



NOTA TÉCNICA

CENÁRIOS DE OFERTA DE ETANOL E DEMANDA DO CICLO OTTO: 2026 - 2035



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



■ Equipe

Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Equipe Técnica

Angela Oliveira da Costa

Arthur Cortez Pires de Campos

Euler João Geraldo da Silva

Guilherme Correa Naresse

Juliana Pereira Targueta

Leônidas Bially Olegário dos Santos

Letícia Gonçalves Lorentz

Luciano Basto Oliveira

Marina Damião Besteti Ribeiro

Paula Isabel da Costa Barbosa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Suporte Administrativo

Raquel Lopes Couto

NOTA TÉCNICA EPE/DPG/SDB/009/2025

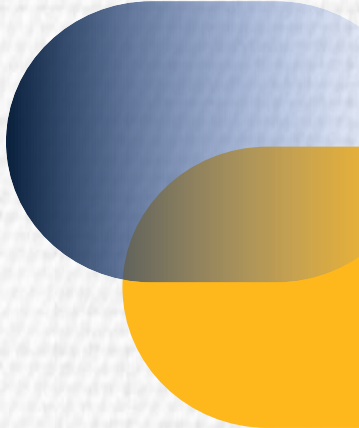


VALOR PÚBLICO

A EPE REALIZA ESTUDOS E PESQUISAS PARA SUBSIDIAR A FORMULAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO DA POLÍTICA E DO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO BRASILEIRO.

COM ESTE DOCUMENTO, A EPE TRAZ TRANSPARÊNCIA E REDUZ A ASSIMETRIA DE INFORMAÇÃO, POR MEIO DA APRESENTAÇÃO DE DADOS E FATOS QUE PODEM AUXILIAR OS DEBATES ACERCA DOS ESFORÇOS DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL. ESTA NOTA TÉCNICA APRESENTA CENÁRIOS DE OFERTA DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR E DE MILHO E SEUS DESDOBRAMENTOS PARA A DEMANDA DOS COMBUSTÍVEIS DE CICLO OTTO E SOBRE O BALANÇO NACIONAL DE GASOLINA A.

O DOCUMENTO ABORDA TAMBÉM A BIOELETRICIDADE DA CANA, PRODUÇÃO DE BIOMETANO, EMISSÕES EVITADAS PELO USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS, ALÉM DA DESTINAÇÃO DE ETANOL PARA A PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEIS SUSTENTÁVEIS DE AVIAÇÃO E PARA O USO AQUAVIÁRIO.



■ Sumário

Introdução	2
1. Contextualização.....	2
2. Premissas dos cenários.....	4
2.1. Premissas comuns para todos os cenários (Condicionantes).....	4
Ajustes nos fatores do ano base	4
Capacidade instalada atual	4
Rendimento	5
Exportação e importação de etanol	5
Etanol para outros usos (não energético)	6
2.2. Premissas específicas para cada cenário	6
Capacidade de produção de etanol de cana e de milho.....	7
Açúcar	11
Etanol para outros usos energéticos	12
3. Resultados – Estudos da Expansão da Oferta.....	13
Área de cana processada	13
Produtividade da cana	14
Cana processada	15
ATR total	15
Processamento de milho	16
Produção de DDGS e óleo de milho.....	17
Oferta total de etanol	17
Bioeletricidade.....	19
Biometano da biomassa de cana-de-açúcar.....	20
<i>Condições para a expansão do biometano sucroenergético</i>	22
Emissões evitadas de gases de efeito estufa	24
Investimentos	26
4. Resultados – Demanda Combustível.....	27
Etanol combustível	28
Gasolina A	28
Participação dos combustíveis no ciclo Otto	29
<i>Market share</i> do hidratado no <i>flex fuel</i>	30
Balanço nacional de gasolina A.....	31
Outros usos energéticos	32
5. Análises de Sensibilidades	33
5.1. BOX 1 – Estabilização na Oferta de Etanol.....	37
5.2. BOX 2 – Cenário alto de etanol x produção de açúcar de referência.....	38
6. Conclusão	39
Anexo	41
Referências bibliográficas	42

■ Gráficos

Gráfico 1 – Saldo de capacidade instalada de produção de etanol – cenário de crescimento médio..9	9
Gráfico 2 – Saldo de capacidade instalada de produção de etanol – cenário de crescimento alto.....9	9
Gráfico 3 - Saldo de capacidade instalada de produção de etanol – cenário de crescimento baixo..10	10
Gráfico 4 - Capacidade de produção de etanol (cana e milho)10	10
Gráfico 5 - Capacidade nominal de processamento (cana e milho)11	11
Gráfico 6 - Produção de açúcar (cenário de referência)12	12
Gráfico 7 - Área de cana processada14	14
Gráfico 8 - Produtividade da cana14	14
Gráfico 9 - Cana processada15	15
Gráfico 10 - Quantidade de açúcares totais recuperáveis (ATR)16	16
Gráfico 11 – Processamento de milho para a produção de etanol16	16
Gráfico 12 – Produção de DDGS e óleo de milho17	17
Gráfico 13– Oferta total de etanol por matéria-prima18	18
Gráfico 14 – Projeção de bioeletricidade a partir do histórico (curva de conversão)19	19
Gráfico 15 – Projeção de bioeletricidade a partir do potencial técnico20	20
Gráfico 16 – Potencial de produção de biometano21	21
Gráfico 17 – Evolução das instalações de biometano no setor sucroenergético com registro na ANP23	23
Gráfico 18 Cenários de capacidade instalada de biometano no setor sucroenergético24	24
Gráfico 19 – Emissões evitadas de GEE pelo uso do etanol e bioeletricidade* (a partir do histórico)25	25
Gráfico 20 – Demanda de ciclo Otto (sem GNV)27	27
Gráfico 21 – Demanda de etanol combustível28	28
Gráfico 22 – Demanda de gasolina A29	29
Gráfico 23– Participação dos combustíveis na demanda do ciclo Otto29	29
Gráfico 24– Evolução da demanda ciclo Otto segmentada por combustível30	30
Gráfico 25 – <i>Market share</i> do etanol hidratado no <i>flex fuel</i> (em volume)30	30
Gráfico 26 – Balanço Nacional de Gasolina A - Produção PDE 203531	31
Gráfico 27 - Balanço Nacional de Gasolina A – média dos volumes produzidos entre 2018 e 2022 ..32	32
Gráfico 28 – Demanda de etanol (energética e não energética)32	32
Gráfico 29 – Impacto isolado das sensibilidades nas demandas de hidratado, anidro e gasolina A em 203533	33
Gráfico 30 – Composição do ciclo Otto para as sensibilidades do cenário médio em 203534	34
Gráfico 31 – Reflexos na demanda de etanol hidratado para cada cenário em 203534	34
Gráfico 32 – Reflexos na demanda de etanol anidro para cada cenário em 203535	35
Gráfico 33 – Reflexos na demanda de gasolina A para cada cenário em 203535	35
Gráfico 34 – Composição do ciclo Otto para as sensibilidades dos cenários em 203536	36
Gráfico 35 – Oferta de etanol por matéria-prima38	38

Tabelas

Tabela 1 - Taxa de crescimento e variação de área de cana processada13	13
Tabela 2 - Taxa de crescimento e variação de produtividade14	14
Tabela 3 - Taxa de crescimento e variação de cana processada15	15
Tabela 4 - Taxa de crescimento e variação de ATR15	15
Tabela 5 - Taxa de crescimento e variação do processamento de milho para produção de etanol...16	16
Tabela 6 – Taxa de crescimento e variação da oferta total de etanol17	17

Tabela 7 - Potencial de biometano das usinas mais eficientes [bilhões Nm ³]	22
Tabela 8 - Detalhamento dos cenários para entrada de usinas de biometano	23
Tabela 9 - Investimento estimado para novos projetos e expansões	26
Tabela 10 - Taxa de crescimento e variação da demanda de etanol combustível.....	28
Tabela 11 - Taxa de crescimento e variação da demanda de gasolina A	29
Tabela 12 - Variação das sensibilidades nas demandas de hidratado, anidro e gasolina A em 2035.	33

Introdução

A Empresa de Pesquisa Energética divulga sua décima edição dos Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto. Com o presente estudo, a EPE visa contribuir para a identificação das oportunidades e ameaças ao abastecimento nacional dos veículos leves de ciclo Otto (etanol e gasolina automotiva). Considerando a demanda de transporte de referência da EPE, são apresentados **cenários de oferta de etanol** de cana-de-açúcar e de milho¹ e seus desdobramentos para a demanda dos combustíveis e sobre o **balanço nacional de gasolina A** até o horizonte de 2035. O estudo também contempla a oferta da bioeletricidade da cana-de-açúcar exportada ao Sistema Interligado Nacional, o potencial de produção de biometano de resíduos da cana, com trajetórias de expansão da capacidade de produção, e uma avaliação dos investimentos associados a cada um dos cenários. Além disso, estima-se a contribuição do setor sucroenergético e do etanol de milho para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). As projeções apresentadas também englobam a parcela deste biocombustível que é destinada para a produção de *Sustainable Aviation Fuel* (SAF) pela rota ATJ (*Alcohol to Jet*) e para o uso aquaviário.

1. Contextualização

O Brasil é um dos principais produtores de combustíveis renováveis no mundo e essa posição é fruto de diversas ações e políticas públicas desenvolvidas ao longo do tempo, de forma a incentivar o aumento de sua participação na matriz energética. Dentre essas, estão os mandatos de adição obrigatória de biocombustíveis (etanol e biodiesel) aos derivados de petróleo, os mecanismos de diferenciação tributária entre renováveis e fósseis, as linhas de financiamento específicas e, mais recentemente, a Política Nacional dos Biocombustíveis (RenovaBio) e a Lei do Combustível do Futuro (BRASIL, 2017, 2024; EPE, 2016, 2025a). Os biocombustíveis constituem uma alternativa sustentável e renovável para a transição energética e colocam o Brasil em uma posição de destaque e com o desafio de estimular ações de maneira justa e equilibrada, considerando a inclusão social e o combate à pobreza.

Dada a sua experiência, o Brasil poderá contribuir para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU, que envolve a produção de matérias-primas para a obtenção de biocombustível e sua inter-relação com o fomento e o desenvolvimento da agricultura familiar. Além do seu papel no abastecimento alimentar e da sua importância como fonte de geração de empregos no meio rural, aumento de renda e melhoria da qualidade de vida, a agricultura familiar constitui-se uma das políticas da rede de proteção social que pode cooperar no combate à erradicação da fome e da insegurança alimentar no planeta. Desta forma, a produção de biocombustíveis direcionada pela política energética brasileira pode, além de colaborar para a renovabilidade da matriz nacional e mitigação das mudanças climáticas, contribuir para a erradicação da pobreza e a promoção de vida digna para todos (ONU, 2021). A EPE desenvolveu alguns estudos nesse sentido, como o artigo “Potencial de expansão da produção de biocombustíveis e impactos associados”, do Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis: ano 2024, e o *Fact Sheet* “Agricultura Familiar, PNPB e Agenda 2030: Um Compromisso com o Futuro Sustentável” (EPE, 2025a, 2025b).

Dentre os biocombustíveis nacionais, destaca-se o etanol, cuja produção é oriunda majoritariamente da cana-de-açúcar e, nos últimos anos, do milho, que tem apresentado crescimento relevante. O etanol é comercializado nas formas de hidratado e anidro, este em mistura com a gasolina A, compondo a gasolina C. Em 2025, o teor de anidro na gasolina C passou de 27% para 30%, a partir de agosto, de acordo com a Resolução CNPE nº 9/2025 (CNPE, 2025).

¹ Na denominação etanol de milho, também estão incluídos os de soja, trigo, sorgo e outros cereais.

Em relação à cana, observa-se o reflexo da valorização dos preços do açúcar no mercado internacional, com o setor sucroenergético se ajustando a essas flutuações para maximizar receitas ou minimizar perdas. A bioeletricidade é um terceiro ativo deste segmento, contribuindo para o aumento de sua receita. A produção de biometano utilizando vinhaça e torta de filtro tem apresentado avanços significativos, com 6 unidades em operação, em dezembro de 2025, de um total de 17 unidades autorizadas, incluindo os demais insumos.

A produção de etanol a partir do milho vem apresentando um crescimento expressivo, principalmente na região Centro-Oeste, e atingiu 7,6 bilhões de litros em 2024, cerca de 20% da produção nacional (MAPA, 2025; UNICA, 2025). Entre janeiro e novembro de 2025, sua produção alcançou cerca de 9 bilhões de litros, que corresponde a 25% do etanol total (35 bilhões de litros). Esse setor vem sendo favorecido pelo aumento da produção do cereal, que diferentemente da cana, é um cultivo do qual se pode obter uma segunda safra anual ou até, ocasionalmente, uma terceira, em combinação com outros cultivos, notadamente a soja. Além disso, se beneficia da geração de coprodutos como o óleo de milho, destinado ao consumo humano, e do DDGS (*distiller's dried grains with solubles*) para nutrição animal, adicionando assim mais dois ativos no *pool* de receitas das usinas (IMEA, 2017; MILANEZ *et al.*, 2014). Nos últimos anos, o País vem expandindo os mercados para exportação de DDGS, a exemplo da recente habilitação de estabelecimentos pela China (o principal importador de grãos brasileiros). Existe ainda a possibilidade de integração das cadeias, com o fornecimento desse coproduto para a pecuária intensiva.

Adicionalmente, o milho tem como vantagem a possibilidade de armazenamento do cereal, viabilizando que as usinas operem ao longo de todo o ano. Em relação à expansão da área de produção de milho, o cultivo sequencial à soja (segunda safra) já representa aproximadamente 80% da produção total e ainda possui um potencial de duplicar, favorecendo assim um aumento da oferta de etanol sem a necessidade de conversão de novas áreas agrícolas (EPE, 2024a). Além disso, a produtividade desse grão no Brasil vem crescendo significativamente, com expectativa de manutenção dessa taxa de ganho nos próximos anos. Os desafios para o setor de etanol de milho estão na disponibilidade de biomassa para a geração de energia e na logística de distribuição, tendo em vista a localização dessas unidades.

Uma outra fonte de receita para o segmento de biocombustíveis são os CBIO², para as unidades que se enquadraram nos requisitos e aderiram ao RenovaBio. Atualmente, a maior parte das usinas certificadas são de cana E1G, uma vez que as de milho enfrentam alguns desafios relacionados à cadeia de custódia dos grãos (EPE, 2025a).

O consumo do ciclo Otto (exceto GNV) superou novamente o máximo histórico anual, refletindo uma conjuntura econômica favorável, com aumento do PIB per capita, recorde de ocupação formal e da massa de rendimento real, bem como o menor nível de desemprego da série histórica (EPE, 2025i). Nesse contexto, a demanda de ciclo Otto alcançou 61,1 bilhões de litros de gasolina equivalente em 2025, com o etanol hidratado ampliando significativamente sua participação (EPE, 2025a, 2025c). A safra de cana 2025/26 vem exibindo um bom desempenho da produtividade e da moagem, ainda que inferior ao do período anterior. O preço do açúcar³ no mercado internacional reduziu ao longo desse ano e se aproximou da paridade com o etanol, entretanto o *mix* para o adoçante continua elevado, em função de acordos comerciais já firmados. Como mencionado, a produção do etanol de milho continua com aumento consistente. A relação de preços entre o etanol e a gasolina manteve-se favorável ao biocombustível em alguns estados brasileiros ao longo desse ano (CONAB, 2025a; EPE, 2025a, 2025d; MAPA, 2025; USDA, 2025). Até outubro de 2025, o consumo de etanol hidratado foi de 19,2 bilhões de litros, redução de 1,4%, em relação a 2024, enquanto para a gasolina C, houve um aumento de 4,1% (ANP, 2025a; MAPA, 2025).

² Instrumento da Política Nacional de Biocombustíveis – RenovaBio, registrado sob a forma escritural, para fins de comprovação da meta individual do distribuidor de combustíveis de que trata o art. 7º da Lei nº 13.576/2017 (BRASIL, 2017).

³ De janeiro a outubro de 2025, a produção nacional de açúcar foi de 40,3 milhões de toneladas, 0,6% inferior ao mesmo período de 2024 (MAPA, 2025).

2. Premissas dos cenários

Este estudo apresentará três cenários de oferta de etanol, cujas denominações foram escolhidas com base no crescimento da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar e do milho. São eles: **Crescimento Alto, Crescimento Médio e Crescimento Baixo**.

Primeiramente, serão descritas as premissas comuns desses cenários e, em seguida, as premissas específicas.

2.1. Premissas comuns para todos os cenários (Condicionantes)

Ajustes nos fatores do ano base

Para os anos de 2024 e 2025, a área e as produtividades agrícola e industrial referentes à cultura da cana foram ajustadas de acordo com o segundo levantamento da safra de cana 2025/26 da CONAB (2025a). Os valores para o ano de 2026 são iguais para todos os cenários e foram representados de forma única.

Capacidade instalada atual

Para as unidades que utilizam exclusivamente a cana-de-açúcar, o fator de capacidade de moagem e de produção de etanol foi de 90%. Para o processamento do milho, esse valor é de 96%. As plantas produtoras de biocombustíveis em operação e com autorizações de ampliação e construção pela ANP têm como referência a posição de 28 de março, com exceção do cenário alto, cuja data⁴ base é de 03 de outubro de 2025 (ANP, 2025b).

a) Cana

- A capacidade instalada nominal de moagem se situa em torno de 840 milhões de toneladas de cana⁵ (correspondente a 750 Mtc em capacidade efetiva), com 337⁶ unidades em funcionamento. A capacidade de produção de etanol anidro e hidratado é de 48,3 bilhões de litros (200 dias de safra) (ANP, 2025b; MAPA, 2025).
- Ampliação⁷ da capacidade de produção de etanol de 42 usinas em operação, que totalizam 2,5 bilhões de litros (200 dias de safra), para os cenários médio e baixo. Para o alto, o total é de 2,6 bilhões de litros (44 unidades) (ANP, 2025b).
- Implantação de uma unidade produtora de etanol de cana no curto prazo, com processo de autorização em andamento junto à ANP na data de 28/03/2025 (cenários baixo e médio). Para o cenário alto, há ainda a entrada de mais uma outra unidade, no médio prazo, também indicada pela ANP. Ainda constam, na Agência, duas unidades que são produtoras de aguardente e estão com processo de autorização em andamento visando a produção de etanol para fins combustíveis (ANP, 2025b). Todas essas usinas foram contempladas nas projeções.

⁴ Essa alteração foi necessária, em função da entrada de novos projetos, relacionados ao etanol de milho, tanto na ANP (2025b) quanto em divulgações das empresas.

⁵ A análise considerou o fechamento, a reativação e as expansões em unidades existentes que ocorreram até o período indicado.

⁶ Nesse total, estão incluídas quatro produtoras de aguardente e/ou etanol para outros usos, e 11 unidades de etanol de milho *flex* cujas capacidades de processamento de milho e de produção de etanol serão contabilizadas junto com as de milho *full*. Unidades *flex* são aquelas que produzem etanol a partir da cana e do milho. Unidades *full* usam apenas o grão/cereal. Considera-se uma safra de 155 dias para as *flex*, quando utilizam o grão.

⁷ Admitiu-se que o volume a ser ampliado estará disponível até 2029.

b) Milho e Outros

- A capacidade de processamento de milho é de 21,9 milhões de toneladas e a referente à produção de etanol se situa em 11,6 bilhões de litros, a partir de 30 unidades (11 *flex* e 19 *full*). Existem ainda três unidades produtoras de etanol a partir de soja/cereais⁸ com capacidade de 31,4 milhões de litros (ANP, 2025b; MAPA, 2025).
- Ampliação da capacidade de três usinas em operação (2 *full* e 1 *flex*) em 72,3 milhões de litros (ANP, 2025b).
- Implantação de 16 unidades de etanol a partir de milho, mais uma de milho/soja, uma de trigo e uma de cereais, para os cenários baixo e médio. No caso do alto, considera-se o total de 18⁹ usinas *full* (incluindo essas três de outros grãos/cereais) (ANP, 2025b).

Rendimento

O rendimento industrial (qualidade da cana) é definido pela quantidade de ATR (Açúcares Totais Recuperáveis) por tonelada de cana e está relacionado com a sua variedade (mais rica em açúcar ou fibra), sua adequação ao ambiente de produção e ao corte mecanizado, idade do canavial (renovação no tempo ótimo), impurezas vegetais e minerais, tratamentos culturais e aspectos climáticos (EPE, 2025a).

Esse indicador vem oscilando ao longo das safras passadas (EPE, 2025a) e, para o horizonte deste estudo, considera-se que o rendimento médio da cana será de cerca de 142 kg ATR/tc.

Exportação e importação de etanol

Atualmente há uma tendência mundial para a migração para economias sustentáveis e de baixa emissão de carbono, como uma das formas para mitigar os efeitos adversos da ação do homem no clima e proteger a qualidade de vida no planeta. Existem alternativas para alcançar esses objetivos, como o uso de biocombustíveis e a eletrificação (mais disseminada internacionalmente), desde que a eletricidade seja oriunda de fontes renováveis, sendo cada uma mais adequada às especificidades de cada país.

Os países tradicionalmente importadores de etanol, em geral, estão buscando sua descarbonização por meio da eletrificação do setor de transportes.

Apesar da tendência do aumento do uso de biocombustíveis como uma das formas de descarbonização, espera-se que o mercado internacional mantenha suas características atuais, com baixos volumes de biocombustíveis comercializados até o final do período. Os principais motivos para este cenário são: a perspectiva de aumento da eficiência energética veicular; a busca generalizada de independência energética; e a imposição de barreiras aos principais países produtores.

Como resultado, estima-se que a exportação brasileira de etanol será de 2,3 bilhões de litros em 2035. A projeção de exportação considera, principalmente, a participação do etanol de cana no atendimento das metas da RFS (*Renewable Fuel Standard*)¹⁰ dos Estados Unidos (EPA, 2023), com os mercados da Coreia do Sul, EUA, e Países Baixos sendo os principais importadores de etanol do Brasil, conforme descrito em EPE (2025a).

⁸ De forma a simplificar as análises conduzidas nesse estudo, por ora, as produções de etanol a partir de soja e cereais são contabilizadas em conjunto com as de milho.

⁹ Apesar do total ser inferior, a capacidade de produção de etanol é maior. No relatório da ANP de 03/10/2025, algumas unidades não constavam mais como em processo de construção, quando comparadas com o indicado em 28/03/2025.

¹⁰ De acordo com esse programa, os biocombustíveis são classificados em função da quantidade de GEE emitida no ciclo de vida: renováveis (etanol e biobutanol de milho), avançados (etanol de cana-de-açúcar), diesel de biomassa (éster ou HVO – óleo vegetal hidratado) e celulósicos (etanol e bioetanol celulósico) (EPA, 2023).

Por outro lado, há a possibilidade do aumento desses volumes exportados, caso haja a destinação do etanol, como produto ou como insumo, para a utilização em setores de difícil descarbonização, a exemplo da aviação, para a produção de combustíveis sustentáveis pela rota *Alcohol to Jet* (ATJ) e do aquaviário.

Estimou-se que os volumes importados de etanol sejam em média de 500 milhões de litros por ano em todo o período.

Etanol para outros usos (não energético)

No Brasil, projeta-se que a demanda de etanol para uso não energético, concentrada basicamente na produção de bebidas, cosméticos, produtos farmacêuticos, petroquímicos e compostos oxigenados (ácido acético, acetato de etila e butanol), será de 1,0 bilhão de litros em 2035.

2.2. Premissas específicas para cada cenário

Os cenários elaborados diferenciam-se basicamente quanto ao grau de atratividade econômica da produção do etanol e de competitividade do hidratado frente à gasolina C. Para tal, distinguem-se os esforços do setor direcionados tanto à melhoria dos fatores de produção (produtividade e rendimento da cana, dentre outros) quanto à ampliação de capacidade e a intensidade dos incentivos governamentais, incluindo o empenho para a expansão da produção dos biocombustíveis e as contribuições para o atendimento às metas da 21ª Conferência das Partes (COP 21), pelo Acordo de Paris e, mais recentemente, na COP 30, com a aprovação do Consenso de Belém, o qual inclui avanços em temas como transição justa, financiamento da adaptação, comércio, gênero e tecnologia. Neste mesmo evento, também foi lançado o compromisso global Belém *4x Pledge*, para quadruplicar o uso de combustíveis sustentáveis até 2035, tomando como base os níveis de 2024. Esta iniciativa, liderada pelo Brasil, Itália e Japão, com apoio inicial da Índia, objetiva acelerar a transição energética e a descarbonização de setores difíceis de eletrificar, como transporte e indústria, reduzindo emissões de gases de efeito estufa (BRASIL, 2009; COP 30 BRASIL AMAZÔNIA, 2025). Adicionalmente, com o objetivo de expandir o uso dos biocombustíveis e contribuir para a transição energética com a redução das emissões de GEE, foi aprovada em 2017, a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e em 2024, promulgada a Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.993/2024) (BRASIL, 2017, 2024).

Especificamente para o RenovaBio (BRASIL, 2017), com a definição das metas de descarbonização, espera-se que as usinas se sintam impulsionadas a produzir mais biocombustíveis e de forma mais eficiente, aumentando a oferta de CBIO (Crédito de Descarbonização) e refletindo em seu preço no mercado, onde ele será comercializado. Esse mecanismo deverá contribuir para garantir a segurança necessária para novos investimentos. Por outro lado, a Lei do Combustível do Futuro (BRASIL, 2024), sancionada pelo Presidente Luís Inácio Lula da Silva em 08 de outubro de 2024, ampliou a faixa do percentual de adição de etanol anidro na gasolina C para 30% (em vigor) com possibilidade de atingir 35%. Além disso, esta Lei estabeleceu metas de redução de emissão por meio do uso de combustíveis renováveis, oferecendo outras possibilidades para o etanol, como: captura de carbono, produção de biogás, de combustíveis sustentáveis de aviação (SAF) pela rota ATJ, de combustíveis para uso no setor aquaviário e de hidrogênio (BRASIL, 2024). Dessa forma, pretende-se desenvolver um ambiente favorável para ampliar a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional.

É de interesse nacional a penetração do etanol no consumo da frota *flex*, ampliando a sua participação em mercados consolidados, como os estados produtores do Centro-Sul, e principalmente a expansão para outras regiões brasileiras (Norte, Nordeste e Sul). Sob esse aspecto, torna-se importante um maior esclarecimento dos atributos técnicos e vantagens desse biocombustível.

Assim sendo, cada um dos cenários apresentará uma atratividade maior ou menor para o etanol, que se refletirá na variação de sua capacidade de produção, nos diferentes fatores de produção e em inovações tecnológicas para esse setor. Admitiu-se que as políticas vigentes de incentivo ao etanol permaneçam durante todo o período, como, por exemplo, diferenciações na CIDE, no PIS/COFINS e no ICMS¹¹ incidentes sobre o etanol e a gasolina em alguns estados, bem como a disponibilização de linhas de financiamento.

Em todos os cenários, considerou-se o alinhamento do preço de realização da gasolina às cotações internacionais, ressaltando-se que, apesar das oscilações no histórico recente, estima-se que percorrerá uma trajetória com um pequeno aumento durante a maior parte do período e com uma pequena redução ao final do decênio, conforme o Caderno de Preços Internacionais de Petróleo e seus Derivados do PDE 2035 (EPE, 2025e). Como indicado anteriormente, o percentual obrigatório de adição de etanol anidro na gasolina C aumentou de 27% para 30% em agosto de 2025 (CNPE, 2025). Serão realizadas análises de sensibilidades, com teor de anidro evoluindo até 35%.

A seguir, são apresentados os diferenciais entre os cenários, que foram construídos levando-se em conta os diversos fatores mencionados anteriormente, e que se concretizem em expansão e/ou diminuição da capacidade de produção de etanol e nas trajetórias de produção de açúcar e de destinação de etanol para a produção de SAF pela rota ATJ.

Capacidade de produção de etanol de cana e de milho

No início dos anos 2000, houve a entrada de diversas unidades produtoras de cana-de-açúcar, devido ao crescimento da demanda de etanol pelos veículos *flex fuel* e de açúcar no mercado internacional. Nos anos seguintes, grupos do setor apresentaram elevado endividamento, os investimentos foram reduzidos e diversas unidades paralisaram as suas atividades. Em um período mais recente, observou-se a reativação de algumas usinas e poucos projetos *greenfields* (EPE, 2025a).

Com relação ao etanol a partir de milho, desde 2018, diversas unidades entraram em operação e ocorreram ampliações de capacidade das existentes, com a produção apresentando um crescimento expressivo (MAPA, 2025; UNICA, 2025). O tempo necessário para implantação deste tipo de unidade é de cerca de dois anos, o que é relativamente menor que o estimado para as unidades de cana. Além disso, a matéria-prima é adquirida diretamente dos produtores do grão, sem a necessidade de a usina possuir área própria. Diferentemente da cultura da cana, o milho possui até três safras anuais, em rotação com a soja e/ou com outros grãos e cereais. Considerando a rápida expansão do processamento do milho para etanol, um ponto de atenção para os próximos anos está na necessidade de biomassa para a geração de energia e na logística de movimentação dos produtos e matérias-primas, pela localização das usinas na região Centro-Oeste. O Anexo apresenta o histórico acerca das unidades de cana e milho.

As usinas de cana estão ajustando as suas condições financeiras e foram impulsionadas pela atratividade do açúcar no mercado internacional, observada nos últimos anos (CONAB, 2025a; MAPA, 2025; USDA, 2025). Os investimentos a serem realizados podem visar a ampliação da capacidade de cristalização, melhorias nos canaviais, redução de custos de cultivo, irrigação, cogeração, aproveitamento de palhas e pontas, produção de leveduras, biogás, etanol de segunda geração, entre outros. Entende-se que as oportunidades observadas para as usinas já em operação envolverão riscos e CAPEX relativamente baixos e podem concorrer, em termos de prioridade de investimentos dos grupos do setor, com projetos *greenfields*.

¹¹ Em 2024, 26 unidades da federação apresentaram diferenciação tributária entre etanol hidratado e gasolina C (CONFAZ/MF, 2025; EPE, 2025a).

Quanto ao etanol de segunda geração (E2G)¹², existem no Brasil as plantas comerciais: Exygen -I da Granbio¹³ em São Miguel dos Campos, com capacidade nominal de 30 milhões de litros/ano, e as da Raízen, em Guariba, com 82 milhões de litros/ano e Piracicaba¹⁴ (SP) com 42 milhões de litros/ano. A empresa já anunciou a construção de mais sete projetos, todos com capacidade de 82 milhões de litros, com quatro deles tendo previsão de entrada até 2027. A companhia comunicou acordos de venda de 460 milhões de litros de E2G, ao longo de nove anos, e tem planos de construção de outras unidades e licenciamento da tecnologia¹⁵ (GRANBIO, 2025; RAÍZEN, 2023, 2024a).

Para cada cenário, considerou-se uma variação da capacidade de produção de etanol, com base em ações dos agentes do setor e incentivos governamentais. Os gráficos e tabelas a seguir resumem as hipóteses de expansão da capacidade de produção de etanol adotadas, tendo como base 28 de março (baixo e médio) e 03 de outubro (alto) de 2025, conforme descrito anteriormente. Como colocado no item 2.1, para todos os cenários, tem-se a entrada das unidades com processo de autorização em andamento para operação de novas instalações e ampliação de instalações existentes registradas pela ANP (2025b).

Novas unidades indicativas (*greenfields*) de cana-de-açúcar foram estimadas apenas para o cenário alto, com base em um investimento anunciado e outra com um perfil médio de capacidade nominal de moagem de 4,0 Mtc. Foi considerada também a reativação de usinas pertencentes a grupos com participação relevante nesse mercado. Para o E2G, com base na sua valoração no mercado internacional, projeta-se a entrada de unidades com capacidade específica média de 82 milhões de litros, de acordo com os condicionantes dos diferentes cenários.

No caso do etanol de milho, foram considerados projetos anunciados, incluindo ampliações, que ainda não constam na ANP, tanto para o cenário médio quanto para o alto, de acordo com as premissas de atratividade de cada um deles.

Cenário de crescimento médio (referência)

O cenário de crescimento médio considera a entrada de uma unidade de cana, em construção com processo de autorização em andamento¹⁶, que aumenta a capacidade nominal de moagem em 3,0 milhões de toneladas (280 milhões de litros para a produção de etanol). As ampliações de produção de etanol totalizam 2,5 bilhões de litros. Para o milho, as ampliações e implantações em processo de autorização resultam em um aumento da capacidade de 4,5 bilhões de litros (ANP, 2025b)¹⁷, além de um indicativo (novas unidades) de 2,2 bilhões de litros, com todas do tipo *full*. A capacidade de processamento aumenta 16 milhões de toneladas. O aumento da capacidade de produção de E2G será de 0,9 bilhão de litros em 2035, a partir de 11 unidades produtoras. O saldo de unidades produtoras de etanol¹⁸ de cana e de milho em termos de capacidade instalada de produção pode ser observado no Gráfico 1.

¹² Existe a planta experimental do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), com capacidade de 3 milhões de litros/ano.

¹³ A planta da Granbio não produz etanol lignocelulósico desde a safra 2021/22. Em 2025, foi renomeada com a perspectiva de se tornar uma biorrefinaria, produzindo etanol (1G e 2G), biometano, biofertilizantes e e-etanol (ALAGOAS, 2025).

¹⁴ Em 2025, foi anunciado que a produção de etanol 2G da unidade de Costa Pinto (Piracicaba) seria interrompida, sendo utilizada para testes e desenvolvimento de biocombustíveis do futuro (JORNALCANA, 2025).

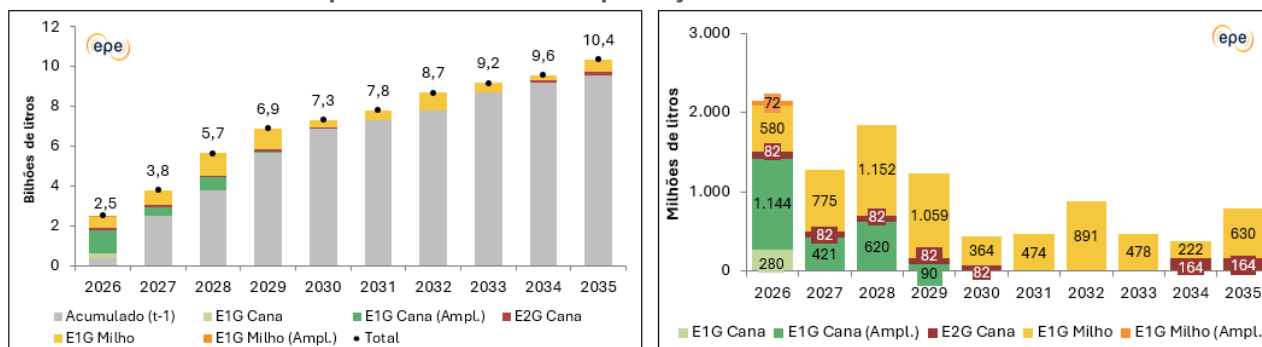
¹⁵ A Raízen divulgou, em 2025, que está revisando seu *portfólio* de ativos e realizando desinvestimentos (AGFeed, 2025).

¹⁶ A autorização de operação dessa unidade já foi concedida pela ANP em julho de 2025, porém em todos os cenários o início ocorre em 2026.

¹⁷ Os processos de autorização e ampliação foram baseados em dados da ANP.

¹⁸ Para todos os cenários, considera-se que ocorre a entrada em operação de 210 milhões de litros referentes a ampliações de usinas de cana e de 164 milhões de litros de E2G em 2025.

Gráfico 1 – Saldo de capacidade instalada de produção de etanol – cenário de crescimento médio

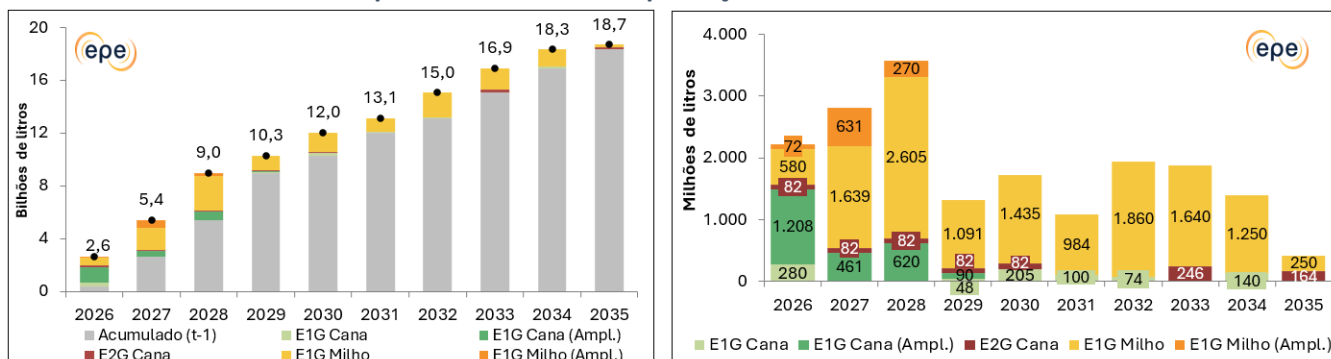


Nota: O gráfico à direita detalha o volume adicionado na capacidade de produção de etanol (ampliações e novas unidades).
Fonte: EPE (Elaboração própria)

Cenário de crescimento alto

O cenário de crescimento alto considera a entrada das unidades de cana em construção com processo de autorização em andamento na ANP (em 03/10/2025) e duas indicativas, que no total aumentam a capacidade nominal de moagem em 9,9 milhões de toneladas (673 milhões de litros de produção de etanol). O saldo das reativações será de 4,4 milhões de toneladas (174 milhões de litros). As ampliações de produção de etanol totalizam 2,6 bilhões de litros. Para o milho, as ampliações e implantações com processo de autorização em andamento na ANP resultam em um aumento da capacidade de 4,9 bilhões de litros (ANP, 2025b), além de um indicativo (novas unidades e/ou ampliações) de 9,4 bilhões de litros, com maioria do tipo *full*. A capacidade de processamento aumenta 33 milhões de toneladas. O aumento da capacidade de produção de E2G será de 1,0 bilhão de litros em 2035, a partir de 12 unidades produtoras. O saldo de unidades produtoras de etanol de cana e de milho em termos de capacidade instalada de produção é apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Saldo de capacidade instalada de produção de etanol – cenário de crescimento alto

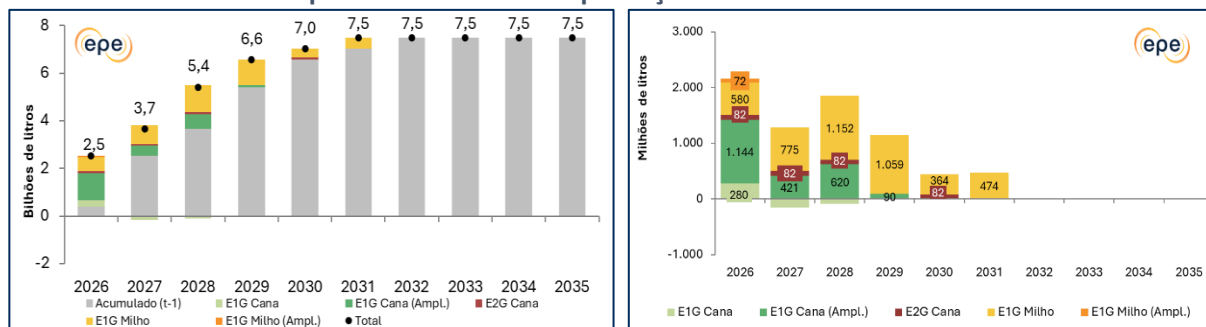


Nota: O gráfico à direita detalha o volume adicionado na capacidade de produção de etanol (ampliações e novas unidades).
Fonte: EPE (Elaboração própria)

Cenário de crescimento baixo

O cenário de crescimento baixo considera a entrada de uma unidade de cana em construção com processo de autorização em andamento na ANP, que aumenta a capacidade nominal de moagem em 3,0 milhões de toneladas (280 milhões de litros para a produção de etanol). O saldo dos fechamentos ocasionará uma diminuição de 3 milhões de toneladas (240 milhões de litros para o etanol). As ampliações (ANP) de produção de etanol totalizam 2,5 bilhões de litros. No caso do milho, as ampliações e implantações com processo de autorização em andamento na ANP resultam em um aumento da capacidade de 4,5 bilhões de litros (ANP, 2025b), com maioria do tipo *full*. A capacidade de processamento aumenta 11 milhões de toneladas. O aumento da capacidade de produção de E2G será de 0,5 bilhão de litros em 2035, a partir de 6 unidades produtoras. O saldo de unidades produtoras de etanol de cana e de milho em termos de capacidade instalada de produção é ilustrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Saldo¹⁹ de capacidade instalada de produção de etanol – cenário de crescimento baixo

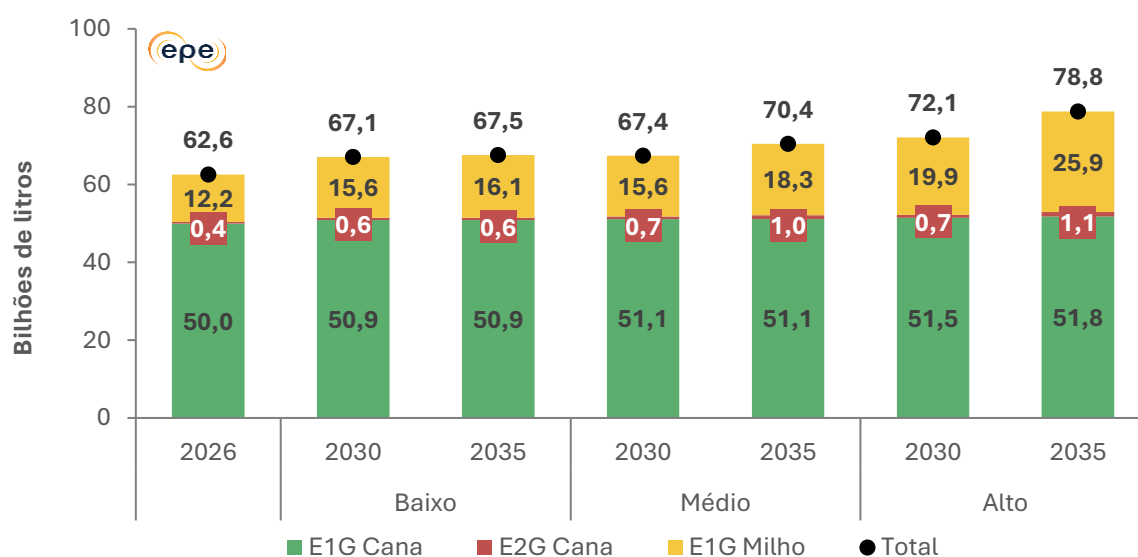


Nota: O gráfico à direita detalha o volume adicionado na capacidade de produção de etanol (ampliações e novas unidades).

Fonte: EPE (Elaboração própria)

O Gráfico 4 apresenta as capacidades nominais de produção de etanol de cana (1G e 2G) e de milho, com base nas considerações feitas anteriormente, para os cenários de crescimento baixo, médio e alto.

Gráfico 4 - Capacidade de produção de etanol (cana e milho)

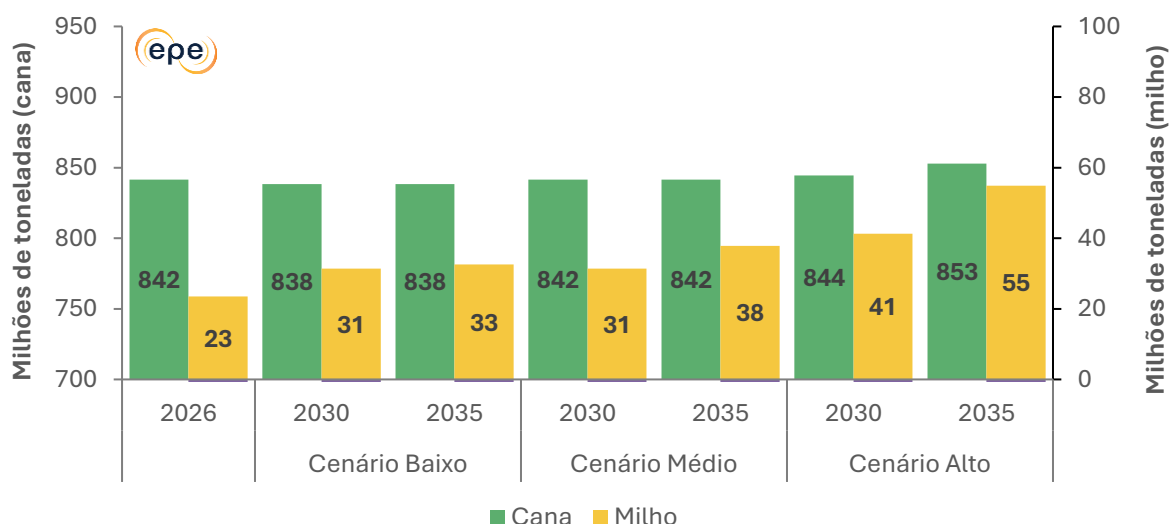


Fonte: EPE (Elaboração própria)

Por fim, o Gráfico 5 apresenta as capacidades nominais de processamento de cana e de milho, com base nas considerações feitas anteriormente, para os cenários de crescimento baixo, médio e alto.

¹⁹ Para o caso do cenário baixo, por simplificação, a denominação E1G Cana engloba as unidades em construção com processo de autorização em andamento na ANP juntamente com as paralisações, projetadas para ocorrerem em 2027 e 2028 (gráfico à direita).

Gráfico 5 - Capacidade nominal de processamento (cana e milho)



Fonte: EPE (Elaboração própria)

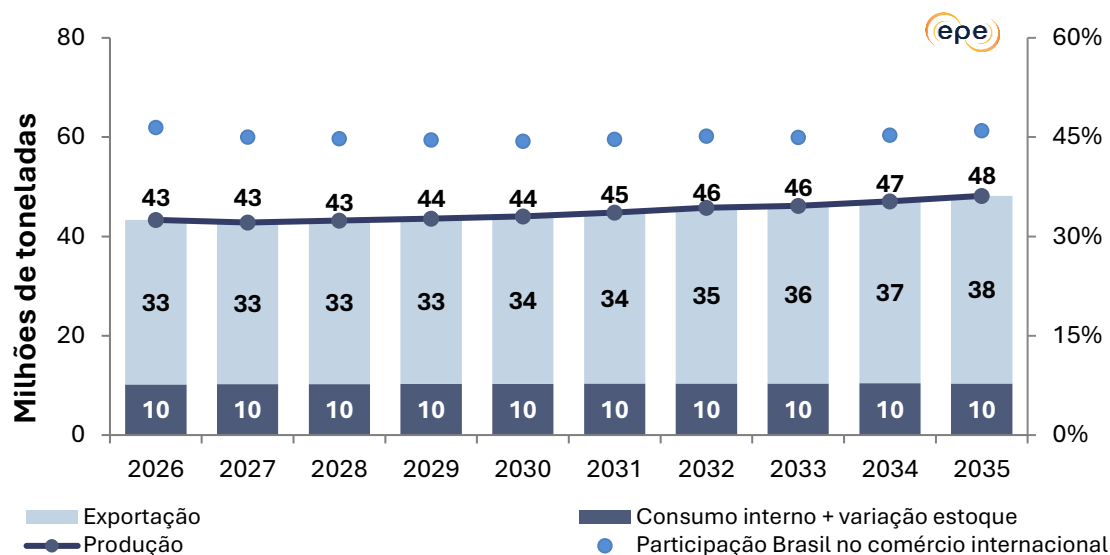
Açúcar

A projeção da produção brasileira de açúcar compreende duas componentes: consumo interno e exportação. O consumo interno considera a evolução do consumo *per capita* brasileiro (kg/hab./ano) e está relacionado aos aspectos de renda, envelhecimento da população e mudanças de hábitos alimentares. Em relação ao mercado internacional, o Brasil figura como o principal *player*, responsável por cerca de 50%²⁰ do mercado internacional desta *commodity*, seguido de Índia, Tailândia e UE (FAO, 2012, 2024; ISO, 2024).

Para os cenários de crescimento médio e baixo, a projeção considerou que o consumo interno *per capita* de açúcar permanecerá em torno de 47 kg/hab/ano em todo o período (FAO, 2012, 2024; ISO, 2024, MAPA, 2025). A projeção de exportação da *commodity* foi estimada a partir da premissa de que a participação do Brasil no fluxo de comércio mundial se manterá elevado, com estimativa de representar 46% em 2035 (FAO, 2024). Como resultado, para a projeção da produção de açúcar de referência, a taxa de crescimento no período 2024-2035 é de 0,8% a.a., alcançando 48,2 milhões de toneladas em 2035, conforme Gráfico 6 a seguir.

²⁰ Nos últimos anos, o *market share* do Brasil foi ainda mais relevante.

Gráfico 6 - Produção de açúcar (cenário de referência)



Fonte: EPE (Elaboração própria)

Para o cenário de crescimento alto, a produção de açúcar estimada atinge 52,3 milhões de toneladas em 2035, sendo que a participação do Brasil no fluxo de comércio mundial alcança 50%.

Etanol para outros usos energéticos

Dada a versatilidade do etanol para outras aplicações, como no setor aquaviário e para a produção de SAF pela rota ATJ, o presente estudo conduziu estimativas em relação a essas possibilidades.

A demanda volumétrica de SAF para o atendimento das metas estabelecidas pelo CORSIA²¹ e ProBioQAV²² dependerá da intensidade de carbono de cada rota tecnológica e matéria-prima utilizada. Nesse sentido, EPE (2024b, 2025f)²³ avaliou critérios para a produção desse combustível no Brasil e indicou uma possível composição de rotas e matérias-primas para atender as metas de redução de emissões.

Em uma primeira análise²⁴, adotada para os cenários de crescimento médio e baixo, a produção de SAF pela rota ATJ representaria cerca de 420 milhões de litros, 24% do total em 2035. Esse volume corresponde a uma demanda de 0,9 bilhão de litros de etanol, considerando um rendimento de conversão médio (0,46 litros SAF / litros etanol, segundo ICS (2024)). Para o cenário alto, a estimativa considerou a entrada de um novo projeto de ATJ, indicado recentemente, e a priorização de rotas com cana e milho 1G, as quais possuem maiores intensidades de carbono e assim, necessitariam de maiores volumes do biocombustível. Nesse caso, a demanda de etanol seria de 3,9 bilhões de litros para a produção de 1,8 bilhão de litros de SAF.

Em relação ao etanol para uso no setor aquaviário, a projeção considera que se inicia em 2034, alcançando 65 milhões de litros em 2035, para todos os cenários indicados nesse estudo.

²¹ CORSIA: *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*. Programa estabelecido pela ICAO (*International Civil Aviation Organization*) para redução de emissões da aviação civil mundial.

²² Programa estabelecido no âmbito da Lei Combustível do Futuro com metas de redução de emissões na aviação nacional.

²³ Para maiores informações, sugere-se consultar os estudos *Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil* (EPE, 2024b) e *Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil e sinergia com o diesel verde* (EPE, 2025f).

²⁴ Os cenários de crescimento baixo e médio seguem a projeção de SAF indicada para o PDE 2035 (EPE, 2025e). Recentemente, houve o anúncio de um novo projeto de ATJ, que foi incluído apenas no cenário alto.

Relação aumento da oferta de etanol e uso da terra

O aumento projetado da oferta de etanol no Brasil na próxima década não implica, necessariamente, uma expansão proporcional da área agrícola destinada às culturas energéticas. A dinâmica esperada difere de ciclos anteriores, uma vez que grande parte do crescimento da produção deverá ocorrer por meio de técnicas poupa-terra, que permitem elevar a oferta a partir da base agrícola já existente (EPE, 2024a, 2025a, 2025b). Destacam-se, nesse contexto, a expansão do etanol de milho de segunda safra, os ganhos contínuos de produtividade da cana-de-açúcar e do milho, e a incorporação crescente de resíduos agroindustriais na produção de etanol de segunda geração (E2G), reduzindo a pressão por novas áreas e o risco de mudanças no uso da terra.

Nesse contexto, a relação entre crescimento da produção de etanol e uso da terra tende a se tornar progressivamente mais dissociada. O milho segunda safra, cultivado majoritariamente após a colheita da soja em áreas já consolidadas, exemplifica um processo de intensificação agrícola sem expansão territorial. De forma complementar, ganhos de produtividade agrícola e industrial ampliam o volume de etanol produzido por hectare, enquanto o E2G reforça a eficiência do sistema ao converter resíduos como bagaço e palha em combustível. Esses vetores consolidam um modelo de expansão da oferta de etanol compatível com objetivos ambientais, climáticos e de uso sustentável da terra.

Os resultados dessas ações foram introduzidos em cada cenário de forma proporcional, com base nas premissas descritas.

3. Resultados – Estudos da Expansão da Oferta

Os resultados das projeções de área colhida, produtividade, cana e milho processados, ATR total produzido, DDGS e óleo de milho, oferta de etanol (cana e milho), bioeletricidade, biometano, redução de emissões de GEE e investimentos para cada um dos cenários, são apresentados a seguir.

Área de cana processada

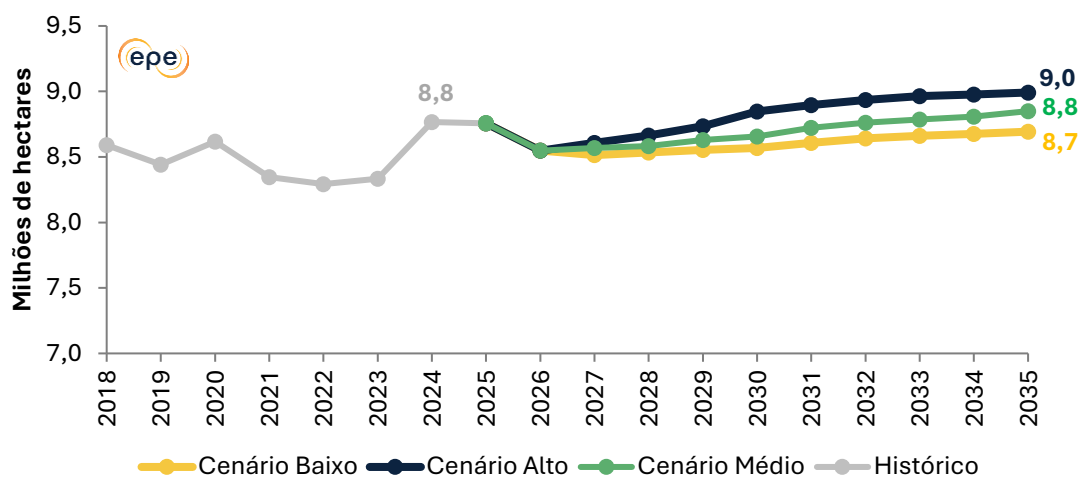
Com base nas premissas de capacidade instalada e implantação de novas unidades, as projeções para a área de cana processada apresentam as taxas de crescimento indicadas na Tabela 1 e no Gráfico 7.

Tabela 1 - Taxa de crescimento e variação de área de cana processada

Cenários	2024 - 2030		2024 - 2035	
	Taxa (%)	Variação (Mha)	Taxa (%)	Variação (Mha)
Crescimento Baixo	-0,4	-0,2	-0,1	-0,1
Crescimento Médio	-0,2	-0,1	0,1	0,1
Crescimento Alto	0,2	0,1	0,2	0,2

Fonte: EPE (projeções) e CONAB (2025a, 2025b) (histórico)

Gráfico 7 - Área de cana processada



Fonte: EPE (projeções) e CONAB (2025a, 2025b) (histórico)

Produtividade da cana

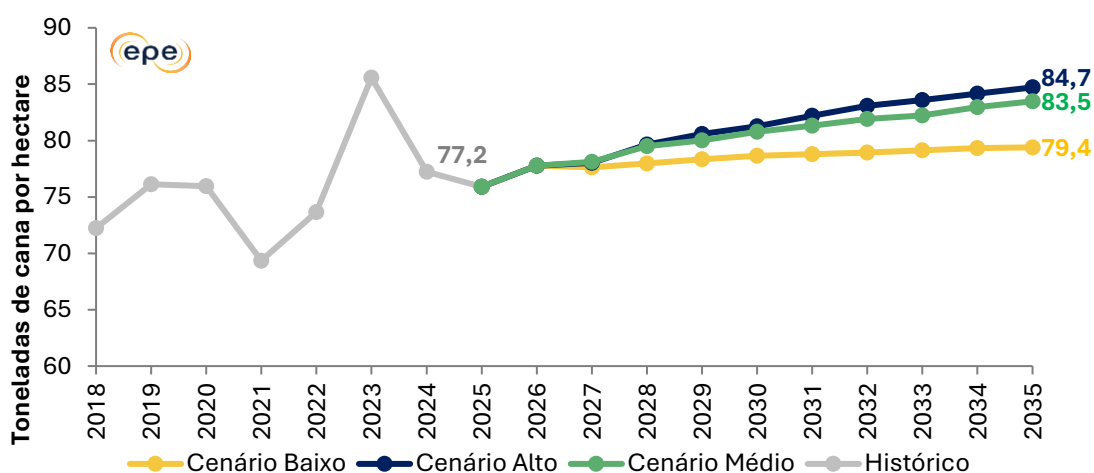
Para a projeção, de acordo com as premissas qualitativas descritas para cada cenário, as variações de produtividade (em tonelada de cana por hectare – TCH) obtidas são apresentadas na Tabela 2 e no Gráfico 8 a seguir:

Tabela 2 - Taxa de crescimento e variação de produtividade

Cenários	2024 - 2030		2024 - 2035	
	Taxa (%)	Variação (TCH)	Taxa (%)	Variação (TCH)
Crescimento Baixo	0,3	1,4	0,3	2,2
Crescimento Médio	0,8	3,6	0,7	6,3
Crescimento Alto	0,9	4,0	0,8	7,5

Fonte: EPE (projeções) e CONAB (2025a, 2025b) (histórico)

Gráfico 8 - Produtividade da cana



Fonte: EPE (projeções) e CONAB (2025a, 2025b) (histórico)

Cana processada

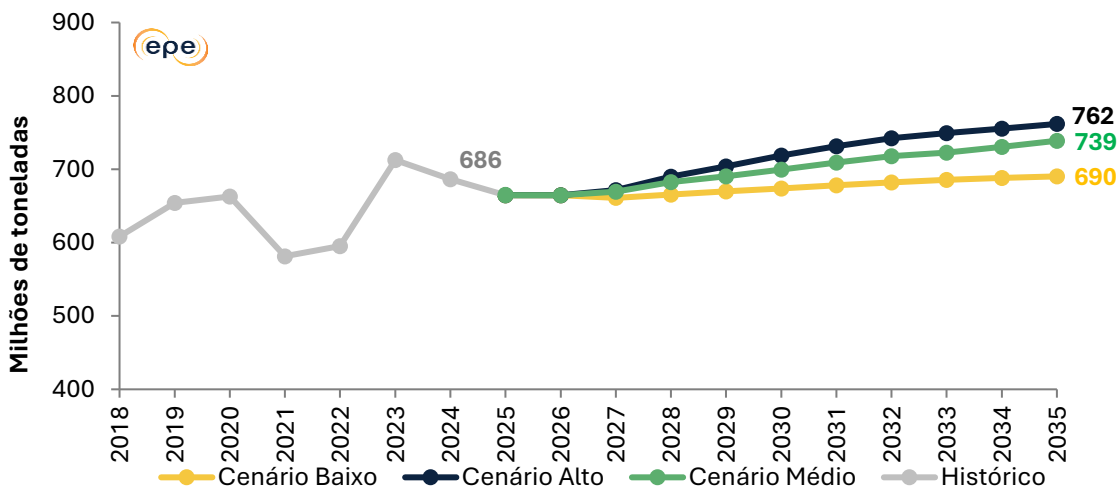
A partir das estimativas de área e produtividade, obtém-se a projeção da cana processada no horizonte de estudo. As projeções para cada um dos cenários são apresentadas na Tabela 3 e no Gráfico 9.

Tabela 3 - Taxa de crescimento e variação de cana processada

Cenários	2024 - 2030		2024 - 2035	
	Taxa (%)	Variação (Mton)	Taxa (%)	Variação (Mton)
Crescimento Baixo	-0,3	-12	0,1	4
Crescimento Médio	0,3	13	0,7	53
Crescimento Alto	0,8	33	1,0	75

Fonte: EPE (projeções) e MAPA (2025) (histórico)

Gráfico 9 - Cana processada



Fonte: EPE (projeções) e MAPA (2025) (histórico)

Em 2035, estima-se que 384 milhões de toneladas de cana serão destinadas ao etanol no cenário médio (52%), 336 milhões no baixo (49%) e 377 milhões no alto (50% - maior açúcar).

ATR total

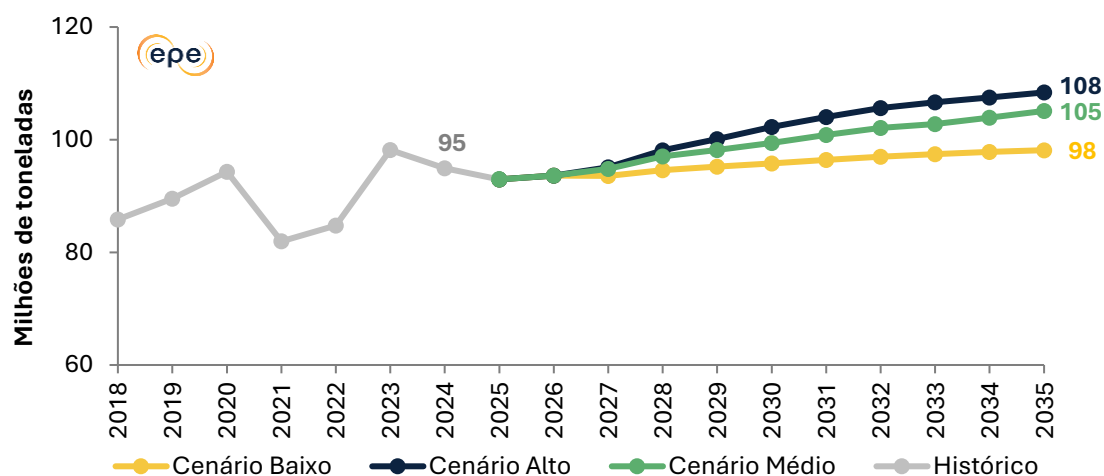
Como resultado da composição da área, produtividade e rendimento, obtém-se o ATR produzido, que irá variar para cada cenário, de acordo com as premissas desses fatores de produção. A Tabela 4 e o Gráfico 10 a seguir apresentam a taxa de crescimento e variação de ATR total entre 2024 e 2035.

Tabela 4 - Taxa de crescimento e variação de ATR

Cenários	2024 - 2030		2024 - 2035	
	Taxa (%)	Variação (Mt)	Taxa (%)	Variação (Mt)
Crescimento Baixo	0,1	0,8	0,3	3,2
Crescimento Médio	0,8	4,5	0,9	10,2
Crescimento Alto	1,2	7,3	1,2	13,5

Fonte: EPE (projeções) e CONAB (2025a, 2025b), MAPA (2025) (histórico)

Gráfico 10 - Quantidade de açúcares totais recuperáveis (ATR)



Fonte: EPE (projeções) e CONAB (2025a, 2025b), MAPA (2025) (histórico)

Processamento de milho

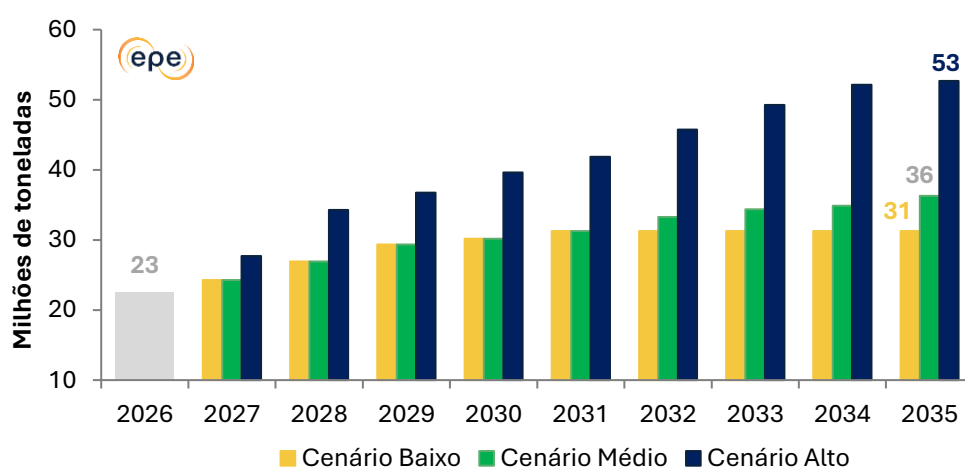
A projeção do processamento de milho²⁵ para a produção de etanol está sintetizada na Tabela 5 e no Gráfico 11, a seguir.

Tabela 5 - Taxa de crescimento e variação do processamento de milho para produção de etanol

Cenários	2024 - 2030		2024 - 2035	
	Taxa (%)	Variação (Mton)	Taxa (%)	Variação (Mton)
Crescimento Baixo	9,7	12,9	5,5	14,0
Crescimento Médio	9,7	12,9	7,0	19,0
Crescimento Alto	14,8	22,4	10,7	35,4

Fonte: EPE (projeções) e ANP (2025c), MAPA (2025) e UNICA (2025) (histórico).

Gráfico 11 – Processamento de milho para a produção de etanol



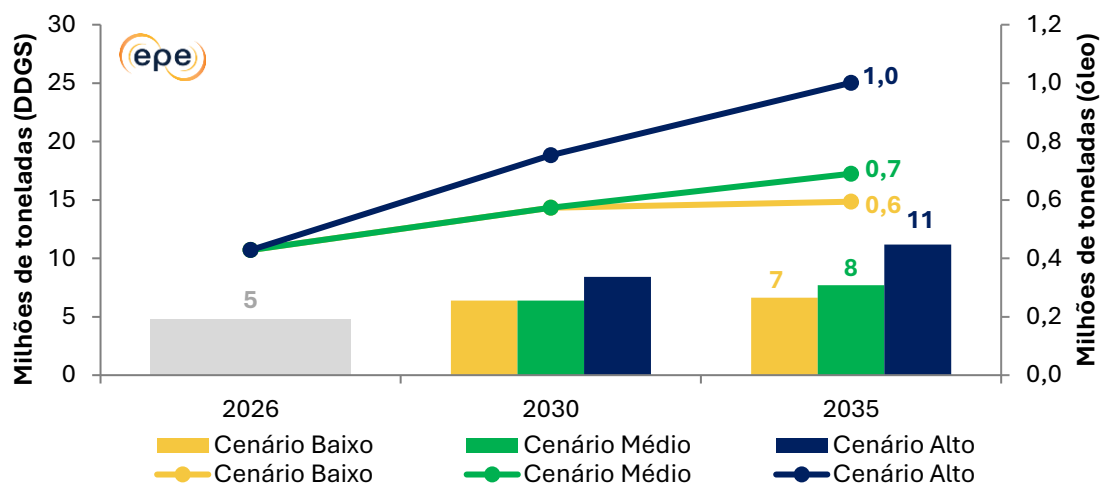
Fonte: EPE (Elaboração própria)

²⁵ O processamento de milho para a produção de etanol é estimado tendo como base 420 litros de etanol/tonelada de milho e um fator de utilização de 96%.

Produção de DDGS e óleo de milho

O Gráfico 12 apresenta a estimativa de produção dos coprodutos²⁶ oriundos do etanol de milho, que seriam DDGS e óleo.

Gráfico 12 – Produção de DDGS e óleo de milho



Nota: As colunas referem-se ao DDGS e as linhas, ao óleo de milho.

Fonte: EPE (Elaboração própria)

Oferta total de etanol

Por fim, do ATR produzido abate-se a parcela destinada ao açúcar, apresentada no Item 2.2, e inclui-se a produção de etanol a partir do milho e de segunda geração de cana, obtendo-se a produção nacional de etanol. Desse total, com a soma do etanol importado, resulta a oferta total de etanol. A Tabela 6 e o Gráfico 13 apresentam as taxas de crescimento e variação da oferta de etanol.

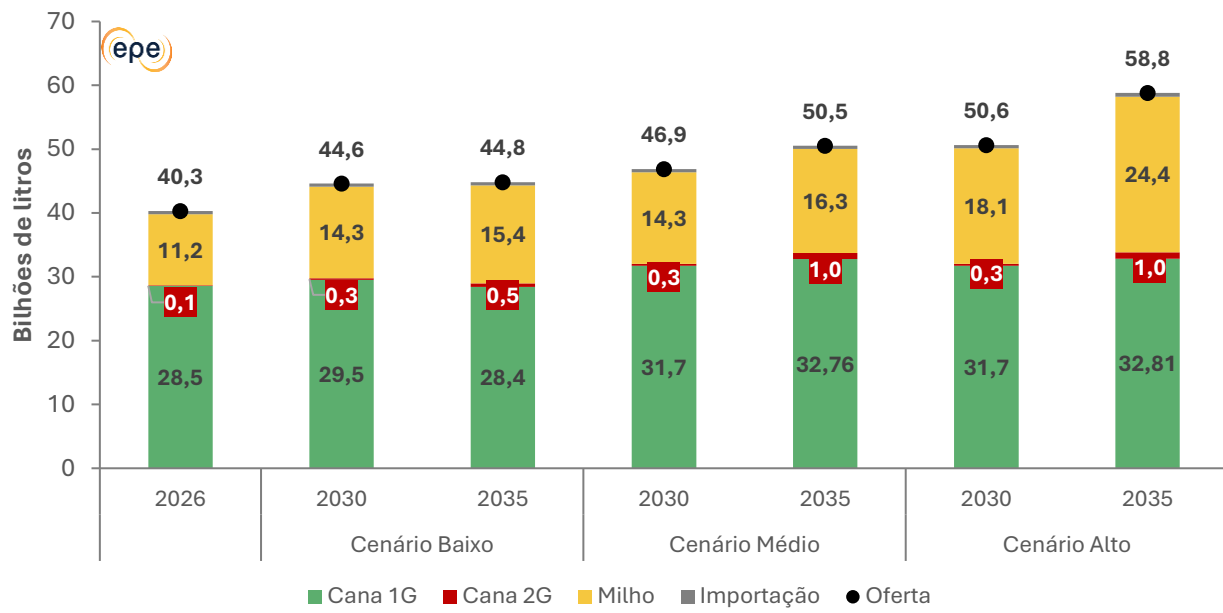
Tabela 6 – Taxa de crescimento e variação da oferta total de etanol

Cenários	2024 - 2030		2024 - 2035	
	Taxa (%)	Variação (Bi litros)	Taxa (%)	Variação (Bi litros)
Crescimento Baixo	2,9	7,1	1,6	7,3
Crescimento Médio	3,8	9,3	2,7	13,0
Crescimento Alto	5,1	13,1	4,2	21,3

Fonte: EPE (projeções) e CONAB (2025a, 2025b), MAPA (2025), ME (2025) (histórico)

²⁶ Para a determinação da produção de DDGS e óleo de milho foram considerados, respectivamente, 212 kg DDGS/tonelada milho e 19 kg/tonelada milho, de acordo com UNEM (2025).

Gráfico 13– Oferta total de etanol por matéria-prima

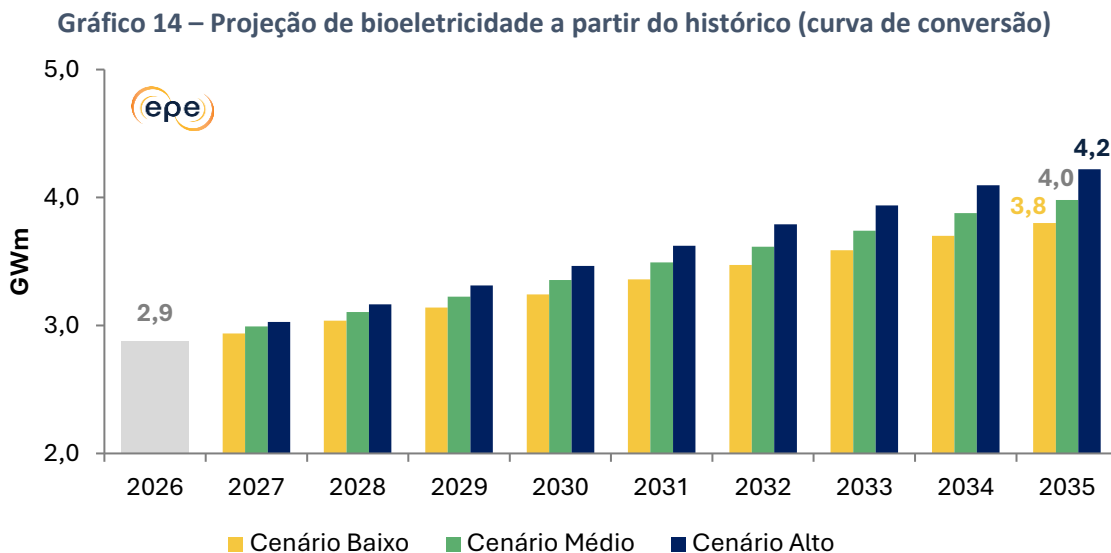


Fonte: EPE (Elaboração própria)

Bioeletricidade

A partir da projeção de oferta de biomassa de cana-de-açúcar, o estudo realizou duas estimativas da oferta de bioeletricidade à rede: (1) a curva de exportação de bioeletricidade baseada no comportamento histórico do setor²⁷ e (2) o cálculo do potencial técnico, com base nos dados das usinas vencedoras dos leilões de energia (CCEE, 2025).

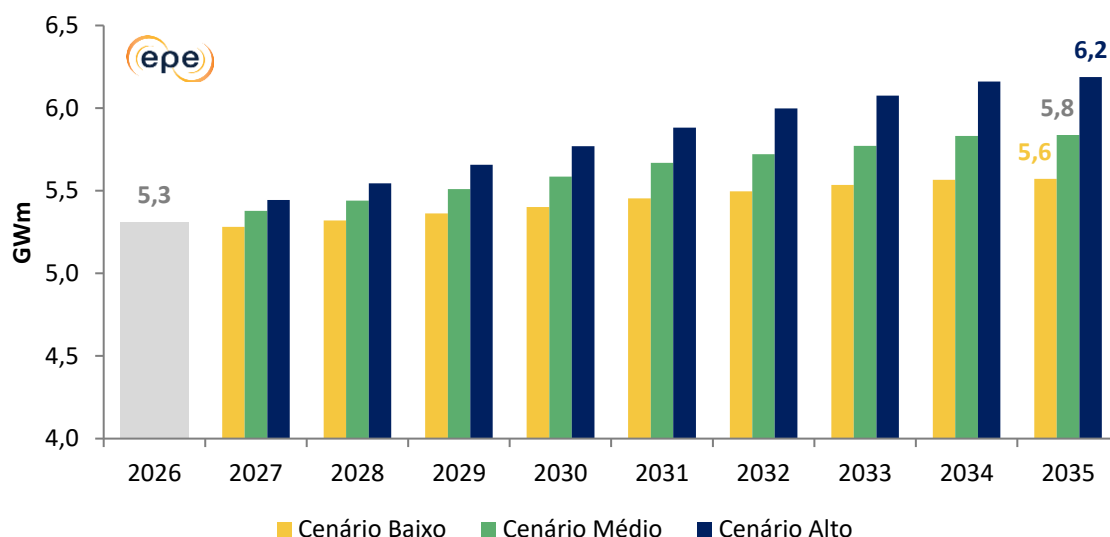
Com base no comportamento histórico do setor sucroenergético, o montante injetado ao SIN no ano de 2035 é de 4,2 GWm, 4,0 GWm e 3,8 GWm, respectivamente, para os cenários de crescimento alto, médio e baixo, conforme Gráfico 14 a seguir.



As projeções do potencial técnico apresentadas no Gráfico 15 ilustram que o total de energia advinda da bioeletricidade da cana injetado na rede no ano de 2035 poderá variar de 5,6 GWm a 6,2 GWm, representando os cenários de crescimento baixo e alto, respectivamente.

²⁷ Esta metodologia contabiliza todo o parque sucroenergético nacional, incluindo toda a cana processada no País e toda a energia exportada pelo setor. Os fatores de exportação utilizados foram 69,86 kWh/tc para o potencial técnico e uma variação de 36,94 kWh/tc a 47,65 kWh/tc, entre 2025 e 2035 respectivamente, para a curva de exportação de bioeletricidade baseada no comportamento histórico.

Gráfico 15 – Projeção de bioeletricidade a partir do potencial técnico



Fonte: EPE (Elaboração própria)

Em relação ao etanol de milho, com o crescimento consistente e expressivo observado nos últimos anos, a necessidade de biomassa para a geração de energia para a produção de etanol torna-se um ponto de atenção. Nesse contexto, foi realizada uma estimativa da demanda de biomassa necessária para suprir esse setor, considerando a oferta de etanol de milho projetada para 2035 de 15,3; 16,2 e 24,4 bilhões de litros nos cenários baixo, médio e alto, respectivamente. De forma simplificada, considerou-se a biomassa como sendo apenas a lenha²⁸ proveniente de eucalipto, cuja projeção de consumo para a produção de etanol em cada cenário é de 12,2; 12,9 e 19,4 milhões de toneladas, respectivamente²⁹.

A idade ideal para a colheita do eucalipto é entre 5 e 6 anos. Entretanto, nas regiões produtoras de etanol de milho, a idade de suas florestas está na faixa de 4 anos (MAPA, 2025). Esse ponto apresenta um desafio logístico para o setor, a criação de novas florestas para fins energéticos é crucial para a viabilização da expansão do etanol de milho, considerando o Centro-Oeste como a maior região produtora.

Biometano da biomassa de cana-de-açúcar

O cultivo de cana-de-açúcar e seu processamento para a produção de etanol e açúcar gera grande quantidade de resíduos orgânicos na forma de vinhaça, torta de filtro e palhas e pontas, cujo aproveitamento permite otimizar o conteúdo energético da cana. A fermentação destes resíduos origina o biogás³⁰, que é composto majoritariamente por gás metano (CH_4 , 55 – 70% v/v) e dióxido de carbono (CO_2 , 30 – 45% v/v). O biogás da vinhaça, em particular, também é caracterizado pela presença relativamente elevada de sulfeto de hidrogênio (H_2S , 200 – 4000 ppm/v), impureza com potencial danoso aos equipamentos.

A limpeza de contaminantes e a purificação (*upgrading*) do biogás dão origem ao biometano, biocombustível padronizado que é considerado intercambiável com o gás natural caso cumpra os requisitos das regulações da ANP³¹, podendo ser utilizado em motores a combustão adaptados ou

²⁸ Dentre as biomassas utilizadas para esse fim, além da lenha, destaca-se: bambu, caroço de algodão, casca de arroz e pó de serraria.

²⁹ Adotou-se o fator de 350kg de biomassa para a produção de 440 Litros de etanol de milho (UNEM, 2025).

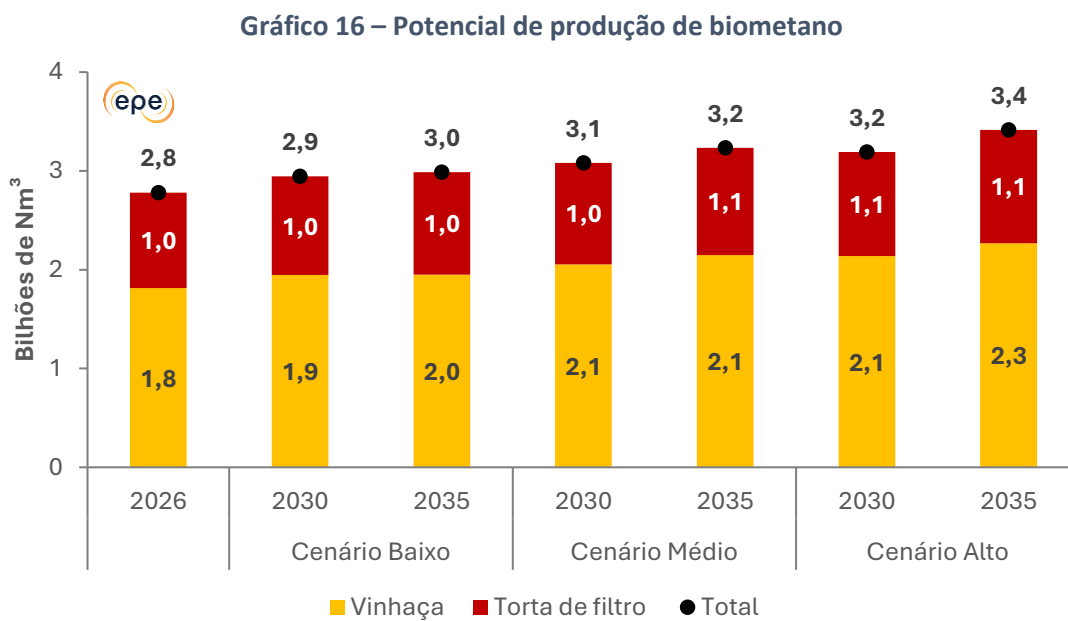
³⁰ Parâmetros: 1 t torta de filtro = 90-120 Nm^3 biogás; 1 m^3 vinhaça = 12-25 Nm^3 biogás e 1 t palhas e pontas = 240 Nm^3 biogás (ABIOGÁS, 2017).

³¹ A concentração mínima permitida de CH_4 é de 90%. Para o setor sucroenergético, é aplicável a Resolução ANP nº 906/2022, válida para o biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais (ANP, 2022).

originalmente projetados para operação a gás nos caminhões e maquinários agrícolas, ser comercializado via gás comprimido ou liquefeito (GNC/GNL), bem como ser injetado nas malhas de gás natural.

Inicialmente, apresenta-se neste estudo o potencial de produção de biometano³². As estimativas consideram que toda a vinhaça³³ e torta de filtro serão direcionadas para produção de biogás, seguindo a disponibilidade de resíduos derivada dos cenários apresentados de produção de etanol.

Sob essas premissas, calcula-se que o volume potencial de biometano em 2035 representaria entre 3,4 bilhões de Nm³ e 3,0 bilhões de Nm³ por ano, para os cenários alto e baixo, respectivamente conforme ilustrado no Gráfico 16.



Fonte: EPE (Elaboração própria)

Caso haja a viabilidade econômica da colheita das palhas e pontas do setor sucroenergético, sendo utilizada uma fração de 20% do total, o potencial de biometano representaria entre 6,6 bilhões de Nm³ e 5,8 bilhões de Nm³ por ano, para os cenários alto e baixo, respectivamente.

Pode-se observar também o potencial relativo às usinas que fazem parte do grupo mais eficiente economicamente do setor³⁴ (ITAUBBA, 2019; NOVACANA, 2020), as quais estariam aptas a fazer investimentos na produção de biometano mais rapidamente, utilizando os resíduos das usinas do setor sucroenergético (vinhaça e torta de filtro). Neste caso, o potencial em 2035 varia de 1,4 bilhão de Nm³ a 1,6 bilhão de Nm³, conforme Tabela 7.

³² O potencial da produção de biometano está considerada nos estudos da EPE que contemplam a integração do biometano com o gás natural (EPE, 2025h).

³³ Adota-se apenas a vinhaça residual da produção de etanol de primeira geração de cana.

³⁴ As instituições financeiras vêm relatando melhora significativa na situação econômica das empresas do setor sucroenergético. Com o objetivo de realizar uma análise mais conservadora e que reflita a capacidade de realizar novos investimentos, optou-se por manter a proporção de usinas nesse grupo observada nos estudos anteriores.

Tabela 7 - Potencial de biometano das usinas mais eficientes [bilhão Nm³]

Cenários	2025	2030	2035
Crescimento Baixo	1,3	1,4	1,4
Crescimento Médio	1,3	1,5	1,5
Crescimento Alto	1,3	1,5	1,6

Fonte: EPE (Elaboração própria)

Condições para a expansão do biometano sucroenergético

Nos últimos anos, verificou-se a implantação bem-sucedida e o anúncio de uma série de projetos de produção de biogás e biometano a partir de resíduos da cana-de-açúcar. A diversidade de usinas com investimentos em biometano, não restritos a um ou poucos grupos econômicos, aponta a maturidade dessa tecnologia – o que indica a possibilidade de disseminação para novas unidades.

A viabilidade dos negócios de produção de biometano recebe a contribuição do avanço das políticas públicas. Estabelecendo-se como o biocombustível de menor intensidade de carbono no RenovaBio, a receita adicional na comercialização certificada é significativa. Por sua vez, o enquadramento do biometano no REIDI³⁵ permite a redução do montante de investimento na instalação dos projetos (EPE, 2023).

A Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.993/2024) criou o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano (BRASIL, 2024). A iniciativa tem com o objetivo estimular a pesquisa, a produção, a comercialização e o uso do biometano e do biogás na matriz energética brasileira. O texto legal determina que o CNPE definirá metas anuais para redução da emissão de gases do efeito estufa pelo setor de gás natural, a ser cumprida pelos produtores e importadores de gás natural com a aquisição de biometano ou por meio de obtenção de certificados de garantia de origem de biometano (CJOB). O início do Programa se dará em janeiro de 2026 com meta pré-estabelecida de 1%, valor que não poderá ultrapassar o limite de 10%³⁶.

Com a maturidade tecnológica e o suporte crescente das políticas públicas, identifica-se um ambiente favorável para a expansão do biometano nas usinas de cana-de-açúcar nos próximos anos.

Cenários de instalação de unidades de produção de biometano nas usinas sucroenergéticas

Para a construção de cenários de plantas de biometano, toma-se como referência os dados da ANP que registram plantas autorizadas a operar e aquelas em processo de autorização³⁷.

No início de dezembro de 2025, havia 17 unidades em operação, sendo 5 do setor sucroenergético. Adicionalmente, 41 instalações estavam em processo de autorização e, a partir do cruzamento com outras informações, há a indicação que 10 delas seriam da cana-de-açúcar³⁸, com a evolução retratada no Gráfico 17.

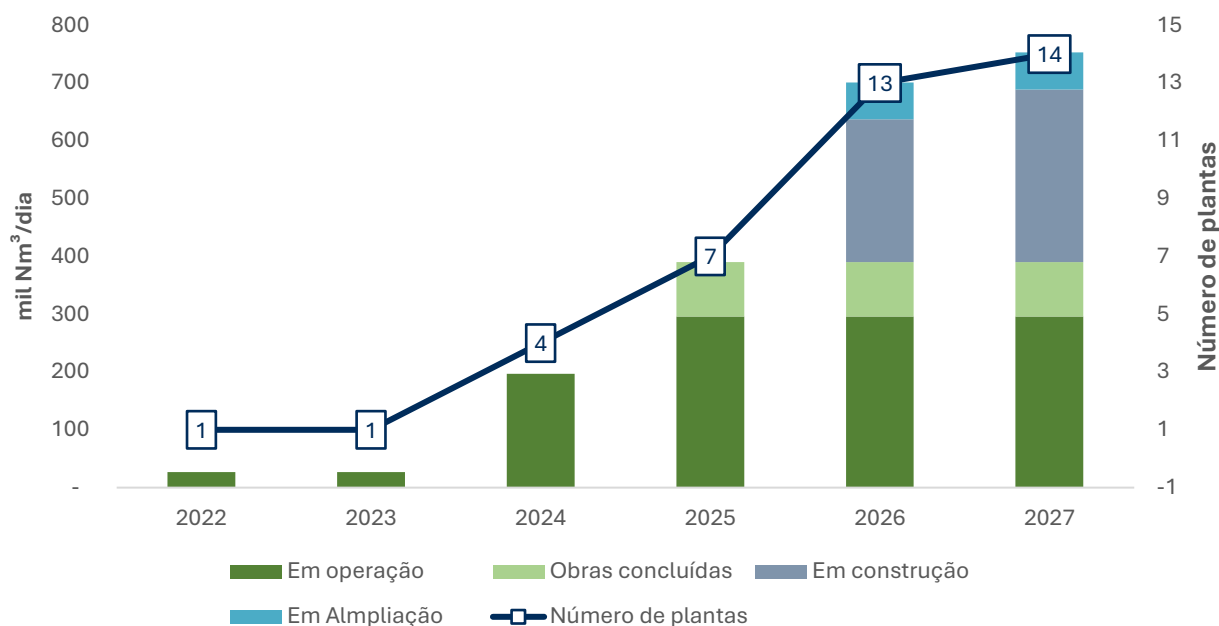
³⁵ O Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura suspende a exigência de PIS/PASEP e Cofins na venda ou importação de bens e serviços destinados às obras.

³⁶ Até a data de conclusão deste estudo ainda não havia sido estabelecido qual o valor mínimo de biometano para o primeiro ano de cumprimento da Lei do Combustível do Futuro, cujo decreto que definirá esse valor ainda não estava concluído.

³⁷ De acordo com o CIBiogás (2024), há uma série de unidades produtoras de biometano em operação “não-comercial”, sem a autorização da ANP. Essas unidades não são consideradas no estudo.

³⁸ Os registros da ANP não informam a matéria-prima das usinas em processo de autorização.

Gráfico 17 – Evolução das instalações de biometano no setor sucroenergético com registro na ANP



Fonte: EPE a partir de ANP (2025b)

Com o registro da ANP contando com usinas com conclusão de construção previstas até o fim de 2027, adotou-se como premissa de todos os cenários que as plantas instaladas até esse ano serão exclusivamente as já identificadas nessa base de dados. Todos os cenários incluem em suas projeções os desdobramentos positivos dos marcos legais estabelecidos pela Lei Combustível do Futuro, que provoca perspectivas de crescimento do mercado desse biocombustível.

Com base nos desenvolvimentos recentes do setor, propõe-se três cenários de implementação de projetos nas usinas de cana-de-açúcar para o horizonte 2028-2035, conforme Tabela 8.

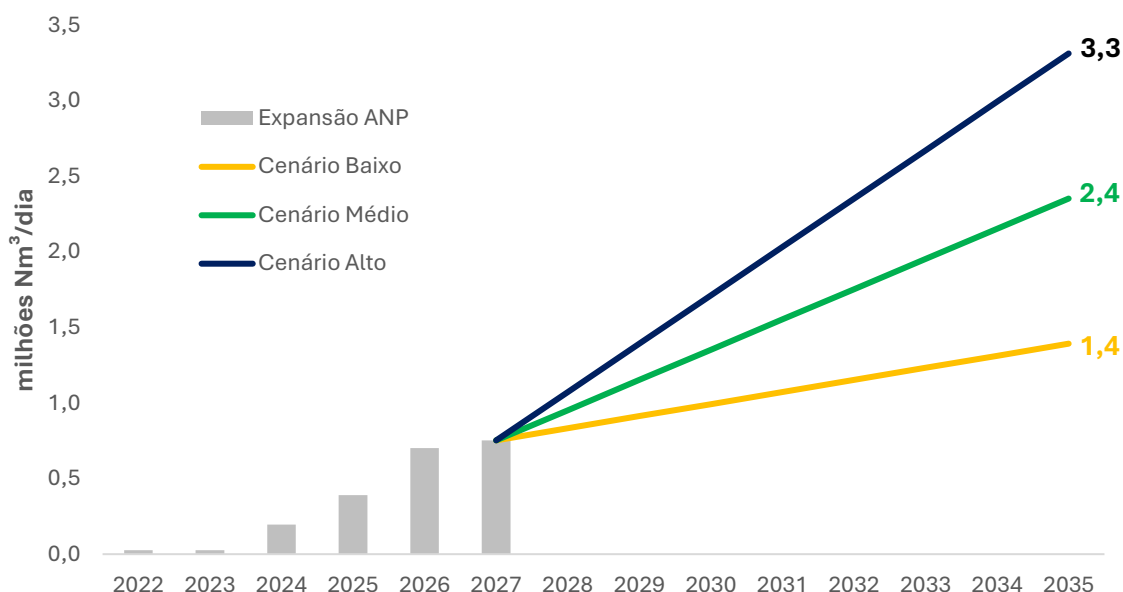
Tabela 8 - Detalhamento dos cenários para entrada de usinas de biometano

Cenário	Justificativa
Cenário Baixo - Expansão cadenciada	Investimentos impedidos por eventuais barreiras, tais como: • 2 plantas por ano • restrições na cadeia de suprimento; • opção por outros projetos nas usinas; • demanda tímida; • cautela dos produtores, aguardando soluções avançadas de aproveitamento do biogás, acesso a infraestrutura ou ampla disponibilidade de equipamentos a gás.
Cenário Médio - Expansão acelerada	Sequência ao ritmo de novos projetos observado em 2025, incluindo usinas com obras concluídas e/ou finalização esperada até o final do ano, com base nos registros da ANP. • 5 plantas por ano
Cenário Alto - Rumo à usina padrão	Investimento no biometano se tornando decisão inevitável em todas as usinas, em um ciclo virtuoso impulsionado por políticas públicas. Condições: • 8 novas plantas por ano • experiências bem-sucedidas sendo disseminadas com aproveitamento ótimo de seus recursos; • avanço na curva de aprendizado com redução de custos e aumento de produtividade; • manutenção dos incentivos em vigor.

Fonte: EPE (Elaboração própria)

Como estimativa da escala das novas plantas, adotou-se um valor médio de 40.000 Nm³ de biometano por dia, próximo à média da capacidade das usinas em processo de autorização na ANP. O resultado consolidado dos cenários é apresentado no Gráfico 18.

Gráfico 18 Cenários de capacidade instalada de biometano no setor sucroenergético



Fonte: EPE (Elaboração própria)

No cenário de expansão cadenciada, o número de plantas de biometano no setor sucroenergético chega a 30 em 2035, enquanto a expansão acelerada leva a 54. No cenário que entende o biometano como um novo produto do portfólio das usinas de cana padrão do País, seriam 78 unidades ao final do período. A capacidade instalada varia de 1,4 até 3,3 milhões de Nm³ por dia no horizonte de estudo.

A produção de biometano pelo setor sucroenergético será agente de expansão significativa desse biocombustível no país, em combinação com o biometano de outras matérias-primas. A contribuição das usinas de cana para o atendimento das metas que serão estabelecidas pelo CNPE no âmbito do Combustível do Futuro será objeto de estudo específico a ser publicado pela EPE.

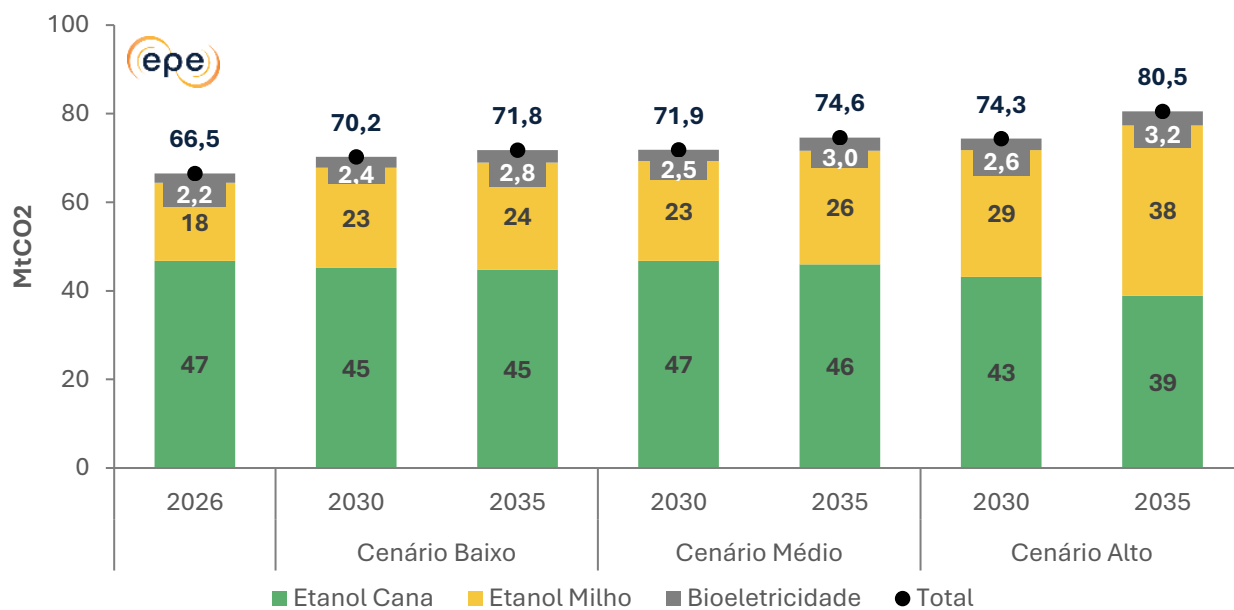
Emissões evitadas de gases de efeito estufa

Para estimar as emissões evitadas pela utilização do etanol de cana e de milho (hidratado e anidro) e a bioeletricidade da cana-de-açúcar, em substituição aos combustíveis fósseis, foram utilizados parâmetros determinados pelo IPCC (2006), RenovaBio (ANP, 2025d) e MCTI (2023). Para o etanol de cana, anidro e o hidratado, estimou-se as emissões evitadas em 2,56 kgCO₂eq/litro e 1,08 kgCO₂eq/litro, respectivamente. Já no caso do etanol de milho, os dados disponíveis no RenovaBio foram base para cálculo de substituição de gasolina A (anidro) e C (hidratado). Os fatores de emissão evitadas para este biocombustível foram 2,33 kgCO₂eq/litro (anidro) e 1,16 kgCO₂eq/litro (hidratado). No caso da bioeletricidade, considera-se que sua geração ocorra em substituição a energia elétrica gerada pelo do SIN (Sistema Interligado Nacional), cujo fator de emissão é variável em função da utilização das diversas fontes que compõem a matriz elétrica nacional a cada ano. Observou-se um aumento de 42% deste fator em 2024, em relação ao registrado em 2023, alcançando 0,0545 tCO₂/MWh, cerca de 40% do observado em 2021, ano de severo estresse hídrico, quando o valor foi de 0,1264 CO₂/MWh.

Adotando a abordagem mais conservadora para a bioeletricidade³⁹ (Gráfico 14) e considerando a demanda combustível de etanol, tanto de cana como de milho, poderiam ser evitadas até 80,5 MtCO₂ com o cenário alto e 71,8 MtCO₂ com o cenário baixo, conforme ilustrado no Gráfico 19.

³⁹ Para as projeções de emissões evitadas com a bioeletricidade o fator utilizado corresponde à média anual dos últimos dez anos.

Gráfico 19 – Emissões evitadas de GEE pelo uso do etanol e bioeletricidade* (a partir do histórico)



Fonte: EPE (Elaboração própria) a partir de IPCC (2006) e MCTI (2023)

(*) projeção baseada no fator de tonelada cana processada/ kWh baseado no histórico

Investimentos

Para a avaliação dos investimentos necessários (indicativos), consideraram-se unidades sucroenergéticas mistas (*greenfields*) de primeira geração, com perfil tecnológico otimizado e tamanho médio de 4 milhões de toneladas de capacidade nominal de processamento. Estima-se que o CAPEX médio para esse perfil seja de R\$ 730,1 / tc (IBGE, 2025; LNBR, 2022; FGV, 2025). Adotou-se como valor do investimento específico para a expansão de unidades existentes R\$ 293,0 / tc (IBGE 2025a; LNBR, 2022; FGV, 2025).

A estimativa dos investimentos em novas plantas de etanol lignocelulósico considerou os valores referentes aos projetos anunciados recentemente no Brasil, estimados em R\$ 16,92 / litro (RAÍZEN, 2024b, 2024c; IBGE, 2025).

Para o etanol de milho, estima-se que o CAPEX para a implantação de uma usina *flex* será de R\$ 1,54 / litro, enquanto para uma usina *full*, o valor é de R\$ 2,66 / litro (IBGE, 2025a; LNBR, 2022, NOVACANA, 2025).

Com isso, foi realizada uma estimativa dos investimentos necessários em novas unidades, para os cenários considerados, conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Investimento estimado para novos projetos e expansões			
CAPEX (R\$ bilhões)	Baixo	Médio	Alto
E1G Cana	10,2	10,2	15,6
E2G Cana	5,6	12,5	13,9
Milho	11,9	17,8	37,7
Total	27,7	40,5	67,2

Fonte: EPE com base em LNBR (2022); FGV (2025), IBGE (2025a); NOVACANA (2025) e RAÍZEN (2024b, 2024c)

Ressalta-se que os investimentos associados à formação do canavial serão de R\$ 47 bilhões, R\$ 48,7bilhões e R\$ 50 bilhões nos cenários baixo, médio e alto, respectivamente, sendo cerca de 50% divididos entre açúcar e etanol.

Para maiores detalhes, acessar a publicação Nota Técnica de Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis (EPE, 2025g).

4. Resultados – Demanda Combustível

Neste item, será apresentada a evolução da demanda total de combustíveis líquidos para a frota de veículos leves (automóveis e comerciais leves) do ciclo Otto, para os três cenários de oferta de etanol elaborados, considerando um percentual de mistura de etanol anidro na gasolina C de 30%. Uma análise de sensibilidade considerando que o teor de anidro alcança 35% em 2035⁴⁰, também será apresentada no Item 5.

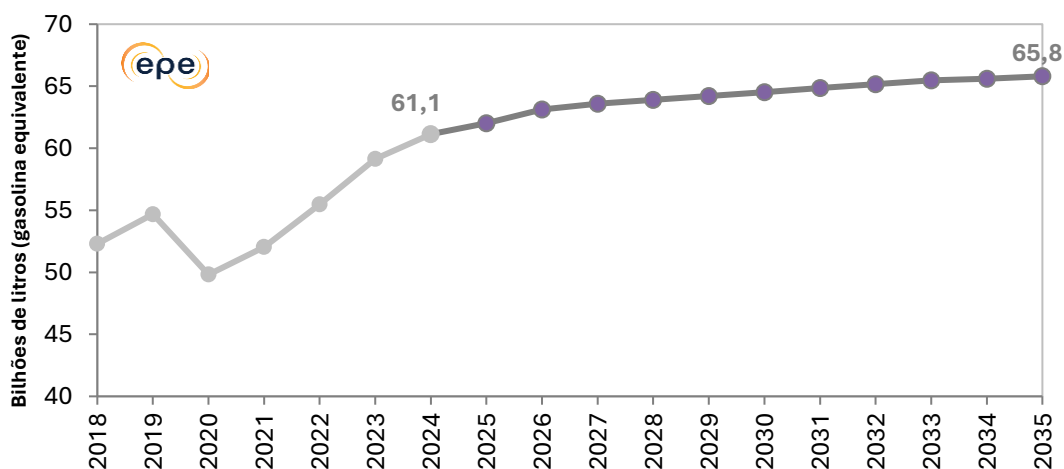
A demanda total de combustíveis é projetada por meio de um modelo contábil desenvolvido pela EPE (2010), que considera, além do cenário econômico (EPE, 2025e), diversos aspectos como o licenciamento de veículos leves, a entrada de novas tecnologias veiculares como híbridos e elétricos, a oferta interna de etanol, o preço doméstico da gasolina e a preferência do consumidor entre gasolina e etanol, no abastecimento de veículos *flex fuel*. Maiores detalhes podem ser encontrados na Nota Técnica de Demanda de Energia dos Veículos Leves (EPE, 2024c).

A trajetória de licenciamento considerada, somada à taxa de sucateamento veicular, resulta em um incremento da frota nacional circulante, que cresce de 2024 a 2035 a uma taxa média anual de 1,3%, atingindo a marca de 42,9 milhões de unidades em 2035. Ao final desse período, os veículos *flex fuel* à combustão interna representarão 83% desta frota; os dedicados à gasolina, 6,5%; os eletrificados, 8,7%; e os dedicados ao etanol, o valor residual.

Para o período de 2024 a 2035, a taxa de crescimento estimada para a demanda de combustíveis da frota total de veículos leves do ciclo Otto (exceto GNV⁴¹) é de 0,7% a.a. e alcançará 65,8 bilhões de litros de gasolina equivalente, conforme o Gráfico 20.

Observa-se que o consumo de combustíveis do ciclo Otto vem mantendo uma tendência de crescimento expressivo nos últimos anos. Tal fato pode estar relacionado ao aumento no licenciamento de veículos leves e de motocicletas. Além disso, essa perspectiva reflete uma conjuntura econômica bastante favorável, com aumento do PIB *per capita*, observado desde 2024. A ocupação formal tem atingido sucessivos recordes, assim como a taxa de desocupação, continuamente alcançando o menor valor da série histórica (IBGE, 2025b). A redução das desigualdades sociais (AGÊNCIA GOV), o aumento real do salário-mínimo e o recorde da massa de rendimento real também contribuíram para esse panorama (IBGE, 2025b).

Gráfico 20 – Demanda de ciclo Otto (sem GNV)



Fonte: EPE (Elaboração própria)

⁴⁰ Adotou-se que o percentual evolui em 1% ao ano, até atingir 35% ao final no último ano do período de estudo.

⁴¹ Estima-se que a demanda de GNV evolua de 2,2 bilhões para 5,0 bilhões de litros de gasolina equiv. entre 2024 e 2035.

Etanol combustível

A demanda de etanol combustível é obtida a partir da oferta total de etanol, retirando-se as parcelas do biocombustível destinadas a outros usos energéticos (etanol para aquaviário e produção de SAF), exportação e não energético (outros fins), conforme Gráfico 21 – Demanda de etanol combustívelGráfico 21.

A partir deste montante, estimou-se a demanda das frotas dedicadas, movidas a gasolina C e a etanol hidratado, bem como a parcela da demanda de veículos *flex fuel* que será atendida por etanol hidratado e por gasolina C (gasolina A + etanol anidro).

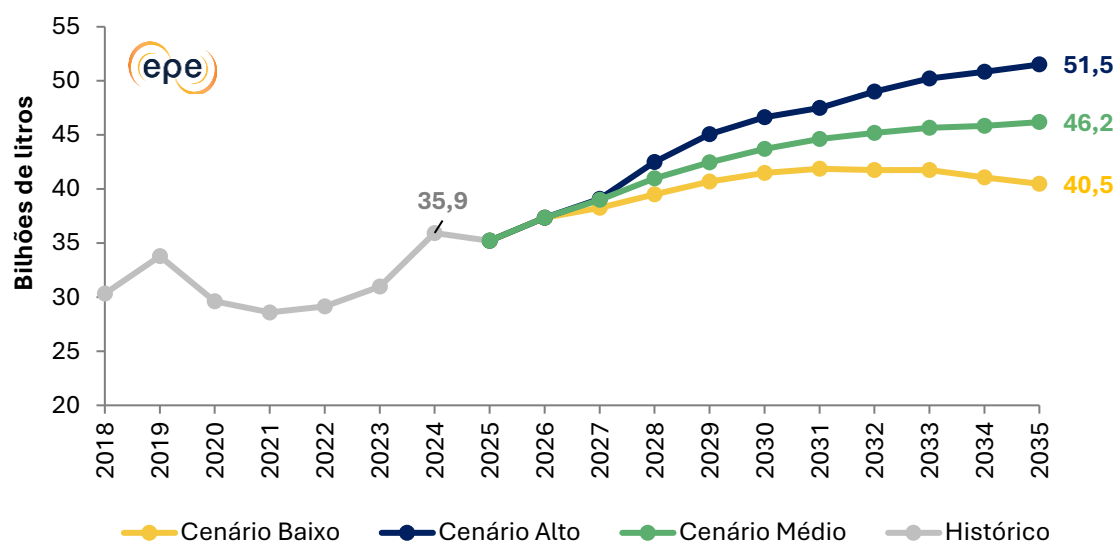
A Tabela 10 e o Gráfico 21 apresentam as taxas de crescimento e variações da demanda de etanol combustível entre 2024 e 2035.

Tabela 10 - Taxa de crescimento e variação da demanda de etanol combustível

Cenários	2024 - 2030		2024 - 2035	
	Taxa (%)	Variação (Bi litros)	Taxa (%)	Variação (Bi litros)
Crescimento Baixo	2,4	5,5	1,1	4,6
Crescimento Médio	3,3	7,8	2,3	10,3
Crescimento Alto	4,4	10,7	3,3	15,6

Fonte: EPE (projeções) e EPE (2025c) (histórico)

Gráfico 21 – Demanda de etanol combustível



Fonte: EPE (projeções) e EPE (2025c) (histórico)

Gasolina A

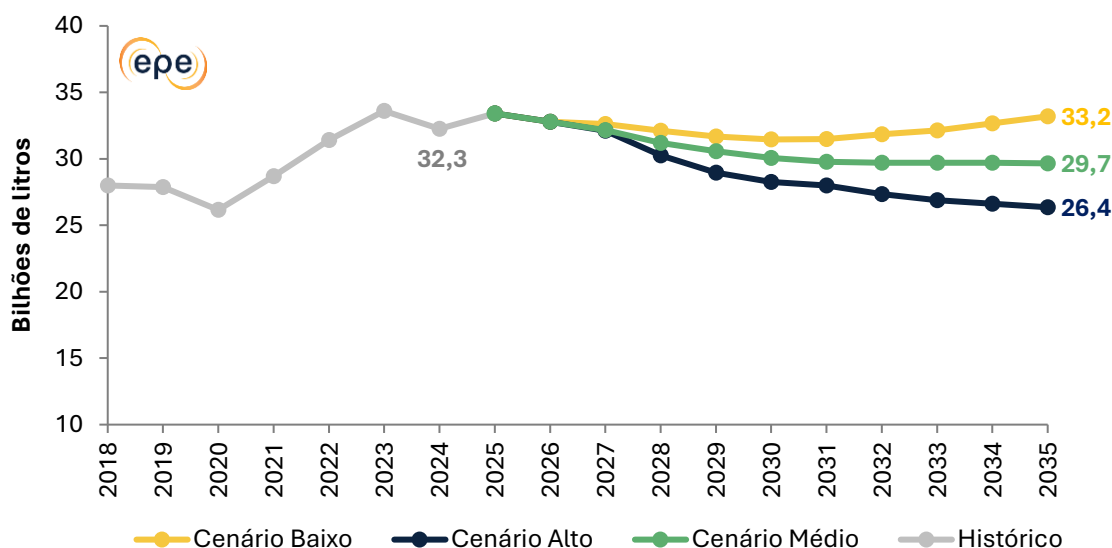
A gasolina A adicionada ao etanol anidro origina a gasolina C e se destina tanto ao atendimento da frota dedicada, quanto ao de uma parcela da frota *flex fuel*. Estima-se que, em 2035, o volume do combustível fóssil atinja 29,7 bilhões de litros, para o cenário de crescimento médio. A Tabela 11 e o Gráfico 22 apresentam as taxas de crescimento e variações da demanda de gasolina A entre 2024 e os anos de 2030 e 2035.

Tabela 11 - Taxa de crescimento e variação da demanda de gasolina A

Cenários	2024 - 2030		2024 - 2035	
	Taxa (%)	Variação (Bi litros)	Taxa (%)	Variação (Bi litros)
Crescimento Baixo	-0,4	-0,8	0,3	0,9
Crescimento Médio	-1,2	-2,2	-0,8	-2,6
Crescimento Alto	-2,2	-4,0	-1,8	-5,9

Fonte: EPE (projeções) e EPE (2025c) (histórico)

Gráfico 22 – Demanda de gasolina A

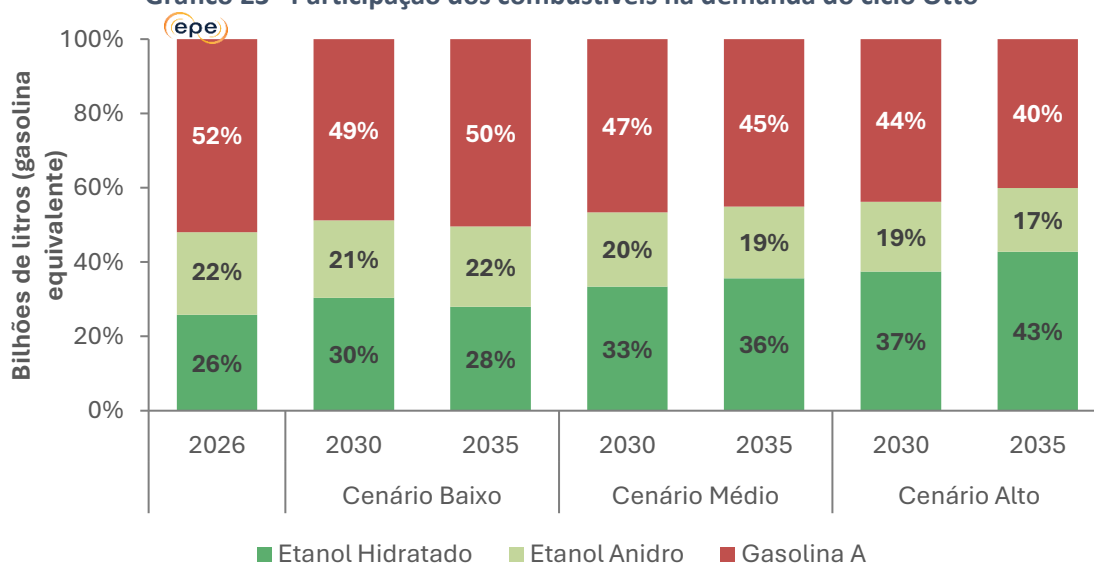


Fonte: EPE (projeções) e EPE (2025c) (histórico)

Participação dos combustíveis no ciclo Otto

A participação do etanol hidratado e anidro e da gasolina A no ciclo Otto em cada cenário está indicada no Gráfico 23. A participação dos biocombustíveis varia de 50%, 55% e 60% em 2035, para os cenários de crescimento baixo, médio e alto, respectivamente.

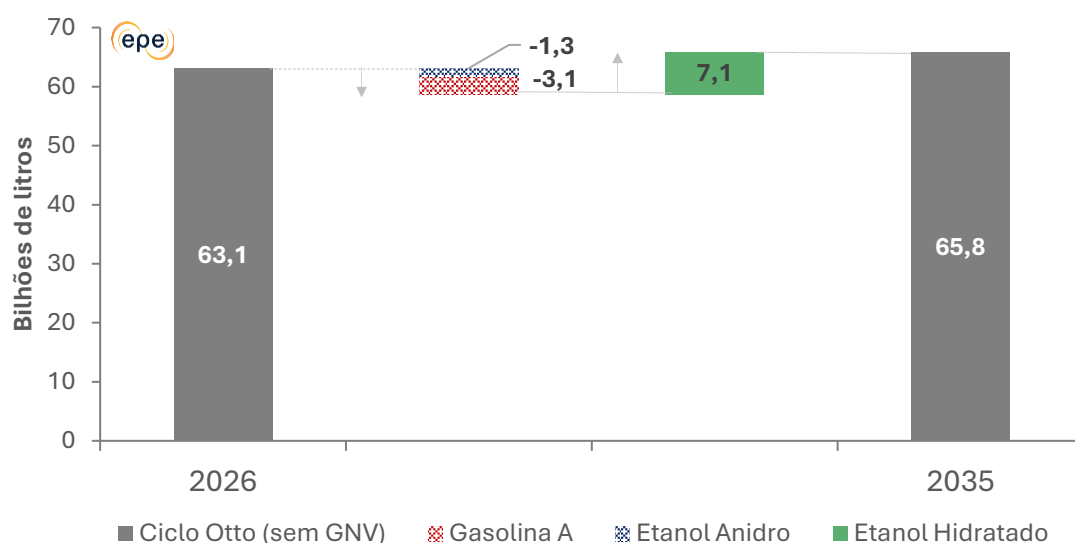
Gráfico 23– Participação dos combustíveis na demanda do ciclo Otto



Fonte: EPE (Elaboração própria)

O Gráfico 24 apresenta a evolução da demanda ciclo Otto segmentada por combustível entre 2026 e 2035, para o cenário médio, em que a gasolina C decresce 4,4 bilhões de litros, enquanto a demanda pelo etanol hidratado cresce cerca de 7,1 bilhões de litros.

Gráfico 24– Evolução da demanda ciclo Otto segmentada por combustível

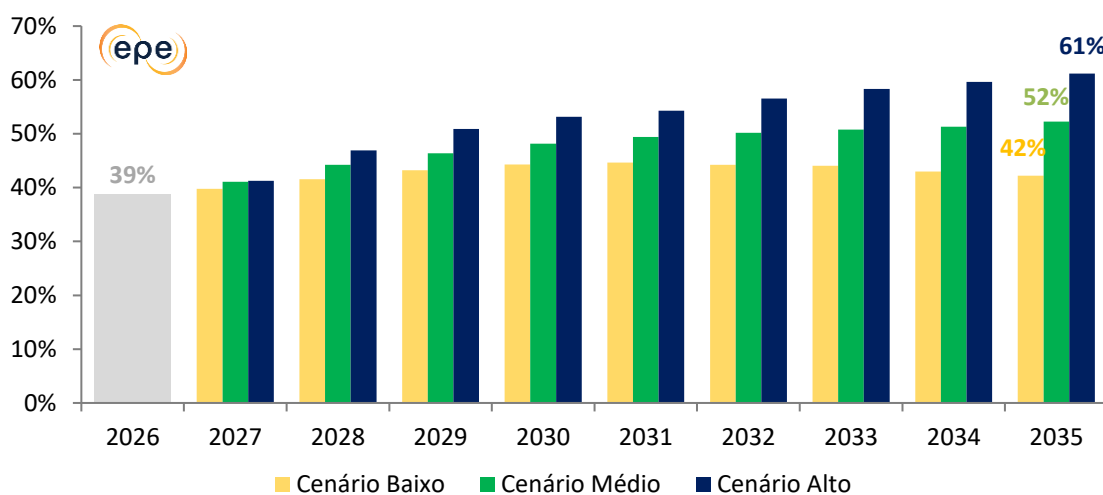


Fonte: EPE (Elaboração própria)

Market share do hidratado no flex fuel

A partir da disponibilidade de etanol hidratado combustível, verifica-se a trajetória da sua participação na demanda dos veículos *flex fuel*. No Gráfico 25, observa-se que esse montante resultará no incremento de *market share* do etanol hidratado na frota *flex*. Essa participação representa, em 2035, 42% no cenário de crescimento baixo da oferta de etanol. Já para os de crescimento médio e alto, alcança 52% e 61%, respectivamente.

Gráfico 25 – Market share do etanol hidratado no flex fuel (em volume)



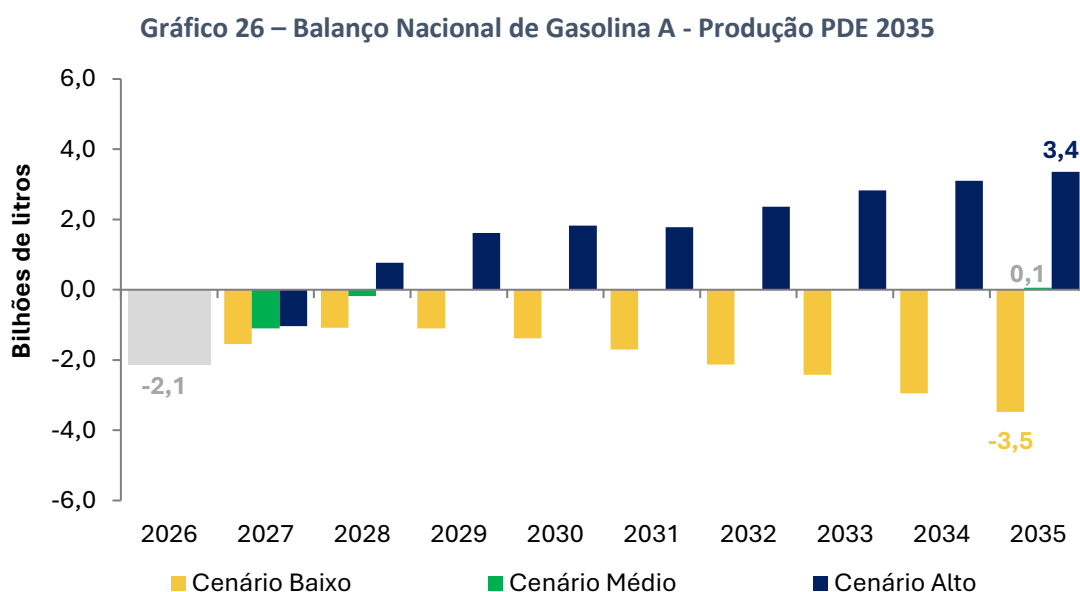
Fonte: EPE (Elaboração própria)

Balanço nacional de gasolina A

A avaliação do balanço de gasolina A no horizonte de estudo considerou a projeção de produção a partir do PDE 2035, que atinge 29,7 bilhões de litros em 2035 (EPE, 2025e) e o valor médio entre 2018 e 2022, 26,3 bilhões de litros, período em que a produção desse fóssil pelas refinarias apresentou os menores valores (desde 2014). Em 2024, a produção de gasolina A alcançou 31,9 bilhões de litros, o maior valor da série histórica, superando o ano de 2014 (31,0 bilhões de litros).

Visto que as frações de gasolina e nafta são obtidas de cortes similares de petróleo, a oferta de gasolina acaba sendo resultante, basicamente, da análise da demanda, preços e fluxos logísticos destes derivados. No entanto, há outros elementos que também influenciam esse fluxo de mercado, tal como o custo de oportunidade de etanol e açúcar e as condições da safra. Assim, ainda que haja um conjunto de indicações para produção interna de gasolina, esta pode sofrer influências dos fatores citados anteriormente, resultando, por exemplo, em menores volumes de importação.

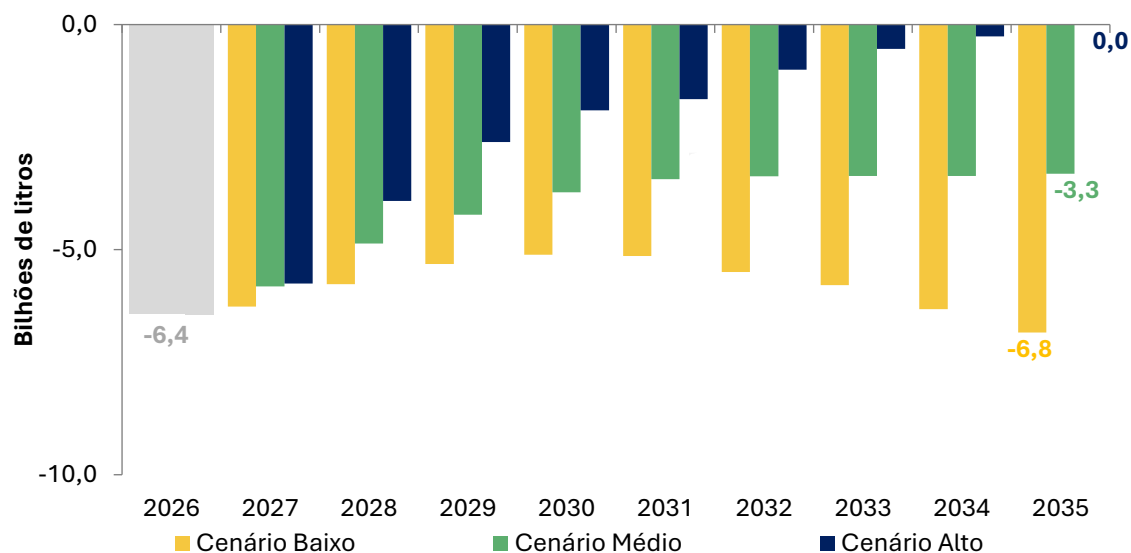
Como pode ser observado no Gráfico 26, tal exercício evidenciou que haverá necessidade de importação para os anos de 2026 e 2027 para todos os cenários. Nos anos posteriores, para o cenário médio, praticamente não será necessário importar gasolina, enquanto para o baixo o *déficit* é crescente e atinge 3,5 bilhões em 2035. Para o cenário alto, observa-se um *superávit*, que alcança 3,4 bilhões ao final do período.



Fonte: EPE (Elaboração própria)

A segunda análise de sensibilidade que visa a avaliar os reflexos no balanço nacional de gasolina em um cenário de menor oferta desse derivado - produção de 26,3 bilhões de litros, média entre 2018 e 2022 - indica que haverá necessidade de importação em todo o período para os cenários baixo e médio, alcançando 6,8 e 3,3 bilhões de litros, respectivamente. No cenário de crescimento alto, as importações ocorrem até 2034, de acordo com o Gráfico 27.

Gráfico 27 - Balanço Nacional de Gasolina A – média dos volumes produzidos entre 2018 e 2022

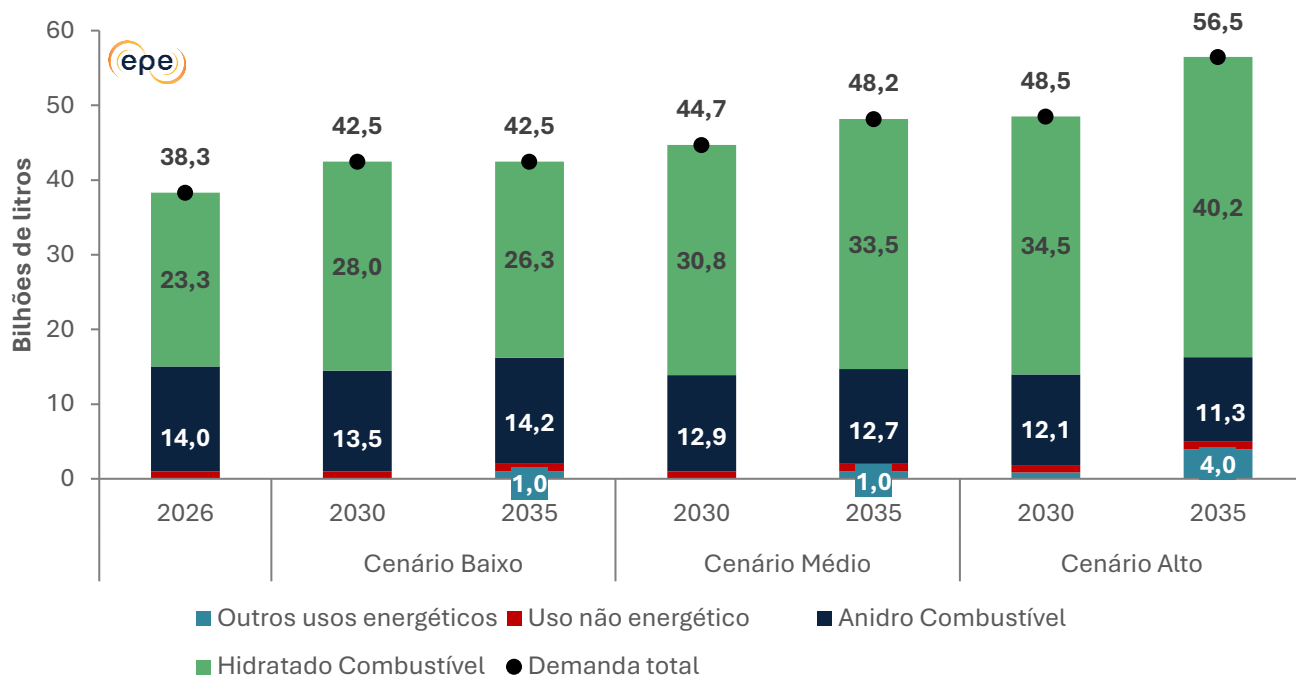


Fonte: EPE (Elaboração própria)

Outros usos energéticos

Além do uso do etanol combustível (anidro e hidratado) para o abastecimento da frota do ciclo Otto, estima-se ainda uma demanda para a produção de SAF por meio da rota ATJ e o uso no setor aquaviário. Considerando essas parcelas, a demanda total de biocombustível, para os cenários de crescimento baixo, médio e alto, é apresentada no Gráfico 28.

Gráfico 28 – Demanda de etanol (energética e não energética)



Nota 1: Os termos hidratado e anidro combustível se referem ao utilizado no transporte rodoviário. Para outros usos energéticos e uso não energético, a demanda indicada inclui as parcelas de anidro e hidratado.

Nota 2: A parcela destinada à exportação (de 2,3 bilhões de litros em 2035) não está incluída nesse gráfico.

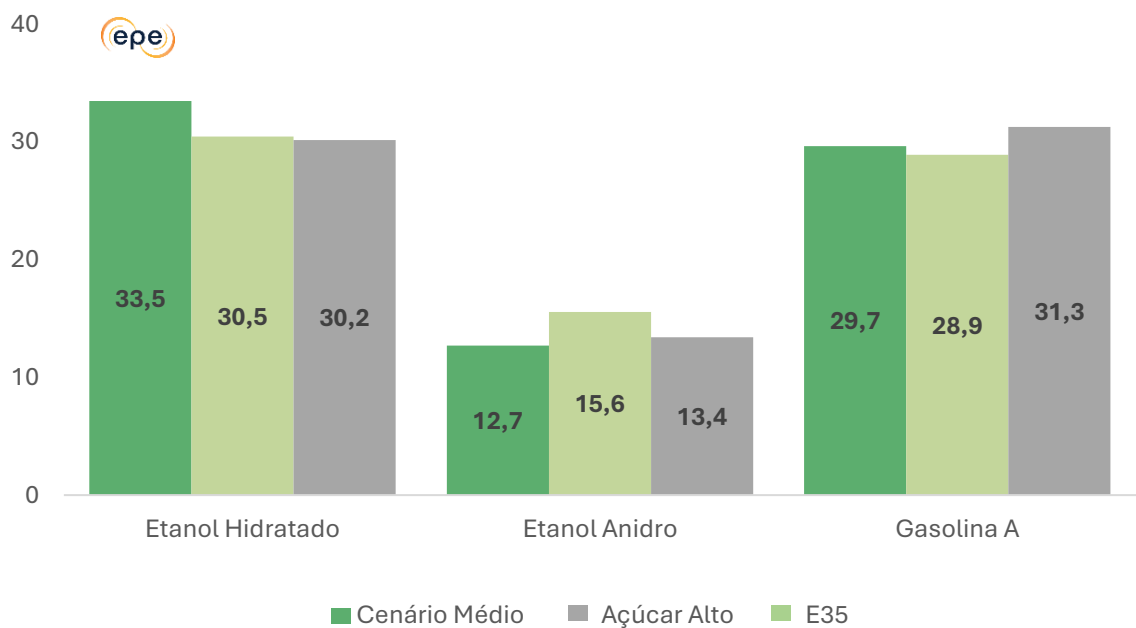
Fonte: EPE (Elaboração própria)

5. Análises de Sensibilidades

Neste item, serão apresentadas análises de sensibilidades do impacto na demanda de combustíveis do ciclo Otto considerando: a destinação de etanol para o aumento de teor de anidro na gasolina C, de 30% para 35%, possibilidade apresentada pela Lei do Combustível do Futuro (BRASIL, 2024), e uma maior destinação do ATR para a produção de açúcar, com a valorização dessa *commodity* e ampliação da posição de destaque do Brasil no mercado internacional. A destinação de etanol para a produção de SAF (rota ATJ) e uso aquaviário já estão contempladas, conforme indicado nos itens anteriores.

Para o cenário de crescimento médio, essas sensibilidades serão, primeiramente, apresentadas de forma separada, analisando o efeito de cada uma, sendo denominadas de E35 (considera-se o aumento de 1% ao ano, a partir de 2030) e Açúcar Alto, conforme Gráfico 29. Adicionalmente, a variação absoluta e percentual nas demandas de cada uma das sensibilidades pode ser observada na Tabela 12.

Gráfico 29 – Impacto isolado das sensibilidades nas demandas de hidratado, anidro e gasolina A em 2035



Fonte: EPE (Elaboração própria)

Tabela 12 - Variação das sensibilidades nas demandas de hidratado, anidro e gasolina A em 2035

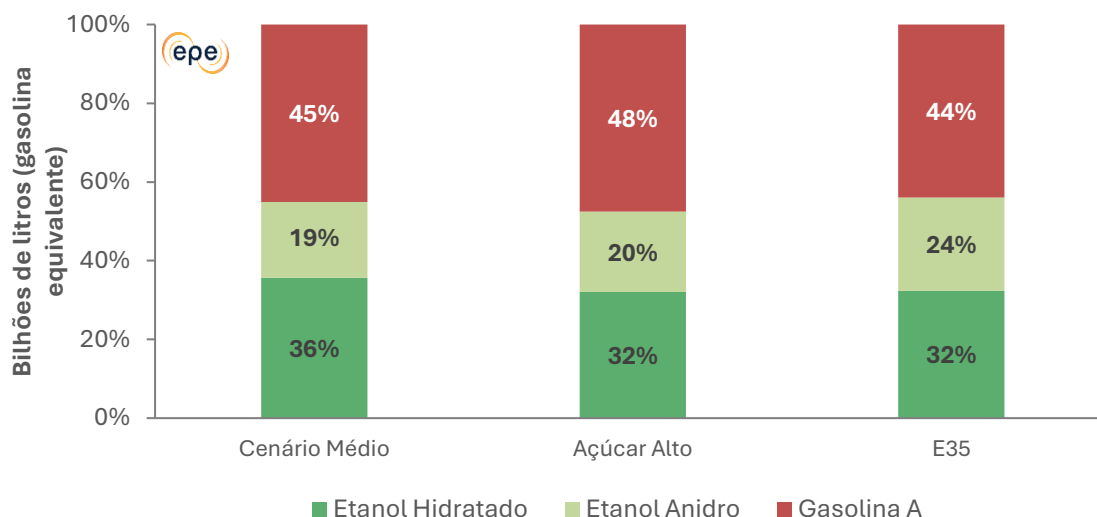
	Etanol Hidratado	Etanol Anidro	Gasolina A
Cenários	Variação (bi litros/%)		
E35	-3,0 (-9,0%)	2,9 (22,5%)	-0,7 (-2,5%)
Açúcar Alto	-3,3 (-9,9%)	0,7 (5,5%)	1,6 (5,5%)

Nota: A variação e taxas são em relação ao cenário de crescimento médio.

Fonte: EPE (Elaboração própria)

A composição da demanda do ciclo Otto, com base nas sensibilidades analisadas para o cenário de crescimento médio, de forma isolada, são apresentadas no Gráfico 30.

Gráfico 30 – Composição do ciclo Otto para as sensibilidades do cenário médio em 2035

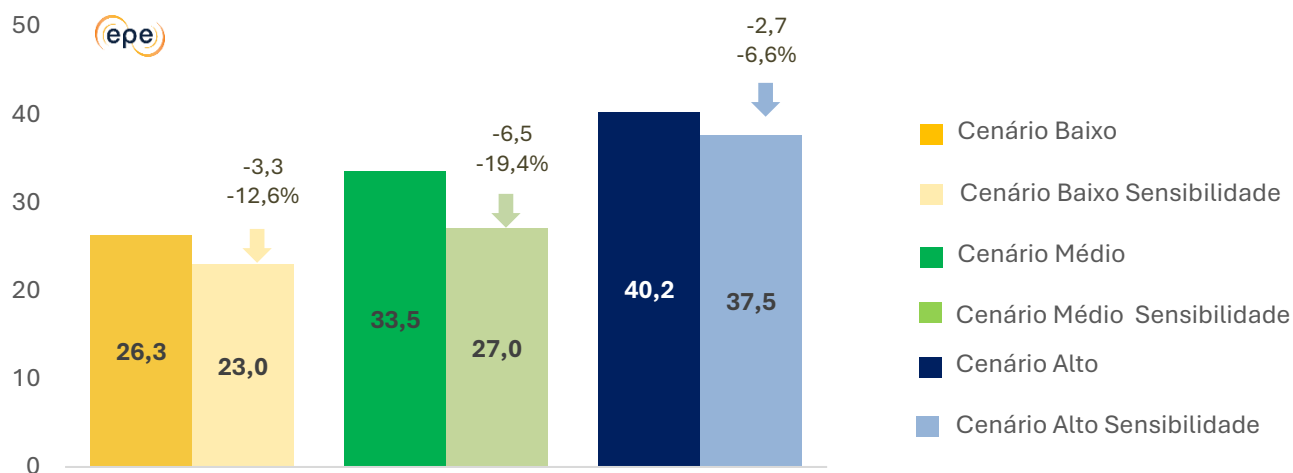


Fonte: EPE (Elaboração própria)

Em seguida, para todos os cenários, as análises serão realizadas de forma agrupada, ou seja, um cenário com a manutenção dos fatores de produção de cana-de-açúcar, ajustando-se a destinação do ATR com vistas a uma produção de açúcar maior (conforme Item 2.2), além da evolução de uma mistura de etanol anidro de 35% na gasolina C em 2035. Tais cenários serão denominados de: Cenário Baixo Sensibilidade, Cenário Médio Sensibilidade e Cenário Alto Sensibilidade.

Cabe colocar mencionar que o cenário de crescimento alto já considera uma produção de açúcar maior, como indicado anteriormente. Os Gráficos 31, 32 e 33 indicam os resultados para o etanol hidratado, etanol anidro e gasolina A, respectivamente.

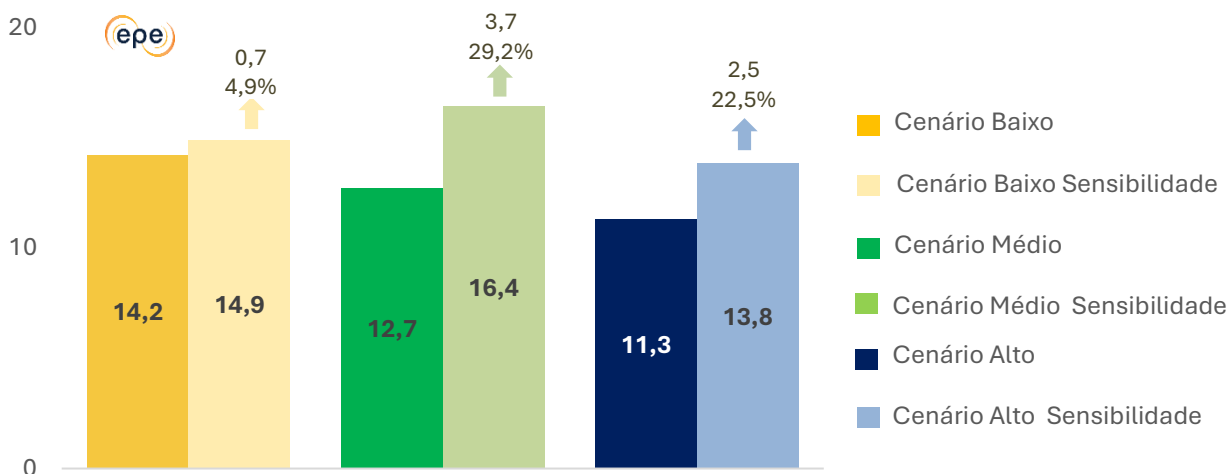
Gráfico 31 – Reflexos na demanda de etanol hidratado para cada cenário em 2035



Nota: Os cenários baixo, médio e alto correspondem aos descritos anteriormente.

Fonte: EPE (Elaboração própria)

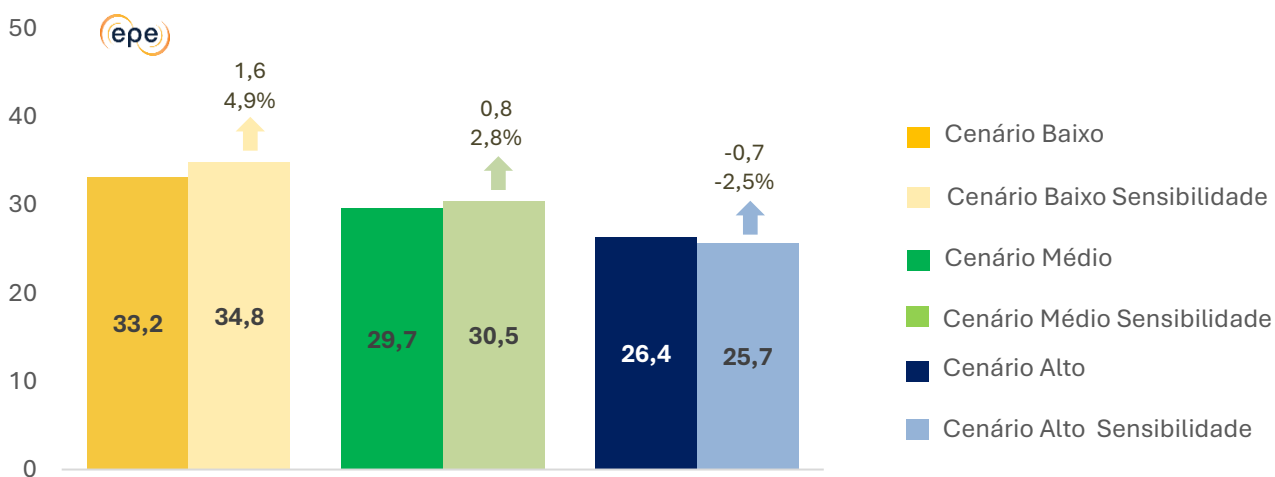
Gráfico 32 – Reflexos na demanda de etanol anidro para cada cenário em 2035



Nota: Os cenários baixo, médio e alto correspondem aos descritos anteriormente.

Fonte: EPE (Elaboração própria)

Gráfico 33 – Reflexos na demanda de gasolina A para cada cenário em 2035

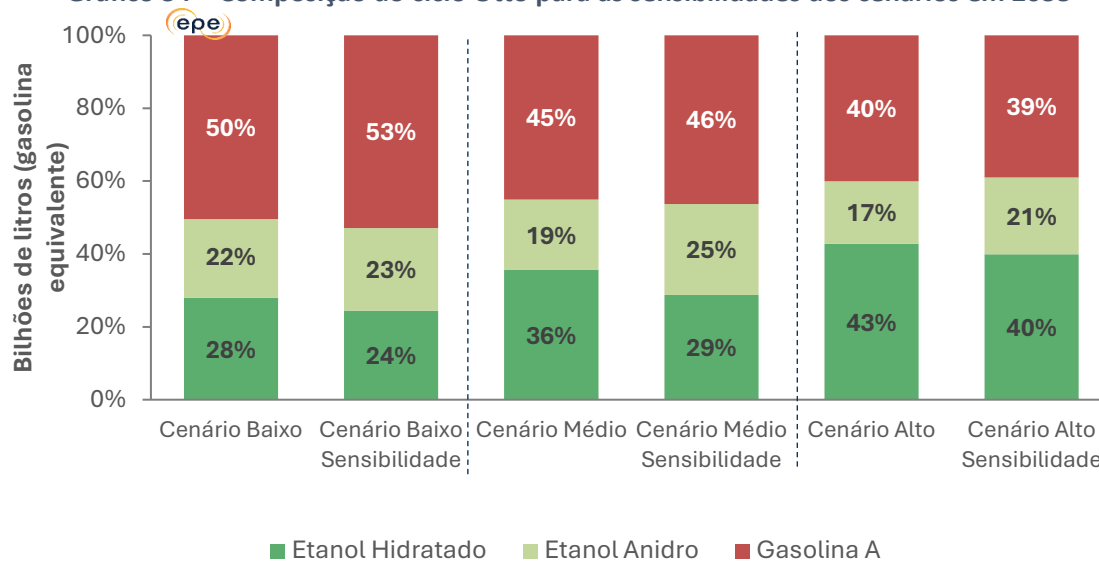


Nota: Os cenários baixo, médio e alto correspondem aos descritos anteriormente.

Fonte: EPE (Elaboração própria)

A composição da demanda do ciclo Otto, para os cenários analisados e suas sensibilidades, são apresentadas no Gráfico 34.

Gráfico 34 – Composição do ciclo Otto para as sensibilidades dos cenários em 2035



Fonte: EPE (Elaboração própria)

BOX 1 – Estabilização na Oferta de Etanol

Objetiva apresentar uma análise para a oferta de etanol e demanda do ciclo Otto, considerando um cenário estável ao setor de biocombustíveis, com relação às políticas públicas e às ações das empresas. Adicionalmente, os preços internacionais do petróleo se situarão em patamares moderados. Dessa forma, apesar do RenovaBio e do Combustível do Futuro, a atratividade econômica do setor de etanol não seria suficiente para induzir investimentos relevantes.

Em relação à novas unidades, foram consideradas apenas aquelas com estimativa de entrada até 2028, com base nos pedidos de autorização de construção na ANP (posição em março de 2025) (ANP, 2025b). Em termos de cana, com esse critério, haverá entrada de uma nova usina (280 milhões de litros) e de ampliações que totalizam 2,4 bilhão de litros. Considera-se também o saldo de fechamento daquelas em situação financeira desfavorável, resultando em uma perda de capacidade de processamento de 6 milhões de toneladas de cana (460 milhões de litros para o etanol). Quanto ao milho, as novas unidades e ampliações, somam 2,6 bilhões de litros em capacidade nominal de produção de etanol.

Nessa análise, foram adotadas as mesmas estimativas para o rendimento, produção nacional de açúcar (referência), exportação, etanol para outros usos energéticos (similar aos dos cenários baixo e médio) e o etanol para uso não energético. A capacidade instalada nominal estimada será de 832 Mtc para a cana e de 28 Mton para o milho, em 2035. A área de cana processada é de 8,5 Mha e a produtividade agrícola, de 75,9 tc/ha no mesmo ano. Como resultado, estima-se uma quantidade de cerca de 645 milhões de toneladas de cana moída ao final do período. A oferta de etanol por matéria-prima está indicada na Tabela 13.

Tabela 13 - Oferta de etanol por matéria-prima em 2035 (bilhões de litros)

Cana1G	Cana 2G	Milho	Importação	Oferta Total
24,4	0,5	12,7	0,5	37,5

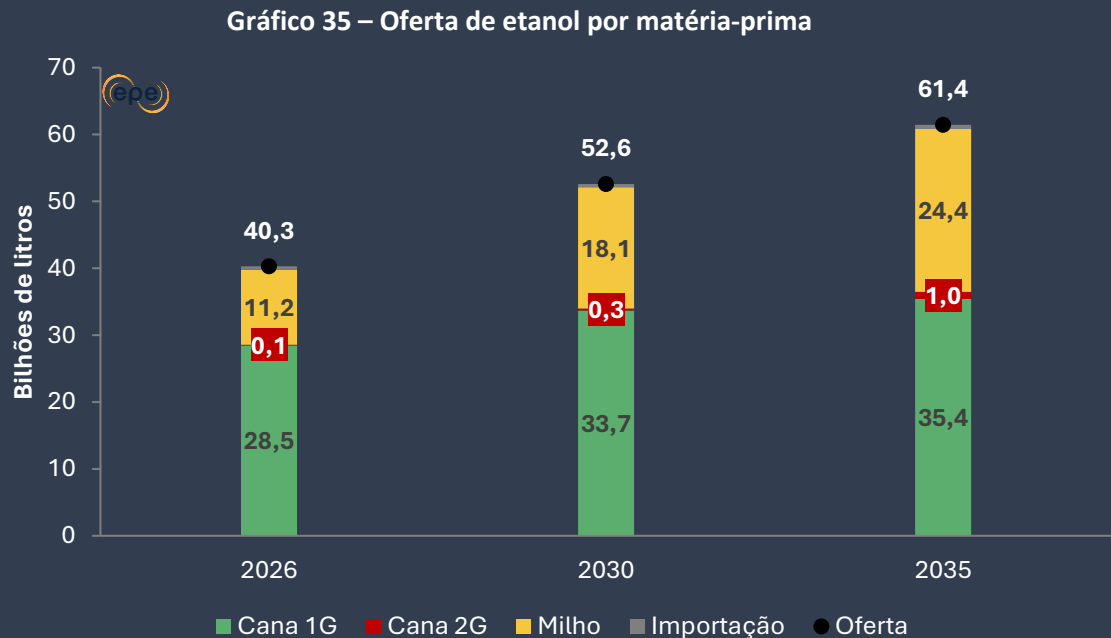
Fonte: EPE (Elaboração própria).

Considerando o propósito de assegurar o abastecimento energético nacional, esta análise tomou como base a demanda do ciclo Otto de referência. Nesse caso, constatou-se que os volumes de gasolina A e de etanol anidro alcançariam, respectivamente, 37,4 bilhões de litros (aumento de 7,7 bilhões de litros) e 16,0 bilhões de litros (aumento de 3,3 bilhões de litros). Esse crescimento é consequência do menor volume de etanol hidratado disponibilizado pelos produtores para o mercado combustível, aproximadamente 17,7 bilhões de litros (um valor 15,8 bilhões de litros inferior ao cenário de referência).

Por fim, ao analisar o balanço nacional de gasolina A, adotando-se a sua produção baseada no PDE 2035 (EPE, 2025e), torna-se necessário efetuar a importação de 7,7 bilhões de litros em 2035, o que corresponde a 21% da demanda do combustível fóssil. Para o caso da análise com base na média da produção entre 2018 e 2022, seria necessário importar 11,1 bilhões de litros (30%). Note-se que a importação máxima histórica desse combustível fóssil foi de 4,9 bilhões de litros em 2020 (EPE, 2025c), e coloca-se que seria necessária uma avaliação posterior da capacidade da infraestrutura nacional de movimentação de combustíveis.

BOX 2 - Cenário alto de etanol x produção de açúcar de referência

Objetiva apresentar uma análise para a oferta de etanol e demanda do ciclo Otto, considerando os fatores de produção da cana (1G e 2G) e do milho indicadas pelo cenário de crescimento alto, entretanto com a produção de açúcar de referência (utilizada nos cenários baixo e médio), de forma que seja ainda mais favorável ao setor de biocombustíveis. A produção de açúcar alcança 48,2 milhões de toneladas em 2035, como descrito anteriormente, mantendo a liderança do Brasil no comércio internacional dessa *commodity*. O Gráfico 35 apresenta a oferta de etanol por matéria-prima.



Fonte: EPE (Elaboração própria).

A oferta de etanol atinge 61,4 bilhões de litros, 2,6 bilhões de litros superior que o indicado no cenário de crescimento alto (58,8 bilhões). Com base na demanda ciclo Otto de referência deste PDE, os volumes de gasolina A e de etanol anidro alcançariam, respectivamente, 24,7 bilhões de litros e 10,6 bilhões de litros. O volume de etanol hidratado seria de 43,5 bilhões de litros. Dessa forma, a composição do ciclo Otto seria de 55,2% de hidratado, 13,4% de anidro e 31,4% para a gasolina A.

A análise do balanço nacional de gasolina A com a sua produção baseada no PDE 2035 (EPE, 2025e) indica que não há necessidade de importação, com exceção dos anos de 2026 e 2027. Para o caso da análise com base na média da produção entre 2018 e 2022 (26,3 bilhões de litros), seria necessário importar volumes até 2030.

6. Conclusão

O Brasil se destaca na inserção dos biocombustíveis na sua matriz energética e mantém potencial para ampliar essa participação, apoiado por políticas públicas estruturantes, como RenovaBio e a Lei do Combustível do Futuro. Recentemente, compromissos assumidos na COP 30 (Belém) reforçam essa trajetória, a exemplo do compromisso global Belém *4x Pledge*, e a proposição de um mapa do caminho global⁴², contendo ações estruturadas para reduzir e superar a dependência dos combustíveis fósseis, alinhando esforços para uma transição energética justa e acelerada.

Neste estudo foram apresentados os cenários de oferta de etanol considerados para o período 2026-2035 e seus respectivos reflexos na demanda do ciclo Otto e no balanço nacional de gasolina A. Destaca-se a relevância do etanol como vetor para a transição energética.

Os cenários elaborados indicam variações na oferta de etanol combustível, considerando ações do setor voltadas à investimentos e redução de custos (renovação do canavial, tratamentos culturais adequados etc.) e políticas de incentivo ao biocombustível (diferenciações tributárias e contributivas, disponibilização de linhas de financiamento para o setor, entre outras). Ou seja, diferentes premissas acerca do grau de atratividade econômica para os investimentos no setor sucroenergético e do etanol de milho.

As usinas de cana estão ajustando as suas condições financeiras, e se beneficiam da atratividade do açúcar no mercado internacional e de oportunidades internas, relacionadas a melhorias nos canaviais, redução de custos de cultivo, irrigação, produção de biogás, E2G, entre outros indicados nesse estudo, e externas que beneficiam o seu desenvolvimento. Em paralelo, as unidades produtoras de etanol a partir do milho vêm apresentando um crescimento consistente, em que iniciam suas operações em um curto intervalo de tempo, com a possibilidade de mais de uma safra ao longo do ano, em rotação, majoritariamente, com a soja. Diversas outras oportunidades surgem para esse setor, como a captura de carbono e a produção de SAF pela rota ATJ e de combustíveis sustentáveis para uso aquaviário. Como resultado dessas projeções, verifica-se que a oferta de etanol poderia chegar a valores que variam entre 44,8 bilhões e 58,8 bilhões de litros. Destaca-se que a participação do etanol de milho deve representar entre 33% e 42% da oferta total no final do período, evidenciando sua relevância na matriz energética nacional.

Com base na demanda de ciclo Otto estimada e na produção de combustíveis correspondentes, foi realizada análise de sensibilidade considerando a produção de gasolina A do PDE 2035 e o valor médio entre 2018 e 2022, de 26,3 bilhões de litros (média dos menores valores desde 2011). Para o primeiro caso, haverá necessidade de importação em todo o horizonte de estudo para o cenário baixo, alcançando 3,5 bilhões de litros em 2035. Para os cenários médio e alto, as importações ocorrem até 2028 e 2027, respectivamente. Para a produção de 26,3 bilhões de litros, não haverá necessidade de importação em todo o período, para os três cenários considerados.

O estudo evidencia que a contribuição da biomassa de cana para o cenário energético nacional poderá se tornar ainda mais relevante. A participação da bioeletricidade, na avaliação mais conservadora, poderá injetar em 2035 até 4,2 GWm no cenário de crescimento alto, e 3,8 GWm no cenário de crescimento baixo. Estima-se que a biomassa necessária para a produção de etanol de milho varia entre 12,2 e 19,4 milhões de toneladas, sendo esse um ponto de atenção ligado à expansão desse setor.

Acrescenta-se que a utilização da biomassa residual da cana (vinhaça e torta de filtro) para a produção de biometano, para este mesmo horizonte, possibilita que sejam gerados 3,4 bilhões de Nm³ e 3,0 bilhões de Nm³ para os cenários citados, respectivamente. Considerando uma análise mais conservadora, grupos mais eficientes e com melhor saúde financeira, os valores potenciais seriam de 1,4 bilhão de Nm³ e 1,6 bilhão de Nm³, respectivamente. Além disso, foram apresentados cenários para a

⁴² Não incorporado no texto final da COP 30, mas que seguirá sendo desenvolvido por grupos de trabalhos.

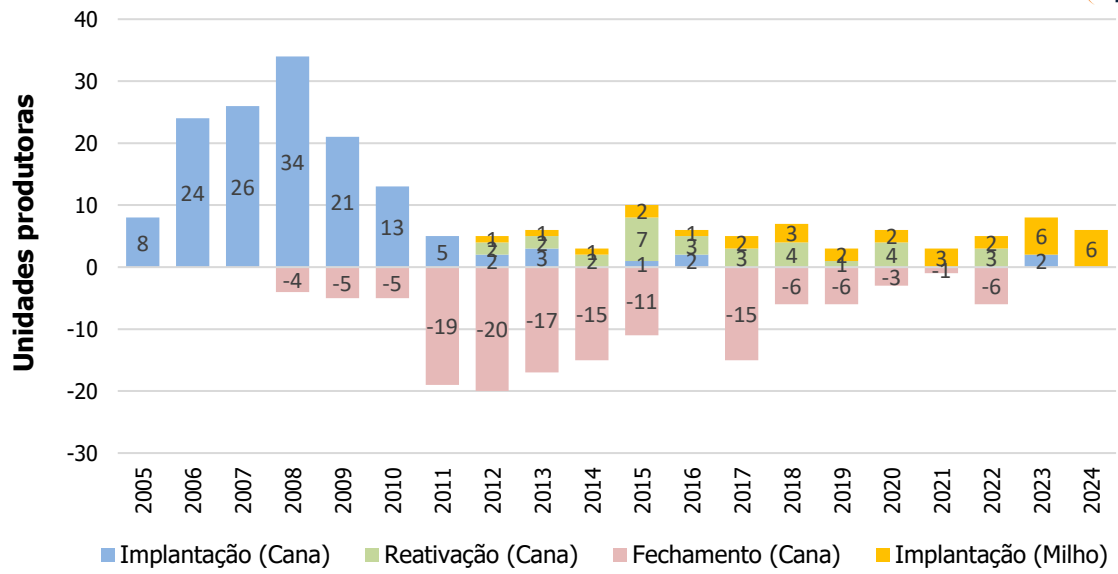
entrada de unidades de biometano, que podem variar de 30 a 78, a depender da entrada de investimentos nesse setor.

As emissões evitadas de GEE pelo uso dos produtos da cana são muito relevantes no cenário nacional. Considerando a demanda de etanol para fins combustíveis e a participação da bioeletricidade, na análise mais conservadora, os valores evitados podem variar, em 2035, entre 80,5 MtCO₂ e 71,8 MtCO₂, para os cenários de crescimento alto e baixo, respectivamente.

Essa nota também indicou os efeitos da adição de teor maior de etanol anidro na gasolina C, com possibilidade de atingir 35% e da maior destinação de ATR para a produção de açúcar.

O estudo mostra-se relevante para contribuir no alcance das políticas públicas direcionadas ao abastecimento do mercado de veículos do ciclo Otto e ao atendimento dos compromissos internacionais do Brasil no âmbito do Acordo de Paris, e nas políticas nacionais como RenovaBio e Combustível do Futuro, sendo importante para o planejamento energético do país nos médio e longo prazos. Além disso, as necessidades energéticas devem ser atendidas de forma justa, considerando a inclusão social e o combate à pobreza, propósito para o qual os biocombustíveis têm o potencial de contribuir.

Gráfico A1 – Fluxo de usinas de cana e milho no Brasil



Fonte: EPE a partir de EPE (2025a); MAPA (2025), UNICA (2014a, 2014b)

Referências bibliográficas

ABIOGÁS - Associação Brasileira do Biogás. Comunicação Pessoal, 2017.

AGÊNCIA GOV. **Desigualdade cai ao menor nível desde 2012, indica IBGE**, 2025. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202505/desigualdade-cai-ao-menor-nivel-desde-2012-indica-ibge>. Acesso em: 02 out. 2025.

AGFEED. CEO da Raízen congela E2G e fala em “senso de urgência” para “voltar ao equilíbrio”, 2025. Disponível em: [CEO da Raízen congela E2G e fala em "senso de urgência" para "voltar ao equilíbrio" – AgFeed](#). Acesso em: 02 jul. 2025.

ALAGOAS - Portal Oficial do Governo do Estado de Alagoas. **Estado inicia era dos combustíveis limpos com R\$ 1,5 bilhão em investimentos**, 2025. Disponível em: [Estado inicia era dos combustíveis limpos](#). Acesso em: 21 jul. 2025.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Dados estatísticos**, 2025a. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 04 dez. 2025.

_____. **Autorização para produção de biocombustíveis**, 2025b. Posição em março/2025 e outubro/2025. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/autorizacao-para-producao-de-biocombustiveis>. Acesso em: 10 out. 2025.

_____. **Painel Dinâmico de Produtores de Etanol**, 2025c. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiMmRhZWU2NDU0ZWE2Yi00NzI5LWJjMGQ0NjIwNjE0MjM0MjEzIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTIOYTYtNGI0Mi1iN2VmLTExNGFmY2FkYzkyMyJ9>. Acesso em: 10 out. 2025.

_____. Resolução ANP nº 906, de 18 de novembro de 2022. Dispõe sobre as especificações do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular e às instalações residenciais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 novembro. 2022. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-906-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-do-biometano-oriundo-de-produtos-e-residuos-organicos-agrossilvopastoris-e-comerciais-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-e-comerciais-a-ser-comercializado-em-todo-o-territorio-nacional?origin=instituicao>. Acesso em: 24 nov. 2025.

_____. **RenovaBio**, 2025d. Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>. Acesso em 24 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudanças Climáticas – PNMC e dá outras providências. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 25 nov. 2025.

_____. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 de dezembro. 2017. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 25 nov. 2025.

_____. Lei nº 14.993, de 08 de outubro de 2024. Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 out. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2023-2026/2024/Lei/L14993.htm. Acesso em: 25 nov. 2025.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Leilões**, 2025. Disponível em: www.ccee.org.br. Acesso em: 25 nov. 2025.

CIBIOGÁS. Panorama do Biogás no Brasil 2023. Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás (CIBiogás). Relatório Técnico nº 001/2024. Foz do Iguaçu: CIBiogás, 2024. Disponível em: <https://materiais.cibiogas.org/panorama-do-biogas-2023>. Acesso em: 05 dez. 2025.

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética. Resolução nº 09, de 25 de junho de 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2025/ResolucaoCNPE9publicada.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2025.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamentos de Safra: cana-de-açúcar**. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília: CONAB, 2025a. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 27 ago. 2025a.

_____. **Comunicação Pessoal**, 2025b.

CONFAZ/MF. Conselho Nacional de Política Fazendária/Ministério da Fazenda. **Alíquotas e reduções de base de cálculo nas operações internas dos Estados e do Distrito Federal**, 2025. Disponível em: www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais. Acesso em: 08 set. 2025.

COP 30 BRASIL AMAZÔNIA. **Brasil anuncia compromisso de quadruplicar produção de combustíveis sustentáveis**, 2025. Disponível em: [Brasil anuncia compromisso de quadruplicar produção de combustíveis sustentáveis](#). Acesso em: 19 dez. 2025.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Final Volume Standards for 2023, 2024, and 2025**. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2023-07-12/pdf/2023-13462.pdf>. EPA, 2023. Acesso em: 20 mai. 2025.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Modelo de demanda de etanol**: Estudos sobre a demanda de etanol. Rio de Janeiro: EPE, 2010.

_____. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis:** ano 2015. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 25 nov. 2025.

_____. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis:** ano 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2024a. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 25 nov. 2025.

_____. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis:** ano 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2025a. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 25 nov. 2025.

_____. **Fact Sheet Agricultura Familiar, PNPB e Agenda 2030: Um Compromisso com o Futuro Sustentável.** Rio de Janeiro: EPE, 2025b. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-921/FS-EPE-DPG-SDB-2025-02-Agricultura%20Familiar_PNPB_04.11.pdf. Acesso em: 25 nov. 2025.

_____. **Balço Energético Nacional 2025:** ano base 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2025c. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 25 nov. 2025.

_____. **Combustíveis sustentáveis de aviação no Brasil – perspectivas futuras.** Rio de Janeiro: EPE, 2024b. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 11 mar. 2025.

_____. **Combustíveis sustentáveis de aviação no Brasil e sinergia com o diesel verde.** Rio de Janeiro: EPE, 2025f. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 24 nov. 2025.

_____. **Nota Técnica de Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis: 2026 – 2035.** Rio de Janeiro: EPE, 2025g. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 10 out. 2025.

_____. **Nota Técnica de Demanda de Energia dos Veículos Leves: 2025 – 2034.** Rio de Janeiro: EPE, 2024c. Disponível em: www.epe.gov.br. Rio de Janeiro: EPE, 2024c. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 10 out. 2025.

_____. **Perspectivas para o mercado brasileiro de combustíveis no curto prazo.** Rio de Janeiro: EPE, 2025d. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 05 dez. 2025.

_____. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2035:** Cadernos de Estudo. Rio de Janeiro: EPE, 2025e. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 05 dez. 2025.

_____. **Plano Nacional Integrado das Infraestruturas de Gás Natural e Biometano.** Rio de Janeiro: EPE, 2025h. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 05 dez. 2025.

_____. **Perspectivas para o Mercado Brasileiro de Combustíveis no Curto Prazo.** Rio de Janeiro: EPE, 2025i. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 19 dez. 2025.

_____. CIBIOGÁS. Panorama do biometano – setor sucroenergético. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/panorama-do-biometano-setor-sucroenergetico>. Acesso em: 24 nov. 2025.

FAO – Food and Agriculture Organization. **World agriculture towards 2030-2050:** the 2012 revision. OECD/FAO, 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2025.

_____. **Agricultural outlook 2025 – 2034.** Roma, 2024. OECD/FAO, 2024. Disponível em: [Sugar: OECD-FAO Agricultural Outlook 2025-2034 | OECD](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-rural-development/sugar-oecd-fao-agricultural-outlook-2025-2034). Acesso em 11 mar. 2025.

FGV - Fundação Getúlio Vargas. **Índices de Preços,** 2025. FGV Data.

GRANBIO. **Bioflex I:** Produção de Biocombustível. Granbio. Disponível em: <http://www.granbio.com.br/conteudos/bioflex-biocombustiveis/>. Acesso em: 11 mar. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo,** 2025a. Disponível em: [Tabela 1737: IPCA - Série histórica com número-índice, variação mensal e variações acumuladas em 3 meses, em 6 meses, no ano e em 12 meses \(a partir de dezembro/1979\) \(ibge.gov.br\)](https://tabela1737.ipca.seriehistorica.com/número-índice/variacao-mensal-e-variacoes-acumuladas-em-3-meses-em-6-meses-no-ano-e-em-12-meses-a-partir-de-dezembro-1979). Acesso em: 16 set. 2025.

_____. **PNAD Contínua,** 2025b. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/44604-pnad-continua-taxa-de-desocupacao-e-de-5-6-e-taxa-de-subutilizacao-e-de-14-1-no-trimestre-encerrado-em-agosto>. Acesso em: 02 out. 2025

ICS. Instituto Clima e Sociedade, 2024. Disponível em: <https://climaesociedade.org/>. Acesso em: 11 mar. 2025.

IMEA – Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária. **Clusters de etanol de milho em Mato Grosso.** Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária, Cuiabá, 2017.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: volume 2, Energy, Genebra, 2006. Fonte: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>. Acesso em: 24 nov. 2025.

ISO – International Sugar Organization. *Sugar Year Book 2024.* Londres: ISO, 2024.

ITAÚ BBA. Perspectivas – Diagnóstico Financeiro do Setor Sucroenergético. *Comunicação Pessoal,* 2019.

JORNALCANA. Raízen encerra operação de planta piloto de etanol de segunda geração, 2025. Disponível em: <https://jornalcana.com.br/industria/raizen-encerra-operacao-de-planta-piloto-de-etanol-de-segunda-geracao/>. Acesso em: 11 jul. 2025.

LNBR - Laboratório Nacional de Biorrenováveis. **Comunicação Pessoal**, 2022.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sustentabilidade/Agroenergia**, 2024. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 25 nov. 2025.

_____. **Mapeamento e Caracterização dos Plantios Florestais do Brasil**, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/florestas-plantadas/2024/63a-ro-11-09-2024-1/apresentacao_resultados_2023_mapa_cfp.pdf. Acesso em 25 nov 2025.

ME – Ministério da Economia. **Estatísticas de Comércio Exterior**, 2025 Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Brasília: Secretária Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais/ME. Acesso em: 04 ago. 2025.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Fatores de emissão de CO₂ para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos**, 2023. Disponível em: www.mctic.gov.br. Acesso em: 24 nov. 2025.

MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; VALENTE, M. S.; XAVIER, C. E. O.; KULAY, L.; DONKE, C. G.; MATSUURA, M. I. S. F.; RAMOS, N. P.; MORANDI, M. A. B.; BONOMI, A.; CAPITANI, D. H. D.; CHAGAS, M. F.; CAVALETT, Otávio; GOUVEIA, V. L. R.. A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. Revista BNDES, v. 41, p. 147-208, 2014. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2496>. Acesso em: 25 nov. 2025.

NOVACANA. **Levantamentos dos investimentos em biocombustíveis** (diversas reportagens), 2025. Disponível em: <https://www.novacana.com/>. Acesso em: 14 jul. 2025.

_____. **Faturamento das maiores empresas**. Disponível em <https://www.novacana.com/data/dados/> Acesso em: 14 out. 2024.

ONU. (2021). **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Organização das Nações Unidas. Disponível em <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 02 dez. 2025.

RAÍZEN. **Raízen anuncia a construção de planta de Etanol de Segunda Geração (E2G) em Tarumã**, 2023. Disponível em: [https://raizen.com/sala-de-imprensa/raizen-anuncia-a-construcao-de-planta-de-etanol-de-segunda-geracao-e2g-em-taruma#:~:text=S%C3%A3o%20Paulo%2C%2013%20de%20novembro%20de%202023%20%E2%80%93,e%20receber%C3%A1%20investimento%20aproximado%20de%20R\\$84%20bilh%C3%A3o](https://raizen.com/sala-de-imprensa/raizen-anuncia-a-construcao-de-planta-de-etanol-de-segunda-geracao-e2g-em-taruma#:~:text=S%C3%A3o%20Paulo%2C%2013%20de%20novembro%20de%202023%20%E2%80%93,e%20receber%C3%A1%20investimento%20aproximado%20de%20R$84%20bilh%C3%A3o). Acesso em: 28 nov. 2025.

_____. **Raízen inaugura maior planta de etanol de segunda geração do mundo**, 2024a. Raízen Energia S.A., São Paulo. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/sala-de-imprensa/raizen-inaugura-maior-planta-de-etanol-de-segunda-geracao-do-mundo>. Acesso em: 28 nov. 2025.

_____. **Avisos, Fatos Relevantes e Comunicados**, 2024b. Disponível em: <https://ri.raizen.com.br/divulgacoes-e-documentos/avisos-comunicados-e-fatos-relevantes/>. Acesso em: 16 set. 2025.

_____. **Relatório Integrado Safra 23’24**, 2024c. Disponível em: [item-1212-relatorio-anual-2223-pt.pdf](https://ri.raizen.com.br/divulgacoes-e-documentos/relatorio-integrado-safra-23-24). Acesso em: 16 set. 2025.

UNEM. União Nacional do Etanol de Milho. Fluxograma de massa e energia – Produtos. Disponível em: [Produtos | UNEM](https://www.unem.org.br/produtos). Acesso em: 03 ago. 2025.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. Comunicação pessoal, 2014a.

_____. Comunicação pessoal, 2014b.

_____. UNICADATA, 2025. Disponível em <http://unicadata.com.br/>. Acesso em: 25 nov. 2025.

USDA. Sugar and Sweeteners Yearbook Tables, 2025. United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Services, Washington D.C. Disponível em <https://www.ers.usda.gov/data-products/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables.aspx>. Acesso em: 24 nov. 2025.