre porque os BEVs consomem menos energia que os ICEVs. Além disso, a rede de produção de energia elétrica do Brasil tem uma baixa intensidade de carbono, conforme apresentado na Figura 2.

A Figura 5 mostra a contribuição de cada segmento na redução das emissões em relação ao cenário Baseline até atingir os níveis de emissão projetados para os cenários Transição Eclética, Eletrificação Moderada e Eletrificação Ambiciosa. As linhas na parte superior das áreas coloridas indicam as emissões do cenário Baseline, enquanto as linhas inferiores indicam as emissões do respectivo cenário de cada painel. As faixas coloridas entre essas linhas representam a contribuição de cada segmento para as

reduções de emissões. Quanto maior a largura de um segmento, maior a redução projetada em relação ao cenário Baseline.

Figura 5
Reduções de emissões de GEE por segmento de veículo em relação ao cenário Baseline



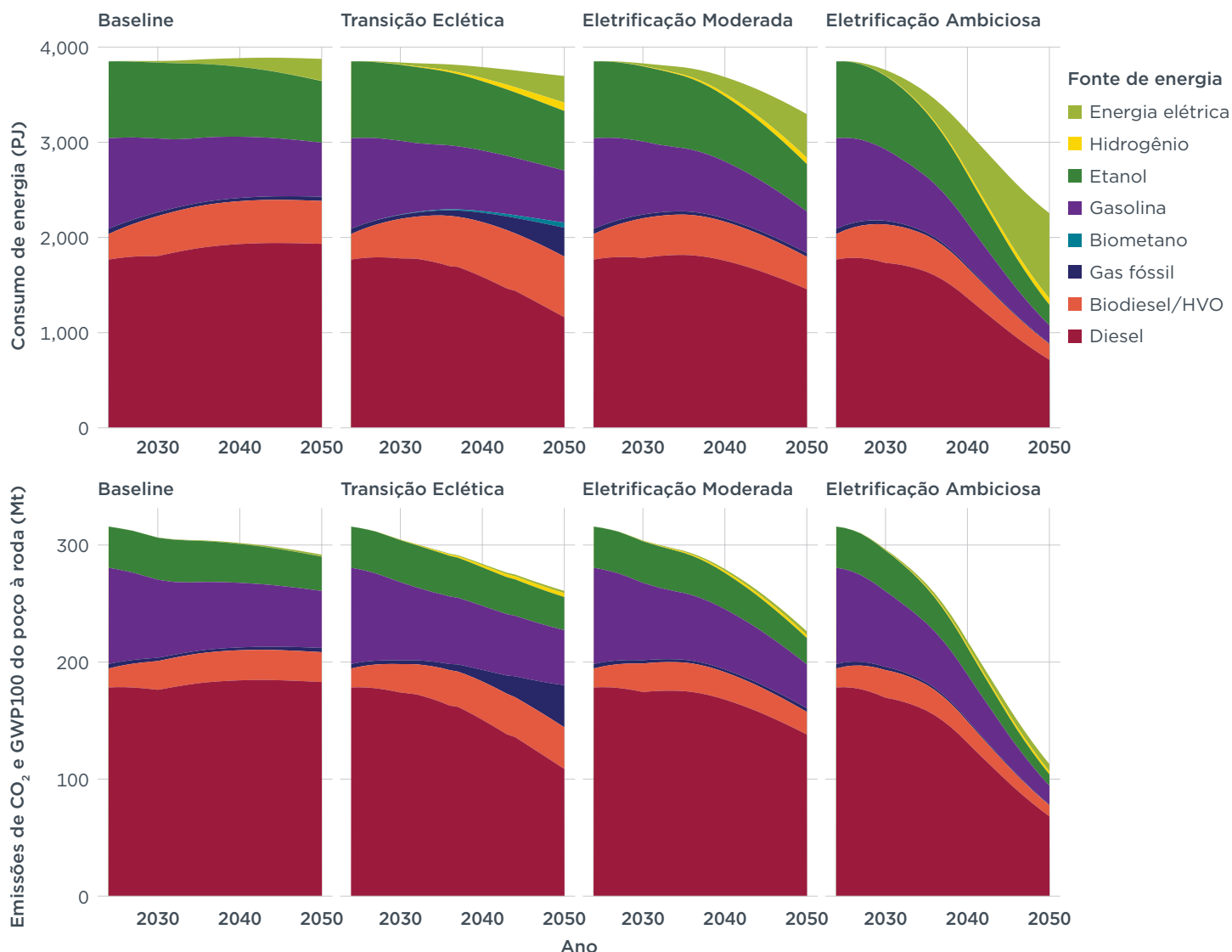
CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

As emissões evitadas de HDVs (HDTs e MDTs) e LCVs desempenham um papel importante na transição para um setor de transporte rodoviário com menor intensidade de carbono. A diferença entre os cenários Baseline e Transição Eclética é explicada, principalmente, pelas reduções de emissões nesses segmentos, que, normalmente, são baseados em veículos a diesel que percorrem longas distâncias e, portanto, com alto consumo de energia. As principais diferenças entre os cenários Baseline e Transição Eclética são o aumento do uso de biodiesel, a expansão dos FCEVs e dos veículos movidos a GNV nos segmentos de caminhões médios e pesados (HDTs e MDTs) e a adoção mais ampla de FCEVs no segmento de veículos leves (LDVs). Essas medidas afetam mais os segmentos de caminhões pesados (HDTs), caminhões médios (MDTs) e veículos leves (LCVs). À medida que comparamos o cenário baseline com os cenários Eletrificação Moderada e Eletrificação Ambiciosa, a importância relativa dos carros de passeio (PCs) na descarbonização aumenta proporcionalmente à velocidade da transição para veículos de emissão zero (ZEVs). Essa dinâmica é representada no primeiro painel (esquerda), onde os segmentos dependentes de diesel dominam, enquanto no cenário Eletrificação Ambiciosa (direita), as emissões evitadas são distribuídas de forma mais uniforme em todos os segmentos. As motocicletas continuam contribuindo pouco devido aos seus baixos níveis de emissão em relação aos outros segmentos, mesmo no cenário Baseline.

A Figura 6 ilustra a evolução do consumo total de energia (painéis superiores) e das emissões de CO₂e (painéis inferiores) por fonte de energia em todos os cenários. Cada fonte de energia é representada por uma cor. A largura de cada faixa de cor representa a quantidade de energia ou de emissões relativa a cada fonte de energia.

Figura 6

Evolução do consumo de energia (acima) e das emissões de GEE (abaixo) por fonte



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

Os resultados mostram que, tanto no cenário Baseline quanto no Transição Eclética, a demanda total de energia permanecerá aproximadamente constante entre 2025 e 2050. Conforme mostrado na Figure 4, esse processo é explicado pelas lentas melhorias na eficiência energética da frota, compensadas pelo aumento da frota. Apesar da adoção mais lenta dos BEVs em comparação com os outros cenários, é possível observar um aumento na demanda de energia elétrica ao longo do tempo nos cenários Baseline e de Transição eclética. A expansão do biodiesel, do GNV e do biometano em relação ao diesel é notável no cenário Transição Eclética, que também mostra um aumento na demanda de hidrogênio. Essa transição tem um impacto na evolução das emissões de CO₂e, que diminuem mais rapidamente no cenário Transição Eclética do que no cenário Baseline.

Há uma redução considerável na demanda geral de energia nos cenários Eletrificação Moderada e Eletrificação Ambiciosa. Os ganhos de eficiência energética em função da transição mais rápida dos veículos de emissão zero (ZEV) superam o crescimento da frota, reduzindo a demanda geral de energia. Nesses cenários, o aumento da demanda de eletricidade é notável, mas sua participação nas emissões totais continua a ser

menos significativa do que a dos combustíveis líquidos, devido à baixa intensidade de carbono da matriz elétrica no Brasil.

O modelo projeta uma demanda de combustível fóssil no cenário Eletrificação Ambiciosa em 2050, embora nenhum novo veículo com motor de combustão seja vendido nesse ano. Essas emissões e o consumo de combustíveis fósseis são provenientes da frota de ICEVs (ICEVs) em circulação.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Neste estudo, modelamos as emissões de dióxido de carbono, no ciclo do poço à roda, do setor de transporte rodoviário brasileiro em quatro cenários entre 2025 e 2050. O cenário Baseline projeta os níveis de emissão mais altos até 2050 e mantém as tendências atuais sem a adoção de medidas adicionais de descarbonização. As emissões projetadas para 2050 estão apenas 7% abaixo do nível de 2025. O cenário Transição Eclética avalia um aumento nas misturas de biocombustíveis, uma maior participação de mercado de PHEVs para carros de passeio e de FCEVs e ICEVs movidos a GNV para ônibus e caminhões pesados. As emissões estimadas para esse cenário em 2050 são 17% menores do que em 2025. O cenário Eletrificação Moderada inclui as mesmas misturas de biocombustíveis que o cenário Baseline e acrescenta metas de eletrificação alinhadas com as do México, Colômbia, Chile e Equador, que promovem uma redução de 28% das emissões de dióxido de carbono em 2050 com relação à 2025. O cenário Eletrificação Ambiciosa mantém o ritmo de eletrificação mais rápido em todos os segmentos de veículos, levando a níveis de dióxido de carbono em 2050 64% menores que em 2025, a maior redução de todos os cenários.

Como os BEVs têm maior eficiência energética, eles precisam de menos energia para percorrer a mesma distância e emitem menos CO₂e em comparação aos ICEVs.³⁸ A redução no consumo de energia proporcionada pela eletrificação é tal que, nos cenários Eletrificação Moderada e Eletrificação Ambiciosa, espera-se que a demanda total de energia até 2050 seja 14,5% e 41,5% menor, respectivamente, do que em 2025, apesar do crescimento de 27% da frota. A decomposição das emissões apresentada na identidade de Kaya demonstrou que a eletrificação pode melhorar tanto a eficiência energética da frota quanto os fatores de emissão das fontes de energia, devido à baixa intensidade de carbono da matriz elétrica brasileira.

Considerando esses resultados no contexto atual das políticas públicas para o setor automotivo brasileiro, essa análise sugere que a introdução de BEVs pode desempenhar um papel fundamental na redução das emissões das frotas de veículos do Brasil. A introdução de metas de eletrificação no Brasil, bem como metas de emissão mais rígidas na segunda fase (2028-2032) do programa MOVER, pode incentivar as vendas de BEVs e a sua produção nacional. Além disso, incentivos não financeiros, como o acesso a zonas de baixa ou zero emissão, privilégios de acesso a estradas e vagas de estacionamento exclusivas, podem oferecer um apoio eficaz para a eletrificação do transporte rodoviário urbano.

Os segmentos de veículos sujeitos a um uso mais intensivo, como HDVs e LCVs, são cruciais para a descarbonização do setor de transporte rodoviário. As frotas atuais destes segmentos usam, principalmente, diesel. Os HDTs, em particular, combinam o uso intensivo com uma longa vida útil, o que significa que muitos dos caminhões

38 Guido Haytzmman and André Cieplinski, *Tecnologias de Propulsão e Emissões de CO₂e: Comparação de Veículos Elétricos e Híbridos no Brasil* (Conselho Internacional de Transporte Limpo, 2025), <https://theicct.org/publication/pt-tecnologias-de-propulsao-e-emissoes-de-co2e-mar25/>.

vendidos nos próximos 10 anos ainda poderão estar em operação em 2050.³⁹ Nesse contexto, o aumento das misturas de biocombustível de baixo carbono, embora não seja um substituto para a eletrificação, poderia servir como uma medida transitória para reduzir as emissões da frota circulante. A eletrificação de veículos comerciais leves é mais fácil de implementar devido à sua operação urbana e à possibilidade de recarga em garagens, enquanto a eletrificação de veículos pesados continua sendo um desafio no Brasil, exigindo investimentos públicos e privados substanciais em redes de recarga além dos grandes centros urbanos. Considerando a importância dos veículos pesados para a descarbonização do setor de transportes do Brasil, é importante identificar os principais corredores e cidades para aumentar a disponibilidade de infraestrutura pública de recarga, a fim de estimular a eletrificação do segmento.

³⁹ Thiago Rodrigues, *Evolução do Mercado de Veículos Pesados no Brasil* (Conselho Internacional de Transporte Limpo, 2025), <https://theicct.org/publication/evolucao-do-mercado-de-veiculos-pesados-no-brasil-apr25/>.



www.icctbrasil.org.br

comunicacao@theicct.org

linkedin.com/icct-brasil

