INICIATIVAS E DESAFIOS ESTRUTURANTES PARA IMPULSIONAR A MOBILIDADE DE BAIXO CARBONO NO BRASIL ATÉ 2040

Estudo elaborado por LCA Consultores

Instituto MBCBrasil
MOBILIDADE DE BAIXO CARBONO

LCA

28 de outubro de 2025

Sumário

Apresentação

Cap. 1 – Projeções de frota e demanda por combustível

Cap. 2 – Demanda versus oferta esperada dos combustíveis

Cap. 3 – Políticas públicas

Sumário

Apresentação

Cap. 1 – Projeções de frota e demanda por combustível

Cap. 2 – Demanda versus oferta esperada dos combustíveis

Cap. 3 – Políticas públicas

O Brasil e os diversos caminhos para descarbonizar a mobilidade

- Premissa: **o Brasil pode adotar diferentes rotas tecnológicas para a descarbonização** explorando bem suas vantagens competitivas: **biocombustíveis** e **matriz elétrica preponderantemente renovável**.
- Caminho diversificado de **rotas que se complementam**, com destaque para **soluções locais com potencial para influenciar mercados externos**.
- No entanto, **vantagens competitivas são dinâmicas e não estanques**, e exigem **esforços contínuos** para que possam se consolidar em **escala** e **capacidade de inovação**.
- Este é o principal **objetivo** de nosso trabalho: por meio de textos especializados e, principalmente, **entrevistas com executivos**, buscaremos **identificar os desafios e as ações necessárias** para superá-los, algumas pelo próprio setor produtivo**,** outras **com apoio de políticas públicas**.

Estrutura do trabalho

C.1: Projeções de demanda por energéticos oriunda da mobilidade terrestre nacional.

C.2: Projeções da demanda advinda de outros segmentos, como o SAF para aviação (via etanol ou AtJ) e etanol marítimo; e oferta nacional desses energéticos.

C.3: Com base no balanço entre a demanda e oferta projetadas nos capítulos anteriores e em entrevistas com executivos são propostas políticas para superar os desafios e viabilizar os cenários apresentados.

Sumário

Apresentação

Cap. 1 – Projeções de frota e demanda por combustível

Cap. 2 – Demanda versus oferta esperada dos combustíveis

Cap. 3 – Políticas públicas

Capítulo 1

Projeções de frota e demanda por combustível

2040 trará avanços na frota de baixo carbono: eficiência de híbridos e eletrificação

Tecnologia flex segue predominante na frota, mas espera-se um aumento da participação de híbridos e elétricos no total de veículos leves. Em pesados (ônibus e caminhões), o *share* de motores de baixo carbono crescerá mais rápido na frota de ônibus.

Avanço do *share* de etanol hidratado e da mistura com anidro sustentam maior demanda por etanol em leves

Partindo do cenário base, a demanda por etanol será 1,4x maior em 2040 frente a 2025. A descarbonização em leves também terá apoio de veículos elétricos, cujo volume crescerá 26,1% a.a. até 2040.

Biometano e aumento da mistura de biodiesel no diesel serão essenciais ao segmento de pesados

Para a demanda de pesados em 2040, a redução de emissões se apoiará na maior demanda por biodiesel – sustentada pela mistura de 20% de biodiesel no diesel – e no avanço do biometano.

Fontes primárias e disclaimer

As projeções foram elaboradas pela LCA a partir de diversas fontes de mercados e modelos próprios.

Para mais detalhes sobre premissas, vide anexo ao final.

O foco do trabalho são os bioenergéticos e sua entrada em substituição gradual dos combustíveis fósseis.

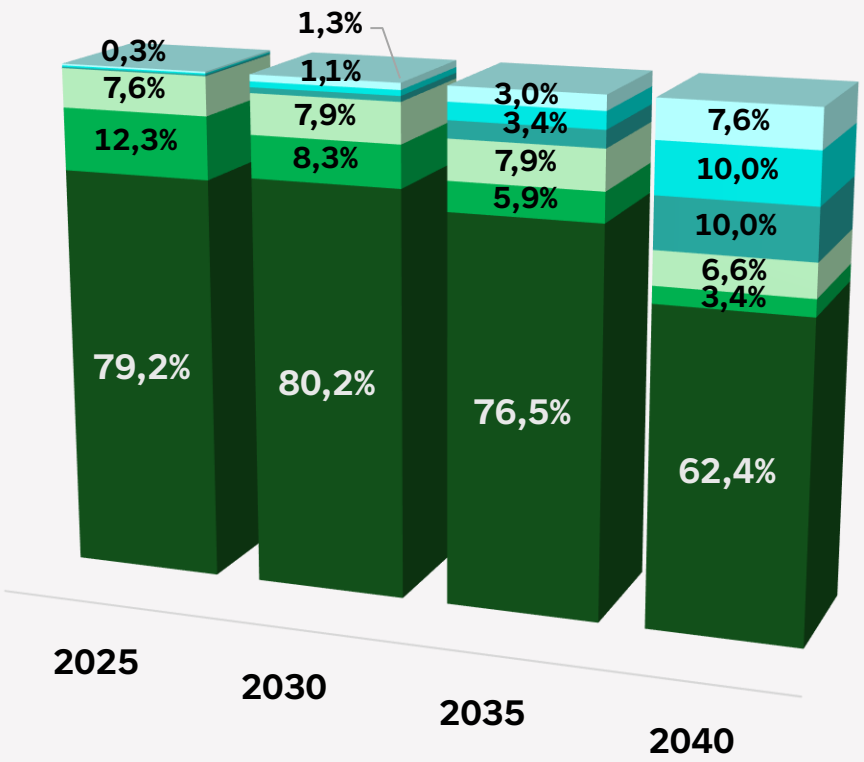
Os cenários de demanda para esses energéticos levam em conta premissas distintas de *market share* ou mandatos, sem alteração de eficiência energética.

Os dados utilizados para eficiência energética e consumo de combustível são provenientes de fontes como EPE, Inmetro (PBEV), AEA, estudos acadêmicos, dados divulgados por montadoras e entidades governamentais, referências sempre citadas.

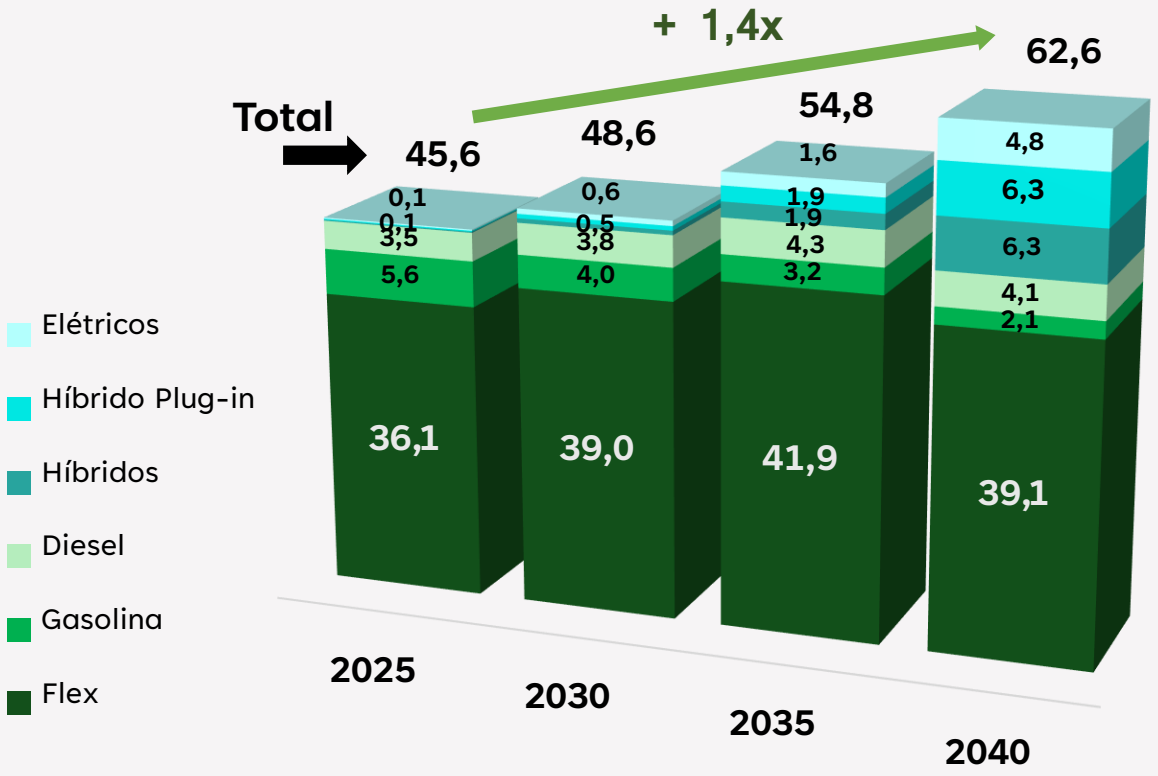
Boa leitura!

Projeção de frota | Veículos leves

Frota por combustível (% do total)



Frota por combustível (milhões de unidades)

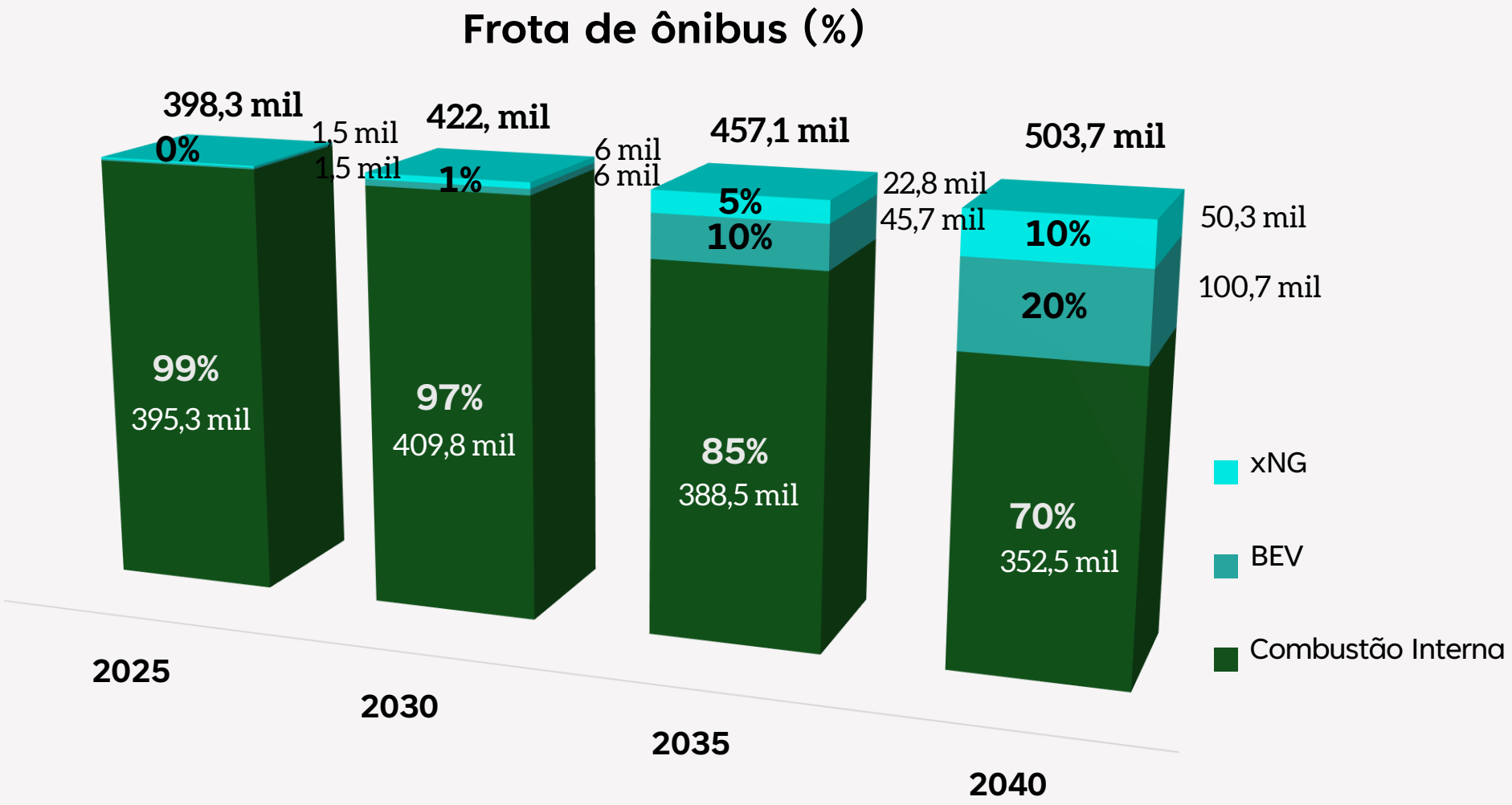


Motores *flex* seguem predominantes no estoque de veículos leves em 2040, mas cedem espaço crescente para **híbridos (incluindo *plug-in*) e elétricos.**

Fonte: EPE (2024) Demanda de Energia dos veículos leves: 2025 a 2034; Anfavea e dados MBCB. Elaboração: LCA.

Projeção de frota | Veículos pesados: Ônibus

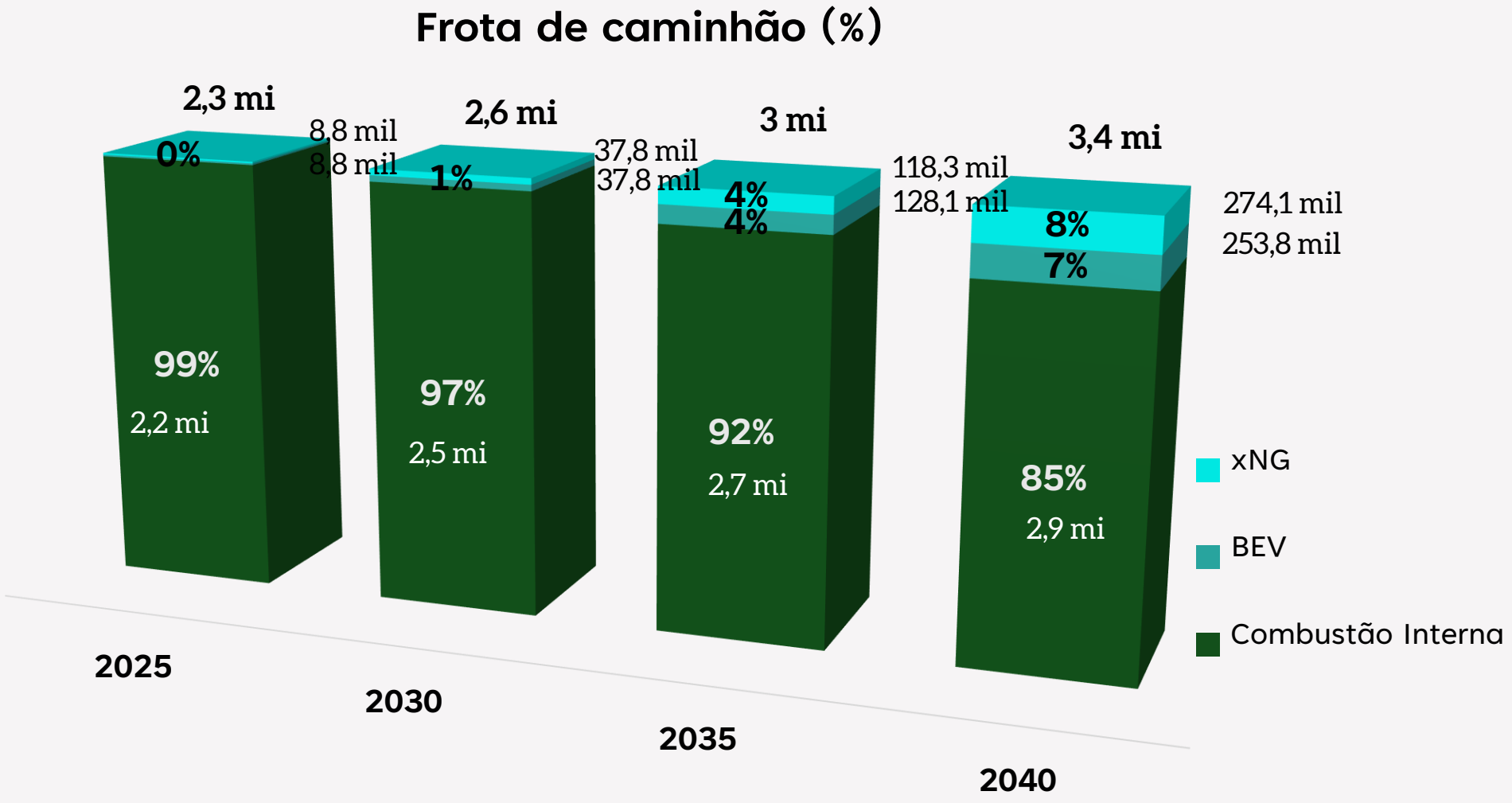
Frota total de ônibus deverá **crescer 26,5%: de 2025 a 2040;** *share* de BEV (sobretudo) e gás (xNG) cresce rapidamente.



Fonte: Anfavea e dados MBCB. Elaboração: LCA. xNG = motores movidos a gás natural ou biometano.

Projeção de frota | Veículos pesados: Caminhões

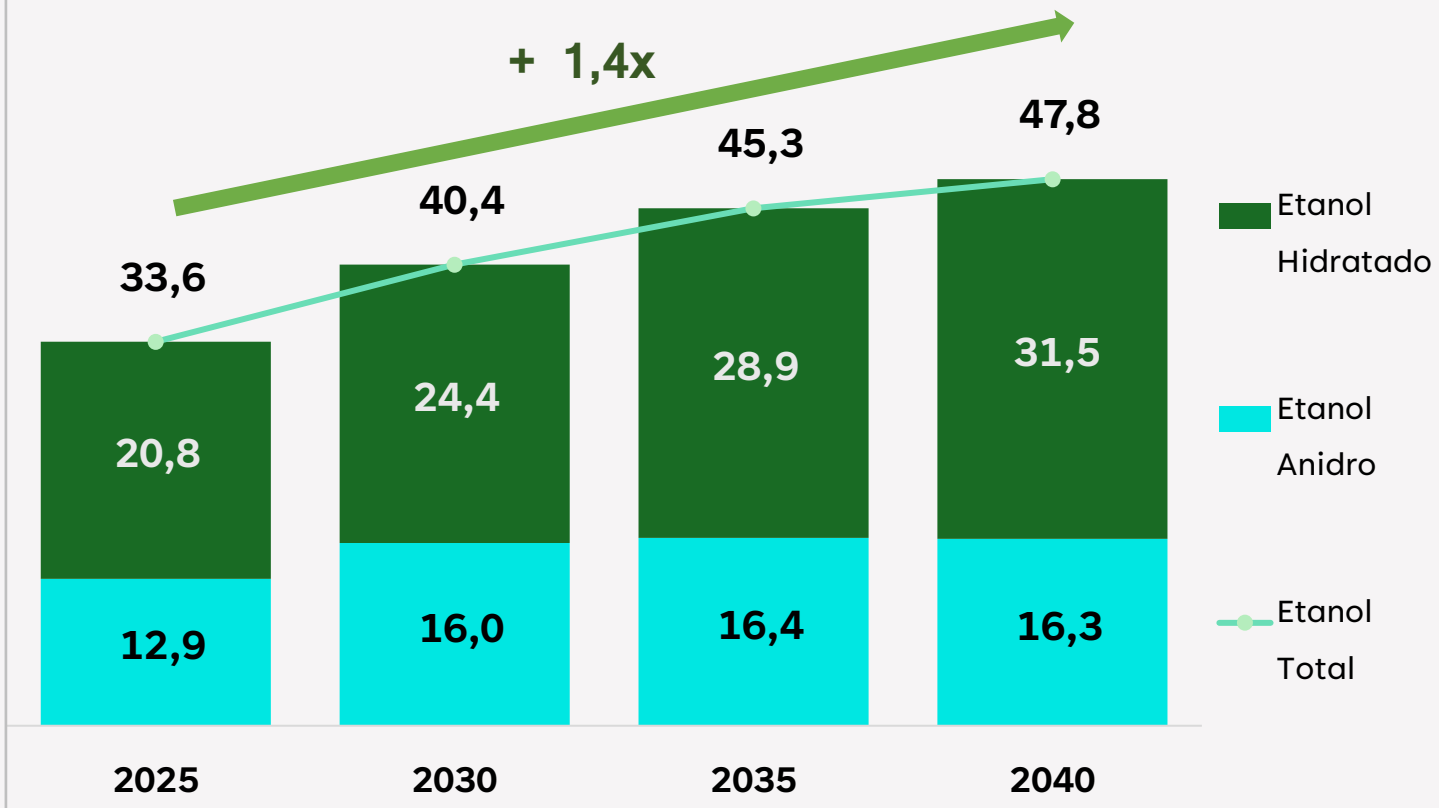
Frota de caminhões cresce mais rápido **(alta de 47,8%)**, mas *share* dos modelos sustentáveis cresce mais lentamente.



Fonte: Anfavea e dados MBCB. Elaboração: LCA. xNG = motores movidos a gás natural ou biometano.

Demanda por combustível | Veículos leves – **Cenário Base**

Etanol para ciclo Otto (bilhões de litros) (*)

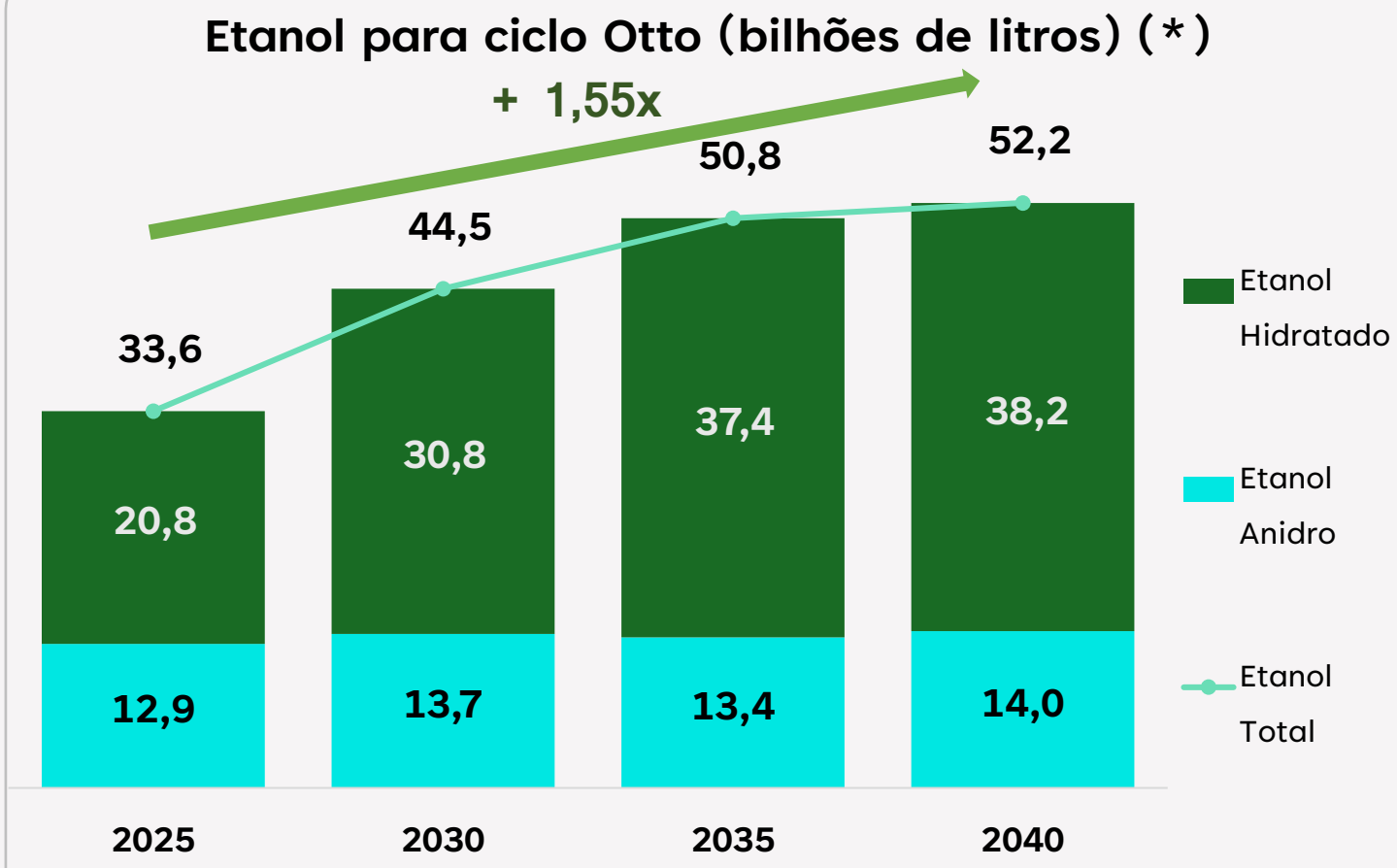


Variação 2025-40 (%a.a.)
+2,8%
+1,6%
+2,4%

Ano	*Market Share* Etanol Hidratado no Flex Fuel[1]	% Anidro[2]
2025	36,4%	28%
2030	39,3%	35%
2035	42,1%	35%
2040	45,0%	35%

Elaboração: LCA. [1] Parâmetro do market share no flex fuel é referente ao uso do Etanol Hidratado em substituição à gasolina C. Nomenclatura usada em nota técnica da EPE "Descarbonização do Setor de Transporte Rodoviário Intensidade de carbono das fontes de energia" (2025, p.31 – Tabela 4). [2] Gasolina C passou a conter 30% de Etanol Anidro (E30) a partir de ago/25, saindo de 27,5% entre jan-julho. Assim, em média, o mix foi de 28% em 2025. Conforme a Lei Combustível do Futuro, a mistura de Etanol Anidro pode chegar até 35%. (*) Ciclo Otto inclui o álcool anidro utilizado em motocicletas.

Demanda por combustível | Veículos leves – **Cenário Alternativo**



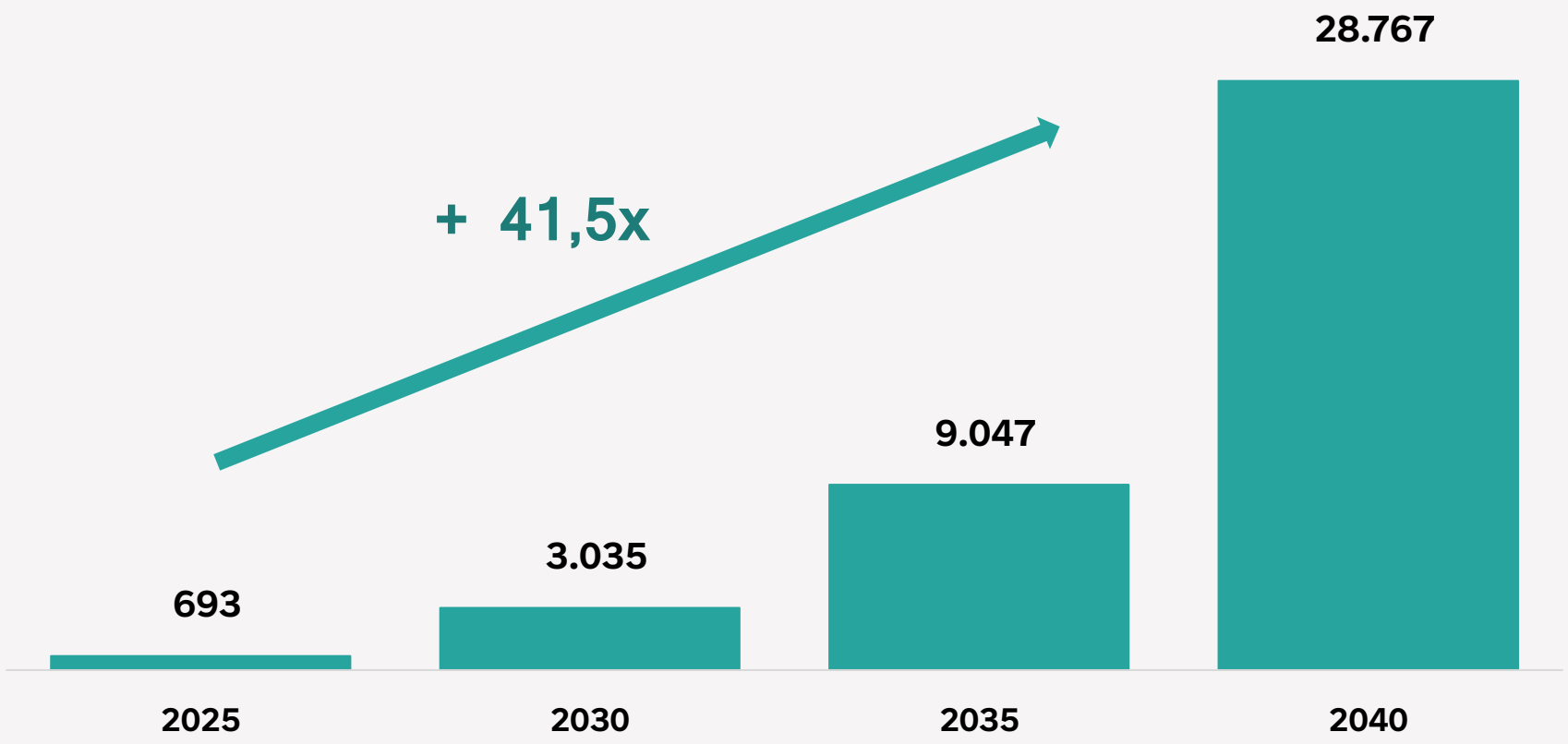
Variação 2025-40 (%a.a.)
+4,2%
+0,6%
+3%

➢ **No cenário alternativo, o ganho de *share* do etanol hidratado x gasolina é maior**

Ano	*Market Share* Etanol Hidratado no Flex Fuel[1]	% Anidro[2]
2025	36,4%	28%
2030	49,6%	35%
2035	54,6%	35%
2040	54,6%	35%

Elaboração: LCA. [1] Parâmetro do market share no flex fuel é referente ao uso do Etanol Hidratado em substituição à gasolina C. Nomenclatura usada em nota técnica da EPE "Descarbonização do Setor de Transporte Rodoviário Intensidade de carbono das fontes de energia" (2025, p.31 – Tabela 4). [2] Gasolina C passou a conter 30% de Etanol Anidro (E30) a partir de ago/25, saindo de 27,5% entre jan-julho. Assim, em média, o mix foi de 28% em 2025. Conforme a Lei Combustível do Futuro, a mistura de Etanol Anidro pode chegar até 35%. (*) Ciclo Otto inclui o álcool anidro utilizado em motocicletas.

Demanda por eletricidade | Veículos leves



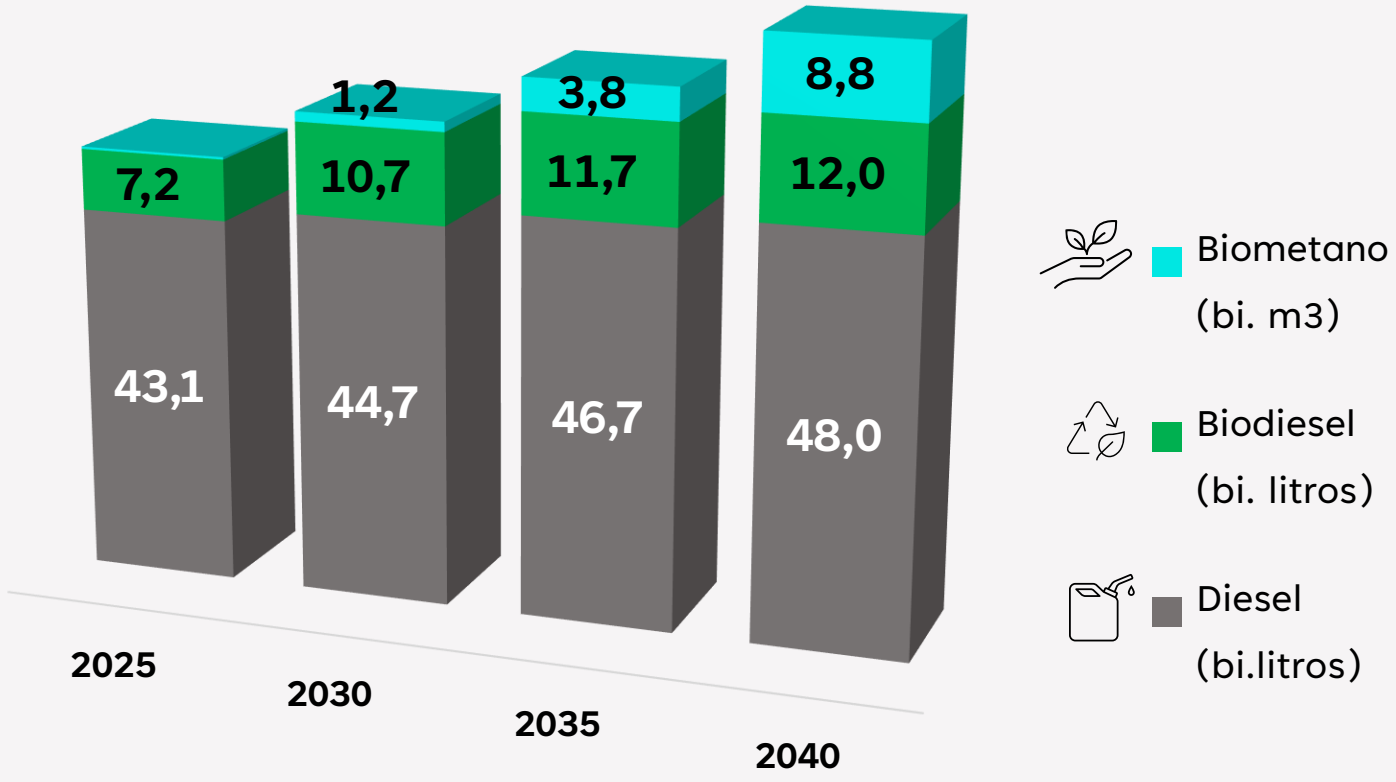
A demanda por eletricidade para veículos leves saltará de 693 GWh em 2025 para 28,7 mil GWh em 2040.

Salto de 28,2% a.a.

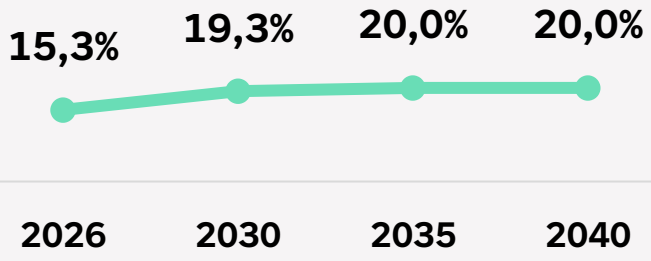
Elaboração: LCA.

Demanda por combustível | Pesados – **Cenário Base**

Combustível (em bilhões de litros e bilhões de m³)



Mistura Biodiesel[1]



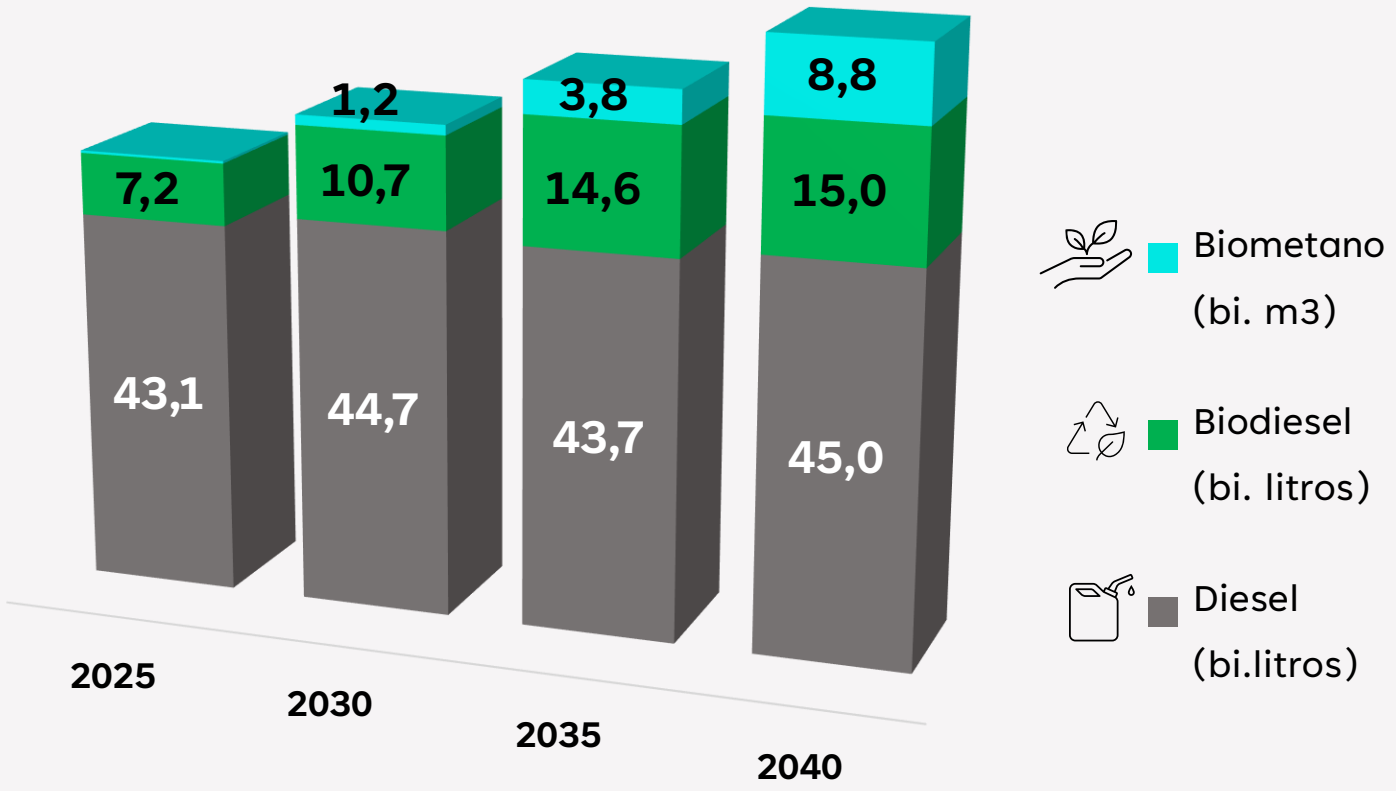
[1] Com base na Lei do Combustível do futuro, B15 está vigente a partir de agosto de 2025. Por isso, o percentual da mistura de biodiesel comercializada ao longo do ano de 2025 é proporcional. Nos anos sequenciais, a projeção do reajuste na mistura de biodiesel também ocorreria em agosto de cada ano.

No cenário base, a mistura máxima do biodiesel no diesel comercializado é de 20%.

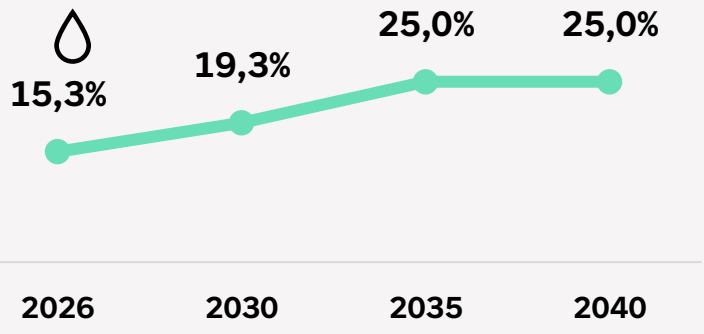
Elaboração: LCA.

Demanda por combustível | Pesados – **Cenário Alternativo**

Combustível (em bilhões de litros e bilhões de m³)



Mistura Biodiesel[1]

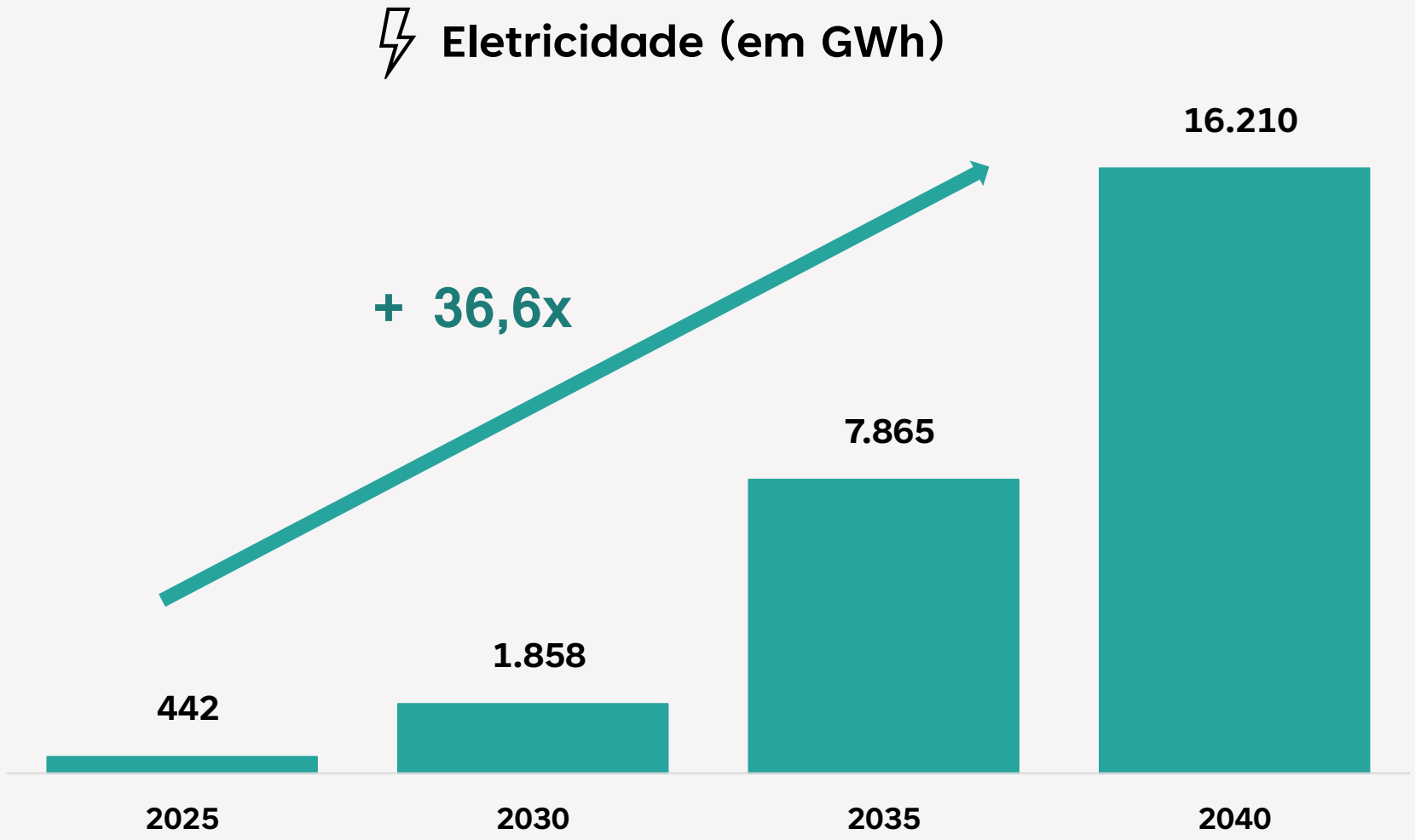


[1] Vide nota anterior.

➢ **No cenário alternativo, a mistura de biodiesel no diesel cresce a 25% já em 2035.**

Elaboração: LCA.

Demanda por eletricidade | Veículos pesados



A demanda por eletricidade para pesados também cresce:
Alta de 27,1% a.a. entre 2025 e 2040.

Elaboração: LCA.

Sumário

Apresentação

Cap. 1 – Projeções de frota e demanda por combustível

Cap. 2 – Demanda versus oferta esperada dos combustíveis

Cap. 3 – Políticas públicas

Capítulo 2

Demanda versus oferta esperada dos combustíveis

Ambientes terrestre, aéreo e marítimo demandarão etanol

Além de veículos leves, o etanol servirá como insumo para querosene sustentável de aviação (SAF via AtJ) e como combustível para navegação, caminhões off-road e máquinas agrícolas. Para atender a essa demanda, será necessário investir em inovações introduzidas pelo CTC para dobrar a produtividade no período.

Setor de elétricos requer a superação da infraestrutura incipiente

Difusão dos veículos elétricos requer forte investimento em eletropostos no país. Estima-se, entre 2025 e 2040, a necessidade de cerca de 807 mil novas estações de recarga de bateria para suprir a demanda do segmento de leves, automóveis e caminhões *last mile*.

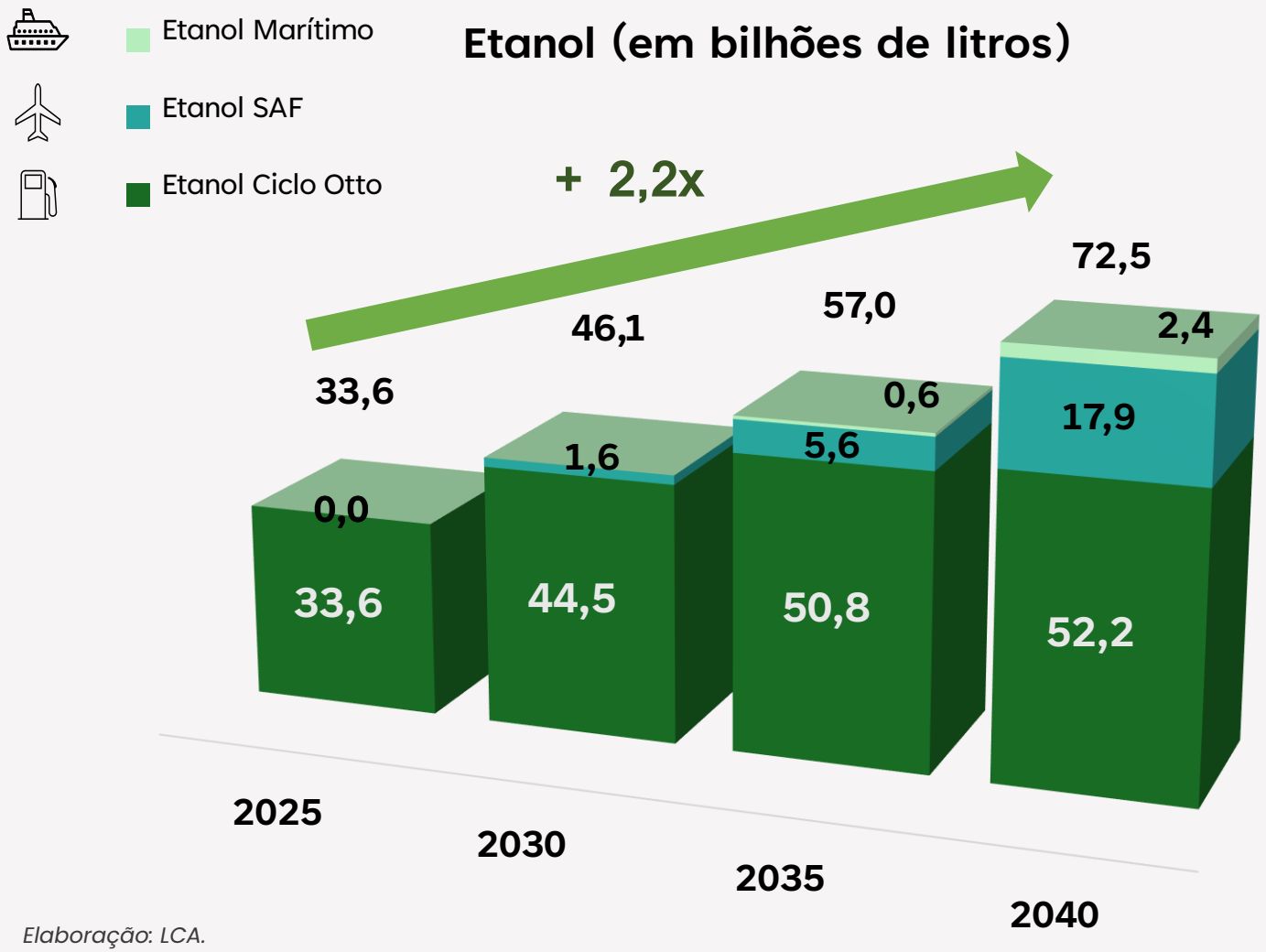
Descarbonização de pesados conta com avanços do biodiesel e o potencial do biometano

O biometano já é competitivo frente ao diesel e ao GNL no interior do país e deverá ganhar espaço na demanda de pesados. O elevado potencial de oferta (sobretudo em resíduos da cana) precisa ser ativado.

Etanol

Etanol | Demanda doméstica total - **Cenário Base**

- Demanda doméstica de etanol = Ciclo Otto (*) + Marítimo + SAF.
- Etanol substitui metanol em navegação e é utilizado como matéria-prima para SAF (rota AtJ complementando rota HEFA, mais competitiva).
- **Cenário base**: *Market share* de **etanol hidratado ganha espaço** sobre outros combustíveis fósseis.

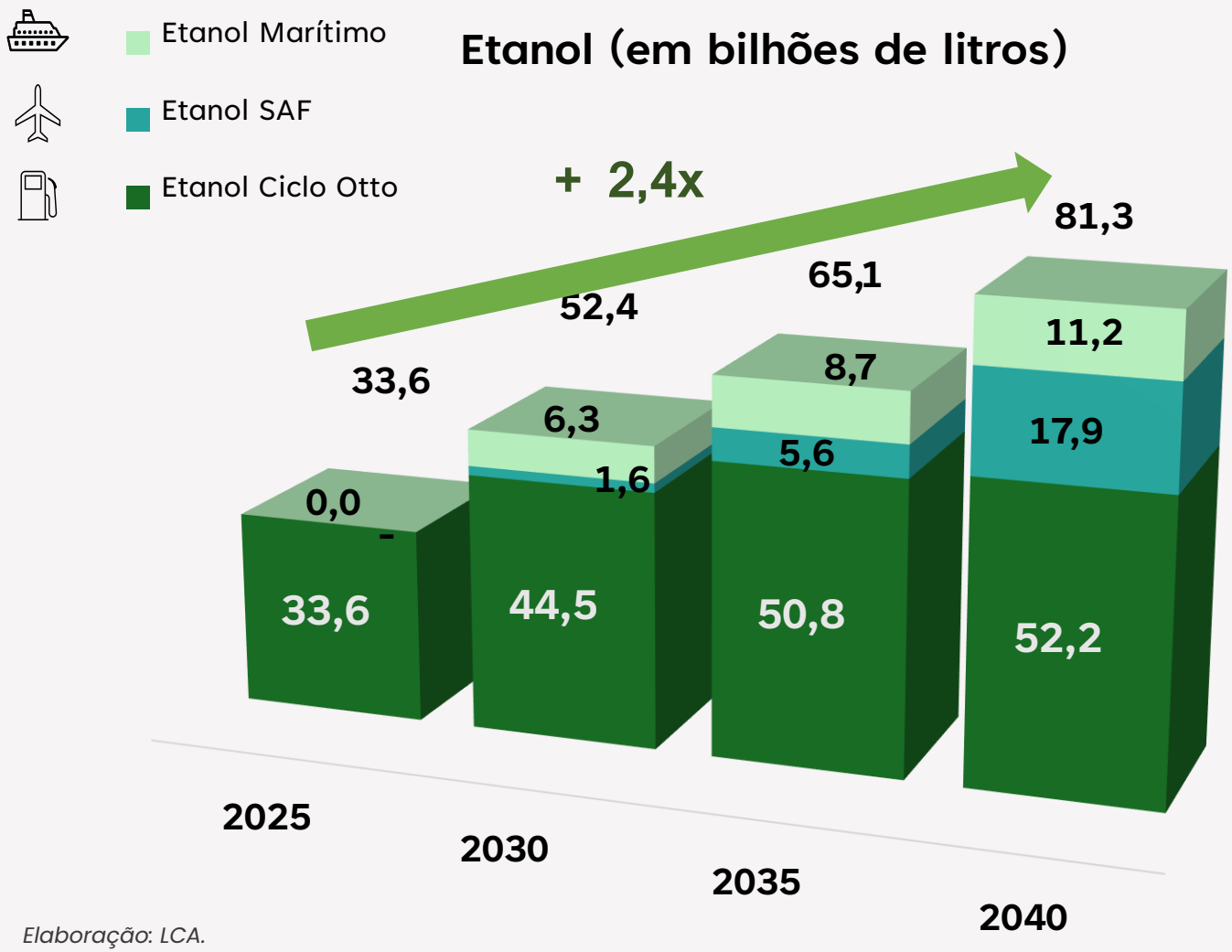


Elaboração: LCA.

(*) Ciclo Otto inclui veículos leves e outros usos (incluindo o álcool anidro para motos). Nas projeções, inclui também a demanda de caminhões off-road e máquinas agrícolas. Elaboração: LCA.

Etanol | Demanda doméstica total - **Cenário Alternativo**

- **Cenário Alternativo**: Idem para Ciclo Otto (*) e SAF, mas com **maior *share* de etanol para navegação** no lugar do metanol, com hipótese de substituição mais acelerada da motorização.



Elaboração: LCA.

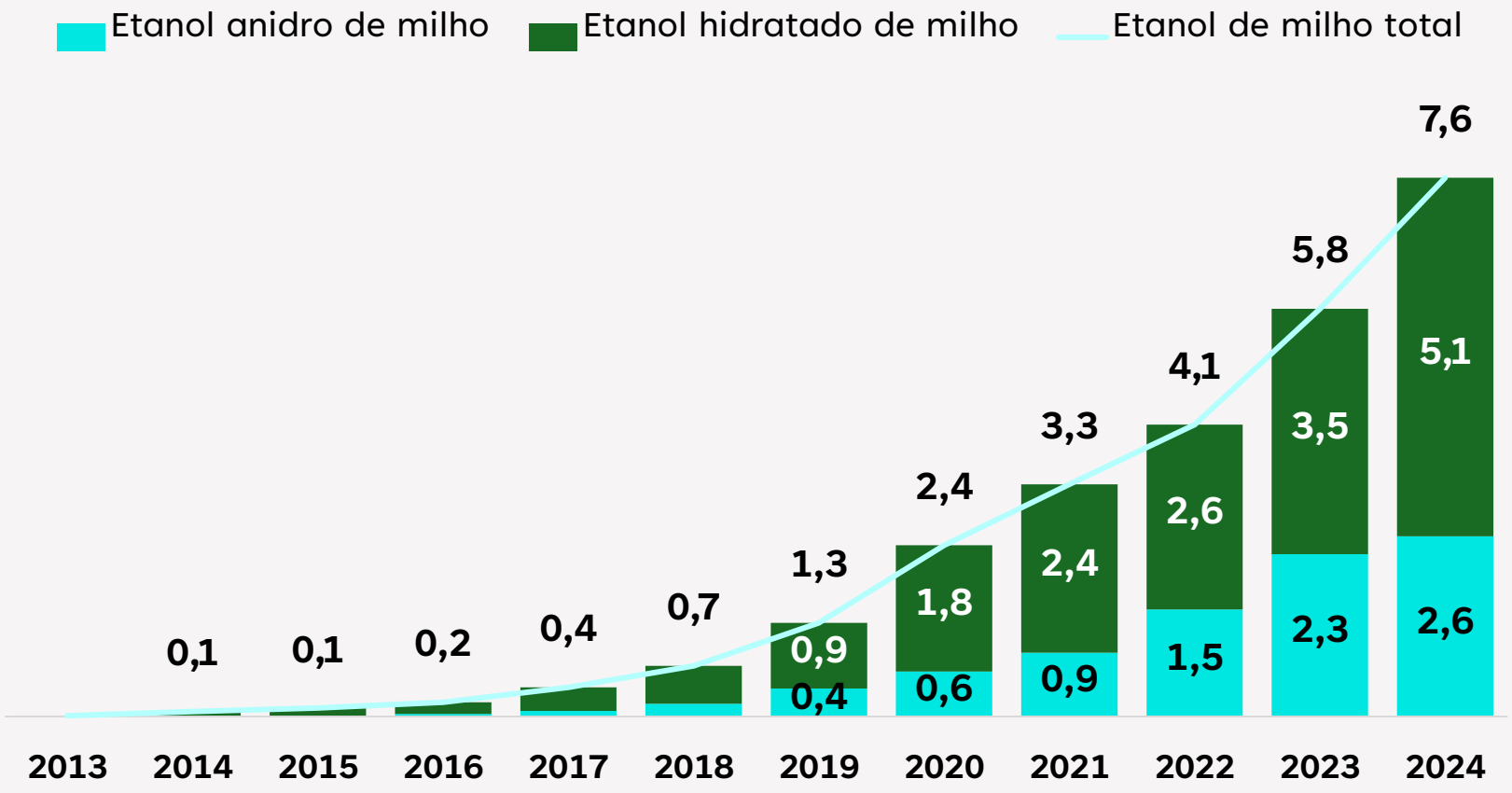
(*) Ciclo Otto inclui veículos leves e outros usos (incluindo o álcool anidro para motos). Nas projeções, inclui também a demanda de caminhões off-road e máquinas agrícolas. Elaboração: LCA.

Etanol | Produção de etanol de milho

- Crescimento exponencial do etanol de milho: de **10 milhões de litros em 2013 para 7,6 bilhões em 2024, ou 20% da produção total** de etanol nacional[1].

- São 24 usinas no CO, com presença no SE e Sul; **produção pode triplicar em 15 anos**.

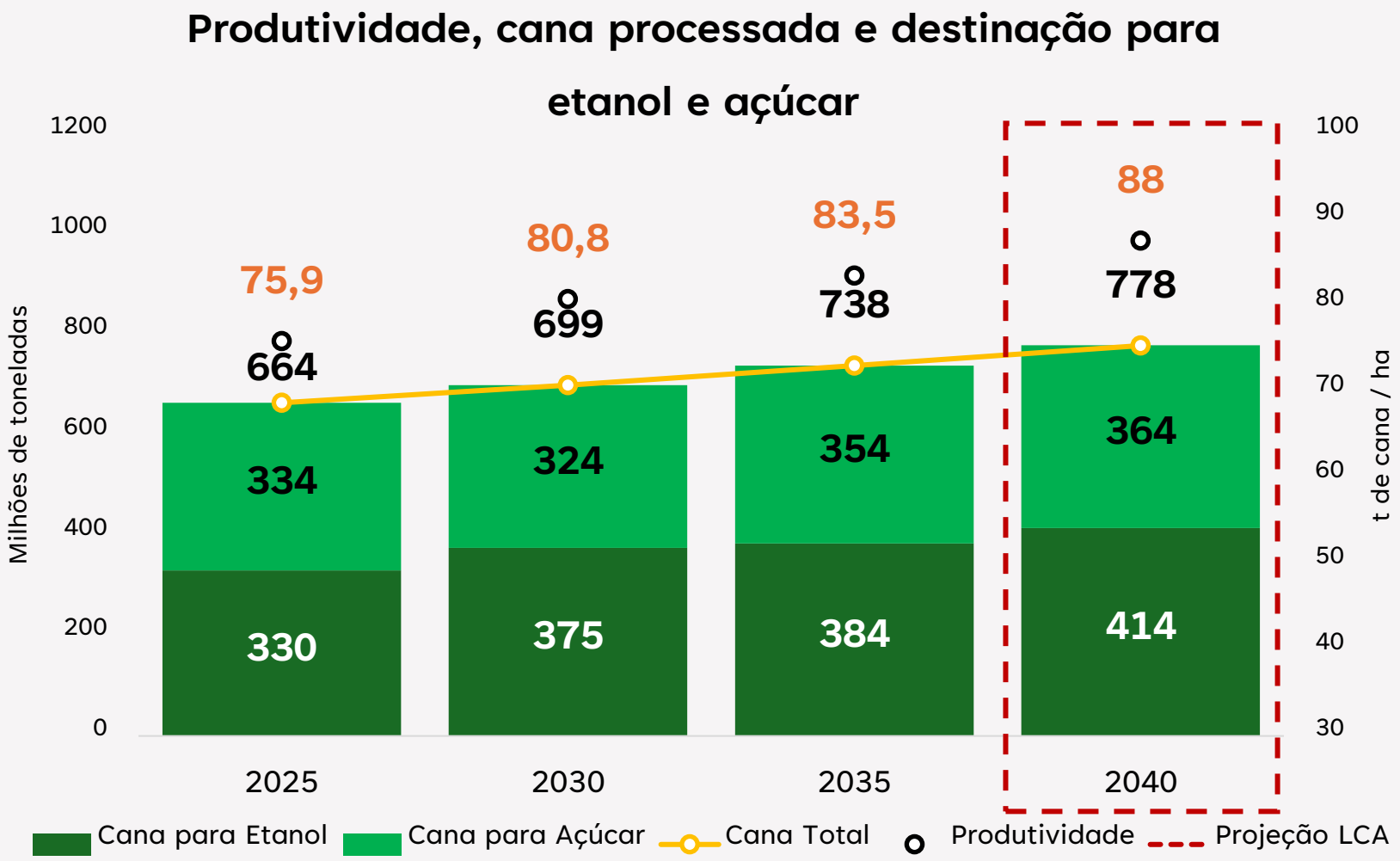
Etanol de milho (em bilhões de litros)



Elaboração: LCA. Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2034 (PDE, 2024). [1]Com base no PDE 2034.

Etanol | Produtividade

- EPE/MME[1] estima aumento modesto da produtividade da cana: de 75,9 para 83,5 t/ha. em 10 anos.
- Maior produtividade explica elevação da oferta (+16% no período (de 330 para 384 MM ton.). Mantido este ritmo, chega-se a 414 MM ton. em 2040.
- **O setor (CTC, Unica) trabalha com números mais expressivos.**

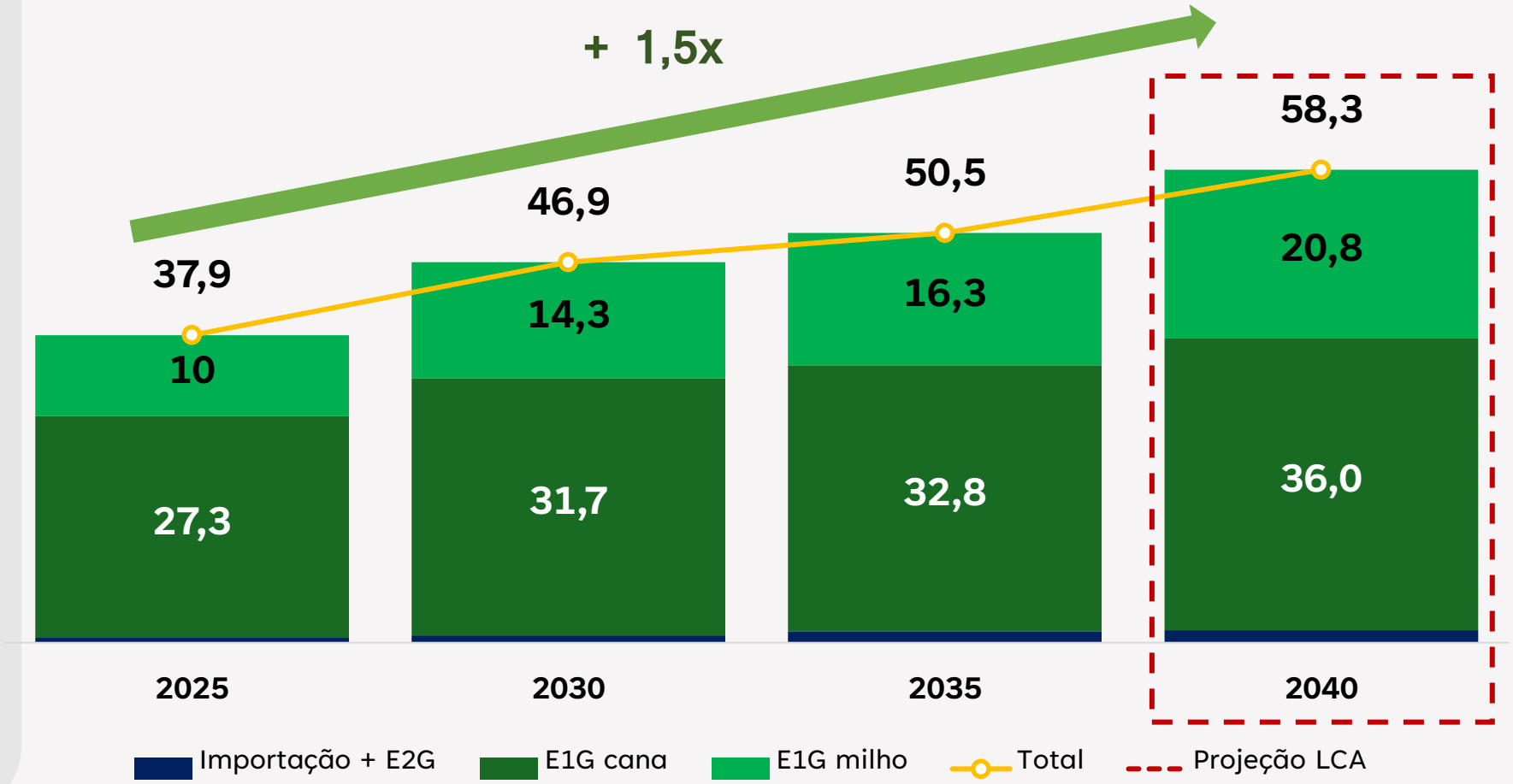


[1] *Fonte: EPE/MME: Plano Decenal de Expansão de Energia 2035 (PDE, 2025). Estimativas LCA para 2036-2040.*

Etanol | Oferta – cenário base

- Produtividade da cana tende a se igualar à do milho a médio e longo prazos;
- **Produtividade do milho** cresce cerca de 10% a.a.; investimentos em curso indicam crescimento da oferta acima do projetado pela EPE.
- **Escassez de biomassa** pode ser fator limitante para expansão do etanol de milho a longo prazo

Projeção da oferta total de etanol (bilhões de litros)



Elaboração: LCA. Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2035 (PDE, 2025). Nota: Projeção LCA entre 2036-2040 com CAGR: Importação + E2G (8,84%); E1G cana (1,85%); E1G milho (5,01%); total (2,91%).

Cana de açúcar | Produtividade

Produtividade Atual

- A produtividade da cana no Brasil tem avançado lentamente (0,23% a.a.). Os efeitos da mecanização recente + diversas inovações do CTC indicam incremento expressivo prestes a ser efetivado;

- O CTC projeta **dobrar** a produvidade da cana-de-açúcar até 2040 – salto de 74 para 148 ton/ha a partir dos pilares listados ao lado.

Sementes

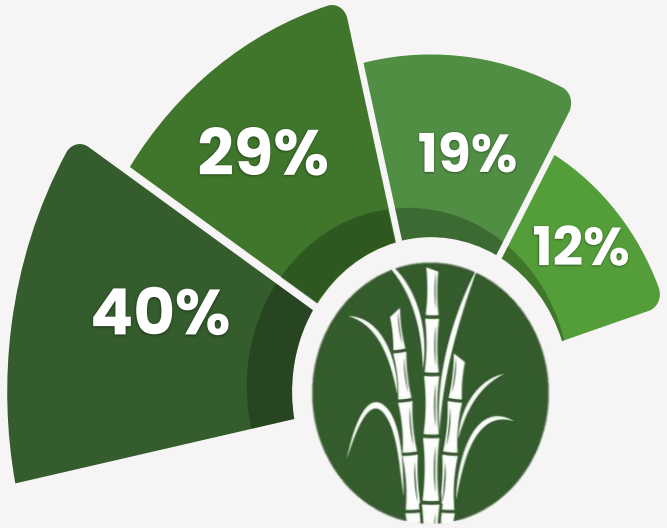
Técnica inovadora de plantio da cana-de-açúcar, desenvolvida pelo CTC, deve contribuir com uma melhora de 29% na produvidade nos próximos 10/15 anos.

Gap to be founded (Manejo)

Aproximadamente 19% do aumento de produtividade até 2040 virá do emprego de melhores técnicas de manejo, assim como outros métodos que ainda serão determinados.

Genética

Melhoramentos genéticos nas culturas de cana devem levar a um aumento de 40% na produtividade. Técnicas como seleção genômica, fenotipagem e screening de doenças seriam os vetores desse ganho de produtividade.



Biotech

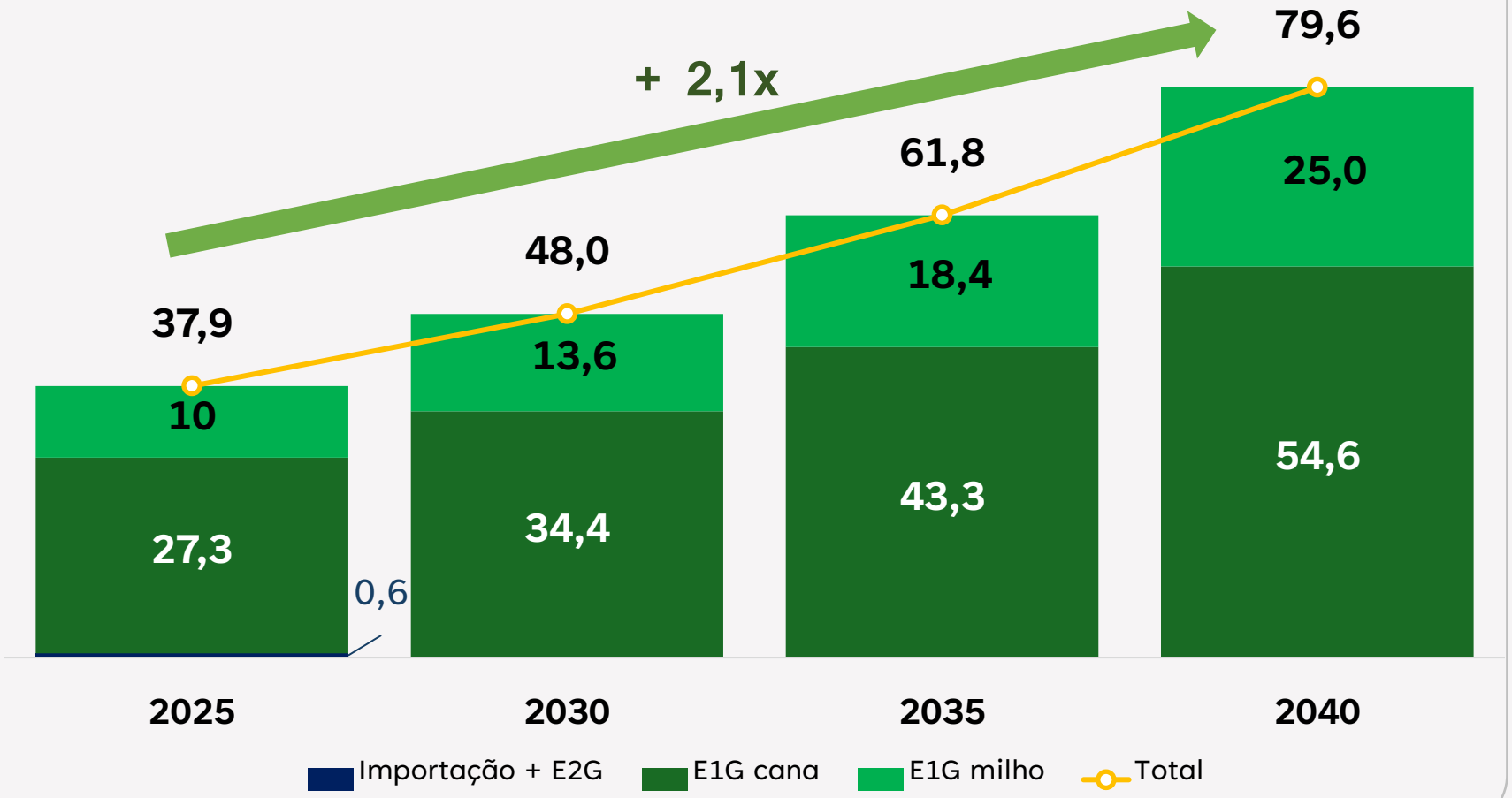
O uso de biotecnologia avançada, transgenia e inteligência artificial, visando melhorar o rendimento e aumentar a resistência das plantas a pragas, pode prover ganhos de até 12% de produvitidade até 2040.

Elaboração: LCA. Fonte: Visão Estratégica CTC (2024). Disponível em: https://ctc.com.br/wp-content/uploads/2025/02/RS_CTC_VFinal2.pdf.

Etanol | Oferta: **Cenário alternativo**

- Cenário alternativo: considera o **dobro de E1G de cana** a partir dos **avanços tecnológicos** sinalizados pelo CTC.
- O etanol de milho também cresce mais – produção próxima a 25 bi de litros em 2040.
- A alta competitividade do etanol de milho justifica seu avanço no mercado **enquanto houver biomassa disponível** a preços competitivos.

Projeção da oferta total de etanol (bilhões de litros)



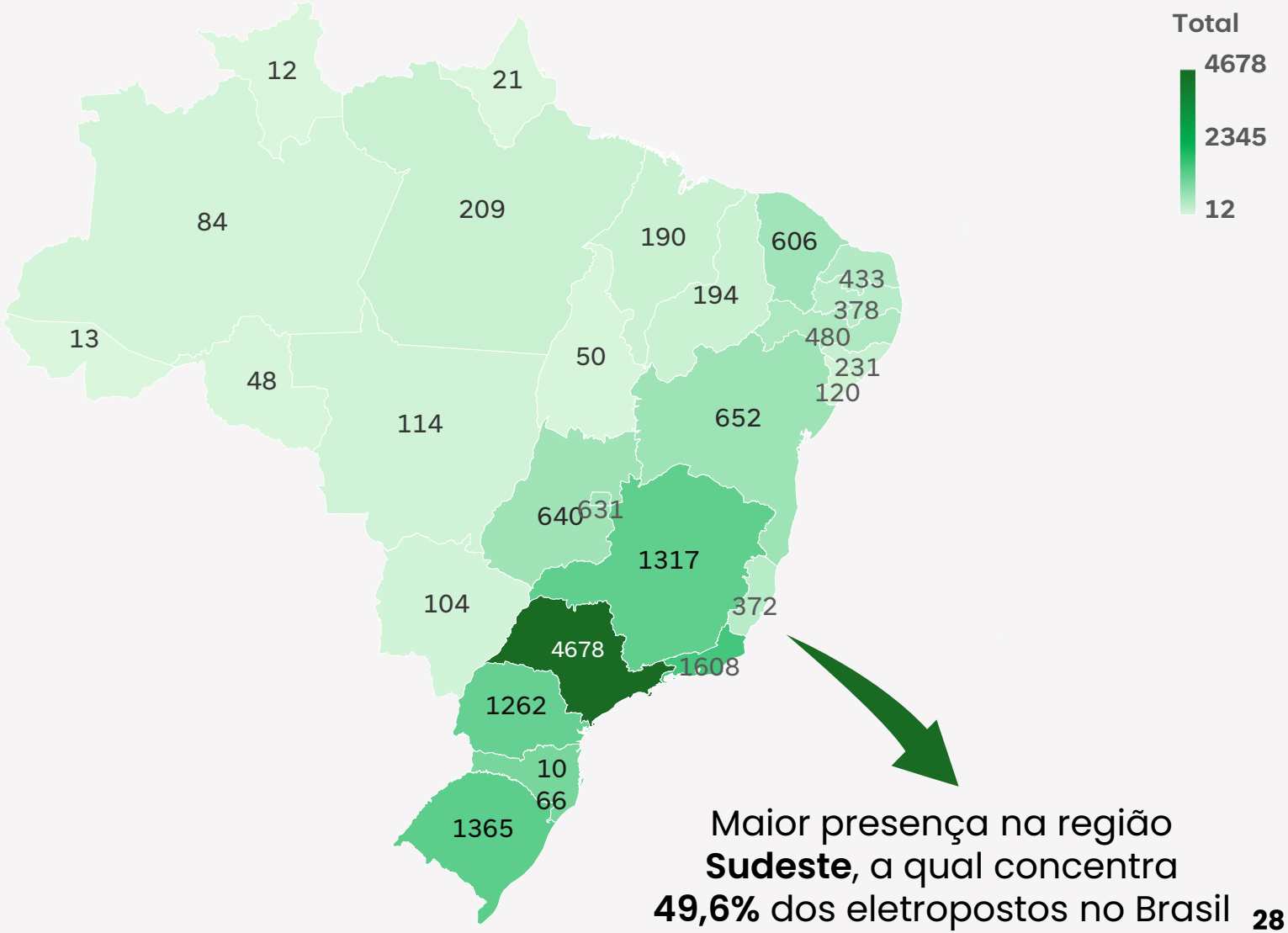
Elaboração: LCA. Projeções alternativas a partir de premissas do setor (CTC/Única), com base em incrementos de produtividade ao longo dos anos.

Eletricidade

Total de eletropostos no Brasil

Total (lento+rápido)	16.880
Recarga lenta	13.025 (77,2%)
Recarga rápida	3.855 (22,8%)

Eletropostos por estado

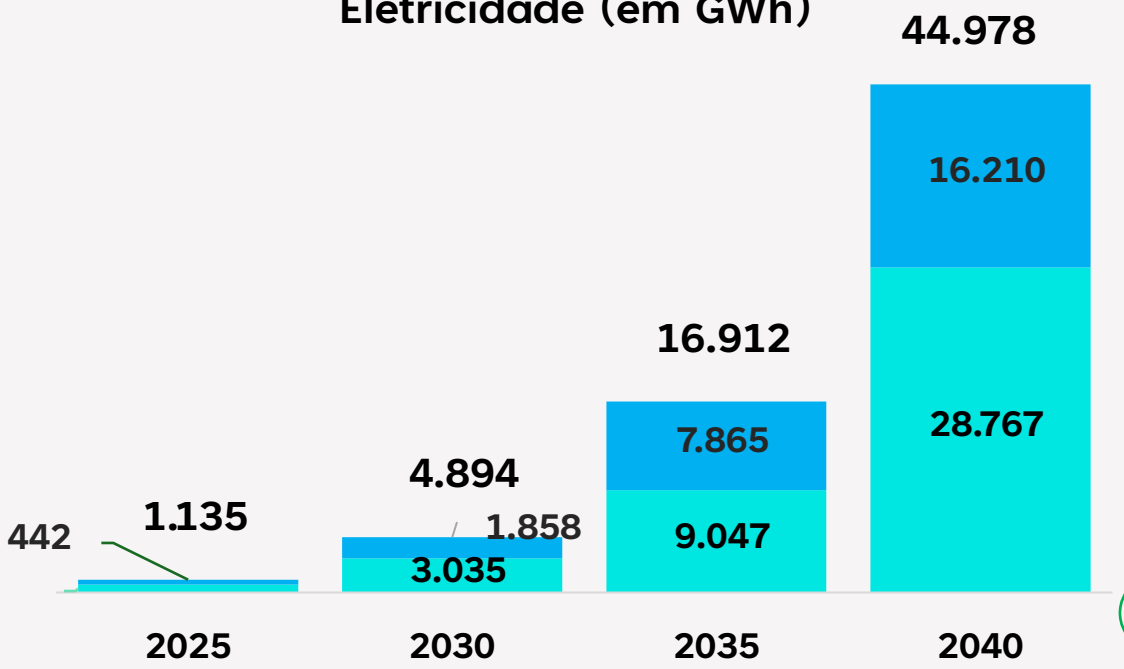


Maior presença na região **Sudeste**, a qual concentra **49,6%** dos eletropostos no Brasil

Elaboração: LCA. Fonte: ABVE (Agosto/2025).

Eletricidade | Demanda transporte terrestre

Eletricidade (em GWh)



Eletricidade - Veículos Pesados (Em GWh)

Eletricidade - Veículos Leves (Em GWh)

Total - Leves + Pesados (em GWh)

O quanto da projeção de eletricidade total (LCA) representa na geração de 2024 (BEN 2025) e na geração de 2034 (projeção PDE 2034)

2024 -→ 0,2%

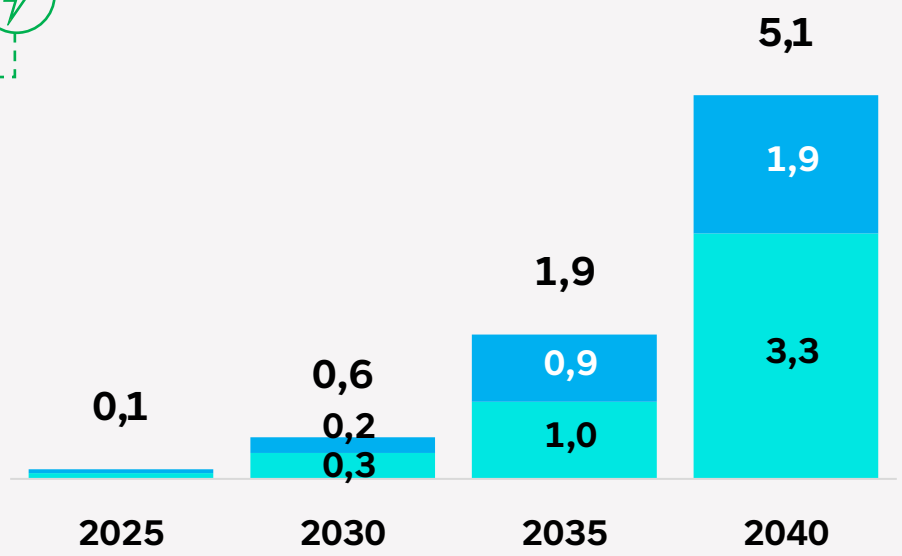
2034 -→ 1,7%

Variação de 2025 a 2040 (% a.a.)

+ +27,8%

+27,1% +28,2%

Eletricidade (em GWm)



Eletricidade - Veículos Pesados (Em GWm)

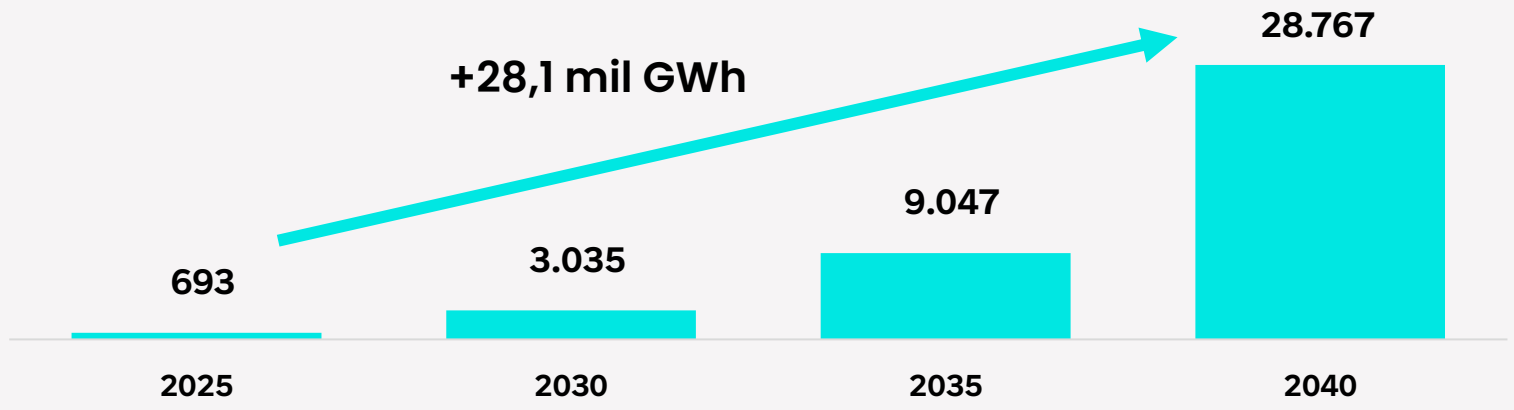
Eletricidade - Veículos Leves (Em GWm)

Total - Leves + Pesados (em GWm)

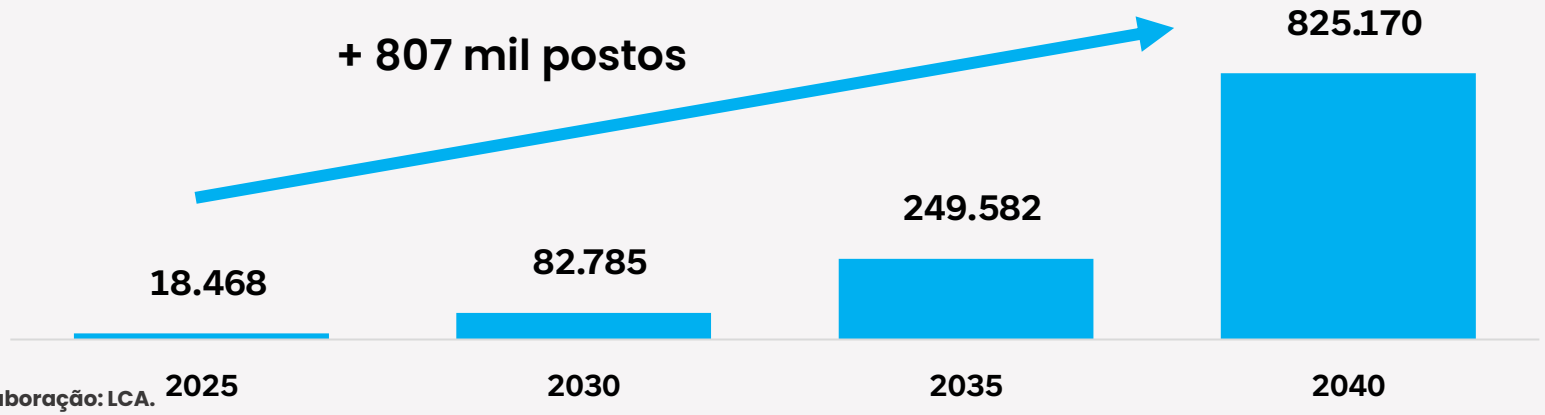
Elaboração: LCA.

Eletricidade | Veículos leves – Cenário Base

Demanda Estimada de Eletricidade (GWh)



Número estimado de postos de recarga (unidades)



Elaboração: LCA.

Considerando, a médio prazo:

Carregadores rápidos
- Participação: 35% a 45%
- Custo médio: R$ 55 mil

Carregadores lentos
- Participação: 65% a 55%
- Custo médio: R$ 10 mil

Investimento necessário: R$ 20,7 bi a R$ 24,9 bi em eletropostos até 2040

Eletricidade | Carregadores Rápidos

Características de carregadores rápidos

Potência
- Corrente alternada: 40/50/60 kW
- Corrente contínua: até 350 kW

Alta potência demanda que baterias possuam um gerenciamento de energia complexo, resultando em um veículo mais caro

Riscos de instalações inadequadas

- Superaquecimento
- Curto-circuito
- Incêndio

Principais exigências para carregadores em geral - Diretriz Nacional sobre Ocupações Destinadas a garagens e Locais com Sistemas de Alimentação de Veículos Elétricos (SAVE)

- Diretrizes **NBR 5410** (Instalações elétricas de baixa tensão), **NBR 17019** (Instalações Alimentação de veículos elétricos), e **NBR IEC 61851-1** (Sistema de recarga para veículos elétricos - Parte 1: Requisitos gerais).
- Desligamento manual da carga nos eletropontos a até 5 m dos equipamentos.
- Identificação do disjuntor de cada ponto de recarga.
- Disjuntor para separar energia de módulos x rede elétrica

Corpo de Bombeiros de SP

- Anúncio em set/25 prevê instrução específica ainda em 2025.
- Adoção obrigatória das diretrizes NBR citadas acima.
- Realização de consulta pública para discutir medidas de segurança.

Biometano

Biometano | Combustível do Futuro

Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.993/24, Instituída em 08 de outubro de 2024):

- Objetivo principal: promover a mobilidade sustentável de baixo carbono no país;
- Estabelece alguns programas, incluindo o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano;

Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano

- Regulamentado a partir do Decreto 12.614/2025, de 5 de setembro de 2025;
- Objetivo: incentivar o mercado de biogás e biometano nacional

⬇ das emissões de GEE no mercado de gás natural

- Meta de redução definida anualmente pelo CNPE para o ano subsequente
- **Cumprimento da meta via participação volumétrica do biometano no volume de GN consumido nacionalmente**
- Art. 6º: "O CNPE realizará a conversão da meta anual de redução de emissões (...) em meta volumétrica anual de aquisição ou utilização de biometano ou pelo registro anual de aquisição de CGOB, a ser cumprida pelos agentes obrigados a cada ano civil."

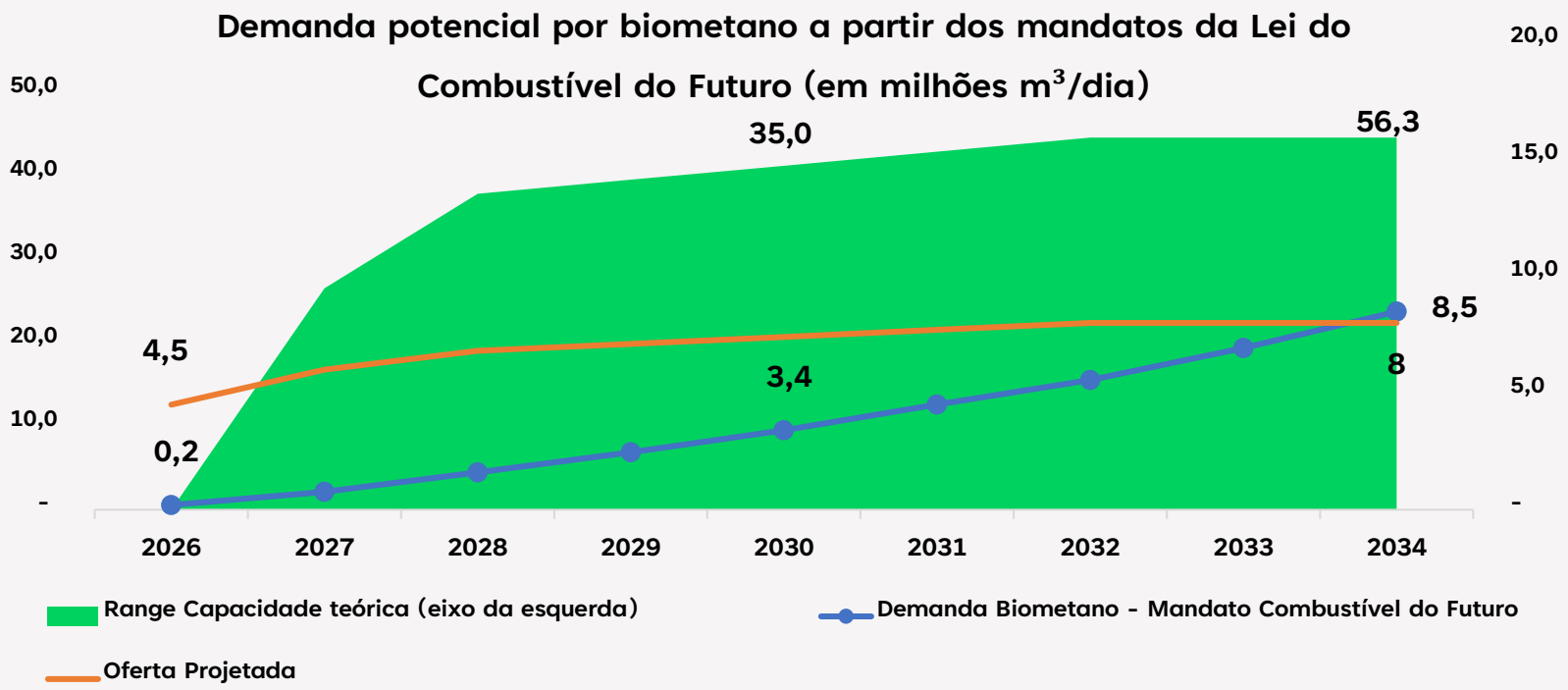
Volume de biometano

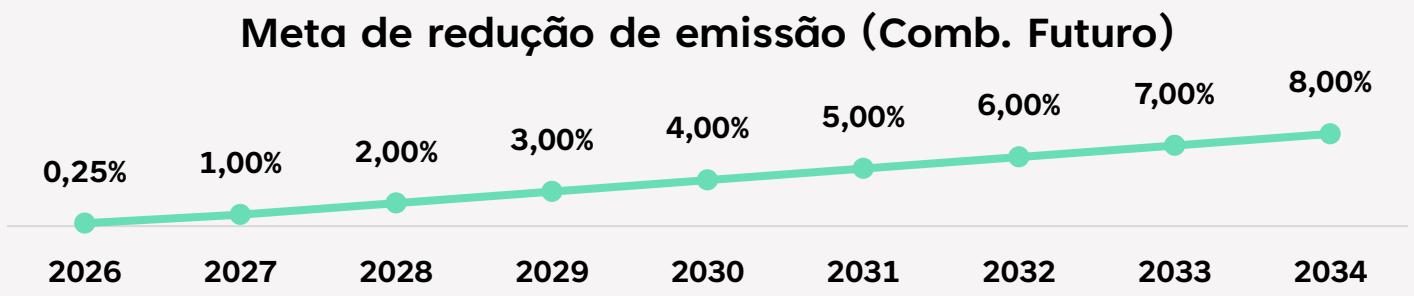
- Em 2026, mandato deverá ser de **0,25%** do GN comercializado, autoproduzido ou autoimportado[1]
- CNPE pode reduzir o %: por interesse público **ou** caso a produção de biometano seja insuficiente ou possa onerar o cumprimento da meta
- A meta, definida pelo CNPE, será alocada pela ANP entre os agentes até dezembro do ano anterior

Mandato incentiva aumento da oferta; mas o desenvolvimento do mercado de biometano requer outras iniciativas.

Elaboração: LCA. Fonte: BRASIL (2025), Decreto nº 12.614, de 5 de setembro de 2025. [1]Atualizações sobre o tema encontram-se na página seguinte.

Biometano | Combustível do Futuro





Em 17/10/25, o MME abriu consulta pública sobre o % do mandato de biometano – de **0,25% em 2026** com base na capacidade instalada verificada em setembro/25.

Considerando 1% nos anos seguintes, a demanda por biometano via mandato pode chegar a **8,5 milhões de m³/dia** em 2034 (*), **descontando a demanda do mercado voluntário**.

O setor (Abiogás) projeta oferta (com base em movimentos firmes de plantas acompanhadas pela Associação) em **8 MM de m³/dia até 2032**; e indica **potencial teórico de até 35 milhões de m³/dia em 2030**.

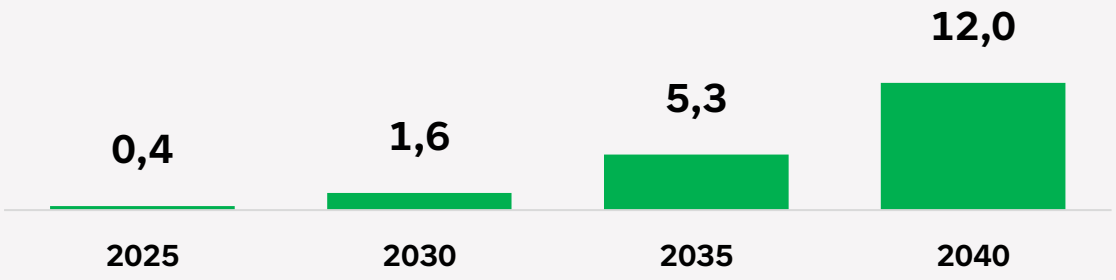
- **Desafio: ligar os pontos, acelerar a produção e a demanda por biometano.**

Elaboração: LCA. Fonte: Abiogás (2025), Plano Decenal de Expansão de Energia 2034 (PDE, 2024) , Copersucar e LCA Consultores. Nota: *Projeção baseada na demanda por GN do PDE 2034.

Demanda por biometano | Veículos pesados

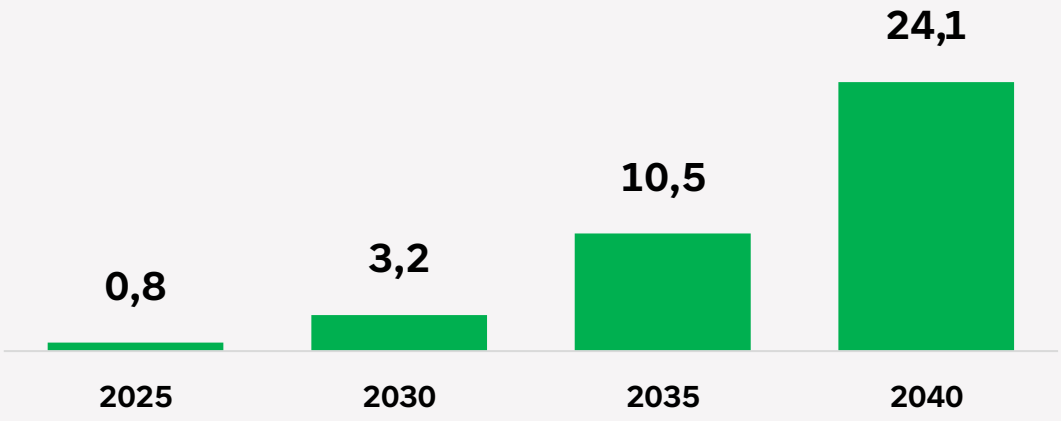
Cenário de abastecimento 50%
Veículos pesados movidos a gás rodam 50% do tempo com biometano.

Demanda por biometano – Veículos pesados (MM m³/dia)



Cenário de abastecimento 100%
Veículos pesados movidos a gás rodam 100% do tempo com biometano.

Demanda por biometano – Veículos pesados (MM m³/dia)



Os veículos movidos a gás (cf. capítulo 1) irão utilizar 50% ou 100% de biometano conforme o avanço de iniciativas em apoio à sua disponibilização e/ou utilização. Quanto maior o apoio, maior a descarbonização.

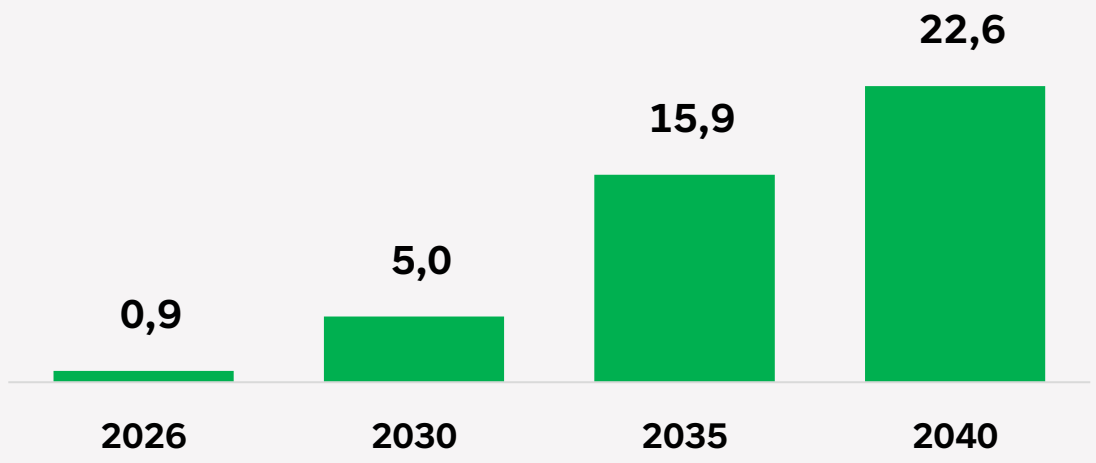
Variação de 2025 a 2040 (% a.a.) **+25,8%**

Elaboração: LCA.

Demanda por biometano | Mandato Comb. do Futuro + Veículos pesados

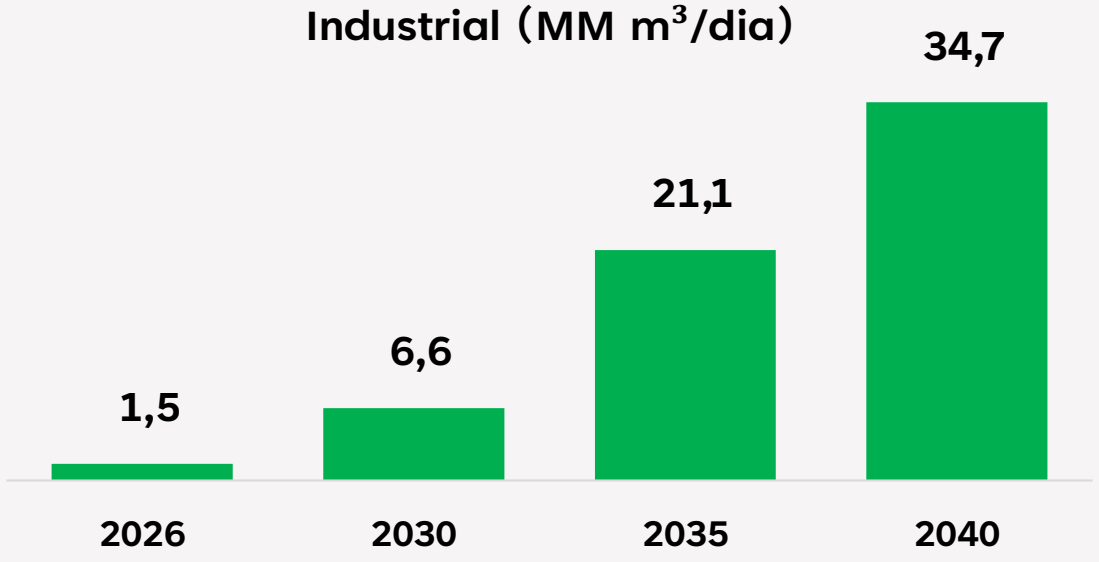
Cenário 50%
Demanda potencial via mandato[1] + veículos pesados a gás (xNG) utilizando biometano 50% do tempo.

Demanda por biometano - Mobilidade e Industrial (MM m³/dia)



Cenário 100%
Demanda potencial via mandatol[1] + veículos pesados a gás (xNG) utilizando apenas biometano.

Demanda por biometano - Mobilidade e Industrial (MM m³/dia)



Variação de 2025 a 2040 (% a.a.) **+28,9%**

Elaboração: LCA. [1] Cenário apresentado no primeiro slide de demanda por biometano.

Comparação do gasto mensal com combustível, economias e emissões de carbono evitadas em decorrência da utilização do biometano[2]

Item/Combustível	Diesel B14 (litros)	GN (m^3)	Biometano (m^3)
Distância percorrida por mês (km)	12.000	12.000	12.000
Eficiência/rendimento (km/litro ou km/m^3)	2,2	2,02	2,02
Consumo de combustível (litro ou m^3)	5.455	5.941	5.941
Preço atual (R$/litro ou R$/m^3)	6,4	4,6	4,6
Gastos mensal com combustível (R$)	43.909	27.327	27.327
Economia mensal (R$)	**Referência**	**7.582**	**7.582**
Intensidade de carbono (gCO_2eq/litro ou gCO_2eq/m^3)[1]	**2.716**	**2.879**	**168**
Emissão total ($kgCO_2eq$)	14.816	17.100	998
Emissões evitadas ($kgCO_2eq$)	**Referência**	**-2.285**	**13.817**

Com **preço inferior em relação ao diesel** e com a sua capacidade de **redução das emissões de GEE**, o biometano possui papel central na descarbonizaçã o de pesados

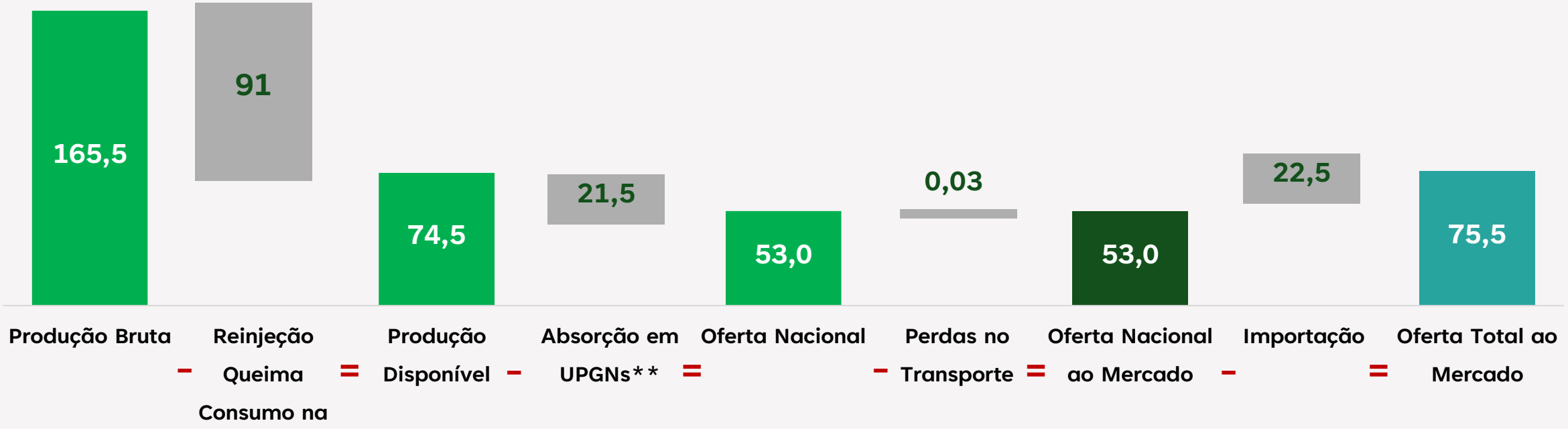
[1]Emissões ao longo do ciclo de vida (do berço ao túmulo). [2] Fonte: Copersucar (2025). Disponível em: https://www.copersucar.com.br/website/wp-content/uploads/2025/10/estudo_copersucar_biometano_ly.pdf. OBS: equivalência de preço GN x biometano é hipótese para o médio prazo.

Biometano | Importância na descarbonização

Além de substituir o diesel, o biometano tem papel relevante na substituição do gás natural

- Entre a produção bruta de GN e a sua oferta final no mercado, existem deduções que **reduzem o volume final do fóssil**
- **Biometano pode substituir progressivamente o volume de GN importado** – contribuindo para a descarbonização e para a redução da vulnerabilidade externa.

Conceitos teóricos de gás natural no Brasil (milhões m³/dia)

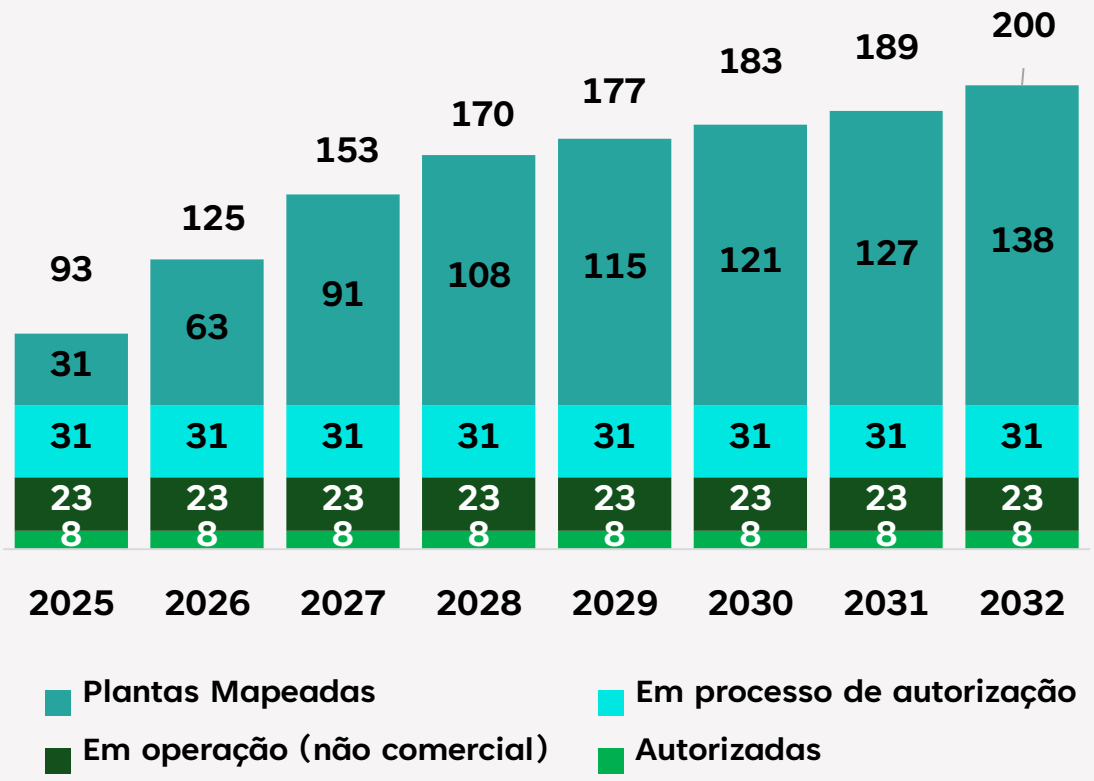


**E&P - Etapa de exploração e produção. **UPGNs - Unidades de processamento de gás natural. Fonte*: Copersucar (2025). Disponível em: https://www.copersucar.com.br/website/wp-content/uploads/2025/10/estudo_copersucar_biometano_ly.pdf

Biometano | Plantas mapeadas

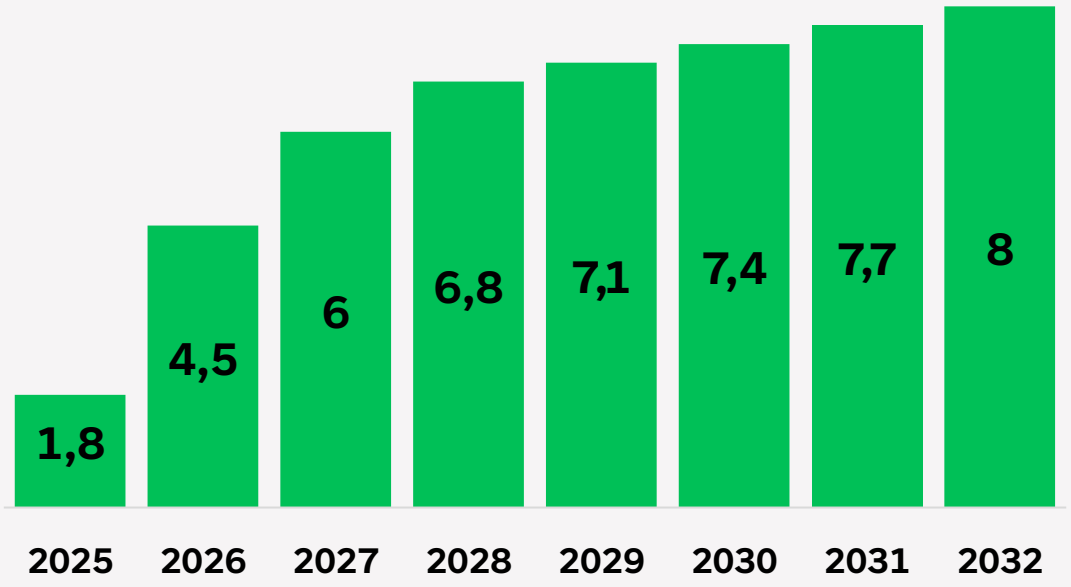
Número total de plantas de biometano deve **crescer 2,1x entre 2025 e 2032**

Número de plantas até 2032 (unidades)



Já a capacidade instalada pode **expandir 4,4x entre 2025 e 2032**, chegando a 8 mi m³/dia

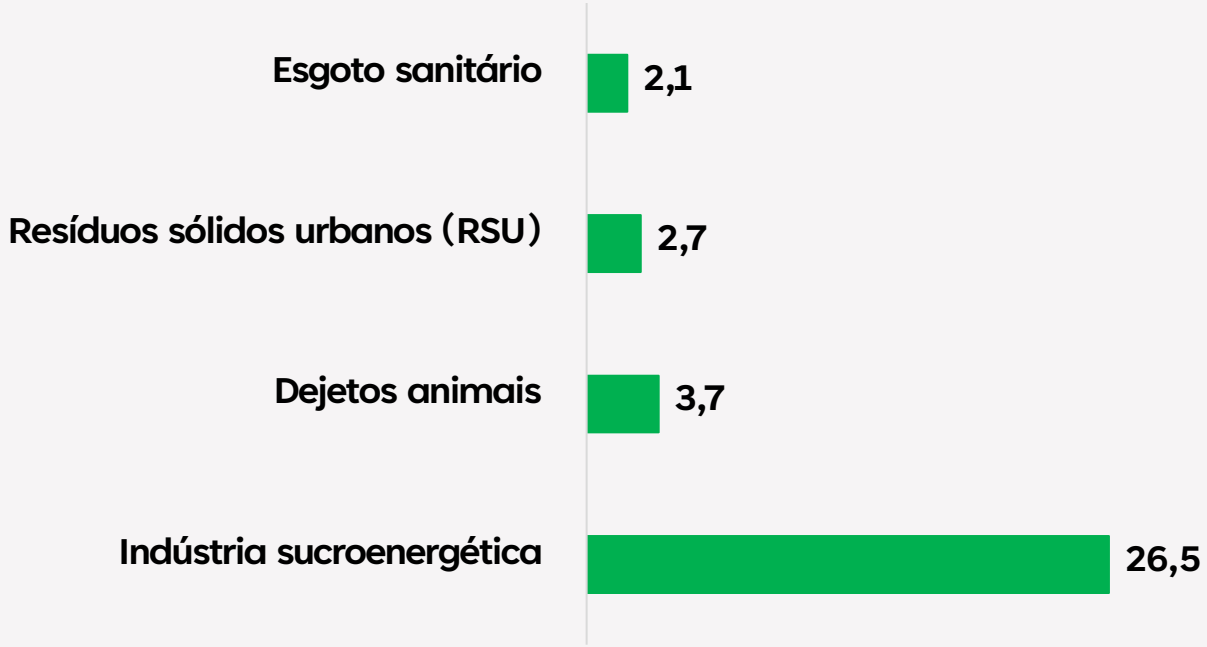
Capacidade Instalada até 2032 (milhões m³/dia)



Fonte: Abiogás – Nota Técnica Mapeamento de Plantas de Biometano até 2032.

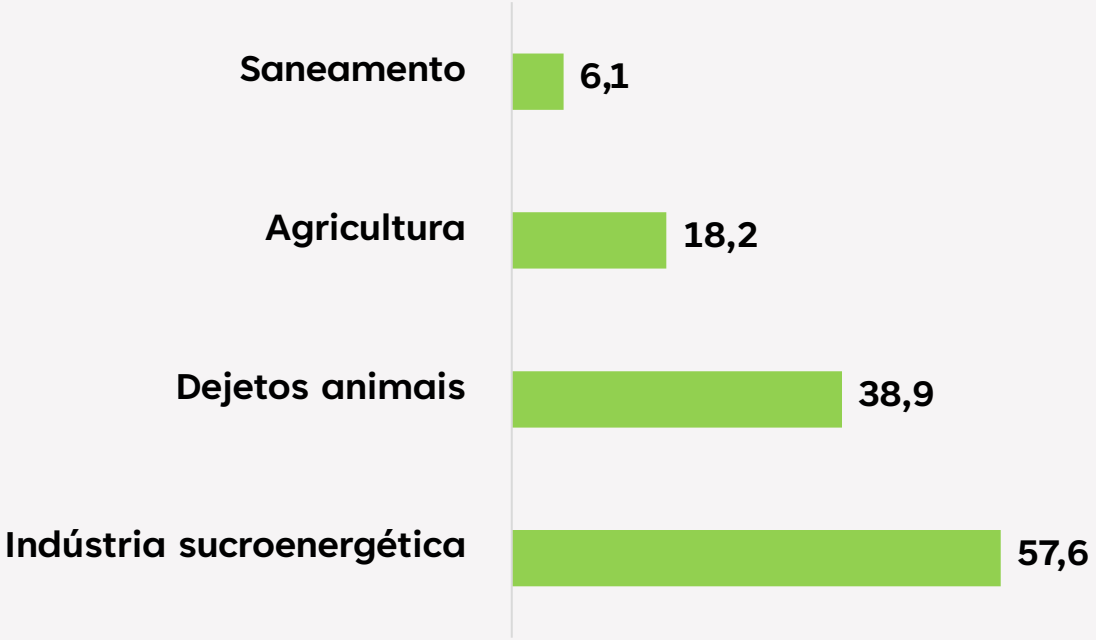
Biometano | Potencial teórico de produção

Potencial teórico de produção de biometano no Brasil em 2030 (milhões m³/dia)



Em 2030, o potencial **teórico** de produção de biometano pode chegar a **34,9 milhões m³/dia**

Potencial teórico de produção de biometano no Brasil em 2040 (milhões m³/ano)



Em 2040, esse potencial **teórico** pode chegar a **120 milhões m³/dia**, puxado pela indústria sucroenergética

Elaboração: LCA. Fonte: ABiogás (2025).

Biometano | (PNIIGB)

O QUE É?

Elaborado pela EPE, reúne projetos prioritários para ampliar a oferta de gás natural e biometano, mitigar gargalos e expandir a malha integrada de gasodutos no país.

O plano funcionará como uma carteira de projetos a ser ofertada pela ANP ao mercado, por meio de um processo seletivo público para outorga.

O Plano foi colocado para consulta pública em 29/09/2025. Após consolidação, será enviado ao MME.

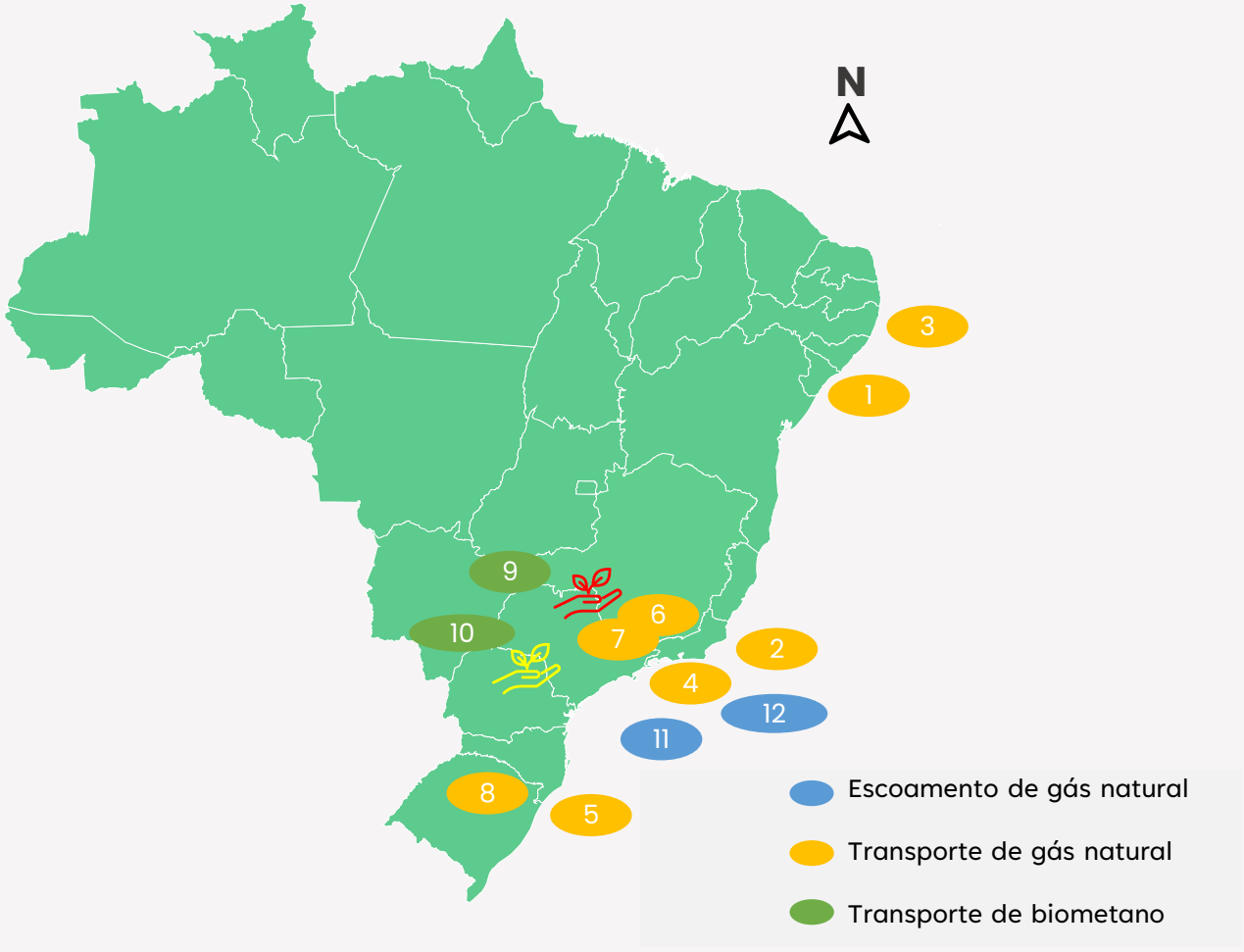
O PROGRAMA PRIORIZA

- ✓ diversificação da oferta;
- ✓ segurança de suprimento;
- ✓ interiorização do gás;
- ✓ integração do biometano à malha existente.

PROJETOS CONTEMPLADOS NO PNIIGB 2025

LEGENDA

- 1 ECOMP Itajuípe/BA
- 2 Conexão do Porto do Açu/RJ à malha integrada
- 3 Expansão da malha integrada no Nordeste/PE
- 4 Expansão da capacidade de escoamento entre RJ e SP
- 5 Duplicação de Siderópolis/SC a Porto Alegre/RS
- 6 Conexão Uberaba/MG
- 7 Conexão Extrema/MG
- 8 Conexão Brasil-Argentina/RS
- 9 Ponto de recebimento de biometano em SP e conexão à malha
- 10 Ponto de recebimento de biometano no PR e conexão à malha
- 11 Escoamento e processamento de Bacalhau/Aram – Cubatão
- 12 Escoamento Gato do Mato – Conexão Rota 2
- Hub de biometano em São Paulo
- Hub de biometano no Paraná

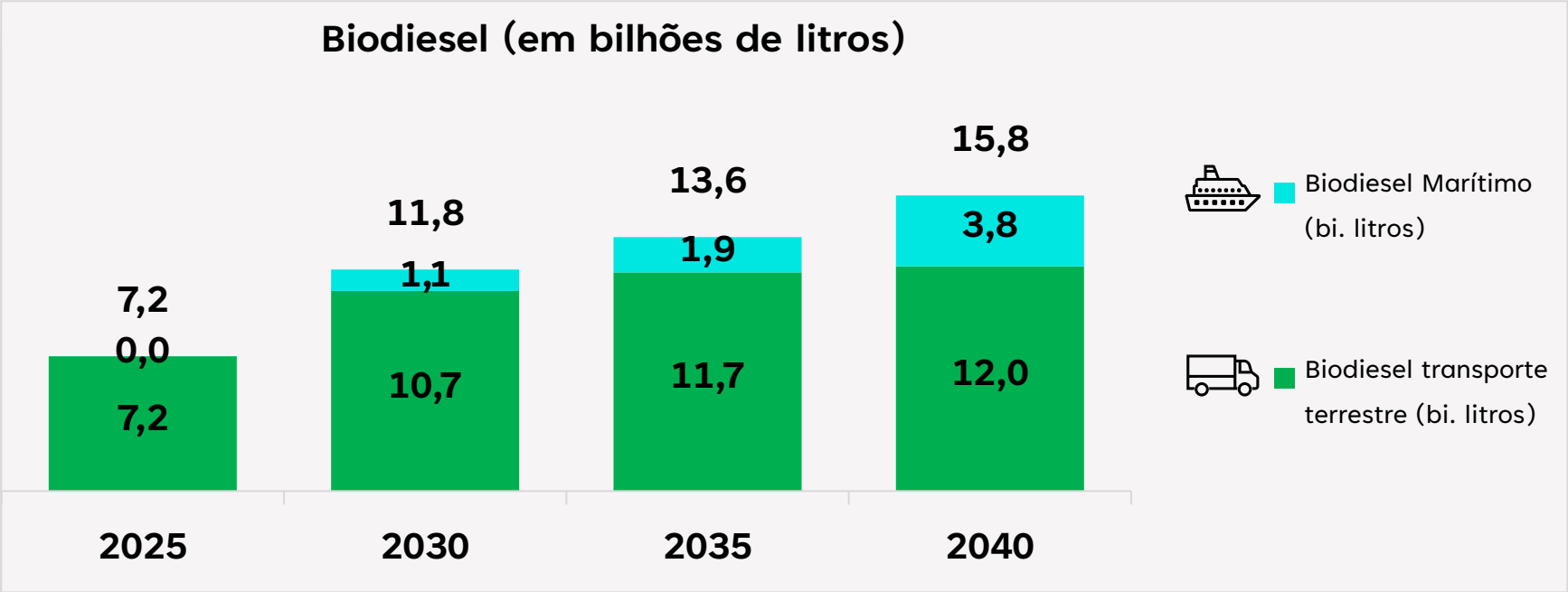


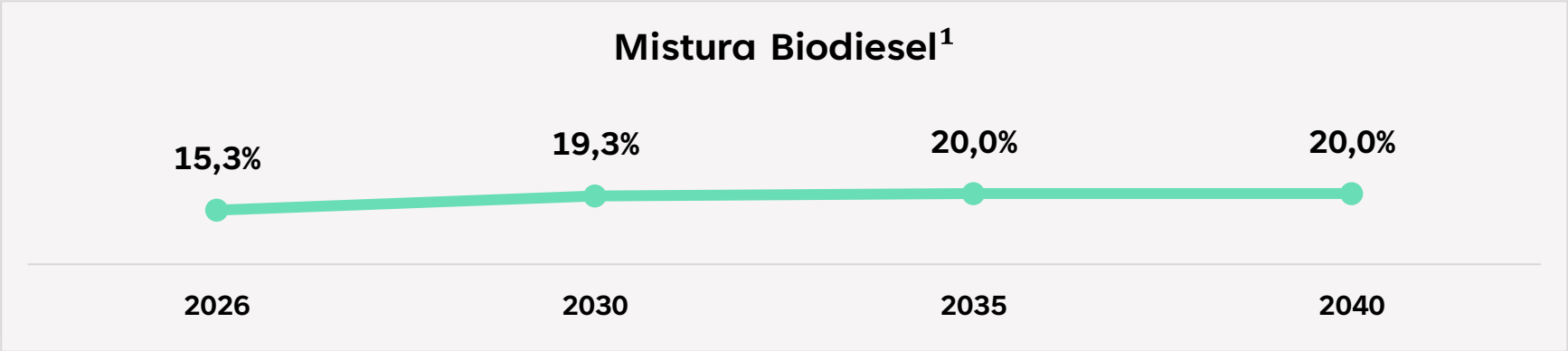
Elaboração: LCA. Fonte: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-nacional-integrado-das-infraestruturas-de-gas-natural-e-biometano-pniigb.

Biodiesel

Biodiesel | Demanda doméstica total – **Cenário Base**

- Projetamos crescimento contínuo da demanda por biodiesel, passando de 7,2 bilhões de litros em 2025 para 15,8 bilhões de litros em 2040.
- Percentual da mistura de biodiesel ao diesel fóssil segue Lei do Combustível do Futuro.

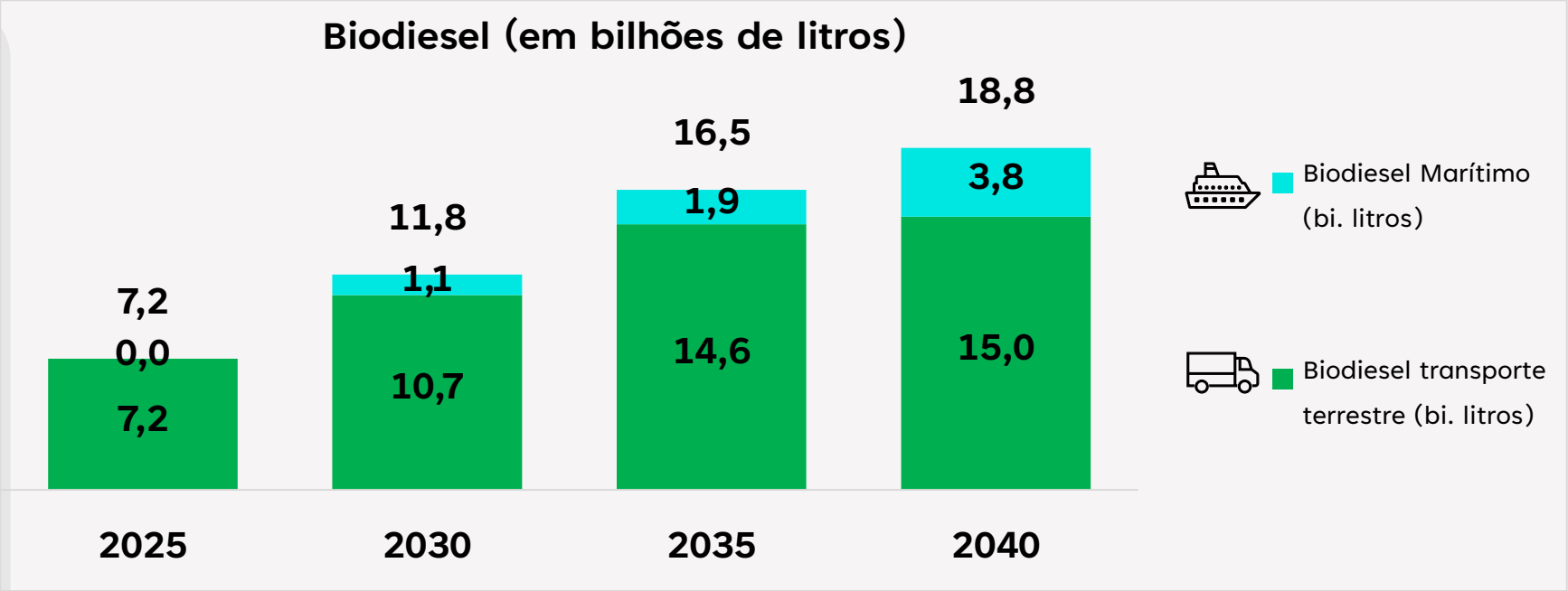


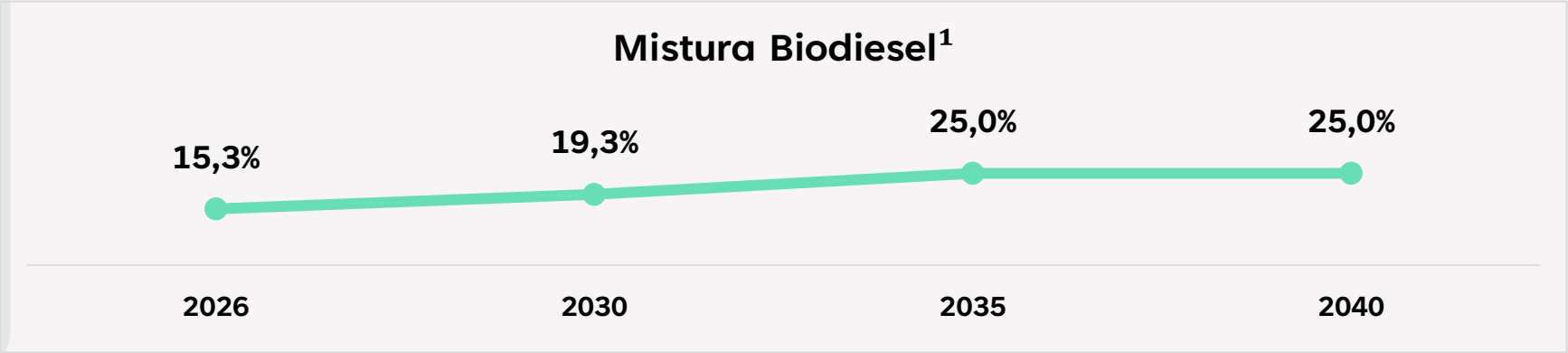


Elaboração: LCA. [1] Com base na Lei do Combustível do futuro, B15 está vigente a partir de agosto de 2025.

Biodiesel | Demanda doméstica total – **Cenário Alternativo**

- Cenário alternativo estima uma maior participação do biodiesel na mistura, até B25.
- Porém, é notável que este limite pode comprometer o desempenho dos motores; necessário rever padrões de armazenagem e fiscalização.

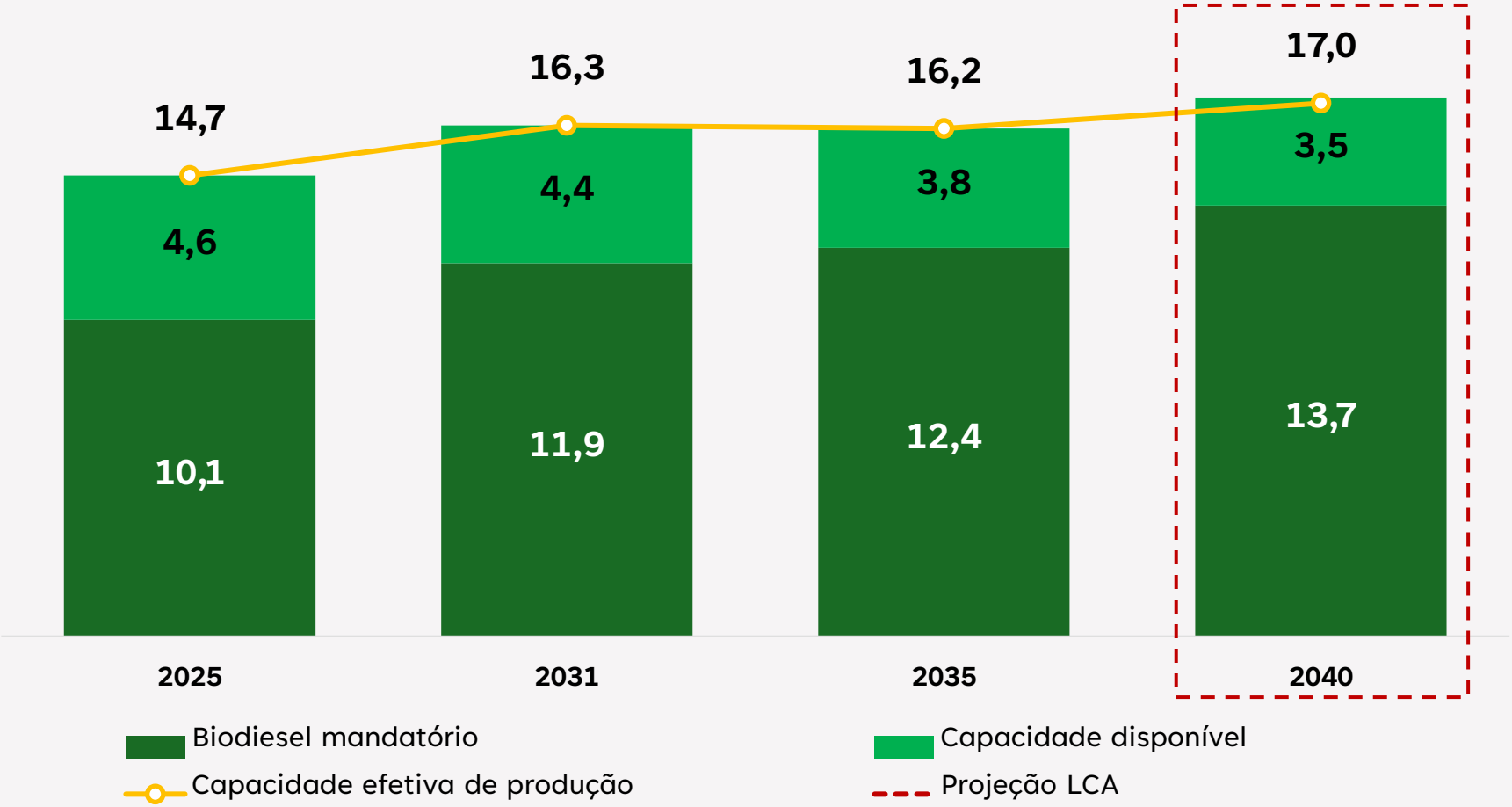




Elaboração: LCA. [1]Com base na Lei do Combustível do futuro, B15 está vigente a partir de agosto de 2025.

- A capacidade efetiva de produção do biodiesel pode chegar a 17,0 bilhões de litros em 2040.
- Isso representa um crescimento de 15,6% no período.

Projeção de disponibilidade de capacidade de produção do biodiesel (em bilhões de litros)



Elaboração: LCA. Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia 2035 (PDE, 2025). Nota: Projeção LCA entre 2037-2040.

HVO (DIESEL VERDE)

HVO (DIESEL VERDE) | Contextualização

Como funciona?

- Combustível *drop-in* em motores do ciclo diesel. Não possui problemas com *shelf-life* e absorção de água.
- Para ser produzido, necessita do gás hidrogênio, o qual é obtido através do gás natural (H2 cinza ou H2 azul, caso haja captura de CO2). Espera-se que, com o avanço tecnológico e ganhos de escala, outras rotas se tornem competitivas, tais como via H2 verde (eletrólise da água com eletricidade renovável) ou via H2 verde-musgo (biometano).

HVO é um tipo de diesel verde

- O **HVO é uma das rotas de diesel verde**, produzido através do hidrotratamento de óleos e gorduras. Ou seja, nem todo diesel verde é HVO.
- Além do HVO, é possível obter diesel verde, combustível sustentável para aviação (SAF), bionafta ou biopropano por meio de processos independentes.
- No que se refere à concorrência, a margem de SAF pela rota HEFA é mais atrativa ao produtor em comparação ao HVO.

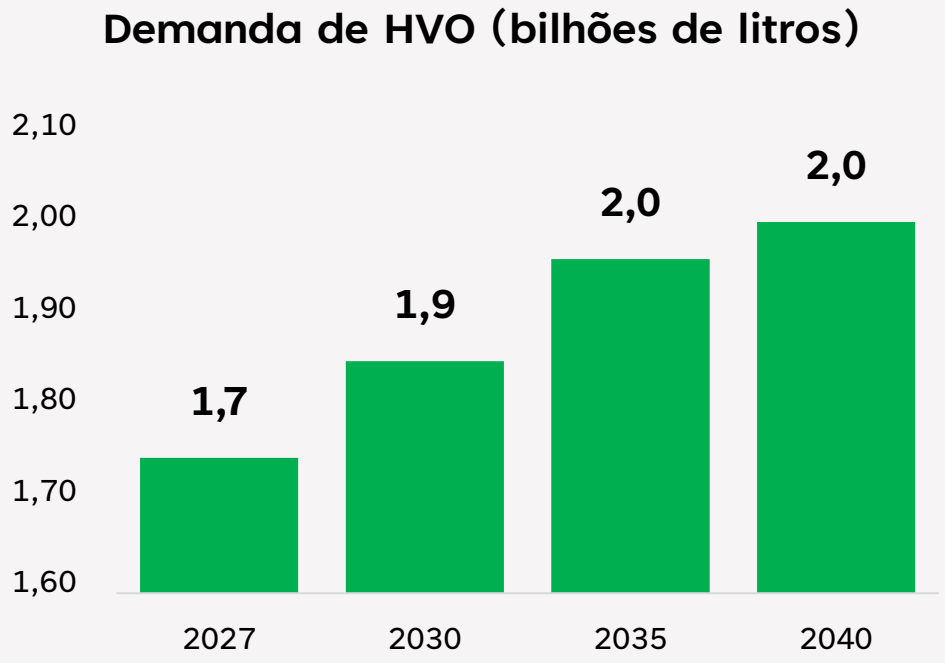
Mandato Combustível do Futuro

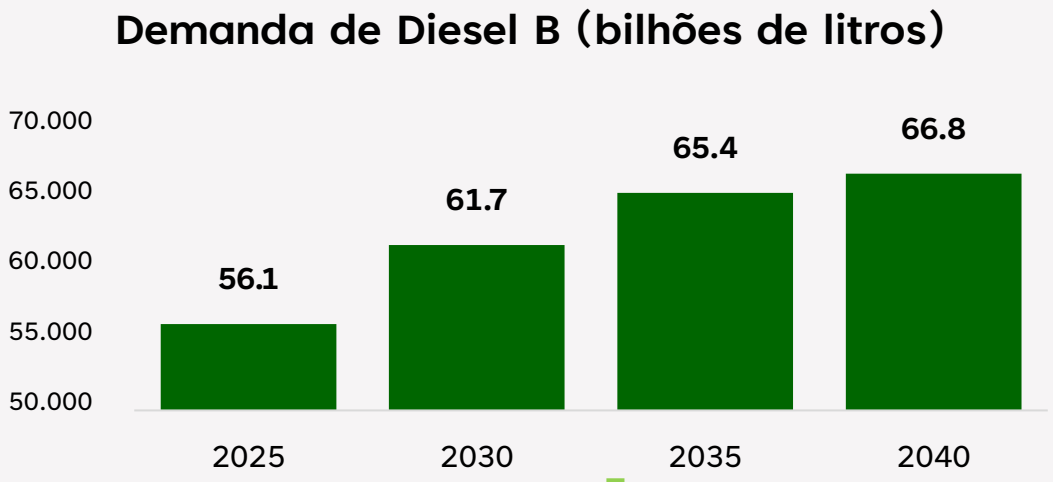
A Lei do Combustível do Futuro, a partir do Programa Nacional do Diesel Verde (PNDV), estabelece que:

- O CNPE pode impor um mandato mínimo de **diesel verde** (em participação volumétrica), sendo no **máximo de 3%** (permitida adição voluntária superior mediante comunicação à ANP).
- Mandato e percentuais serão estabelecidos pelo CNPE a cada ano.

Elaboração: LCA. Fonte: NT EPE (2020); Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis - EPE (2024); Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis - EPE (2025).

HVO (DIESEL VERDE) | Demanda





Considerando um percentual de 3% de HVO no Diesel B, a demanda pode chegar a 2 bilhões de litros em 2040

Elaboração: LCA.

Sumário

Apresentação

Cap. 1 – Projeções de frota e demanda por combustível

Cap. 2 – Demanda versus oferta esperada dos combustíveis

Cap. 3 – Políticas públicas:

- Contexto
- Análise SWOT
- Recomendações

Food x Fuel: debate importado de países da OCDE.

Conflito entre Food vs. Fuel não é um obstáculo no contexto brasileiro[1]

- Boa parte da **agricultura brasileira é cultivada em sistemas integrados**, que maximiza o uso da terra e recursos e a renda dos produtores e reduz as emissões de GEE
- No passado, **98% da expansão da cana-de-açúcar foi sobre áreas e pastagens degradadas**
- 2/3 dos casos em que a matéria-prima é alimentar apresentam **efeitos neutros ou positivos em relação à disponibilidade de alimentos**[2]
- **A bionergia contribui para a segurança alimentar**: melhora a **qualidade do solo,** eleva o **poder de compra** e fornece **fontes de energia**.

Uso de terras degradadas para a produção de biocombustívei[3]

- O Brasil pode **mais que dobrar a produção** de **biocombustíveis até 2050** com **uso de áreas degradados**, preservando floresta e alimentos

➢ **100 milhões de hectares de pastos degradados** no Brasil: **56 milhões para agricultura**, incluindo **bioenergia** – que ocuparia de **20 a 35 milhões ha**.

- É viável produzir etanol, biodiesel, diesel verde e SAF a partir de diversas combinações: cana-de-açúcar, milho, soja, macaúba etc.

[1]SOUZA (2025). [2]Baseado em revisões sistemáticas, considerando mais de 200 estudos; os efeitos negativos foram observados em modelos teóricos de países de alta renda. [3]IEMA (2025).

Fiscalização do abastecimento

Restrições orçamentárias reduzem fiscalização

Queda do orçamento da ANP de R$ 750 milhões em 2013 para pouco mais de R$ 130 milhões em 2024 (a preços de hoje).

Isso gerou paralisação/redução drástica de algumas atividades, como:

- as fiscalizações no mercado de combustíveis;
- o monitoramento da qualidade dos produtos;
- o levantamento de preços e;
- os investimentos em tecnologia.

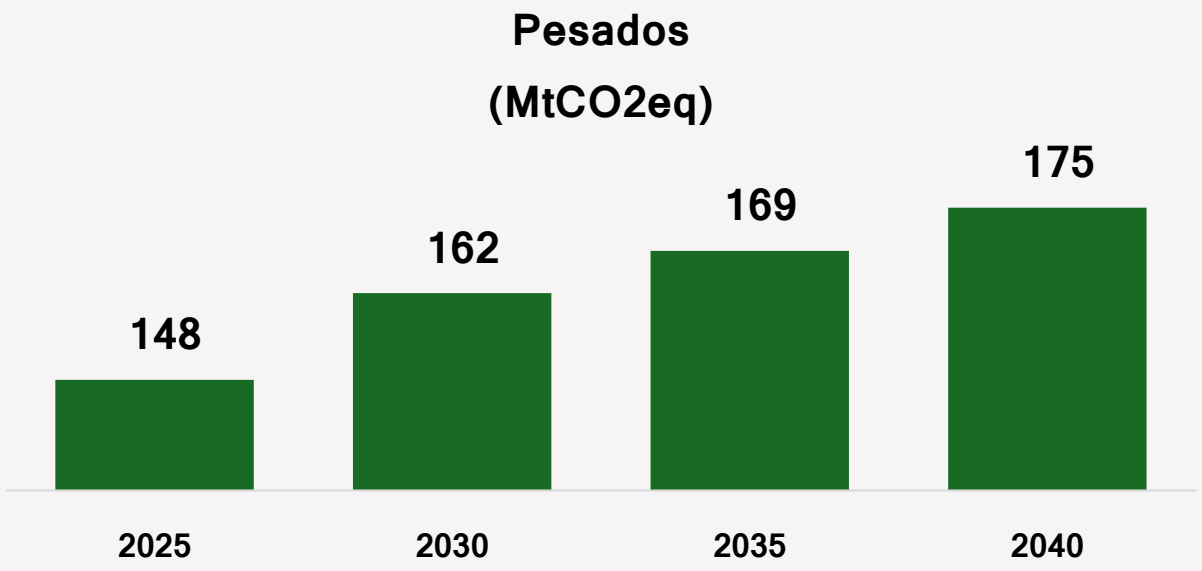
Reações do Governo

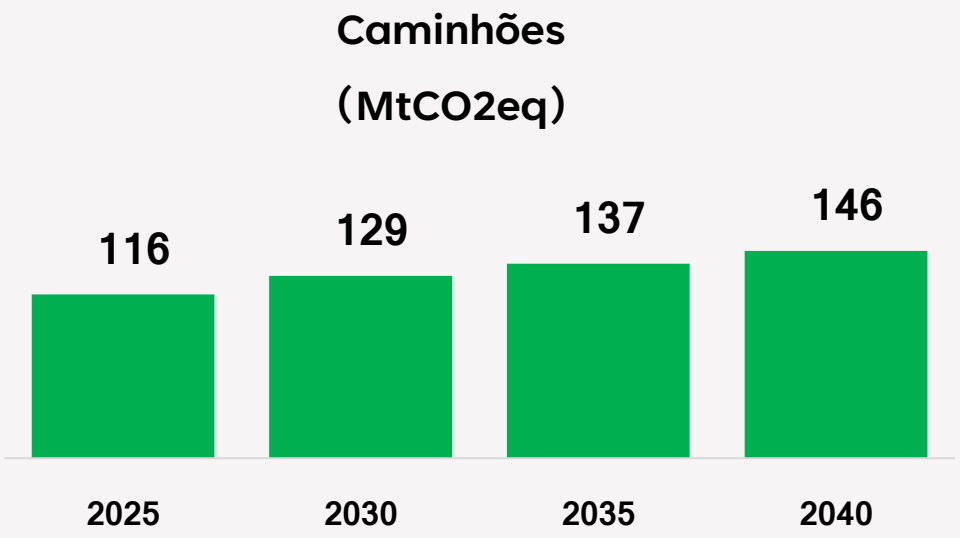
Projeto para criar o **Operador Nacional de Combustíveis** com inspiração no Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Operação Carbono Oculto da Polícia Federal, que pode gerar uma redução das fraudes em combustíveis.

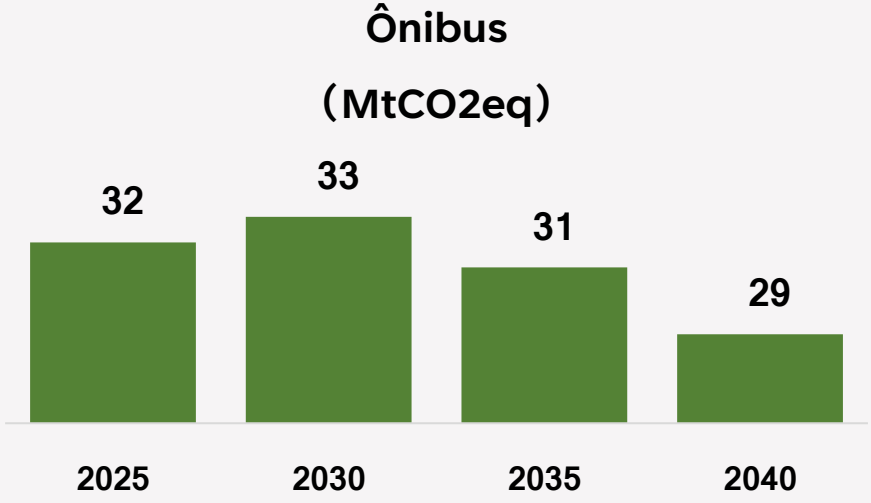
Elaboração: LCA. Fonte: https://www.poder360.com.br/poder-infra/governo-libera-r-10-milhoes-para-anp-apos-cortes-no-orcamento/.

Estimativa de emissões de GEE | Veículos pesados





- As emissões de GEE foram estimadas multiplicando-se o coeficiente de emissão (gCO2eq/MJ) de cada energético pela respectiva demanda projetada para a frota de ônibus e caminhões;
- Como resultado, as **emissões de pesados** (caminhões e ônibus) **seguem crescendo significativamente até 2040 por conta de caminhões** – *share* menor de energéticos sustentáveis e taxa de renovação muito lenta.



Fonte: EPE (2025) Descarbonização do setor de transporte rodoviário: Intensidade de carbono das fontes de energia. Elaboração: LCA.

Sumário

Apresentação

Cap. 1 – Projeções de frota e demanda por combustível

Cap. 2 – Demanda versus oferta esperada dos combustíveis

Cap. 3 – Políticas públicas:

- Contexto
- Análise SWOT
- Recomendações

Biometano | Vantagens e Desafios

Vantagens

- Grande potencial na descarbonização da matriz energética (8,35 gCO2EQ/MJ)
- Economia circular: resíduos urbanos e da agropecuária, sobretudo cana (vinhaça)
- Molécula compatível com a do GN: uso de infraestrutura já existente
- Atributo físico: uso em regiões próximas à produção e distantes de gasoduto
- Atributo ambiental (CGOB): demanda industrial por descarbonização
- Mandato: para o uso em substituição ao GN (*gap* de competitividade)
- Potencial para substituir todo o GLP e cerca de 70% do diesel importado, a médio prazo
- Abiogás: produção estimada de 8 MM m³/dia em 2030; potencial de 80 a 120 MM m³/dia
- Competitividade frente ao diesel e ao GNL
- Tarifa diferenciada de acesso aos gasodutos existentes: em regulamentação (ANP, Arsesp)

Desafios

- Falta infraestrutura de transporte e distribuição para ligar produção aos grandes centros
- Carência de infraestrutura para abastecimento ←→ frota limitada de veículos a gás (xNG)
- Mercado secundário: preço de revenda de veículos pesados penaliza custo total
- Frota muito depreciada: ausência de preocupação com atributo ambiental
- Maior custo em relação ao gás fóssil (GN) (requer *green premium*)
- Necessidade de criar normas de comercialização e licenças específicas
- Atenção à regulamentação da tarifa de acesso diferenciada: compartilhamento com GN
- Desafio: crescimento da oferta alinhado ao crescimento da demanda

Biodiesel | Vantagens e Desafios

Vantagens

- Fonte renovável com baixa emissão (28,40 gCO2EQ/MJ)
- Ainda com elevada produtividade – desenvolvimentos do setor agroindustrial
- Atende a nichos regionais complementares aos de outros biocombustíveis
- CAPEX menor em comparação ao CAPEX de HVO – custo final mais acessível
- Utilização segura em veículos novos e com frota integrada à produção/armazenamento
- Redução de PIS/COFINS para biodiesel com matéria-prima oriunda de agricultura familiar

Desafios

- Ocorrências de danos ao motor e peças (filtros e bicos injetores)
- Maior absorção de água: proliferação de bactérias quando da mistura com diesel
- Dificuldades na fiscalização na cadeia (complexa) de armazenamento e distribuição
- *Shelf life* reduzido
- Produção majoritariamente oriunda da soja: conflito com produção de alimentos?
- Avanço em terras degradadas: desloca pecuária para áreas “nobres” (food e floresta)

Etanol | Vantagens e Desafios

Vantagens

- Grande potencial na descarbonização da matriz energética (22,73 gCO2EQ/MJ)
- Combustível totalmente *drop-in*
- Maior octanagem e melhora no desempenho do motor
- Complementariedade do milho (e do trigo?) em regiões em que não há cana de açúcar
- Reforma Tributária: competitividade em estados de baixo consumo via alíquota média
- EC 123 / 2023 (sobre Art. 225 da CF): diferencial tributário a favor dos biocombustíveis
- CTC: potencial de ganhos de produtividade expressivos em 10-15 anos (70%-100%)
- Etanol de milho: coprodutos para ração animal (DDG/DDGS e pekilo)
- Integração entre produção de etanol de cana e milho: usinas flexíveis

Desafios

- Menor poder calorífico que a gasolina, o que gera menor autonomia
- Preço determinado pelo preço da gasolina (até ~70%): risco político
- Como em outras culturas, limites de área de plantio e água; necessário elevar produtividade
- Milho: atividade industrial complexa, requer compra de biomassa (energia)
- "Pré-conceito": crença de parte da população de que etanol prejudica o veículo
- Fiscalização: metanol sendo vendido como etanol

HVO (DIESEL VERDE) | Vantagens e Desafios

Vantagens

- Elevado potencial de descarbonização
- Combustível *drop-in*
- Não necessita adaptação técnica de motores ou renovação de frota
- Elevado *shelf life* e total compatibilidade com infraestrutura atual de refino e distribuição
- Capacidade de usar refinarias que produzem atualmente diesel s500 (CAPEX já depreciado)

Desafios

- Matérias primas concorrentes com outros biocombustíveis (como biodiesel)
- Capex de biorrefinarias (para expansão) maior frente ao biodiesel
- Concorre com a produção de SAF (rota HEFA), que é mais vantajosa ao produtor (melhores margens)
- Não há mandato específico na legislação
- Competitividade: gap de preço frente ao diesel fóssil é ainda bastante elevado
- Escala comercial ainda muito incipiente

Eletricidade | Vantagens e Desafios

Vantagens

- Grande potencial na descarbonização da matriz energética (20,85 gCO2EQ/MJ)
- Matriz elétrica nacional majoritariamente renovável (88,2% em 2024 cf. BEN)
- Possui maior potencial de capilaridade que outros energéticos
- Autonomia ampliada: motor a combustão recarrega a bateria do veículo
- BESS (*Battery Energy Storage System*): possibilidade de troca com a rede
- Imposto Seletivo sobre veículos(EC 132/2023) favorece não-fósseis

Desafios

- Ausência de uma cadeia de valor consolidada no país (coeficiente importado elevado)
- Veículos pesados: custo elevado, peso e infra rodoviária são grandes desafios
- Custo da bateria (40~50% do valor do automóvel) e incertezas sobre vida útil
- Infraestrutura de recarga de baterias incipiente e necessidade de elevados investimentos para dar vasão
- Acesso a matérias primas (minerais estratégicos), mas (ainda) sem perspectivas de beneficiamento
- Mercado de *swap* precisa ser desenvolvido no Brasil
- Gargalos de conexão limitam expansão de eletropostos nas capitais, mesmo com carga baixa

Sumário

Apresentação

Cap. 1 – Projeções de frota e demanda por combustível

Cap. 2 – Demanda versus oferta esperada dos combustíveis

Cap. 3 – Políticas públicas:

- Contexto
- Análise SWOT
- **Recomendações**

Capítulo 3

Políticas públicas: recomendações

Biocombustíveis são solução; frota de veículos tende a limitar avanço

A demanda potencial por biocombustíveis e a capacidade de produção são vantagens claras do Brasil. Idade da frota de pesados e limitações de acesso aos biocombustíveis limitam seu crescimento. É urgente renovar a frota, sobretudo de pesados.

A descarbonização no Brasil também depende de progressos na infraestrutura

Investimentos em dutos para interligar as regiões produtoras de biocombustíveis aos grandes centros de consumo, em novas conexões e no armazenamento de energia para viabilizar estações de recarga.

Ajustes regulatórios para acelerar a descarbonização

Acesso diferenciado de biometano aos dutos existentes, previsão regulatória para operar sistemas híbridos de geração renovável + BESS, fiscalização intensiva contra adulteração de combustíveis e para garantir qualidade do biodiesel etc.

Recomendações de Política Pública

As informações sobre Vantagens e Desafios de cada energético (matriz SWOT) refletem as entrevistas com representantes de setores chaves ligados direta ou indiretamente à mobilidade de baixo carbono.

As **recomendações de políticas públicas**, na sequência, utilizam como insumos os desafios elencados e apontados durante as entrevistas. Vale ressaltar que algumas iniciativas de política discutidas com os respectivos segmentos foram consideradas já encaminhadas, não exigindo, assim, novas ações. Dentre elas, é possível destacar algumas, como:

- **Imposto Seletivo sobre veículos (alíquota será definida a partir de atributos associados à eficiência energética, reciclabilidade e emissões);**
- **Imposto seletivo sobre combustíveis: encaminhado via Emenda 123 ao Artigo 225 da CFB, que incluiu um 8º. Inciso garantindo diferencial tributário para biocombustíveis relativamente aos fósseis; válida por 20 anos desde 2022;**
- **Financiamento especial à renovação de lavouras de cana-de-açúcar: entende-se que não há espaço no Plano Safra ou outro mecanismo especial e que já há racionalidade econômica para os investimentos.**
- **Abertura de novos mercados para os biocombustíveis brasileiros: acordo Mercosul-União Europeia, Brasil-EFTA, Brasil-México e outros tendem a promover espaço para os biocombustíveis brasileiros.**

Assim, os slides seguintes buscam encaminhar questões que consideramos pendentes e recomendar ações com potencial de remover os desafios listados.

1a. Custos com conexão do biometano à rede atual compartilhados com atuais usuários

Desafio

- Chegada do biometano à rede e sua **conexão com gasodutos** existentes exigem **custos adicionais** (logística, ajustes de pressão para adequação à rede e de regulação) que **podem inviabilizar o produto**.
- Mercado será atendido predominantemente **via transporte rodoviário até que haja escala e volume** para interligação com **novos ramais de gasoduto**.

Propostas

- Investimento em **infraestruturas prioritárias** (*hubs* de conexão e de compressão/descompressão) em locais próximos às regiões produtoras de biometano por parte dos atuais operadores de gasodutos.
- Tarifas de **acesso** e tarifas de **transporte** (por km) diferenciadas, com investimentos prioritários compartilhados com o condomínio ("TUSD Verde").
- Contratação de **Estudos de Viabilidade para novos gasodutos** de interligação entre regiões produtoras e centros urbanos (cf. PNIIGB/EPE).

Responsabilidade

- MME, ANP e Concessionárias/ autorizatárias de transporte de gás.
- ANP e Agências estaduais (Arsesp/SP, Agepar/PR).
- Infra S.A. ou BNDES.

1b. Custos com conexão do biometano à rede atual compartilhados com atuais usuários (continuação)

Desafio

- Chegada do biometano à rede e sua **conexão com gasodutos** existentes exigem **custos adicionais** (logística, ajustes de pressão para adequação à rede e de regulação) que **podem inviabilizar o produto**.
- Mercado será atendido predominantemente **via transporte rodoviário até que haja escala e volume** para interligação com **novos ramais de gasoduto**.

Propostas

- **Transparência do CAPEX dos investimentos** relativos às conexões determinados pelas **distribuidoras** de gás;
- Implementação e **fomento** ao transporte via GNC para distância até 200km – em razão da estrutura atual de custos;
- Fomentar a **flexibilidade de conexão** no sistema de transporte dutoviário – visando sempre à transparência de custos para o produtor de biometano.

Responsabilidade

- MME, ANP, agências estaduais (Arsesp/SP, Agepar/PR) e Concessionárias de distribuição de gás.
- MME, Mfaz e ANP.
- MME, ANP.

2a. Criação de corredores verdes e azuis nas principais rodovias nacionais

Desafio

- **Frota limitada de veículos movidos a xNG.**
  - Necessidade de incentivo à expansão da frota
- Carência de infraestrutura para abastecimento.

Propostas

- Criação de corredores **verdes** e **azuis** nas principais rodovias federais e estaduais:

i. Veículos: **redução de IPVA e de tarifas de pedágio** para veículos pesados movidos a gás e **isenção** aos veículos abastecidos **com biometano ou bateria**;

ii. Infra de abastecimento de gás e estação de recarga de bateria: **isenção tributária** (PIS-COFINS, IPI, ICMS) e condições especiais de **financiamento**;

iii. Corredores verdes em grandes centros urbanos para **transporte público** (ônibus elétricos e a gás).

Responsabilidade

- Alinhamento com concessionárias e agências reguladoras nos níveis federal (ANTT) e estadual (Artesp etc.).
- Encaminhamento via EPE/MME, envolvendo Min. Fazenda e Secretarias estaduais da Fazenda dos principais Estados.
- Secretarias municipais de transporte.

2b. Criação de corredores verdes e azuis nas principais rodovias nacionais (continuação)

Desafio

- **Frota limitada de veículos movidos a xNG.**
  - Necessidade de incentivo à expansão da frota
- Carência de infraestrutura para abastecimento.

Propostas

- Criação de corredores **verdes** e **azuis** nas principais rodovias federais e estaduais:

iv. **Isenção de rodízio para caminhões a biometano** na cidade de SP;

v. Prioridade nos Portos para descarregar caminhões que utilizam biometano.

Responsabilidade

- Secretaria de Transporte de São Paulo
- Autoridades Portuárias Estaduais (SPA em Santos), ANTAQ, Artesp.

3. Renovação de frota para veículos com baixa emissão de CO2eq

Desafio

- Frota bastante envelhecida é obstáculo à aceleração da descarbonização.
- Frota movida a gás ainda pequena, mercado secundário incipiente.
- Incentivos precisam focar a criação/expansão do **mercado de gás** (**GN e biometano**), e não exclusivamente para biocombustíveis.

Propostas

- Retomar Programa **Renovar** (Lei 14.440/2022), com **financiamento especial** (Fundo Clima) e **apoio financeiro via créditos tributários voltados à renovação da frota**, condicionado à **aposentadoria do modelo anterior** (desmonte e reciclagem).
- Apoio diretamente **proporcional** ao potencial de **descarbonização** do novo modelo medido por parâmetros consagrados (cf. **RenovaBio**).
- IPVA decrescente conforme capacidade de descarbonizar

Responsabilidade

- MDIC, Min. Fazenda.
- MDIC, Min. Fazenda.
- CONFAZ, Secretarias de Fazenda estaduais.

4. Renovação de frota de ônibus

Desafio

- Taxas de juros elevadas, mesmo com *funding do* Fundo Clima.
- Busca das prefeituras por financiamentos externos mais atrativos (os quais estão condicionados à importação de ônibus elétricos).

Propostas

- Linha de **financiamento com taxa inferior à taxa média de captação do Fundo** (faixa abaixo de 6,15% a.a.), em linha com o que é utilizado para outros segmentos (florestas, regeneração etc.).
- Criar linhas de **financiamento para adaptar motores de caminhões e ônibus da frota atual** (ônibus urbanos, caminhões).
- Expansão de políticas de fomento a **ônibus urbanos e intermunicipais verdes** (movidos a biometano ou eletricidade) para todos os munícipios.

Responsabilidade

- MDIC e BNDES.
- MDIC e BNDES.
- Ministério das Cidades e do Desenvolvimento Regional (MDR)

5a. Apoio à Inovação

Desafio

- Sustentar competitividade no longo prazo, permitindo explorar boa parte do potencial de produção de até 120 milhões de m3/ dia.

Propostas

- Apoio a plataformas de **inovação** (Universidades, centros de PD&I, empresas) para conectar produtores, consumidores e investidores.
- Estratégia de PD&I em biometano e subprodutos (biofertilizantes, CO_2 biogênico).
- Fortalecer a **cadeia de suprimentos** e serviços para equipamentos e soluções em biometano.
- Estruturar um programa de **capacitação profissional e técnica para mão de obra** especializada no setor.
- Ampliar linhas de financiamento para inovação (FINEP, BNDES).

Responsabilidade

- MCTI, FINEP, BNDES.
- Universidades, EMBRAPII, setor privado (CTC, outros).

5b. Apoio à Inovação (continuação)

Desafio

- Sustentar competitividade no longo prazo, permitindo explorar boa parte do potencial de produção de até 120 milhões de m3/ dia.

Propostas

- Estratégia de PD&I em tecnologia de transporte GNC (carretas maiores, compressores, tecnologia de carretas para maior retirada de gás, mais cavalos de potência);
- Fomento ao desenvolvimento de plantas e tecnologias para produção de BIO-GNL visando à descarbonização complementar dos transportes marítimos.

Responsabilidade

- MCTI, FINEP, BNDES.
- Universidades, EMBRAPII, setor privado (CTC, outros).

Pol. Pub. | Biodiesel

1. Fiscalização; incentivo a PD&I e à integração armazenamento-consumo

Desafio

- Problemas técnicos relacionados à contaminação por bactérias que proliferam em contato com a água presente na mistura com o diesel fóssil;
- Fiscalização insuficiente, sobretudo fora do eixo Sudeste, não dá conta de assegurar limpeza de tanques na cadeia de distribuição.

Propostas

- Reforço orçamentário à ANP (em parceria com reguladores regionais) para assegurar fiscalização e monitoramento para o controle de qualidade no armazenamento e distribuição.
- Incentivo a PD&I e à busca de soluções para os problemas técnicas da mistura.
- Apoio à expansão de **hubs de abastecimento de B100** nas principais regiões e rotas de produção.

Responsabilidade

- Ministérios da Fazenda e Planejamento.
- MCTI, FINEP/BNDES.
- Min. Fazenda e BNDES.

2. Renovação de frota

Desafio

- Frota bastante envelhecida dificulta possíveis aumentos adicionais da mistura de biodiesel no diesel (chegando ao teto do mandato da Lei do Combustível do Futuro)

Propostas

- Linha especial de financiamento (Fundo Clima) e apoio financeiro via créditos tributários voltados à renovação da frota condicionado à aposentadoria (desmonte e reciclagem) do modelo anterior.
- Apoios diretamente proporcionais ao potencial de descarbonização do novo modelo medido por parâmetros consagrados (conforme RenovaBio).

Responsabilidade

- MDIC e BNDES.

1. Estabilização da política de preços da gasolina

Desafio

- A política de preços da gasolina da Petrobras vem acompanhando as cotações internacionais, ainda que em médias mais longas. No entanto, já **foi discricionária anos atrás e pode voltar a ser**, desequilibrando a cadeia de biocombustíveis.

Propostas

- Fixação de critérios para a política de preços da Petrobras com base em preços-fórmula com banda periodicidade de ajustes pré-definida e necessidade de aprovação do CNPE para alterações de parâmetros e/ou da política;
- E/ou: criação de buffer público para acomodar flutuações de preço (via CIDE ou Fundo de Compensação) e dar margens a variações ocasionais sem afetar os mercados.

Responsabilidade

- ANP, Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), Ministério da Fazenda e MME.

2. Novas rotas para máquinas agrícolas com foco em descarbonização

Desafio

- Demanda de produtores agrícolas por motores a etanol ou gás/biometano;
- Cronograma do Proconve prevê adoção do MAR2 – nível superior de controle de emissão de poluentes para motores a diesel.
- MAR2 conflita com desenvolvimento de **novas rotas** que permitem **reduzir emissão de poluentes E descarbonizar.**

Propostas

- **Postergar o início de implementação do MAR2**, no âmbito do Proconve.
- Estimular, em contrapartida, o **desenvolvimento e a adoção de motores a biocombustíveis para máquinas agrícolas.**
- Plano Safra: **financiamento em condições mais vantajosas** para aquisição de **máquinas movidas a etanol e/ou biometano**.

Responsabilidade

- MDIC
- BNDES
- Min. Fazenda.
- MMA.

.

3. Apoio em investimentos de P&D do setor

Desafio

- A produtividade da cana-de-açúcar precisará dobrar em até 15 anos; a do milho também, mais em linha com o histórico.
- Inovações do CTC maduras, mas resultados ainda precisam ser testados em grandes escala e diferentes regiões.
- Espaço para avanço da produção de matérias-primas para biocombustíveis em terras degradadas é limitado – uso de “pastagem de baixo vigor” e sem ameaçar “áreas preserváveis”, segundo o Observatório do Clima.

Propostas

- Financiamento especial para **produção em plantas-demo do CTC** para escalar mudanças tecnológicas em curso

Responsabilidade

- FINEP/BNDES e Fundo Clima.

4. Obstáculos aos usos alternativos do Etanol

Desafio

- Apesar de mandatos para **SAF** na Lei do Combustível do Futuro, ainda não há uma NCM específica para o produto (necessário para aplicação de incentivos fiscais específicos).
- Estimativas indicam que há ainda um gap expressivo de competitividade do SAF x querosene fóssil mesmo nas rotas mais competitivas (HEFA).
- Diferente do SAF, o etanol pode ser usado diretamente em **motores de embarcações substituindo o metanol** (drop-in).

.

Propostas

- Criação de NCM para o SAF.
- Criação de **Programa de Crédito Tributário à produção local de SAF**, aos moldes do Programa de Hidrogênio de Baixo Carbono (PHBC, Lei 14.498/2024).
- Esforços para **promover o etanol no mercado de navegação internacional** (DNV, IMO).
- Investimentos em **reforços para armazenamento e atracação de cargueiros** para abastecimento em portos locais.

Responsabilidade

- MDIC
- Ministério da Fazenda.
- APEX e MRE.
- Ministério de Portos e Aeroportos,.

1. Infraestrutura incipiente para rotas de longa distância

Desafio

- Infraestrutura de recarga rápida de baterias em rotas de longa distância é quase inexistente, limitando a expansão da frota elétrica.

Propostas

- **Apoio a investimentos em estações de recarga rápida** em rotas estratégicas de longa distância.
- Inclusão das **estações de recarga de baterias aos corredores verdes e azuis**: foco em disponibilizar infraestrutura para veículos sustentáveis.

Responsabilidade

- Ministérios de Minas e Energia e Fazenda

2. Antecipar reforços na rede elétrica para permitir conexão em pontos estratégicos

Desafio

- A exemplo da cidade de São Paulo, há pedidos de conexão às redes de distribuição e/ou de transmissão para cargas de médio-grande porte não atendidos.
- Cortes de produção associados a sobras localizadas e sazonais de energia ("*curtailment*") evidenciaram limites de transmissão.

Propostas

- **Definição prévia do traçado, carga e tensão das estações de recarga em corredores verdes/azuis intermunicipais e urbanos**, para permitir investimento em reforço às redes de transmissão e/ou distribuição;

Responsabilidade

- MME/EPE, Aneel.

3. Armazenamento de energia

Desafio

- Ausência de mercado de BESS (*Battery Energy Storage Systems*).
- Ausência de padrão regulatório para sistemas híbridos de geração renovável + BESS, tanto *on grid* como *off grid*.
- Leilão de capacidade (2026) irá inaugurar presença de baterias em sistemas de grande porte no Brasil, até então restritos a P&Ds Aneel; mercado começa a formar preço e identificar players relevantes para, em seguida, poder oferecer solução em escala comercial.

Propostas

- Criar **padrão regulatório para solução híbridas off grid** (que pode ser *on grid* se e quando possível).
- Fontes híbridas biomassa/biogás e/ou solar e/ou eólica + BESS em regime de autoprodução, por autorização.
- Créditos fiscais para sistemas ligados à recarga de bateria, crescentes quanto maior a produção local de componentes.

Responsabilidade

- MME/ANEEL.
- MME/Ministério da Fazenda.
- MDIC/Ministério da Fazenda.

4. Incentivo à cadeia local de baterias

Desafio

- Ausência de uma cadeia local de beneficiamento de minerais críticos e insumos para a produção de baterias no país.
- Dependência total de baterias importadas: custo elevado (40~50% do valor do automóvel elétrico), elevada pegada de carbono e ausência de ações quanto aos riscos e à vida útil da bateria.

Propostas

- **Fomento à inovação, à exploração com beneficiamento local e à produção de baterias no Brasil**, mediante coordenação com **políticas de minerais e terras raras**.
- Estabelecimento de **percentual crescente de conteúdo local nos veículos elétricos montados no Brasil** por companhias estrangeiras.

Responsabilidade

- MCTI, MDIC, BNDES e FINEP.

Conclusões

Experiência

A consolidação da indústria de etanol, o avanço da mistura de biodiesel e o advento de novos biocombustíveis revelam a liderança do Brasil em mobilidade de baixo carbono

Resultados

Descarbonização dos transportes, inovação tecnológica, adensamento das cadeias locais de produção, geração de emprego e renda, PIB e arrecadação fiscal, contribuição para a redução das emissões em escala global.

Políticas públicas

Apoio à renovação da frota, interligação entre produção e consumo de biocombustíveis, criação de corredores verdes, conexão e viabilização de geração elétrica com fontes híbridas são exemplos de boas ações públicas.

Potencial a partir de inovação

Além de tecnologias consagradas, país tem elevada capacidade de inovar e atender setores de difícil descarbonização, como transportes de longo curso.

Novos desafios

Dobrar a produção via ganhos de produtividade exige elevados investimentos, que por sua vez requerem estabilidade regulatória e comercial (preços, mandatos firmes)

Caminho a ser firmado

Processos inovadores no campo, biotecnologia, genética e manejo podem ser firmados em larga escala com apoio público

Soluções estratégicas em economia

www.lcaconsultores.com.br

Ficha técnica:
Fernando Camargo, diretor-sócio
Bráulio Borges, diretor
João Queiroz, economista
Matheus Marcelino, economista
Thaís Monello, economista

Premissas | Veículos leves – Flex Fuel – Cenário Base

Ano	Combustível	% Cidade	% Estrada	Market Share - Etanol Hidratado	Autonomia (km/litro) - Etanol (Cidade)	Autonomia (km/litro) - Etanol (Estrada)	Autonomia (km/litro) - Gasolina(Cidade)	Autonomia (km/litro) - Gasolina (Estrada)	Distância (Km/ano)
2025	Flex	0,50	0,50	36,4%	9,0	11,0	13,0	15,8	15.600
2030	Flex	0,50	0,50	49,6%	9,0	11,0	13,0	15,8	15.600
2035	Flex	0,50	0,50	54,6%	9,0	11,0	13,0	15,8	15.600
2040	Flex	0,50	0,50	54,6%	9,0	11,0	13,0	15,8	15.600

Elaboração: LCA. Fonte: PBEV (2025), EPE (2025).

Premissas | Veículos leves – Flex Fuel – Alternativo

Ano	Combustível	% Cidade	% Estrada	Market Share - Etanol Hidratado	Autonomia (km/litro) - Etanol (Cidade)	Autonomia (km/litro) - Etanol (Estrada)	Autonomia (km/litro) - Gasolina (Cidade)	Autonomia (km/litro) - Gasolina (Estrada)	Distância (Km/ano)
2025	Flex	0,50	0,50	36,4%	9,0	11,0	13,0	15,8	15.600
2030	Flex	0,50	0,50	39,3%	9,0	11,0	13,0	15,8	15.600
2035	Flex	0,50	0,50	42,1%	9,0	11,0	13,0	15,8	15.600
2040	Flex	0,50	0,50	45,0%	9,0	11,0	13,0	15,8	15.600

Elaboração: LCA. Fonte: PBEV (2025), EPE (2025).

Premissas | Veículos leves – HEV

Ano	Combustível	% Cidade	% Estrada	Market Share - Etanol Hidratado	Autonomia (km/litro) - Etanol (Cidade)	Autonomia (km/litro) - Etanol (Estrada)	Autonomia (km/litro) - Gasolina (Cidade)	Autonomia (km/litro) – Gasolina (Estrada)	Distância (Km/ano)
2025	HEV	0,50	0, 50	36,4%	12,5	10,7	17,5	15,2	15.600
2030	HEV	0,50	0,50	49,6%	12,5	10,7	17,5	15,2	15.600
2035	HEV	0,50	0,50	54,6%	12,5	10,7	17,5	15,2	15.600
2040	HEV	0,50	0,50	54,6%	12,5	10,7	17,5	15,2	15.600

Elaboração: LCA. Fonte: PBEV (2025), EPE (2025).

Premissas | Veículos leves – PHEV

Ano	Propulsão	% Cidade	% Estrada	Fator de uso	Autonomia (km/litro) - Gasolina (Cidade)	Autonomia (km/litro) - Gasolina (Estrada)	Distância (Km/ano)
2025	PHEV	0,50	0,50	0,61	15	11,2	15.600
2030	PHEV	0,50	0,50	0,61	15	11,2	15.600
2035	PHEV	0,50	0,50	0,61	15	11,2	15.600
2040	PHEV	0,50	0,50	0,61	15	11,2	15.600

Elaboração: LCA. Fonte: PBEV (2025), EPE (2025).

Premissas | Veículos pesados

A estimativa da **demanda de combustível** é função direta de algumas premissas sobre a **distância percorrida anualmente (em média) e a autonomia veicular de cada propulsão.**

Combustível	Tipo de veículo pesado	Distância (Km/ano)	Autonomia (km/litro), (km/m³)e (km/KWh)
Diesel	Caminhão	50.000	2,9
	Ônibus	80.000	2,9
Biometano	Caminhão	50.000	2,02
	Ônibus	80.000	2,02
Eletricidade	Caminhão	50.000	1,28
	Ônibus	80.000	1,28

Elaboração: LCA.

Entrevistas realizadas

EMPRESAS E INSTITUIÇÕES ENTREVISTADAS

- Tupy
- Be8
- BNDES
- Copersucar
- UNICA
- USP/IEA Bioenergy
- Abiogás
- Sindipeças
- Siamig e Bioenergia Brasil
- WEG
- SAE
- Aprobio
- TBG
- Scania
- Abimaq
- John Deere
- ABCR
- Toyota
- Ultragaz (*)
- TAG Gasodutos
- CTC

Entrevista está disponível em: https://eixos.com.br/videos-e-podcasts/mandato-nao-deve-se-traduzir-em-inflacao-do-biometano-diz-diretor-da-ultragaz/

Referências

ABiogás. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO BIOGÁS. Disponível em: https://abiogas.org.br/. Acesso em: 19 set. 2025.

ABVE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. Disponível em: https://abve.org.br/. Acesso em: 19 set. 2025.

ANFAVEA. Avançando nos caminhos da descarbonização 2024. Disponível em: https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2024/09/Anfavea-Avancando-nos-Caminhos-da-Descarbonizacao-2024-Publicacao.pdf/. Acesso em: 19 set. 2025

ANFAVEA. (2024). Dados Estatísticos para Download. Acesso em 16 de setembro de 2025, disponível em Anfavea: https://anfavea.com.br/site/edicoes-em-excel/

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Painel Dinâmico da Fiscalização do Abastecimento. Brasília: ANP, publicado em 08 out. 2020; atualizado em 10 set. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/painel-dinamico-da-fiscalizacao-do-abastecimento. Acesso em: 19 set. 2025.

Biocombustíveis como solução imediata e eficaz para a descarbonização do transporte – Ficha informativa. BionFapesp, 2025. Disponível em: https://bioenfapesp.org/biocombustiveis-como-solucao-imediata-e-eficaz-para-a-descarbonizacao-do-transporte-ficha-informativa/. Acesso em: 26 set 2025.

BRASIL (2025), Decreto nº 12.614, de 5 de setembro de 2025. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/decreto/d12614.htm. Acesso em: 06 out. 2025.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis 2024. Brasília: EPE, 2025. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/analise-de-conjuntura-dos-biocombustiveis-2024. Acesso em: 19 set. 2025.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis 2023. Brasília: EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-834/NT-EPE-DPG-SDB-2024-03_ACBios_Ano2023.pdf. Acesso em: 19 set. 2025.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Nota Técnica de Demanda de Energia dos Veículos Leves: 2025-2034. EPE, Rio de Janeiro. Acesso em 16 de julho de 2025, disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-331/topico-739/NT-EPE-DPG-SDB-2024-10_Demanda%20de%20energia%20veiculos%20leves_2025-2034_R1.pdf

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Nota Técnica Descarbonização do Setor de Transporte Rodoviário Intensidade de carbono das fontes de energia, Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em 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. Acesso em: 19 set. 2025.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA Motorizações alternativas na frota de caminhões e ônibus no Brasil: contextualização e possíveis trajetórias. Brasília: EPE, fev. 2023. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-782/NT-EPE-DPG-SDB-2023-02_Motorizações%20alternativas%20na%20frota%20de%20caminhões%20e%20ônibus_2023.pdf. Acesso em: 28/10/2025.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil. Brasília: EPE, fev. 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-839/CA-EPE-DPG-SDB-2024-02_Combust%C3%ADveis_Sustent%C3%A1veis_Avia%C3%A7%C3%A3o_Brasil.pdf. Acesso em: 28/10/2025

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA Descarbonização do Transporte Aquaviário: Desafios e Trajetórias Nacionais para Combustíveis Marítimos. Nota Técnica NT-EPE-DPG-SDB-2025-04. Brasília: EPE, 2025. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-903/NT-EPE-DPG-SDB-2025-04_Descarboniza%C3%A7%C3%A3o_Transporte_Aquavi%C3%A1rio.pdf. Acesso em: 25/10/2025.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional (BEN). Brasília: EPE, ano de publicação. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben. Acesso em: 28/10/2025.

Referências

GAUTO, Marcelo Antunes et al. Hybrid vigor: Why hybrids with sustainable biofuels are better than pure electric vehicles. Energy for Sustainable Development, v. 76, p. 101261, 2023.

IATA; WORLEY. Global Feedstock Assessment for SAF Production: Outlook to 2050. IATA, set. 2025. Disponível em: https://www.iata.org/globalassets/iata/publications/sustainability/global-feedstock-assessment-for-saf-production-outlook-to-2050.pdf. Acesso em: 28 out. 2025.

IEMA; OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Biocombustíveis no Brasil: alinhando transição energética e uso da terra para um país carbono negativo. São Paulo: IEMA, outubro de 2025. Disponível em: https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2025/10/Final-relatorio-biocombustiveis-out-2025.pdf. Acesso em: 28/10/2025.

INMETRO. Veículos automotivos (PBE Veicular) – diversos ciclos. Disponível em: https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular/. Acesso em: 19 set.2025.

PDE. PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA 2035. Brasília: EPE, 2025. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2035. Acesso em: 19 set. 2025.

PDE. PLANO DECENAL DE EXPANSÃO DE ENERGIA 2034. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2034. Acesso em: 23 set. 2025.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES – SINDIPEÇAS. Relatório da Frota Circulante. São Paulo, 2025. Disponível em: https://sindipecas.org.br/uploads/documentos/1745606295_Relatorio%20da%20frota%20circulante%20-%20abril25.pdf. Acesso em: 29 set. 2025.

SOUZA, Glaucia M. Biocombustíveis não ameaçam a alimentação. O Globo, 26 out. 2025. Disponível em: https://oglobo.globo.com/opiniao/artigos/coluna/2025/10/biocombustiveis-nao-ameacam-a-alimentacao.ghtml. Acesso em: 28 out. 2025.

SOUZA, Glaucia M. et al. BIOEN – Informativo sobre o potencial e a sustentabilidade dos biocombustíveis. São Paulo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), jun. 2025. Disponível em: https://bioenfapesp.org/wp-content/uploads/2025/06/vf_bioen.pdf. Acesso em: 28 out. 2025..

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇUCAR E BIOENERGIA – UNICA. Única data: Estatísticas do setor sucroenergético. Disponível em: https://unicadata.com.br/