



NOTA TÉCNICA

Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2024

AGOSTO DE 2025

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Imagens da Capa

1. Desenvolvido por Racool_studio em Freepik.

Técnica em Secretariado

Raquel Lopes Couto

Estagiário

João Pedro Rashid Braga

Equipe Técnica

Ana Paula Oliveira Castro

Angela Oliveira da Costa

Arthur Cortez Pires de Campos

Bruna Souza Lopes Graça

Dan Abensur Gandelman

Danielle Borher de Andrade

Danilo Perecin

Ederaldo Godoy Junior

Euler João Geraldo da Silva

Guilherme Correa Naresse

Juliana Pereira Targueta

Leônidas Bially Olegario dos Santos

Letícia Gonçalves Lorentz

Luciano Basto Oliveira

Marina Damião Besteti Ribeiro

Paula Isabel da Costa Barbosa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Rafael Belém Lavrador

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário-Executivo

Arthur Cerqueira Valerio

Secretário de Energia Elétrica

Gentil Nogueira de Sá Junior

Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

Secretário de Planejamento e Transição Energética

Gustavo Cerqueira Ataíde

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Pietro Adamo Sampaio Mendes

<http://www.mme.gov.br>



Presidente

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Ivanoski Teixeira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Reinaldo da Cruz Garcia

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretora de Gestão Corporativa

Carlos Eduardo Cabral Carvalho

<http://www.epe.gov.br>



VALOR PÚBLICO

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

COM ESTE ESTUDO, 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 A SÍNTESE DOS EVENTOS MAIS RELEVANTES NO MERCADO DE COMBUSTÍVEIS RENOVÁVEIS, QUE OCORRERAM NO ANO ANTERIOR À SUA PUBLICAÇÃO, AUXILIANDO NA COMPREENSÃO DOS FATORES QUE IMPACTAM ESTE SEGMENTO.

■ Identificação do Documento e Revisões



Área de estudo

Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (DPG)

Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis (SDB)

Estudo

Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis

Revisão	Data de emissão	Descrição
r0	22/08/2025	Publicação original

Agradecimentos

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - ANFAVEA

Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES

Centro de Tecnologia Canavieira - CTC

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA

Ministério de Minas e Energia – MME

União da Indústria de Cana-de-Açúcar – UNICA

Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – Fipe

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA / ESALQ /USP

Apresentação

A Empresa de Pesquisa Energética apresenta a sua décima sexta edição da Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis, com foco no ano de 2024. Com periodicidade anual, a publicação consolida os fatos mais relevantes referentes aos biocombustíveis, que ocorreram no ano anterior à sua divulgação. É lançada após o fechamento da safra sucroenergética e a consolidação das estatísticas dos mais importantes órgãos da área.

Os principais temas abordados são: a oferta e demanda de etanol e sua infraestrutura de produção e transporte, o mercado de ciclo Otto, a participação da bioeletricidade na matriz nacional, o setor de biodiesel, o biometano, o mercado internacional de biocombustíveis, as inovações e perspectivas emergentes para biocombustíveis, as emissões de gases de efeito estufa evitadas pela utilização dessas fontes renováveis de energia e o acompanhamento da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio).

Nessa edição, além de avaliar os principais acontecimentos de 2024, o documento apresenta um artigo que demonstra como o aumento de produção de biocombustíveis pode ocorrer sem pressionar novas áreas, por meio de técnicas poupa-terra e uso de pastagens degradadas. Adicionalmente, destaca-se o modelo brasileiro de agroenergia, que não apenas contribui para a renovabilidade da matriz energética, mas também permite o aproveitamento dos coprodutos da indústria de biocombustíveis na alimentação animal, além de estimular a geração de empregos ao longo da cadeia produtiva. Essa abordagem promove a conciliação entre segurança energética e alimentar, impulsiona a transição energética e reforça a justiça social.

Por fim, a publicação destaca um fato marcante para as políticas públicas nacionais focadas em biocombustíveis: em 08 de outubro de 2024, o Presidente Luís Inácio Lula da Silva sancionou a Lei nº 14.993, coroando um extenso processo de desenvolvimento de estudos e tramitação legislativa. Denominada como “Lei Combustível do Futuro”, institui importantes diretrizes para o setor de biocombustíveis, destacando-se a criação de programas para combustíveis sustentáveis de aviação e para diesel verde, além de incentivos à produção de biometano e mobilidade sustentável. Além disso, a expectativa para os próximos anos é que haja um aumento gradual do percentual de mistura de biocombustíveis nos combustíveis fósseis comerciais, além da promoção de novas tecnologias que viabilizem o uso de combustíveis renováveis oriundos da biomassa.

■ Sumário

Agradecimentos.....	iv
Apresentação.....	v
1. Oferta de etanol	1
1.1. Área, Produtividade Agrícola e Rendimento da Cana	1
1.2. Processamento da cana-de-açúcar.....	4
1.3. Processamento de milho	5
1.4. Produção de etanol total	7
1.5. Produção de açúcar	10
1.6. Mix de produção	11
1.7. Programas de Financiamento	12
2. Demanda do Ciclo Otto	14
Licenciamento e frota de veículos leves e motos	14
Caracterização do licenciamento e da frota	17
2.1. Demanda de combustíveis da frota ciclo Otto	21
3. Análise de preços e tributos dos combustíveis do ciclo Otto	24
3.1. Preços de combustíveis do ciclo Otto	24
3.2. ICMS nos combustíveis do ciclo Otto	28
4. Capacidade de produção e infraestrutura de etanol	31
4.1. Capacidade produtiva.....	31
4.2. Tancagem	33
4.3. Dutos.....	34
4.4. Portos.....	35
5. Bioeletricidade.....	36
5.1. Exportação e comercialização de energia.....	36
5.2. Bioeletricidade de outras biomassas.....	39
6. Biodiesel	41
6.1. Evolução do marco regulatório do biodiesel	41
6.2. Capacidade instalada e produção regional	43
6.3. Matéria-prima para o biodiesel	44
6.3.1. Safra de soja	45
6.4. Coprodutos do biodiesel	46
6.5. Metanol	47
7. Biogás e Biometano	48
7.1. Biogás no setor elétrico	48
7.2. Biometano.....	49
7.3. Setor sucroenergético.....	50
7.4. Regulação e políticas públicas.....	51
8. Panorama internacional dos biocombustíveis	53
8.1. Estados Unidos	55

8.2.	União Europeia	56
8.3.	Outros países.....	57
9.	Inovações e perspectivas emergentes para biocombustíveis	59
9.1.	Novos insumos para produção de biocombustíveis	59
9.2.	Etanol de Segunda Geração	60
9.3.	Diesel coprocessado com óleos vegetais (Diesel C)	61
9.4.	Combustíveis Sustentáveis de Aviação e Diesel Verde	62
9.5.	Combustíveis Marítimos Sustentáveis	65
9.6.	Biohidrogênio.....	67
9.7.	Bio-CCS / BECCS	68
9.8.	Biocombustíveis Sintéticos	69
10.	Avaliação de emissões de gases de efeito estufa evitadas pela bioenergia	70
11.	Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)	72
11.1.	Certificações	72
11.2.	Produção Elegível para Geração de CBIOs por Rota de Biocombustível	75
11.3.	Metas compulsórias de redução de emissões de GEE	76
11.4.	Estoque e Aposentadoria do CBIO	77
11.5.	Preço do CBIO	78
11.6.	Outros pontos relevantes.....	79
12.	Artigo - Potencial de expansão da produção de biocombustíveis e impactos associados	81
12.1.	Introdução	81
12.2.	Breve resumo dos biocombustíveis brasileiros	81
12.2.1.	Matérias-Primas para Biocombustíveis	82
12.2.2.	Biocombustíveis	84
12.3.	Panorama 2035 – projeções de biocombustíveis	85
12.4.	Técnicas poupa-terra na expansão dos biocombustíveis.....	86
12.4.1.	Metodologia	87
12.4.2.	Produção de biocombustíveis	88
12.5.	Geração de emprego	89
12.6.	Produção de energia e alimentos	91
12.6.1.	Insegurança alimentar	91
12.6.2.	Políticas Públicas	92
12.7.	Considerações finais.....	94
13.	Referências.....	96

■ Lista de gráficos

Gráfico 1 - Área colhida e de plantio de cana do setor sucroenergético (Brasil)	1
Gráfico 2 - Participação da cana planta na área total colhida e produtividade (Brasil)	2
Gráfico 3 - Idade média do canavial (Brasil e regiões).....	3
Gráfico 4 - Colheita e Plantio mecanizados x Rendimento da cana	4
Gráfico 5 - Histórico anual do processamento de cana e ATR	4
Gráfico 6 - Evolução da produção de milho e distribuição por safra	5
Gráfico 7 - Evolução da destinação do milho no País	6
Gráfico 8 - Processamento mensal de milho para a produção de etanol, por unidade da federação .	6
Gráfico 9 - Produção brasileira de etanol de milho	7
Gráfico 10 - Produção brasileira de etanol total (da cana e do milho).....	8
Gráfico 11 - Produção mensal de etanol de cana e de milho	8
Gráfico 12 - Evolução mensal do estoque físico de etanol.....	9
Gráfico 13 - Produção e exportação brasileira de açúcar.....	10
Gráfico 14 - Preços internacionais do açúcar VHP e refinado	10
Gráfico 15 - Mix e preços do açúcar e etanol hidratado (c/CBIO)	11
Gráfico 16 - Mix de produção (açúcar x etanol)	12
Gráfico 17 - Valor captado de financiamentos públicos para o setor de etanol e açúcar	12
Gráfico 18 - Licenciamento de veículos leves	14
Gráfico 19 - Licenciamento de motocicletas	16
Gráfico 20 - Demanda do ciclo Otto – Faixa de variação dos últimos 5 anos versus 2024	22
Gráfico 21 - Demanda do ciclo Otto e participação dos diferentes combustíveis	22
Gráfico 22 - Demanda anual de etanol hidratado e gasolina C	23
Gráfico 23 - Produção, demanda e importação líquida de gasolina A	23
Gráfico 24 - Preços de etanol hidratado	25
Gráfico 25 - Relação de preços entre o hidratado e a gasolina C (PE/PG)	27
Gráfico 26 - PE, PG e relação PE/PG mensal em 2024	27
Gráfico 27 - Diferenciação Tributária - ICMS “ad rem” (*) (gasolina C x etanol hidratado) 2024.....	28
Gráfico 28 - Fluxo de usinas de etanol de cana e milho no Brasil	32
Gráfico 29 - Produção, capacidade excedente e nominal de etanol em 2024.....	32
Gráfico 30 - Evolução da capacidade instalada de produção de etanol no Brasil	33
Gráfico 31 - Capacidade brasileira de tancagem de etanol por região em 2024	34
Gráfico 32 - Participação da biomassa de cana na geração elétrica	36
Gráfico 33 - Autoconsumo e energia exportada pelas usinas de biomassa de cana	37
Gráfico 34 - Histórico de energia exportada para o SIN e cana processada	38
Gráfico 35 - Geração térmica a biomassa de cana versus PLD	39
Gráfico 36 - Participação das demais biomassas x cana-de-açúcar.....	40
Gráfico 37 - Preços médios - biodiesel e diesel sem ICMS	42
Gráfico 38 - Capacidade Nominal Autorizada e Consumo de Biodiesel em 2024	43
Gráfico 39 - Participação da produção regional de Biodiesel em 2024.....	43
Gráfico 40 - Oferta de diesel A e produção de biodiesel	44
Gráfico 41 - Participação de matérias-primas para a produção de biodiesel em 2024	45
Gráfico 42 - Mercado de óleo de soja.....	46
Gráfico 43 - Exportação de glicerina e glicerol	47
Gráfico 44 - Importação de metanol para biodiesel.....	47
Gráfico 45 - Exportações e importações brasileiras de etanol – 2013 a 2024	54

Gráfico 46 - Emissões Evitadas com Bioenergia em 2024	71
Gráfico 47 - Emissões Evitadas com Bioenergia nos últimos 5 anos	71
Gráfico 48 - Certificações de produção de biocombustíveis válidas	72
Gráfico 49 - Certificações por rota de produção e percentual do volume elegível por rota	73
Gráfico 50 - Nota de Eficiência Energético-Ambiental das unidades certificadas	74
Gráfico 51 - Intensidade de Carbono do biocombustível e de seu substituto fóssil e NEEA	75
Gráfico 52 - Volume produzido, volume elegível e não elegível por rota em 2024	75
Gráfico 53 - Metas compulsórias de redução de emissões de GEE e IC projetada	76
Gráfico 54 - Estoque X Aposentadoria de CBIO 2024	78
Gráfico 55 - Quantidades negociadas e preços médios de CBIO	79
Gráfico 56 - Produção de etanol para o período decenal	86
Gráfico 57 - Oferta de outros biocombustíveis para o período decenal	86
Gráfico 58 - Atendimento do volume adicional de biocombustíveis em 2035 por técnica poupa-terra	88
Gráfico 59 - Potencial utilizado (cor intensa) versus potencial técnico total estimado por técnica poupa-terra (cor clara)	89
Gráfico 60 - Produção adicional de coprodutos	89
Gráfico 61 - Evolução da produção de grãos e área plantada no Brasil	92
Gráfico 62 - Ocupação das terras no Brasil	94

■ **Lista de tabelas**

Tabela 1 - Preços médios anuais de etanol hidratado, gasolina C e relativo (PE/PG)	26
Tabela 2 - Complexo soja	46
Tabela 3 - Plantas de biometano com autorização de operação na ANP, RenovaBio.	49
Tabela 4 - Capacidade produtiva de biometano, em construção, solicitantes ao REIDI	52
Tabela 5 - Volumes de biocombustíveis da RFS para o período 2023-2025 (bilhões de litros)	55
Tabela 6 - Unidades e projetos de E2G da Raízen*	61
Tabela 7 - Distribuição estimada de capacidade instalada de coprocessamento para Diesel R5 por refinaria da Petrobras	62
Tabela 8 - Rotas tecnológicas certificadas e autorizadas pela ANP para a produção de diesel verde e/ou combustível de aviação com conteúdo renovável	63
Tabela 9 - Geração de Empregos por Técnicas de Expansão da Produção de Biocombustíveis 2026-2035	90

■ **Lista de figuras**

Figura 1 - Alíquota de ICMS do etanol e relação PE/PG por estado em 2024	29
Figura 2 - Formação de preço ao consumidor do etanol hidratado no Brasil em 2024.	30
Figura 3 - Sistema integrado de logística para o etanol	34
Figura 4 - Evolução do marco legal do biodiesel	41
Figura 5 - Plantas produtoras de Biometano	50

1. Oferta de etanol

No ano de 2024, a produção sucroenergética apresentou um bom desempenho e houve o crescimento de instalações produtoras de etanol de milho, tanto pela ampliação de capacidade de plantas existentes quanto pela entrada em operação de novas unidades. O processamento de cana-de-açúcar foi de 686 milhões de toneladas, redução de 3,7% em relação a 2023, enquanto o consumo interno de milho destinado ao etanol foi de 17,3 milhões de toneladas, crescimento de 30,2%. A produção de açúcar totalizou 44,3 milhões de toneladas, redução de 3,1%, o segundo maior valor da série histórica, diante da manutenção de um patamar elevado de preços no mercado internacional, com o Brasil sendo o principal fornecedor mundial dessa *commodity*. Em relação ao etanol, foram produzidos 29,7 bilhões de litros com insumo a partir da cana, que, somados à participação do biocombustível oriundo do milho de 7,7 bilhões de litros (crescimento de 33%), alcançaram o recorde de 37,3 bilhões de litros (5,7% superior a 2023). O total de hidratado e anidro foi de 24,4 bilhões e 13,0 bilhões de litros, respectivamente (MAPA, 2025).

O consumo dos combustíveis do ciclo Otto alcançou o máximo histórico de 61,1 bilhões de litros de gasolina equivalente, mantendo a trajetória de crescimento contínua desde 2021 (EPE, 2025b).

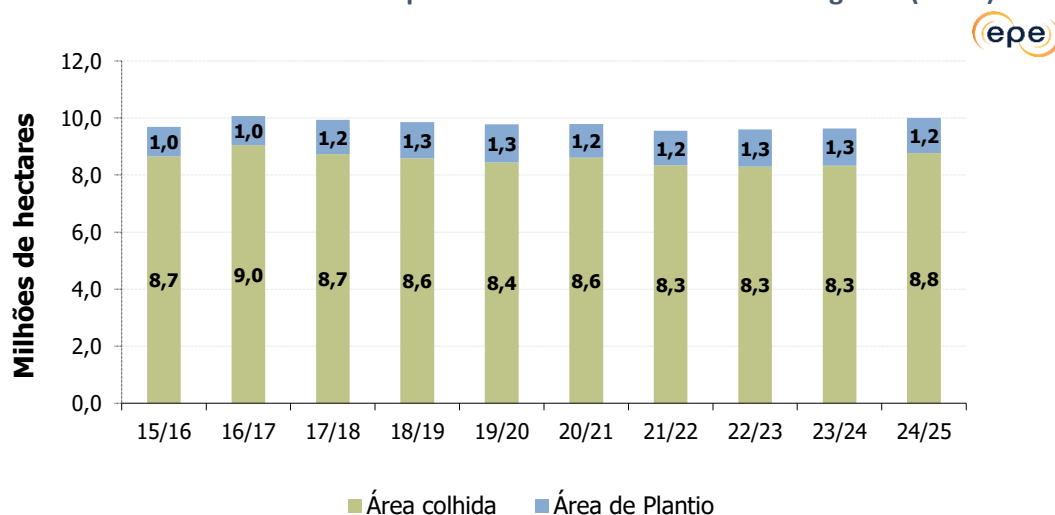
Em função das condições climáticas desfavoráveis e dos focos de incêndio registrados em 2024, durante o período de desenvolvimento da lavoura de cana, as perspectivas indicam retração da sua produção para a safra 2025/26. O açúcar deve continuar sendo favorecido pela maior rentabilidade e contratos já firmados. O etanol de milho mantém a sua tendência de crescimento (CONAB, 2025a).

1.1. Área, Produtividade Agrícola e Rendimento da Cana

Área

A área total colhida de cana, na safra 2024/25, foi de 8,8 milhões de hectares (Mha), apresentando crescimento médio de 5,3% em relação aos últimos três anos. A maior parte das regiões teve aumento na área colhida, com exceção da região Sul (queda de 7,3%). No período indicado no Gráfico 1, observa-se uma tendência de redução dessa área entre as safras de 2016/17 e 2021/22 e em patamar constante até 2023/24, em geral explicada pela concorrência com culturas temporárias, como soja e milho. A área de plantio foi de 1,2 Mha, com quedas nas regiões Sudeste (maior região produtora) e Sul, devido às condições climáticas desfavoráveis e queimadas (CONAB, 2025a, 2025b).

Gráfico 1 - Área colhida e de plantio de cana do setor sucroenergético (Brasil)



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2025a, 2025b)

Para a safra 2025/2026, a CONAB estima que a área colhida deverá manter-se estável, totalizando 8,8 Mha (CONAB, 2025a).

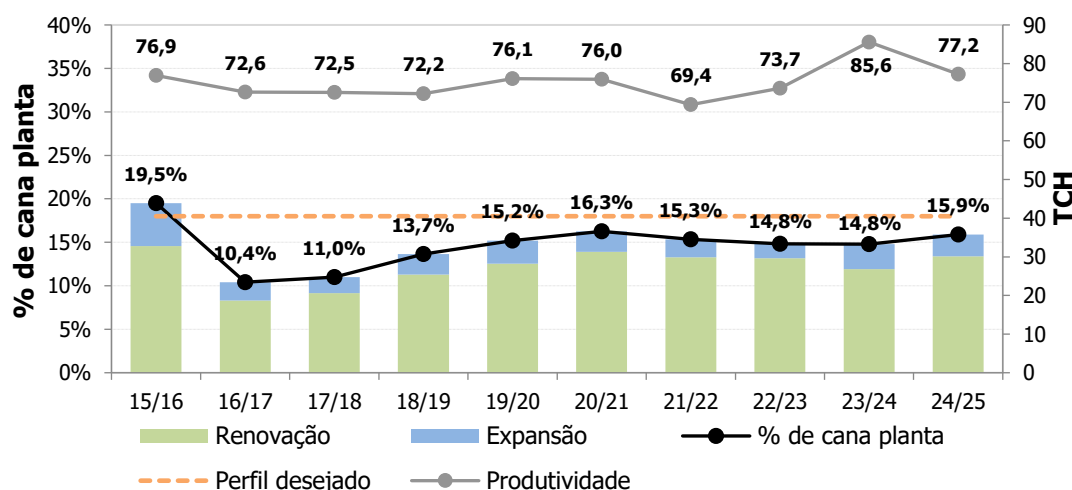
Produtividade Agrícola

A produtividade agrícola média do setor sucroenergético brasileiro na safra 2024/25 foi de 77,2 toneladas de cana por hectare (TCH), redução de 9,8% com relação à anterior, que registrou indicadores elevados e atípicos, sendo o máximo histórico (85,6 TCH). Esta redução decorre de baixos índices pluviométricos, elevadas temperaturas e queimadas, em que o fogo consumiu talhões de cana em plena produção. A região Centro-Sul, que representou 91% da produção total, exibiu uma retração de 10,3% (79,1 ante 88,2 TCH), e o Norte-Nordeste, de - 4,9% (61,7 ante 64,8 TCH) (CONAB, 2025a).

A avaliação do desempenho da produção sucroenergética requer também verificar como está distribuída a área de cultivo da cana, que é diferenciada em: reformada, em reforma, de expansão e de cana soca¹. A participação da cana planta² (cana planta/cana total) considerada ideal é de 18%, percentual relativo a uma renovação do canavial após cinco safras (UNICA, 2014, 2017).

O Gráfico 2 apresenta a evolução da participação da cana planta no total de cana colhida no Brasil, excluindo a área de cana em reforma (CONAB, 2025a, 2025c).

Gráfico 2 - Participação da cana planta na área total colhida e produtividade (Brasil)



Nota: As áreas de expansão e renovação foram estimadas com base nos anos anteriores.

Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2025a, 2025c)

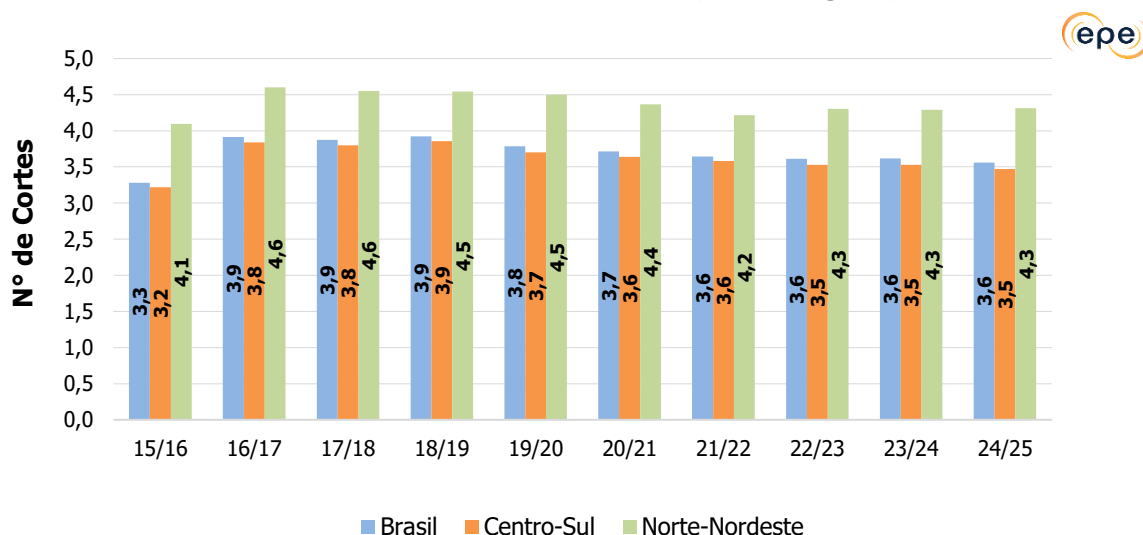
A participação de cana planta na cana total se elevava desde a safra 2017/18, entretanto, a partir de 2021/22 apresentou queda, que se manteve no patamar no período 2022/23 e 2023/24. Em 2024/25, a sua participação no total de cana correspondeu a 15,9% com um pequeno crescimento em relação à safra anterior, entretanto sem alcançar o valor ideal (18%), observado somente na safra 15/16.

¹ Área reformada é aquela recuperada no ano da safra anterior e que está disponível para colheita. Área em reforma é aquela que não será colhida, pois se encontra em período de recuperação para o replantio da cana ou outros usos. Área de expansão é a classe de lavouras de cana que, pela primeira vez, está disponível para colheita. Área de cana soca é aquela que já passou por mais de um corte.

² Área de cana planta equivale ao somatório das áreas reformada e de expansão.

A idade média³ do canavial brasileiro manteve o patamar observado na última safra. No Gráfico 3, nota-se que esse indicador foi de 3,3 cortes na safra 2015/16, e saltou para 3,9 no período 2016/2017 a 2018/19. A partir de 2019/20 observou-se um comportamento de queda, seguida da manutenção em 3,6, desde então. Evidencia-se também a acentuada diferença entre as regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul.

Gráfico 3 - Idade média do canavial (Brasil e regiões)



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2024, 2025c).

Para a safra 2025/26, a produtividade estimada pela CONAB é de 75,5 TCH, queda de 2,3% em relação à 2024/25 (CONAB, 2025a).

Rendimento da Cana (ATR⁴/tc)

O rendimento da cana-de-açúcar no Brasil na safra 2024/25 foi de 140,2 kg ATR/tc, com aumento de 1,9% em relação à anterior (137,7 kg ATR/tc⁵), após período de queda observado entre 2021/22 e 2023/24. Essa tendência foi influenciada pelo acréscimo de 1,3% ao rendimento (141,0 kg ATR/tc) da região Centro-Sul e de 5,0% (132,0 kg ATR/tc) na região Norte/Nordeste, favorecido pelo clima seco durante a colheita da safra. As condições climáticas, idade das lavouras, impurezas minerais e vegetais e a mecanização do plantio e da colheita da cana são os principais fatores que influenciam esse indicador (CONAB, 2025a; DATAGRO, 2025a).

Conforme indicado no Gráfico 4, na safra 2024/25 a mecanização da colheita no Brasil permaneceu em 92%. No Centro-Sul, a colheita mecanizada manteve-se em 99% e, no Nordeste, em 27%, desde o período anterior. Na região Norte, este indicador atingiu 100% em 2016/17, seguindo nesse patamar (CONAB, 2025a). A mecanização do plantio no Centro-Sul foi de 74%, 7% superior à safra anterior. A defasagem entre plantio e colheita foi de 25 p.p. (CTC, 2025).

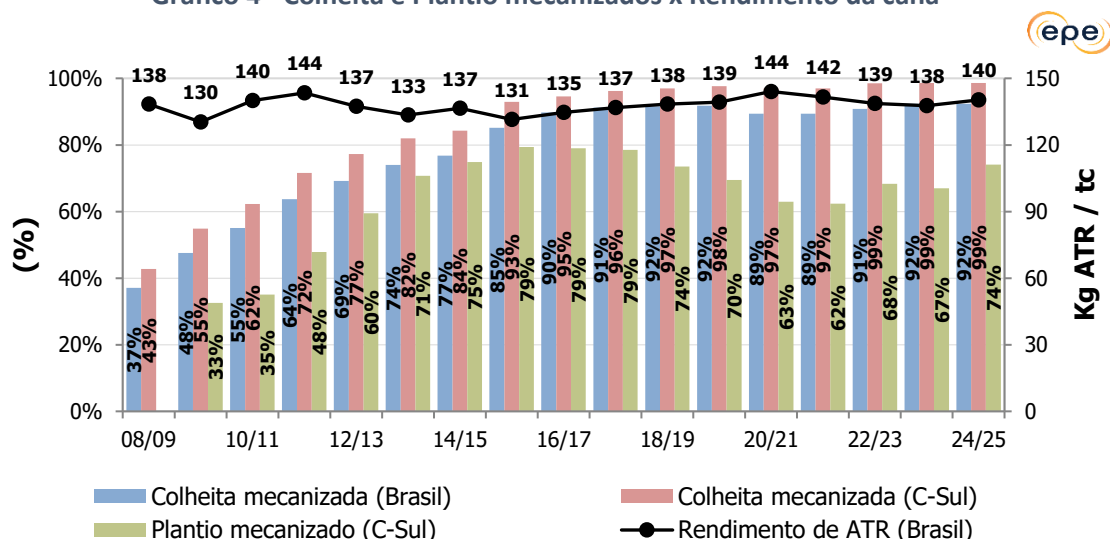
A mecanização da colheita no Centro-Sul foi um movimento acelerado, passando de 28% em 2007/08 para valores superiores a 90% da área em apenas 8 anos (2015/16). Nos últimos anos, o rendimento (ATR/tc) esteve em níveis similares aos observados no início desse processo.

³ Quanto maior for o estágio médio de corte (idade do canavial), menor será a área com cana mais nova e, consequentemente, menor a produtividade média, visto que essa decresce a cada corte.

⁴ Açúcares Totais Recuperáveis.

⁵ A partir da safra 2022/23, como o rendimento não está sendo publicado pela CONAB, a fonte foi alterada para DATAGRO.

Gráfico 4 - Colheita e Plantio mecanizados x Rendimento da cana



Nota: Os dados de colheita foram extraídos da (CONAB, 2025a), enquanto os de plantio foram obtidos de usinas associadas ao (CTC, 2025), que representam apenas uma parcela do setor sucroenergético, não incluindo fornecedores.

Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2025a), (CTC, 2025), (DATAGRO, 2025a) e (UNICA, 2013, 2014, 2017).

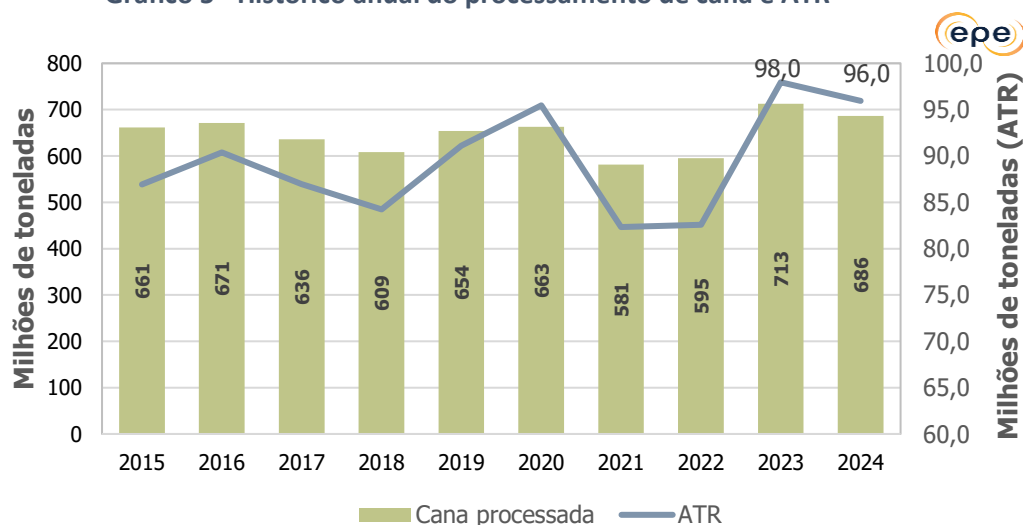
Na safra 2024/25, o teor de impurezas totais foi de 8,5% (aumento de 0,4 p.p. em relação à safra anterior). As impurezas vegetais reduziram de 7,9% para 7,6%, e as impurezas minerais mantiveram-se quase sem alteração, diminuindo de 1,0% para 0,9%.

Estima-se que o rendimento da safra 2025/26 para a região Centro-Sul, responsável por mais de 90% da produção de etanol, será de cerca de 138,5 kg ATR/tc, redução de 1,8% quando comparado à 2024/25 (141,1 kg ATR/tc) (DATAGRO, 2025b)

1.2. Processamento da cana-de-açúcar

O total de cana processada atingiu 686 milhões de toneladas em 2024, 3,7% inferior a 2023, conforme apresentado no Gráfico 5. Esse é o segundo maior valor da série histórica, apesar da influência do clima seco e com poucas chuvas, além dos incêndios nos principais estados produtores (MAPA, 2025). O açúcar total recuperável (ATR) alcançou 96 milhões de toneladas, 3,7% inferior a 2023, também o segundo maior valor da série histórica.

Gráfico 5 - Histórico anual do processamento de cana e ATR



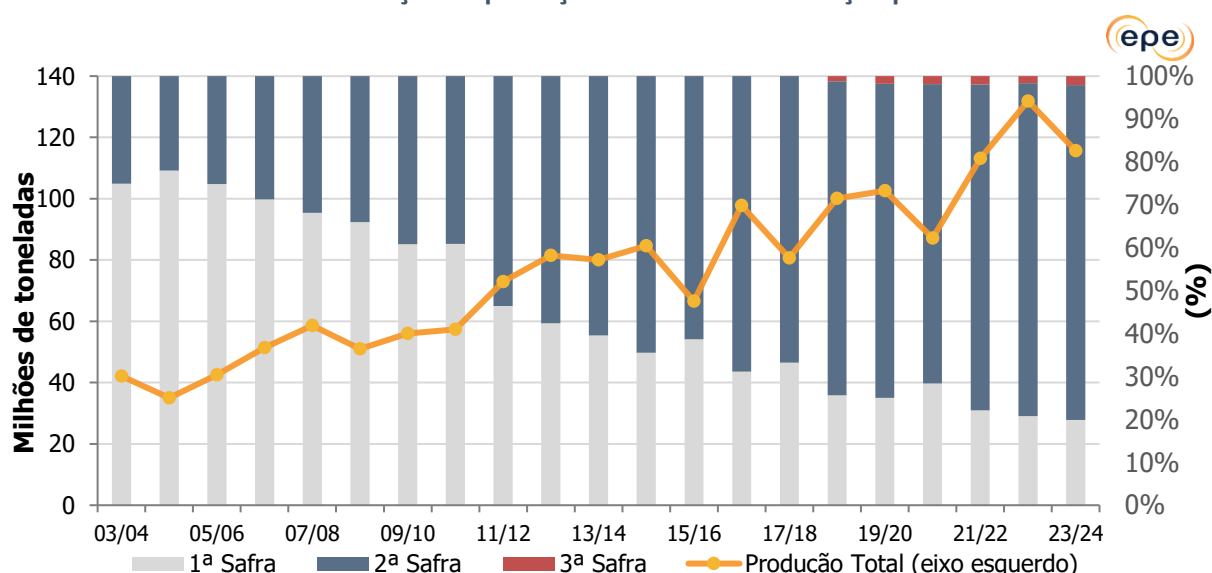
Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2025).

Pela ótica de ano safra, a cana processada em 2024/25 (677 Mtc), teve uma redução de 5,1% em relação ao período 2023/24 (713 Mtc), também o segundo maior volume colhido na série histórica, segundo a CONAB (CONAB, 2025d). Para a safra 2025/26, a produção estimada pela CONAB é de 663 Mtc, queda de 2% em relação à 2024/25 (CONAB, 2025a).

1.3. Processamento de milho

A produção nacional de milho em 2024 (safra 2023/24⁶) foi de 115,7 milhões de toneladas, segundo a Conab (CONAB, 2025e), representando queda de 12% frente ao ano anterior. Esse resultado foi motivado por uma redução da área plantada de 5,4%, instabilidades climáticas durante a primeira safra, com excesso de precipitações no Sul em outubro, chuvas mal distribuídas no Centro-Oeste e Sudeste em novembro, e variação climática durante boa parte do ciclo de segunda safra do cereal nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, resultando em uma queda de 7,2% na produtividade (CONAB, 2025e). Desse montante, 78% foram produzidos em segunda safra, prática que vem se expandindo e substanciando o crescimento da oferta de milho no País, vide Gráfico 6.

Gráfico 6 - Evolução da produção de milho e distribuição por safra



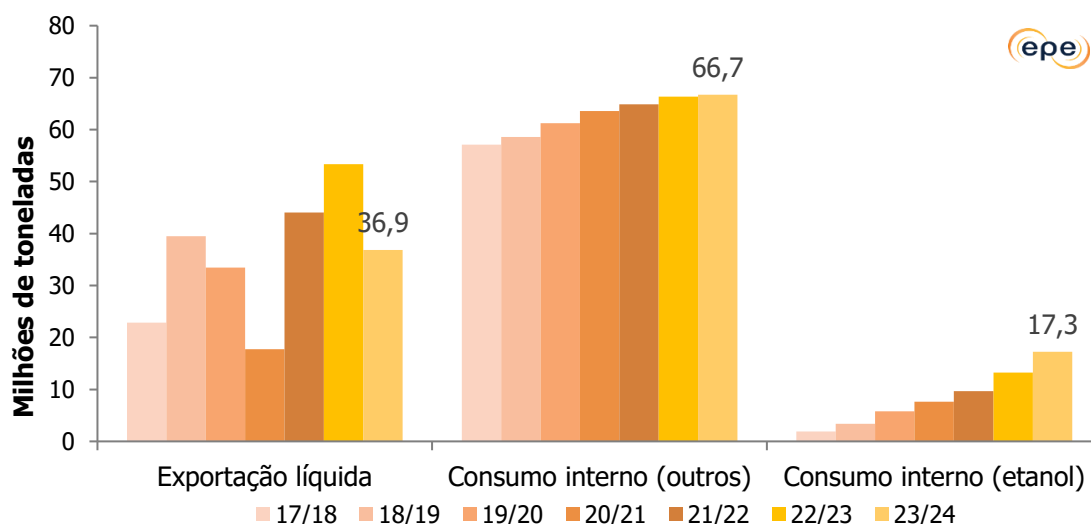
Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2025e).

O consumo interno do grão foi de 84 milhões de toneladas, incluindo a parcela destinada à produção de etanol, e a exportação líquida foi de 36,9 milhões de toneladas, redução de 31%, vide Gráfico 7.

A quantidade de milho processado para a produção de etanol quintuplicou em cinco anos. De 3,4 milhões de toneladas em 2019, chegou-se a 17,3 milhões em 2024, representando 15% da produção e 26% do consumo interno do milho no ano (ANP, 2025a; CONAB, 2025e).

⁶ Períodos de plantio por safra: 1ª, de outubro a dezembro; 2ª, de janeiro a março; 3ª, de abril a junho. Períodos de colheita por safra: 1ª, de fevereiro a junho; 2ª, de maio a agosto; 3ª, de setembro a dezembro. O estado do Mato Grosso foi usado como referência.

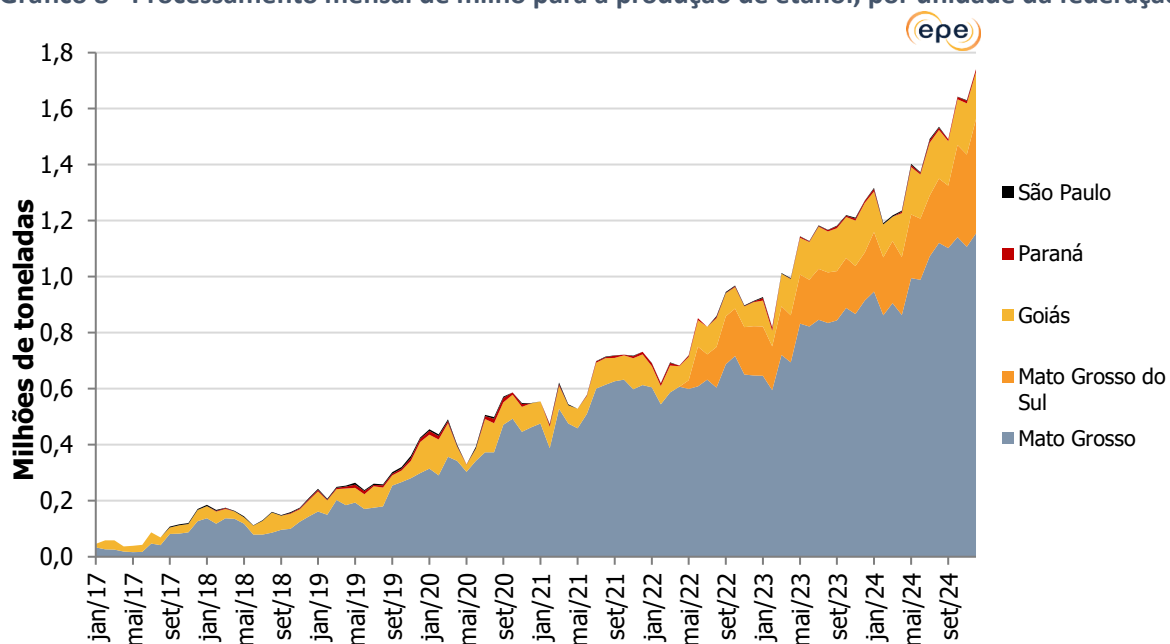
Gráfico 7 - Evolução da destinação do milho no País



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2025e).

Durante 2024, foi alcançado o recorde mensal de 1,74 milhão de toneladas de milho destinadas à produção de etanol. O estado do Mato Grosso se mantém como destaque e respondeu por 72% do processamento do grão para etanol no País, conforme observado no Gráfico 8.

Gráfico 8 - Processamento mensal de milho para a produção de etanol, por unidade da federação



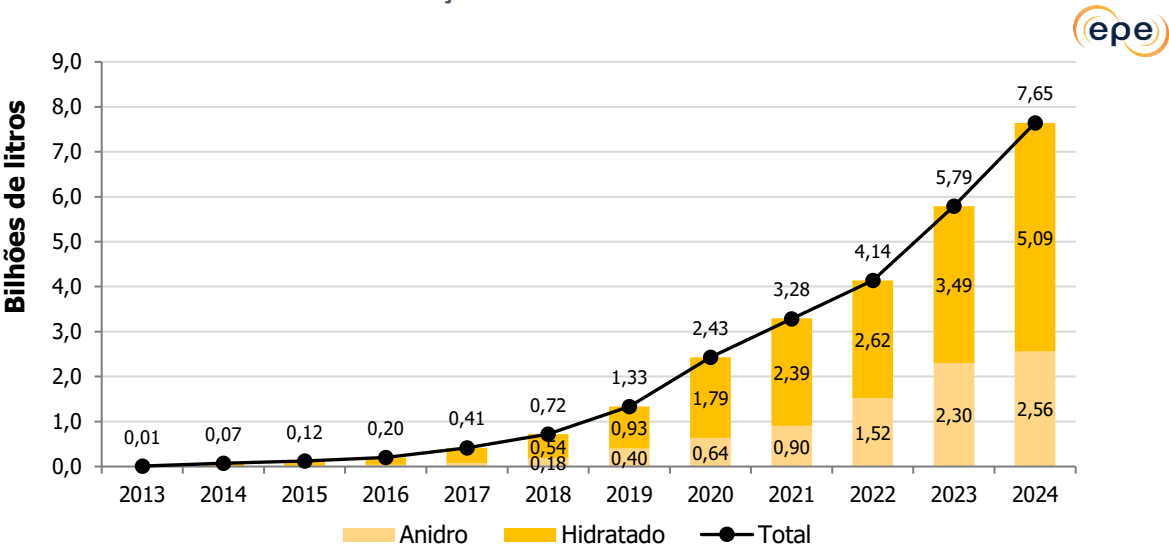
Fonte: EPE a partir de (ANP, 2025a).

Em 2024, estima-se que os coprodutos obtidos na produção de etanol do milho tenham totalizado entre 3,7-6,3 milhões de toneladas de DDGS (*Dried Distilled Grains with Solubles*) e 242-380 milhões de litros⁷ de óleo. O DDGS é usado para complemento de rações animais e o óleo, para consumo humano e uso industrial, inclusive para a produção de biodiesel. A receita com os coprodutos varia, mas pode chegar a representar 25% do total obtido com o processamento do milho nas usinas.

1.4. Produção de etanol total

O etanol proveniente do milho continua apresentando um crescimento expressivo, com uma produção que atingiu 7,7 bilhões de litros em 2024, 32% superior a 2023, conforme Gráfico 9. A maioria das usinas concentra-se no estado do Mato Grosso (detalhes no Capítulo 4) (ANP, 2025a).

Gráfico 9 - Produção brasileira de etanol de milho



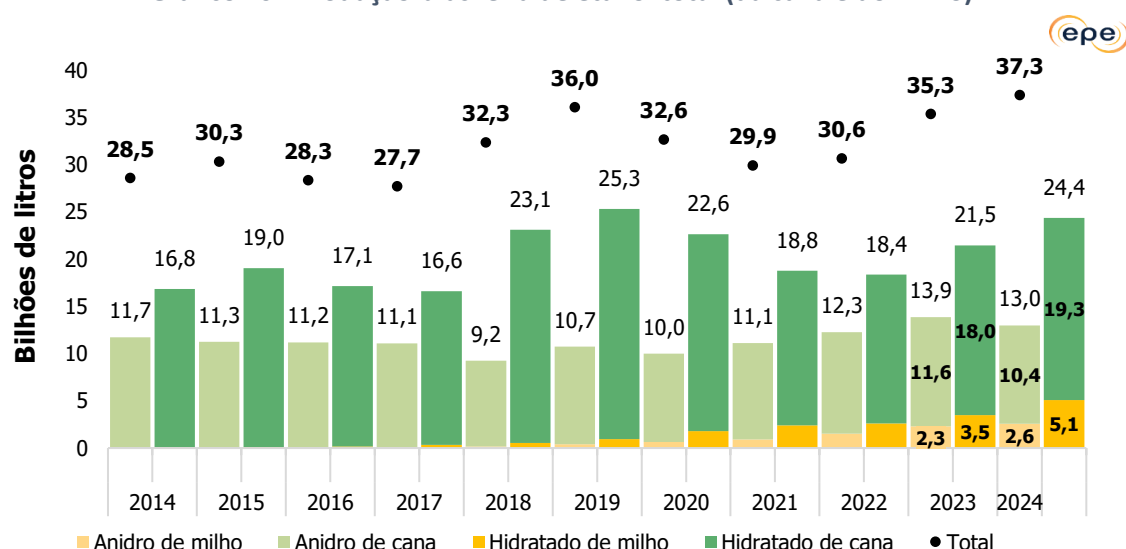
Fonte: EPE a partir de (UNICA, 2025).

Sob a ótica de ano safra da cana, o valor registrado em 2024/25 foi de 7,8 bilhões de litros. As estimativas para a próxima safra indicam que a produção de etanol a partir do grão será de 8,7 bilhões de litros, um crescimento de 11,5%, reafirmando seu potencial dentro do portfólio de opções para o setor de biocombustíveis e para a matriz energética brasileira (CONAB, 2025a).

Em 2024, a produção do etanol a partir da cana-de-açúcar foi de 29,7 bilhões de litros, que, somada à participação do biocombustível oriundo do milho totaliza 37,3 bilhões de litros, divididos em 24,4 bilhões de hidratado (crescimento de 13,6%) e 13,0 bilhões de anidro (redução de 6,4%). Assim, o volume total produzido foi 5,7% superior a 2023, estabelecendo um novo recorde, conforme ilustra o Gráfico 10 (MAPA, 2025).

⁷ Adotou-se o fator de 212-363 kg de DDG e de 14-22 litros de óleo por tonelada de milho (BENITES, 2023; DA SILVA et al., 2020; FIGUEIREDO, 2024; UNEM, 2025).

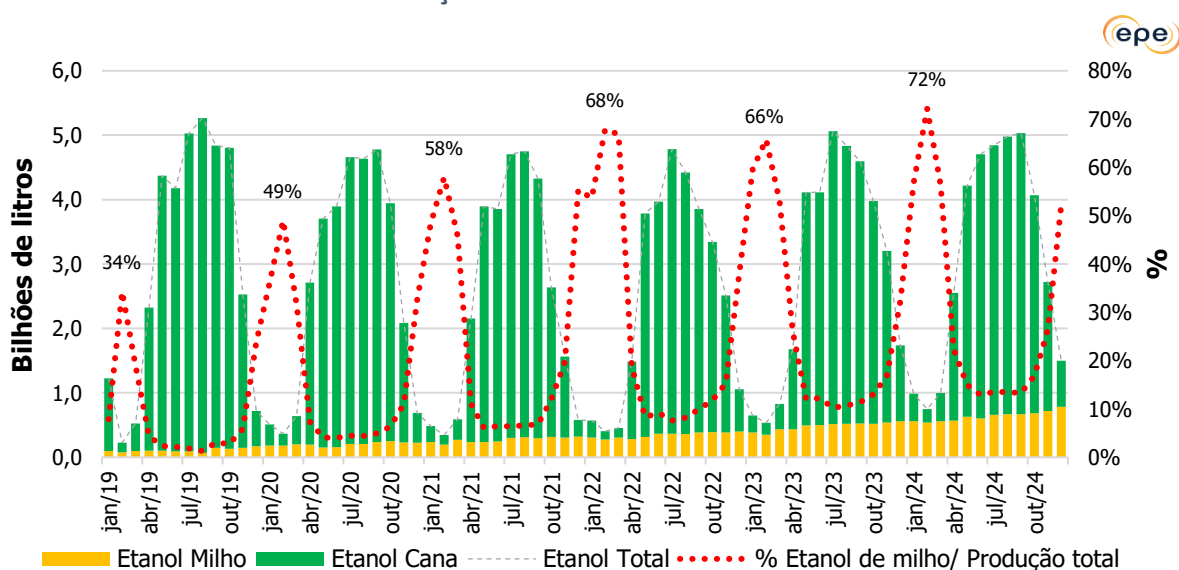
Gráfico 10 - Produção brasileira de etanol total (da cana e do milho)



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2025) e (UNICA, 2025).

A partir do Gráfico 11 é possível observar o gradual aumento da produção do etanol de milho e sua importância na entressafra da cana-de-açúcar da região Centro-Sul (dezembro a março). Entre 2019 e 2024, sua participação passou de 34% da produção total para 72%.

Gráfico 11 - Produção mensal de etanol de cana e de milho



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2025)

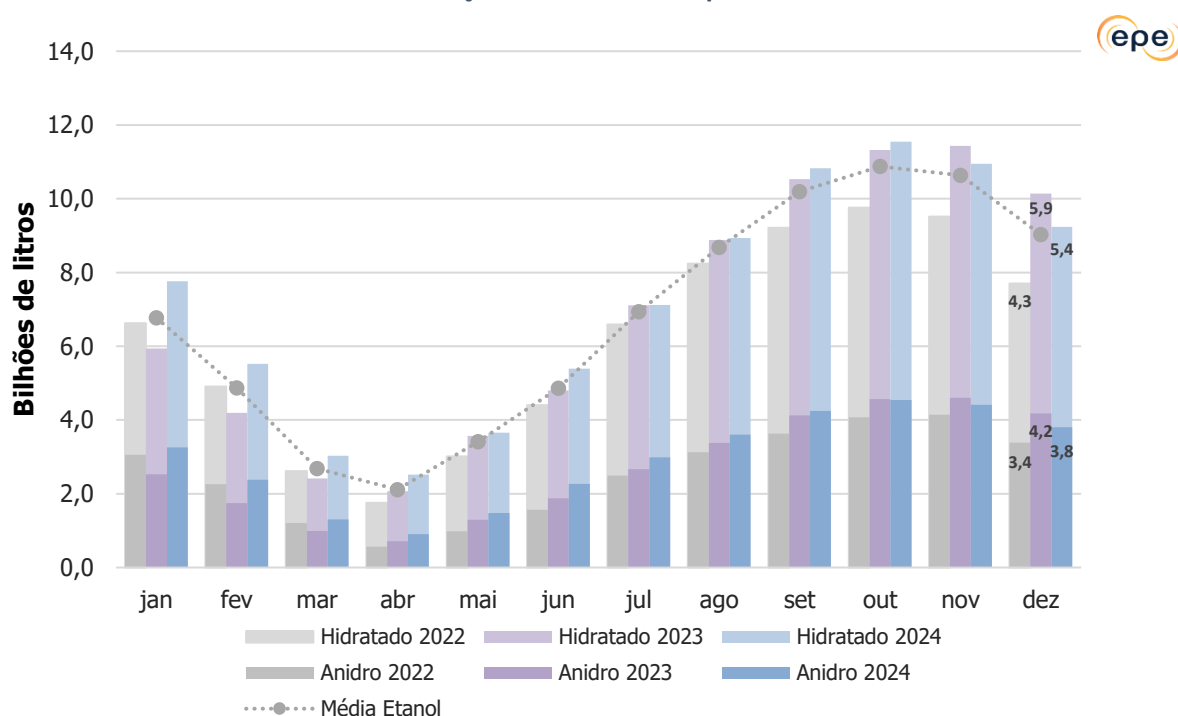
De forma geral, o cenário das usinas de cana continua favorável à destinação do *mix* de produção para o açúcar, tendo em vista sua remuneração no mercado internacional. Por sua vez, o etanol de milho tem fornecido o suporte necessário à oferta desse biocombustível durante todo o ano, principalmente na entressafra, favorecendo sua competitividade.

A produção de etanol para outros usos totalizou 1,16 bilhão de litros, 8,5% superior a 2023 (EPE, 2025e). O etanol hidratado corresponde à maior parte e sua principal aplicação é como antisséptico.

Estoque de etanol

O Gráfico 12 apresenta o histórico da variação de estoque físico⁸ mensal de etanol declarado ao MAPA. Pode-se observar que o estoque de passagem⁹, em 31 de dezembro de 2024, foi de 9,2 bilhões de litros de etanol (8,9% inferior a 2023). Destes, 3,8 bilhões foram de etanol anidro, o que correspondeu a uma redução de 8,9% em relação a dezembro de 2023, e o etanol hidratado também apresentou uma queda de 8,9% nos estoques (MAPA, 2025). Cabe adicionar que, em 2024, os estoques de etanol (anidro e hidratado) estiveram elevados desde o início do ano, contribuindo para a manutenção da competitividade do hidratado em relação à gasolina C durante todo o ano.

Gráfico 12 - Evolução mensal do estoque físico de etanol



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2025).

As regras vigentes relativas ao estoque obrigatório de etanol anidro são estabelecidas pela Resolução ANP nº 719, de 22 de fevereiro de 2018 (ANP, 2018a). De acordo com esta, o estoque mínimo obrigatório de anidro para o etanol produzido pelas usinas é de 25% e de 4%, em 31 de janeiro e em 31 de março de cada ano, respectivamente, em relação ao total comercializado no ano civil anterior. Para as distribuidoras, é de 10 dias de comercialização, estando a ANP autorizada a determinar a extensão para 15 dias, caso haja necessidade para fins de abastecimento durante a entressafra. O estoque disponível de etanol anidro observado em 31 de março de 2024 nas usinas foi de 1,0 bilhão de litros, o que atende ao estipulado pela ANP.

Com a maior disponibilidade do etanol em 2024, o volume total do biocombustível (hidratado e anidro) consumido foi 16% superior ao observado em 2023, verificando-se uma retração de 3,9% do anidro, devido à queda na demanda de gasolina C, e aumento de 30% do etanol hidratado, pontos que serão analisados em detalhe no Item 2 deste estudo (EPE, 2025e; MAPA, 2025).

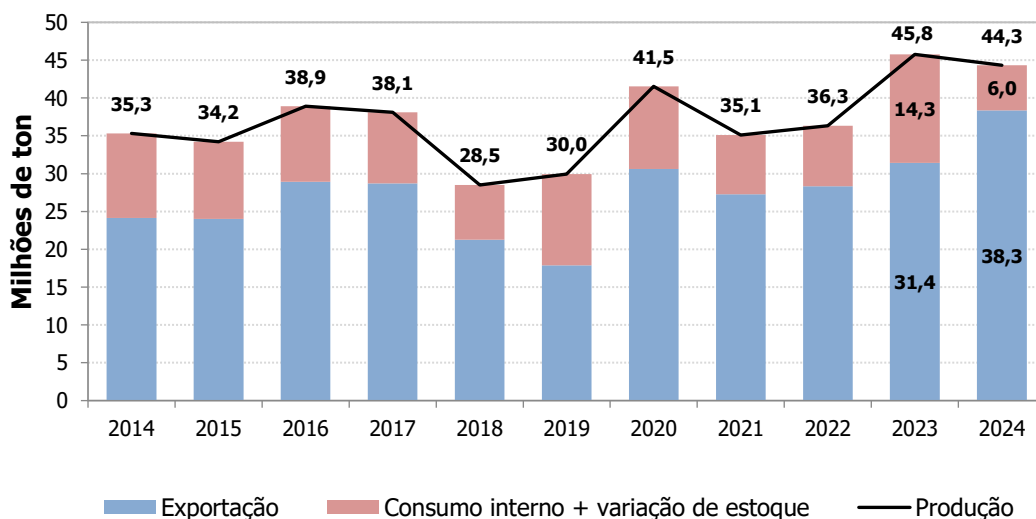
⁸ Estoque físico corresponde ao volume real armazenado nos tanques da unidade produtora, inclusive o volume já vendido e não retirado.

⁹ Estoque de passagem corresponde ao armazenado nos tanques da unidade produtora no fim do ano civil.

1.5. Produção de açúcar

Em 2024, a produção brasileira de açúcar atingiu 44,3 milhões de toneladas (3,1% inferior a 2023). Em decorrência do mercado externo favorável, as exportações apresentaram crescimento de 22,1%, totalizando 38,3 milhões de toneladas, maior valor da série histórica, enquanto a componente “consumo interno + variação de estoques” apresentou uma diminuição de 8,3 milhões, conforme ilustrado no Gráfico 13 (MAPA, 2025).

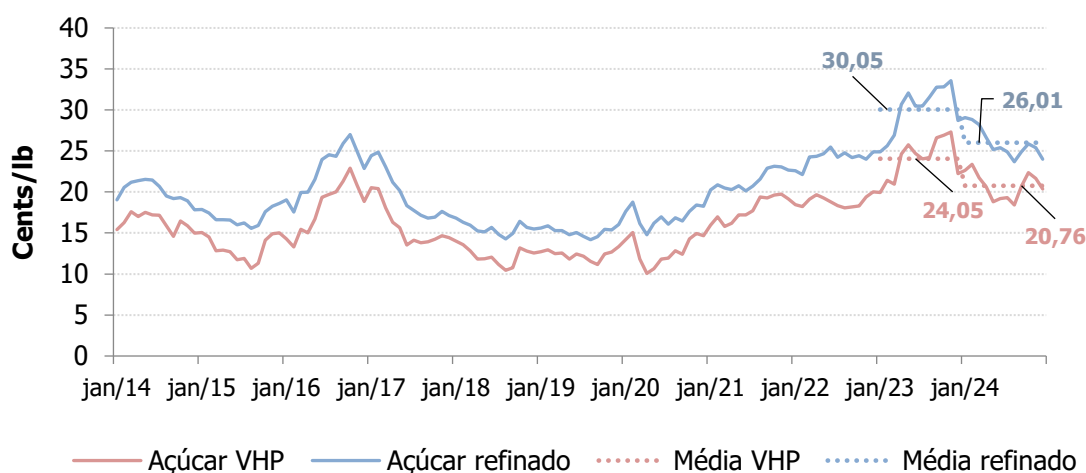
Gráfico 13 - Produção e exportação brasileira de açúcar



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2025).

No que concerne aos preços médios do açúcar VHP e refinado, houve uma redução, respectivamente de 13,7% e 13,5%, em relação ao ano de 2023, como observado no Gráfico 14. Apesar da queda em relação ao ano anterior, os valores foram elevados, quando comparados a outros períodos. Entre janeiro e dezembro de 2024, as cotações do VHP e refinado diminuíram 10,0% e 17,4%, respectivamente, apresentando alguma oscilação durante o período. A manutenção de preços elevados é consequência dos estoques mundiais em níveis baixos (USDA, 2025).

Gráfico 14 - Preços internacionais do açúcar VHP e refinado

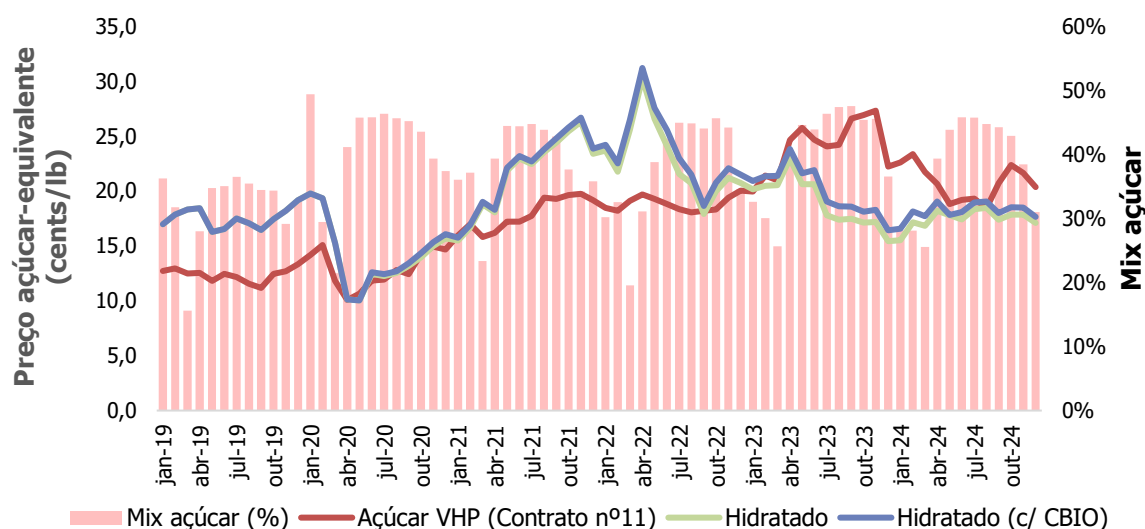


Nota: Açúcar VHP: Contrato nº 11; Açúcar Refinado: Contrato nº 5.

Fonte: EPE a partir de (USDA, 2025).

O balanço mundial de oferta e demanda de açúcar apresenta *déficit* desde a safra 2019/20¹⁰, com a relação estoque/consumo acima de 40% nos últimos ciclos. A partir de 2020, houve um direcionamento do *mix* para a produção do adoçante, acompanhando o crescimento do preço do açúcar no mercado internacional. Em 2024, houve uma redução do distanciamento do preço da *commodity* em relação ao do etanol hidratado. A variação dos preços de mercado do açúcar e do etanol (com e sem a contribuição do CBIO) é apresentada no Gráfico 15.

Gráfico 15 - Mix e preços do açúcar e etanol hidratado (c/CBIO)



Nota 1: O preço do etanol hidratado refere-se ao valor no mercado interno (São Paulo), conforme (CEPEA/ESALQ, 2025)

Nota: Para determinar o valor adicionado pelo CBIO, considerou-se o valor financeiro e quantidade negociada em cada mês, um volume elegível de 90% e a NEEA média de maio de 2025, que foi acrescentado ao preço do etanol hidratado na usina (São Paulo) .

Fonte: EPE a partir de (BC, 2025; CEPEA/ESALQ, 2025; EPE, 2025e; MAPA, 2025; UDOP, 2024; USDA, 2025)

A safra mundial 2023/24 teve um *déficit* no balanço de oferta/demanda, de 2 milhões de toneladas de açúcar, com a relação estoque/consumo em 44%. Para a safra 2024/25, a expectativa é de um *déficit* de 5 milhões de toneladas e uma relação em torno de 41%. As perspectivas para a próxima safra (2025/26) são de *superávit*, com base nas perspectivas de produção de importantes produtores, como Brasil, Tailândia, Índia e União Europeia (DATAGRO, 2025c).

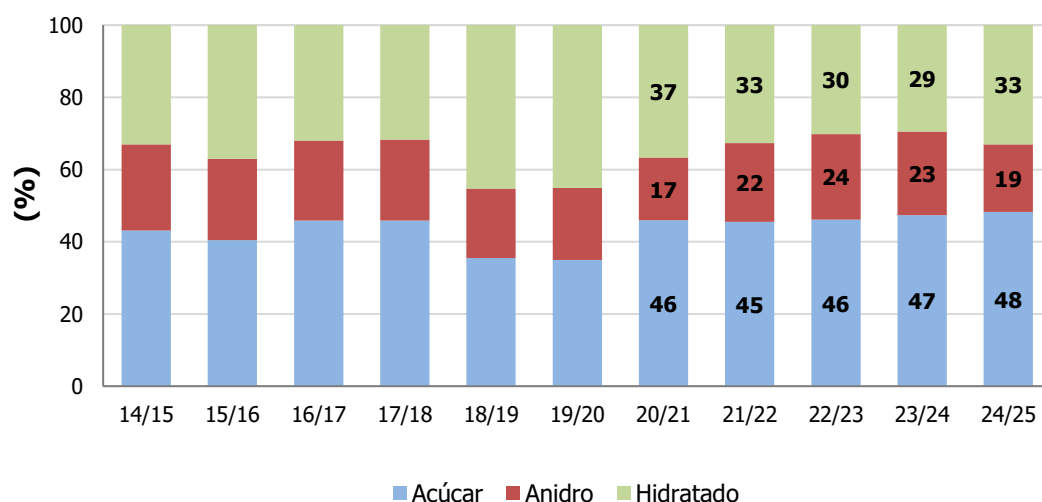
1.6. Mix de produção

Em 2024, o percentual de ATR¹¹ destinado à produção do etanol foi de 52%, 1,0 p.p. inferior ao observado em 2023, conforme mostra o Gráfico 16. Com a manutenção da atratividade do açúcar no mercado internacional, a destinação para a sua produção atingiu 48%. Note-se que as usinas brasileiras têm destinado a maior parte do ATR para o etanol em todo o período analisado.

¹⁰ À exceção da safra 2021/22, quando houve um pequeno *superávit*.

¹¹ A partir da safra 2023/2024, o *mix* de produção foi calculado pela indisponibilidade de dados no Levantamento da Cana da CONAB.

Gráfico 16 - Mix de produção (açúcar x etanol)



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2025c, 2025a; DATAGRO, 2025a).

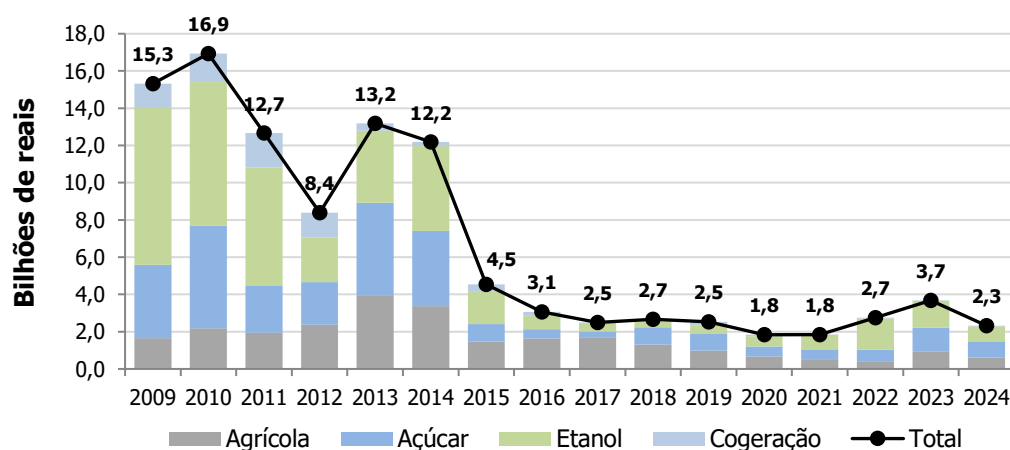
Na safra 2024/25, a remuneração do ATR no estado de São Paulo foi de R\$ 1,178/kg ATR (COSECANA, 2022), pequena queda com relação ao observado na safra 2023/24 (- 2,1%).

1.7. Programas de Financiamento

O BNDES dispõe de diversas linhas de financiamento para os setores de produção de etanol e açúcar, como o RenovaBio, Finem, Finame, Fundo Clima e Prorenova.

O Gráfico 17 apresenta o valor total¹² contratado (constante, em reais de 2024) pelo setor de etanol e açúcar com o BNDES, incluindo a parte agrícola da cana. Em 2024, os investimentos totais, via BNDES, alcançaram R\$ 2,6 bilhões, 36,8% inferior ao de 2023. Note-se que este montante equivale a 13,8% do ápice histórico do investimento no setor, em 2010, com a cifra de R\$ 16,9 bilhões.

Gráfico 17 - Valor captado de financiamentos públicos para o setor de etanol e açúcar



Nota: O setor de etanol compreende as matérias-primas cana, milho e outros.

Fonte: EPE a partir de (BNDES, 2025).

¹² Os desembolsos relacionados à cogeração serão detalhados no Capítulo 5.

O montante indicado acima contempla ainda os valores do BNDES RenovaBio, lançado em 2020, que é voltado para melhorias da eficiência energético-ambiental e da certificação da produção de unidades produtoras de biocombustíveis. As empresas que apresentarem melhoria do indicador “litros/CBIO”, de, ao menos metade da meta correspondente, obterão redução da taxa básica de juros do Banco. A dotação orçamentária inicial era de R\$ 2 bilhões e foi ampliada para R\$ 3,5 bilhões a fim de atender à demanda do setor de biocombustíveis por crédito Ambiental, Social e Governança (ASG) até o final de 2024, sendo que R\$ 1 bilhão já havia sido aprovado para treze usinas de etanol até o início de 2023 (BNDES, 2024a).

Em outra ação para investimentos no setor de biocombustíveis, o Ministério de Minas e Energia (MME) aprovou a emissão de debêntures incentivadas, através da Portaria nº 252, de 17 de junho de 2019 (MME, 2019), de modo que as empresas podiam captar recursos em mercado de capitais para investir em renovação de canaviais e em suas instalações industriais. Desde dezembro de 2024, está em vigor a Portaria nº 10, contemplando projetos de investimento em infraestrutura que visem à implantação, à ampliação, à recuperação, à adequação, ou à modernização da produção de biocombustíveis e biogás, exceto a fase agrícola (MME, 2024). Até o final de 2024, o setor de bioenergia captou 17,5 bilhões provenientes da oferta de debêntures incentivadas para investidores, sendo 6,1 bilhões obtidos durante o ano de 2024. No primeiro semestre de 2025, já foram captados 2,3 bilhões por esse mesmo setor (ANBIMA DATA, 2025).

2. Demanda do Ciclo Otto

A demanda total de energia dos veículos leves do ciclo Otto, em 2024, foi 61,1 bilhões de litros de gasolina equivalente (EPE, 2024a). Isso representa um aumento de 3,4% em relação ao ano anterior.

Quanto ao licenciamento de veículos leves, observa-se o segundo ano de crescimento consecutivo, em proporção ainda mais significativa do que a comparação 2022/2023. De forma similar, o licenciamento de motocicletas também apresenta aumento, marcando o 4º ano seguido de crescimentos sucessivos.

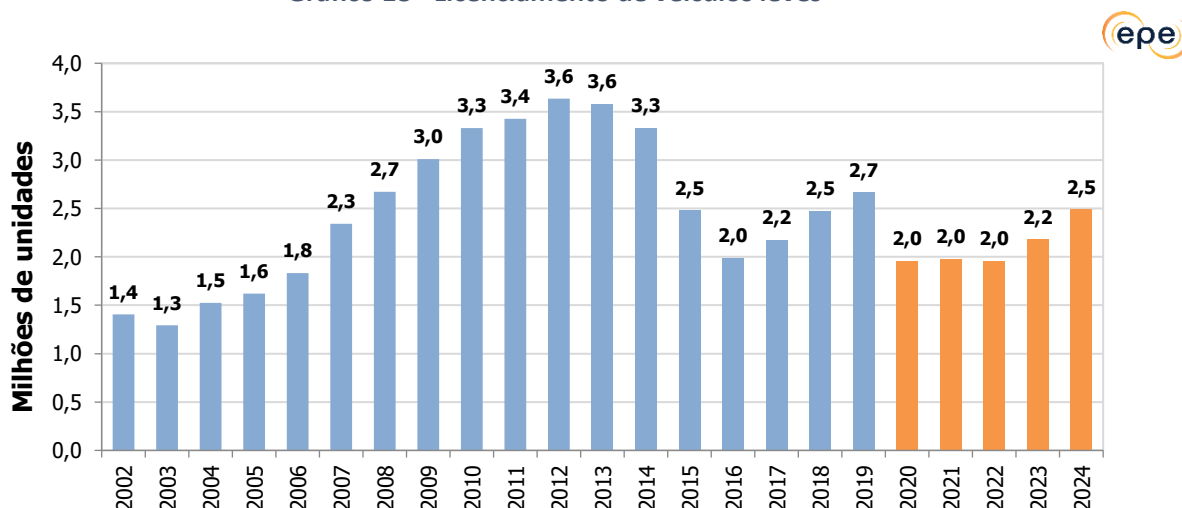
Observa-se a manutenção do elevado grau de renovabilidade da matriz de transportes brasileira. Tal nível será progressivamente reforçado pela atualização dos mandatos de mistura estabelecidos pela Lei do Combustível do Futuro, que prevê a possibilidade de elevação tanto do teor de biodiesel adicionado ao diesel quanto do teor de etanol anidro incorporado à gasolina. Registra-se que, em 2024, a matriz de transporte foi 25,7% renovável, e se mantém acima de 20% desde 2015.

Licenciamento e frota de veículos leves e motos

Em 2024, foram licenciados cerca de 2,5 milhões de veículos leves novos no Brasil, um aumento de 14,1% em relação ao ano anterior (ANFAVEA, 2025). Isto posiciona o País como o 6º maior mercado de venda de leves naquele ano, sendo o 2º com maior evolução em relação a 2023, ficando atrás somente da Holanda (FENABRAVE, 2025).

O Gráfico 18 evidencia a consolidação da recuperação do mercado e a retomada dos níveis de licenciamento, com o segundo ano de crescimento consecutivo. Neste período se fortalecem dois movimentos complementares, que contribuíram para tal aumento: o maior montante de investimentos por parte das montadoras, muito estimulado por políticas do governo federal como o Programa Mover; e maior disponibilidade de recursos via crédito e financiamento para aquisição de veículos, tanto para locadoras quanto para consumidores individuais. Tais movimentos serão aprofundados ao longo deste capítulo.

Gráfico 18 - Licenciamento de veículos leves



Fonte: EPE a partir de (ANFAVEA, 2025)

Do total de licenciamentos de veículos leves, na segmentação por porte, 78,3% são categorizados como automóveis e 21,7% como comerciais leves. Estes últimos, que correspondem a veículos como picapes, furgões e vans, apresentaram um crescimento 17% maior do que o ano passado, alcançando o maior nível proporcional nas vendas desde 2013.

Na separação por combustível, a categoria *flex fuel* representou 79,1% do licenciamento total, mantendo-se majoritária, apesar da redução de 9% nas vendas em relação a 2023. Os veículos movidos a diesel alcançaram 9,7% e os veículos a gasolina, 4,1% dos licenciamentos.

Os veículos eletrificados (elétricos, híbridos e híbridos *plug-in*) chegaram a 7,1% (ANFAVEA, 2025), sendo a categoria que apresentou o maior crescimento, de 89% nas vendas em comparação ao ano de 2023.

Em relação à motorização, foram licenciados majoritariamente automóveis com motores até 10 (53,6%)^{13,14}, ultrapassando pelo terceiro ano consecutivo os motores entre 1.0 e 2.0 (44,4%) (ANFAVEA, 2025).

O mercado de veículos usados¹⁵ se mostra como uma alternativa mais barata ao consumidor, que se depara com preços médios de R\$150 mil no momento de aquisição de um veículo novo (AUTODATA, 2024b). A comercialização de usados em 2024 foi 9,2% maior que o registrado em 2023, alcançando 15,8 milhões de unidades, e representou 83,9% das vendas totais de veículos (novos + usados). Para cada um automóvel novo vendido, 5,1 veículos usados foram comercializados. (FENABRAVE, 2025). No caso dos comerciais leves, a razão diminuiu; para cada 1 veículo novo vendido, 3,2 usados são comercializados.

O mercado de usados seminovos (0 a 3 anos) apresentou um aumento significativo, crescendo 15,2% em 2024, alcançando o número de 2,5 milhões de unidades vendidas. Neste nicho, a possibilidade de ainda se adquirir um veículo moderno, por preços menores, movimentou o mercado, permitindo um número maior de consumidores no País. Em 2024, ocorreu aumento de 8,1% nas vendas de usados mais antigos¹⁶, chegando a 13,2 milhões de unidades (FENAUTO, 2025).

No caso dos veículos elétricos e híbridos, esse movimento caminha na direção oposta. O mercado de usados tem se mostrado desvantajoso, com níveis mais altos de deságio, principalmente dos 100% elétricos. Por receio da duração e da necessidade de manutenção da bateria do veículo usado, ou por conta da insuficiência de pontos de recarga, os estoques são altos e, no caso de venda, os preços são bastante reduzidos. Essa tendência de usados elétricos pode ser observada em escala global, e mostra-se como um ponto de desvantagem de tal opção (FECOMBUSTÍVEIS, 2024b).

Observe-se que o mercado de locação vem se consolidando como uma alternativa frente às dificuldades impostas por preços mais altos de aquisição própria de veículos, tanto por parte de indivíduos como pelas empresas. Do total, 53% são locações de longo prazo, direcionadas majoritariamente para instituições. A modalidade de locação por assinatura – com contratos de um a três anos – teve aumento de 44% em 2024, indicando uma transição do comportamento de consumo

¹³ Importante destacar que, historicamente – desde 1993 – o IPI sobre veículos com motor até 1.0 é menor. Com menor tributação, no geral, os custos repassados no valor para o consumidor diminuem, fazendo com que tal automóvel seja mais atrativo financeiramente.

¹⁴ Destaca-se que, em julho de 2025, o governo federal sancionou o Decreto nº 12.549 (BRASIL, 2025a) que reduz as alíquotas de IPI dos carros mais econômicos, que utilizam energia limpa e que atendam a requisitos de reciclabilidade e segurança. Também cria a modalidade de Carro Sustentável, na qual veículos compactos com alta eficiência energético-ambiental e fabricados no Brasil terão o IPI zerado (MDIC, 2025b).

¹⁵ Inclui motos e comerciais pesados usados.

¹⁶ Veículos usados com idades superiores a 3 anos. Inclui motos e comerciais pesados.

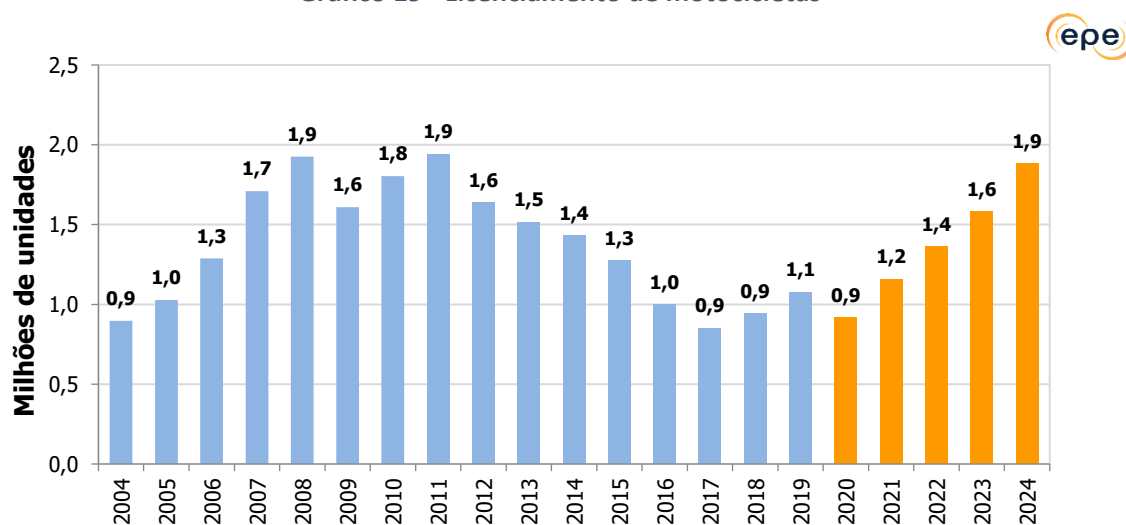
no País, onde ao invés de se prezar pela posse do bem – neste caso o carro –, se busca a locação por temporadas, principalmente de médio e longo prazo (AUTODATA, 2024b).

Nesse contexto, as empresas de alugueis de veículos terminaram esse ano com um total de, aproximadamente, 650 mil veículos adquiridos, apresentando um crescimento de cerca de 10% em relação às aquisições do ano passado (ABLA, 2025). Ressalte-se que este total equivale a 25% de todos os automóveis e comerciais leves licenciados no Brasil em 2024. Com tal número, a frota do setor de locação fechou o ano de 2024 com cerca de 1,6 milhão de veículos leves, representando um crescimento de 3% em comparação ao ano anterior. No mesmo período, o número de locadoras ativas no País alcançou aproximadamente 32 mil, aumento de 19,2% em relação ao ano de 2023. Destas, 76% são especializadas na locação de automóveis, enquanto os 24% restantes atuam com outros meios de transporte. Destaca-se, ainda, o expressivo crescimento da frota de veículos eletrificados nas locadoras, que apresentou um aumento de 77,4% na comparação com 2023 (AUTODATA, 2024b).

Em relação às motocicletas, em 2024, foram licenciadas 1,9 milhão de novas unidades, 18,6% a mais do que no ano anterior, conforme dados da (ABRACICLO, 2025). Como demonstra o Gráfico 19, nesse ano, alcançou-se o patamar máximo de licenciamento da série histórica, que era 2011. Desde o período de pós-pandemia de Covid-19, o licenciamento está em crescente evolução.

A ampliação do serviço de transporte e entregas diárias, relevante nos últimos anos, permanece um incentivador de vendas de motocicletas. Além disso, muitos usuários, frente aos custos de veículos individuais, prefere a aquisição da motocicleta, que tem um preço de entrada menor e os custos de manutenção e abastecimento também se mostram mais vantajosos.

Gráfico 19 - Licenciamento de motocicletas



Fonte: EPE a partir de (ABRACICLO, 2025)

Frota

Como resultado do licenciamento observado nos últimos anos, estima-se que a frota brasileira de veículos leves do ciclo Otto tenha totalizado 37 milhões de unidades, permanecendo no mesmo patamar do ano anterior, com a tecnologia *flex fuel* representando cerca de 85% do total. Se somados os veículos comerciais leves do ciclo Diesel, a frota circulante de automóveis e comerciais leves foi de aproximadamente 40 milhões de veículos. Quanto às motocicletas, estima-se que a frota circulante tenha chegado a 17,7 milhões de unidades, um aumento de cerca de 5% em relação ao ano anterior (ABRACICLO, 2025).

Além dos automóveis, as aquisições de motocicletas pelas locadoras de veículos também tiveram um avanço expressivo: a frota disponibilizada pelas locadoras avançou 81,4% em relação ao ano anterior (ABLA, 2025).

Mesmo com números crescentes de licenciamento de veículos novos nos últimos anos, o processo de envelhecimento resulta em que mais de 40% da frota brasileira é composta por veículos com mais de 10 anos de produção, cuja estrutura produtiva e regulações vigentes eram diferentes em relação às atuais. de acordo com o Sindipeças, em 2024, a idade média para os automóveis e comerciais leves foi de 10 anos e 11 meses, enquanto para as motocicletas, solidificou-se em 8 anos (SINDIPEÇAS, 2025).

Caracterização do licenciamento e da frota

Eletrificados

O número de veículos eletrificados permanece em ascensão; em 2024, tal mercado viu seus licenciamentos subirem em 89% (ANFAVEA, 2025). Importante notar, entretanto, a diferenciação entre os tipos de veículos eletrificados: o elétrico puro cresceu cerca de 219%, enquanto o híbrido *plug-in* aumentou 85% e o híbrido, 32%. Tal disparidade de venda pode ser parcialmente respondida pelo alto estoque de automóveis elétricos puros no País, que se montou devido ao aumento esperado de IPI nas importações dos exemplares¹⁷. Entretanto, ainda com a subida do tributo, os veículos elétricos responderam a quase 78% do aumento das importações, principalmente os modelos chineses (FOLHA DE S. PAULO, 2024b).

A região Sudeste permanece sendo a maior demandante de veículos leves eletrificados, com 48,4% de participação nas compras em 2024. A região é seguida por Sul (18,5%), Centro-Oeste (14,8%), Nordeste (14,7%) e Norte (3,6%) (ABVE, 2025a). São Paulo, Brasília (DF) e Rio de Janeiro se destacam como os estados e capitais em que mais foram vendidos veículos eletrificados.

Quanto à eletrificação das motocicletas, o nível de penetração ainda permanece baixo. No ano de 2024, apenas 0,4% dos licenciamentos foram de motos elétricas, ligeiramente abaixo do observado em 2022 e 2023: 0,5% (FENABRAVE, 2025).

Em 2024, ao contrário do ano anterior, verificou-se uma redução de preços dentre os veículos eletrificados. Apesar de ainda situarem-se em patamares altos, a intensa entrada de modelos chineses no País iniciou uma competição de preços, que conseguiu abaixar os preços praticados internamente, com as concessionárias chegando a oferecer até 37% de desconto (FECOMBUSTÍVEIS, 2024b).

Cerca de 40% dos consumidores afirmam considerar a aquisição de um veículo elétrico em futuras compras e os principais fatores dessa escolha seriam: a potencial economia com manutenção e abastecimento, questões frente à segurança e à eficiência, além de preocupações ambientais. Por outro lado, os principais entraves apontados são o elevado custo de aquisição e a limitada infraestrutura de pontos de recarga (ANFAVEA, 2024a).

A infraestrutura de recarga, principalmente pública, se apresenta como um ponto relevante para a maior difusão de veículos elétricos, sobretudo quando observada de uma perspectiva territorial. Em 2024, houve um crescimento significativo no número de postos pelo País: de 4,3 mil instalações em 2023, observou-se um salto para 12,1 mil, quase o triplo de carregadores do ano anterior. Destes, 1,5 mil são caracterizados como rápidos ou ultrarrápidos (AUTODATA, 2024c). Ainda

¹⁷ Já em 2023, foi anunciado que mudanças seriam realizadas na estrutura tributária de aquisição internacional de veículos elétricos, como resposta a demanda de empresas locais visando a maior competitividade de produtos nacionais. De fato, o ano de 2024 termina com impostos de 25%, 20% e 18% para veículos híbridos, híbridos *plug-in* e elétricos, respectivamente (AUTOESPORTE, 2025)

que se observe um aumento de investimentos na instalação de carregadores, o número permanece aquém da demanda.

Quanto à localização de tais postos de recarga, quase a metade do número existente (49,6%) se encontra na região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo. A região Norte é a que apresenta menor número de eletropostos, somente 1,9% do total. Além disso, dos 12 mil carregadores do País, menos de 20% se categoriza como de recarga rápida (ABVE, 2025b).

Alguns elementos se mostram fundamentais à maior aquisição de veículos eletrificados. O que se observa em outros países que saíram à frente na corrida por elétricos, pontos como a ausência de infraestrutura de recarga robusta, a retomada de preços elevados após a retirada de subsídios governamentais, a questão das matérias-primas para fabricação de baterias e a desvalorização dos veículos usados, dentre outros, têm pressionado para baixo a demanda por tais tecnologias.

Contextualização Econômica

O ano de 2024 se mostrou bastante favorável para o mercado automotivo, tanto para o setor de automóveis, que cresceu cerca de 13% em relação ao ano passado, como o de comerciais leves, com 17% de crescimento.

Os aumentos significativos nas vendas, sejam elas de novos ou usados, no segmento de locação ou de venda direta, pode ser bastante explicado pelo incremento da renda disponível da população, que aumenta, dentre outros pontos, devido à diminuição observada nos níveis de desemprego no País, principalmente no setor industrial e de serviços^{18,19}. O nível de desemprego fechou o ano de 2024 em 6,2%, igualando níveis de 2013, o menor valor da série histórica, mínimo registrado desde que este indicador começou a ser mensurado. O salário-mínimo também apresentou um aumento real, chegando a R\$ 1.412,00, com previsões de ganhos já estipulados para os próximos anos, seguindo a nova lei de valorização do salário-mínimo, aprovada em 2023 (FOLHA DE S. PAULO, 2024a).

A taxa SELIC, taxa básica de juros da economia brasileira²⁰, passou por oscilações durante o ano de 2024. A SELIC passava por ciclos de alta até que, a partir de agosto, o COPOM, frente às perspectivas de baixa da inflação, iniciou um movimento de cortes, que perdurou pelo começo do ano de 2024. Entretanto, em setembro daquele ano, a tendência se reverteu e a taxa terminou o ano em 12,25%.

A elevação da taxa básica de juros tende a desacelerar o crescimento de investimentos e das vendas do mercado. Por exemplo, a taxa média de juros para financiamento destinados à aquisição de veículos novos e usados, acompanhando a trajetória da SELIC, iniciou o ano em um ciclo de reduções; contudo, encerrou 2024 retomando ao patamar de 2% sobre as operações de crédito voltadas à compra de veículos (BC, 2025). Seguindo a SELIC, a taxa de juros dos financiamentos dos veículos terminou o ano em 27,51%, resultando em um aumento de 7,8 p.p. em comparação a dezembro de 2023. Apesar desta alta, a aquisição de veículos via financiamento cresceu significativamente.

¹⁸ O setor de serviços, além de aumentar a renda disponível através da maior geração de empregos, também mostra uma influência relevante em vendas de comerciais leves por conta do aumento de demanda de entrega de mercadorias. A transformação no mercado de vendas *online*, que aumenta sua participação a cada ano, principalmente pós pandemia da Covid-19, movimenta a modalidade de entregas *last-mile*, que é feita, majoritariamente, por comerciais leves.

¹⁹ O nível de ocupação na indústria aumentou 2,9%, enquanto no setor de serviços subiu 3,4% (AGÊNCIA GOV, 2024).

²⁰ Por tal característica, é a taxa norteadora de todas as taxas de juros do país; ou seja, suas movimentações – sejam ascendentes ou descendentes – tendem a direcionar as mudanças em todas as taxas brasileiras.

É importante destacar que houve uma expansão significativa da oferta de crédito em 2024; em comparação ao ano de 2023. A média do volume de empréstimos concedidos para pessoas físicas com a finalidade de adquirir veículos cresceu em cerca de 34% (BC, 2025). Ressalte-se que taxas mais altas de empréstimo tendem a diminuir tais operações, no longo prazo.

O índice de inadimplência em financiamentos específicos contratados por pessoas físicas para a aquisição de veículos manteve a tendência de desaceleração observada desde o final do ano anterior, passando de 5,1% em janeiro de 2024 para 4,4% ao final do ano (BC, 2025). Essa tendência contribui para perpetuar a expansão de saldo de crédito ofertado, uma vez que favorece o ambiente de confiança do mercado financeiro sobre as promessas de pagamento, que é demonstrado no Índice de Confiança do Consumidor, contabilizado pela FGV, que atingiu, em novembro, 95,6 pontos, o maior patamar desde abril de 2014 (SINDIPOSTO, 2024).

O mercado de financiamento de veículos cresceu 20,4% em relação ao ano de 2023, o que equivale a 1,2 milhão unidades financiadas a mais - o número foi puxado pelos leves, com alta de 19% e, ainda mais expressivamente, pelas motocicletas, que cresceram em 25% (AGÊNCIA BRASIL, 2025a).

É relevante destacar que o rendimento real médio²¹ apresentou um aumento de 4% em relação ao ano passado, chegando a R\$ 3.165,58 (BC, 2025). Além disso, a Despesa das Famílias teve um crescimento de 4,8% em relação ao ano de 2023, corroborando os bons números do mercado de trabalho e do aumento de renda e de crédito (AGÊNCIA IBGE, 2025).

Já o mercado de autopeças apresentou saldo da balança comercial negativo, que totalizou US\$13 bilhões em 2024. O déficit pode ser explicado, em parte, pelo aumento da produção nacional, principalmente de veículos híbridos e elétricos, que possuem nível maior de automação tecnológica, e, com isso, a demanda por peças importadas sofreu um acréscimo. O nível de exportações de peças automotivas retraiu 13,3%, e as exportações de veículos automotivos caíram 1,3%, o que também impacta no maior decréscimo do saldo da balança comercial brasileira (SINDIPEÇAS, 2025), (ANFAVEA, 2025). Por outro lado, a Anfafea apontou alta de 8,3% na quantidade de empregos gerados na indústria automotiva. Em 2024, foram 107 mil vagas preenchidas. Esse é o maior índice de crescimento de empregos desde 2007 (GLOBO, 2025).

O Produto Interno Bruto (PIB) do País cresceu 3,4%, resultando no terceiro ano consecutivo de crescimento desde a pandemia da COVID-19 (IBGE, 2025). Com isso, o PIB *per capita* alcançou a soma de R\$55.247,45 em 2024, crescendo cerca de 3% em relação ao ano passado. Em uma análise pela ótica da demanda, as exportações de bens e serviços em geral cresceram 2,9%. Por sua vez, as importações observaram um aumento relevante: em 2024, subiram 14,7%, muito puxadas pela aquisição de veículos automotores (IBGE, 2025).

O maior nível de importações também impactou no aumento da conta de Formação Bruta de Capital Fixo (FBKF), que terminou com um crescimento de 7,3%, muito puxado pelo maior nível de produção industrial. Este, por sua vez, teve um aumento de 3,3%, com destaque para as Indústrias de transformação que incluem, dentre outros, a produção da indústria automotiva.

²¹ O rendimento real médio do trabalho principal efetivamente recebido por mês é um indicador coletado e elaborado pelo IBGE que mede o rendimento bruto real médio efetivamente recebido no mês de referência no principal trabalho que as pessoas ocupadas exercem; é uma série deflacionada pelo IPCA e divulgada trimestralmente.

Ao contrário de 2023, em que o acumulado do IPCA havia se mantido dentro da meta estabelecida pelo Conselho Monetário Nacional (CMN), este ano a inflação fecha em 4,83%²². Analisado de forma individual, a gasolina foi o principal indutor desse aumento. Durante o ano de 2024, o combustível fóssil pressionou em 0,91% o custo de vida, impactando o IPCA²³ em 0,48 pontos percentuais, com alta acumulada no ano de 9,71% (AGÊNCIA BRASIL, 2025b).

Políticas Públicas e Investimentos no setor

O Programa Nacional de Mobilidade Verde e Inovação, o Mover, teve sua sanção assinada em junho de 2024. Parte do projeto de neointustrialização brasileira e da Lei do Combustível do Futuro, o Programa Mover fortalece o ambiente de desenvolvimento da indústria automotiva do País, estabelecendo metas de melhorias de eficiência energética – de 12 a 15% - com a medição das emissões de carbono "do poço-à-roda", que considera todo o ciclo da fonte de energia utilizada²⁴, além de estabelecer índices de reciclabilidade mínima de 65% por parte das empresas. A regulamentação do Mover, principalmente quanto à postulação do IPI Verde, uma das principais pautas do programa e item de grande expectativa pela maioria das empresas montadoras e fabricantes de autopeças, ocorreu em 2025, por meio do Decreto nº 12.549 (BRASIL, 2025a) que reduz as alíquotas de IPI dos carros mais leves e econômicos, movidos a energia limpa e que atendam aos requisitos de reciclabilidade e segurança.

O Mover também se configura como um mecanismo de incentivo ao fortalecimento do investimento local, por meio de medidas como a exigência de aplicação anual mínima de 1% da receita das empresas em atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), como critério para obtenção de créditos vinculados à iniciativa, no ano de 2024, com aumento gradual desse percentual até 1,8% no ano de 2029 (CNN, 2024).

A Lei do Combustível do Futuro apoia o arcabouço normativo que estimula o uso de biocombustíveis, impactando, diretamente, na matriz renovável de transportes que o País apresenta. No caso dos veículos leves, a possibilidade de elevação da proporção de etanol anidro adicionado à gasolina — dos atuais 27% para até 35% — tende a impulsionar a produção de veículos com tecnologia flex. Essa medida contribui para a consolidação da expertise nacional na produção de etanol, reforçando a posição do Brasil como liderança global desse setor (GOV.BR, 2024). Ressalta-se que a Resolução CNPE nº 9, de 25 de junho de 2025, aumentou o percentual de mistura de etanol anidro na gasolina C para 30% a partir de 1º de agosto (CNPE, 2025).

O projeto Nova Indústria Brasil tem como objetivo prioritário o estímulo à indústria nacional, por meio de seis missões estratégicas voltadas à modernização do parque industrial, ao fortalecimento da autonomia e segurança, bem como à promoção de uma transição ecológica sustentável (AGÊNCIA BRASIL, 2024). Entre essas diretrizes, destaca-se, aqui, a missão 5 que contempla, entre outros aspectos, a descarbonização de setores com elevado potencial de transformação, como a indústria automotiva. Uma das metas estabelecidas pelo governo é a ampliação da participação de biocombustíveis e elétricos na matriz de transporte nacional, com projeções chegando a 27% em 2026 e a 50% em 2033. Tal projeto reforça o ambiente regulatório, junto ao Mover e à Lei do Combustível do Futuro, ampliando a previsibilidade e a confiança do setor produtivo, e, conseqüentemente, estimulando novos investimentos no País.

²² A meta estabelecida pelo CMN para 2024 era de 3%, apresentando tolerância – para cima e para baixo – de 1,5% (AGÊNCIA BRASIL, 2025b).

²³ Coloca-se que a taxa de câmbio média, em 2024, foi de R\$ 6,10/USD (BC, 2025)

²⁴ Há, ainda, uma estimativa de ampliação dessa medição para o ano de 2027, chegando à análise “do berço-ao-túmulo”, ou seja, o ciclo completo da fonte de energia utilizada, incluindo aquelas relacionadas à produção e ao descarte dos veículos e dos sistemas de geração.

Complementando o conjunto de iniciativas regulatórias, o Marco Legal das Garantias, sancionado em outubro de 2023, traz impactos relevantes para o setor automotivo, especialmente no que se refere à concessão de crédito, que permite que um mesmo bem seja utilizado como garantia em mais de uma operação de crédito, além de instituir a figura do agente de garantia — responsável por intermediar e facilitar negociações entre credores e devedores. O marco também simplifica procedimentos e reduz custos associados aos processos de financiamento. Um de seus dispositivos mais significativos é a possibilidade de apreensão extrajudicial de veículos por parte dos credores, nos casos em que o próprio bem financiado é utilizado como garantia, o que contribui para a redução do risco de inadimplência. Ainda assim, a facilitação da comunicação direta entre as partes tende a favorecer renegociações, com maior frequência na concessão de descontos e redução de taxas de juros (FECOMÉRCIO, 2023).

O projeto de Lei Complementar PLP68-2024 aprovado em 17 de dezembro de 2024 pelo Congresso, foi posteriormente convertido em Lei Complementar nº214, de 16 de janeiro de 2025, trazendo em seu texto a permanência da inclusão dos veículos na taxaço do chamado Imposto Seletivo, sendo que alguns critérios conhecidos deverão servir de base, como potência, fabricação local e categoria do veículo (BRASIL, 2025b). O IPI Verde, criado com o Mover, deverá servir de fundamentação para tal tributação (AUTODATA, 2024d).

O setor automotivo permanece promissor, com o fortalecimento de políticas públicas lançadas e, recentemente, promulgadas, como o Mover e o Combustível do Futuro. Com tal ambiente político e macroeconômico, permanece a projeção de altos volumes de investimento por parte de montadores: para os próximos anos, cerca de R\$130 bilhões foram anunciados para o ciclo até 2030 (ANFAVEA, 2024b).

O mercado de motocicletas também aproveita o bom ambiente de compras de seus produtos. Em 2024, empresas instaladas no Polo Industrial de Manaus (PIM) — um dos principais lócus produtivos do modal de duas rodas no País — investiram R\$641 milhões em ampliação e modernização de suas estruturas produtivas (AUTODATA, 2024a).

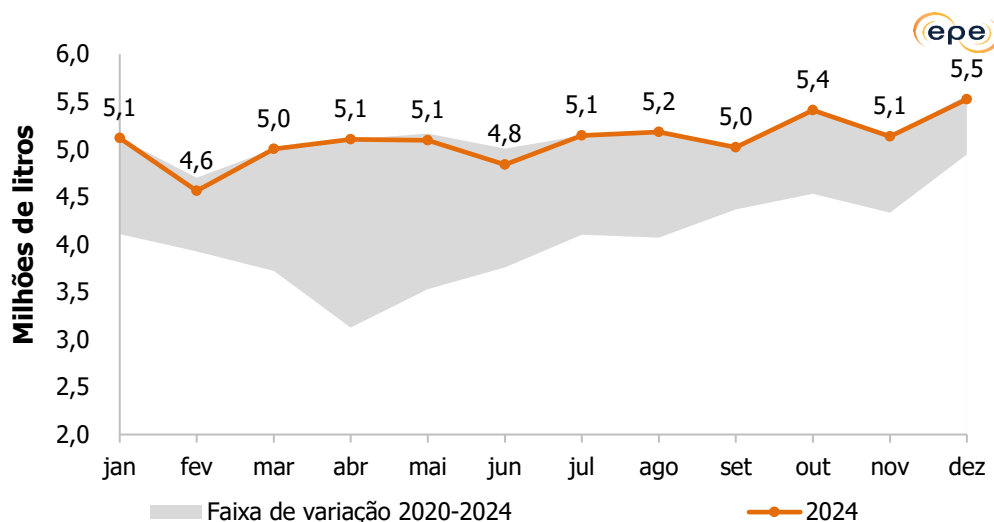
2.1. Demanda de combustíveis da frota ciclo Otto

A demanda total de energia dos veículos leves do ciclo Otto, em 2024, foi de 61,1 bilhões de litros de gasolina equivalente (EPE, 2024), conforme apontado anteriormente. Isso representa um aumento de 3,4% em relação ao ano anterior, mantendo a trajetória de crescimento. Com a consolidação da recuperação do mercado de veículos leves e a manutenção da participação de automóveis e comerciais leves da frota ciclo Otto em aproximadamente 80%, além das melhorias nas condições de renda e emprego, é esperado que a demanda por tais combustíveis se mantenha alta.

Mantendo o observado a partir do segundo semestre de 2023, a cobrança dos tributos federais — PIS/PASEP e Cofins — sobre combustíveis seguiu por todo o ano de 2024 (BRASIL, 2017b). Clique ou toque aqui para inserir o texto. O ICMS, para a gasolina, passou a ser recolhido de forma monofásica — ou seja, a tributação é concentrada em um elo da cadeia, notadamente sobre o produtor ou importador. O etanol hidratado, por sua vez, não foi incluído em tal regime, mantendo, portanto, a base de cálculo pelo preço médio ponderado ao consumidor (PMPF), divergindo de acordo com cada ente da federação. Tais discussões serão mais aprofundadas no próximo capítulo.

A demanda de gasolina teve redução de 4% na comparação anual, enquanto a demanda de etanol hidratado aumentou em aproximadamente 30%, alcançando o valor máximo da série histórica. A evolução da demanda mensal em 2024 em comparação com a média dos 5 anos anteriores pode ser observada no gráfico abaixo.

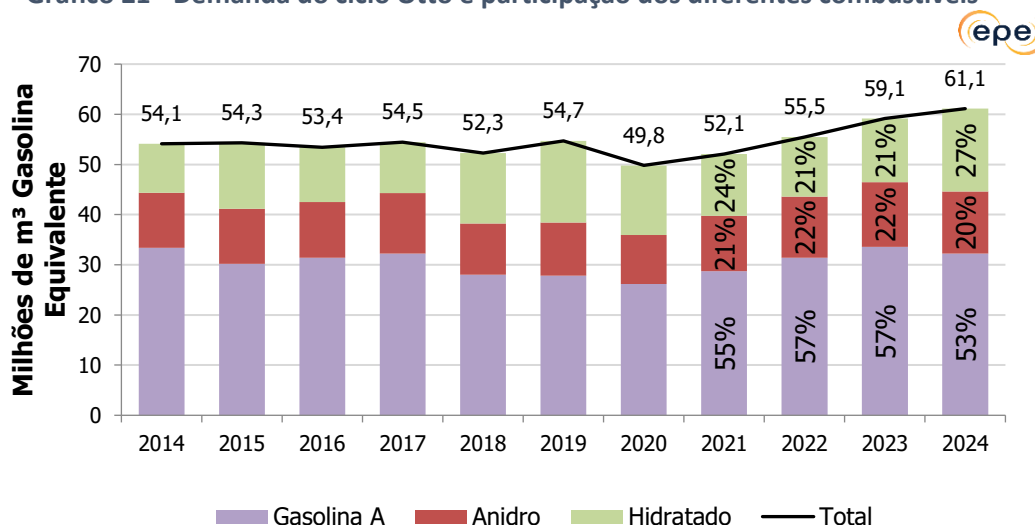
Gráfico 20 - Demanda do ciclo Otto – Faixa de variação dos últimos 5 anos versus 2024



Fonte: EPE a partir de ANP (2025)

A participação energética da gasolina A foi de aproximadamente 53%, uma queda de 4,5 p.p. em relação a 2023; o etanol anidro também sofreu redução com a participação de 20%; por fim, a do etanol hidratado cresceu de 21% para 27% em 2024. Com isso, o etanol total representou 47% da demanda energética do ciclo Otto, conforme mostra o Gráfico 21. Os motivos para esse comportamento serão aprofundados na próxima seção deste documento.

Gráfico 21 - Demanda do ciclo Otto e participação dos diferentes combustíveis

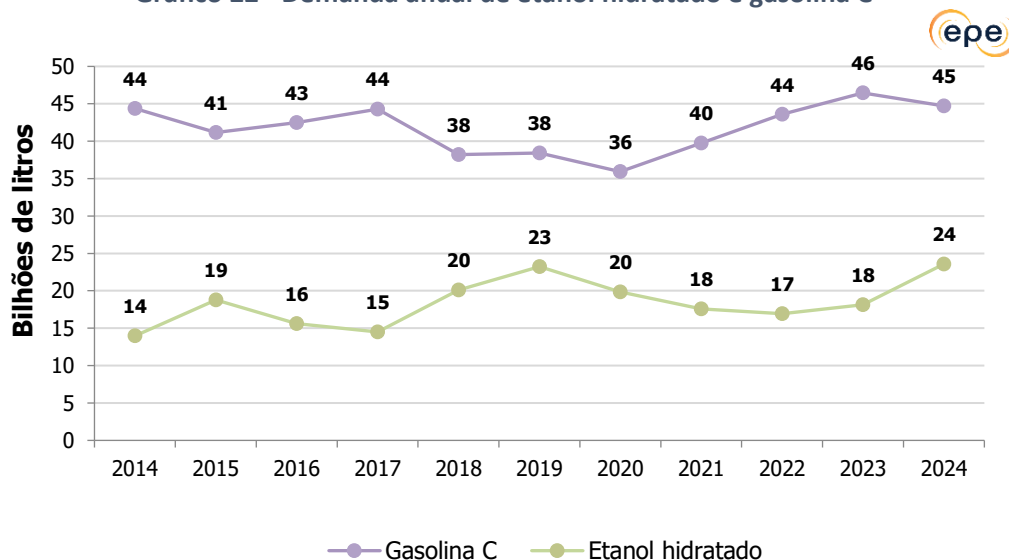


Nota: Os dados de demanda excluem a parcela relativa ao GNV.

Fonte: EPE a partir de EPE (2024).

A demanda do etanol hidratado em 2024 totalizou 23,6 bilhões de litros e o consumo de gasolina C perfaz 45 bilhões de litros(EPE, 2024b), como ilustra o Gráfico 22.

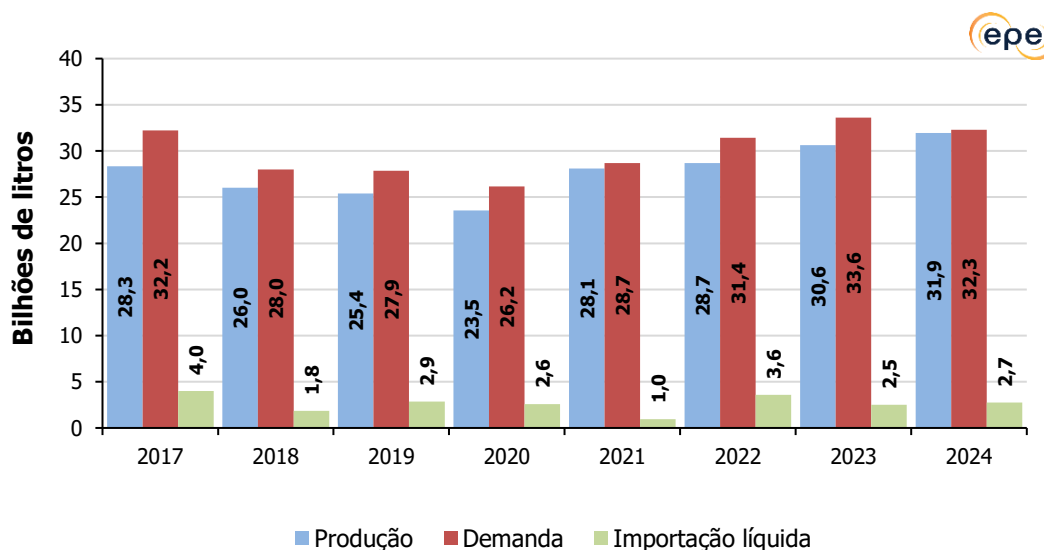
Gráfico 22 - Demanda anual de etanol hidratado e gasolina C



Fonte: EPE a partir de EPE (2024a).

O Gráfico 23 apresenta a evolução da demanda, produção e importação líquida de gasolina A, para o período 2016-2024.

Gráfico 23 - Produção, demanda e importação líquida de gasolina A



Fonte: EPE a partir de EPE (2024a).

Em 2024, os volumes da demanda nacional de gasolina A diminuíram em 4,0% em relação ao ano anterior, registrando 32,3 bilhões de litros; sua produção, por sua vez, apresentou um crescimento de 4,3%, atingindo 31,9 bilhões de litros. O saldo comercial de gasolina A foi de 0,8 bilhão de litros de importação líquida, um aumento de 9,2% em relação ao valor do ano anterior. A carga de petróleo processada nas refinarias caiu 0,75% em relação aos valores de 2023 (ANP, 2024a). Enquanto a demanda do diesel fóssil aumentou 2,9%, sua produção pelo parque de refino nacional aumentou 3,3 % (mais detalhes no item 6).

3. Análise de preços e tributos dos combustíveis do ciclo Otto

O ano de 2024, seguindo a trajetória do ano anterior, manteve o cenário de retomada da atividade econômica. Conforme exposto no Capítulo 2, muitos índices demonstraram a continuação de um ambiente macroeconômico mais aquecido no País, contribuindo para o aumento de demanda de combustíveis do setor de transportes.

Para as análises deste capítulo, consideram-se como referência os preços, ponderados por volume, a valores constantes de dezembro de 2024.

3.1. Preços de combustíveis do ciclo Otto

Em 2024, a carga tributária de combustíveis passou por mudanças na mensuração das alíquotas do ICMS²⁵ sobre os combustíveis. Tais alterações, postuladas ainda no ano de 2022, através da Lei Complementar nº 192 e, posteriormente, pela Lei Complementar nº 194, começaram a incidir em março de 2023, homogeneizando os valores de ICMS sobre a gasolina C por todo o território nacional e permanecendo desse modo a partir daí. Tais mudanças serão mais detalhadamente exploradas no item 3.2.

Em 2022, PIS/Pasep, COFINS e CIDE foram zerados a partir do segundo semestre, culminando na queda dos preços médios dos combustíveis. Em março de 2023, foi promulgada Medida Provisória que retomou a cobrança, parcial²⁶, destas contribuições, até o final de junho. A partir do segundo semestre, integralizou-se tal cobrança dos impostos federais, tendo permanecido desta forma por todo o ano de 2024. Assim, os valores para PIS e COFINS voltaram a ser, respectivamente, de R\$ 141,10/m³ e R\$ 651,40/m³ para a gasolina A, enquanto para o etanol, de R\$ 43,19/m³ e R\$ 198,62/m³, respectivamente, conforme Decreto n. 9.101/2017 (BRASIL, 2017b).

Observando-se a trajetória de preços ao longo dos meses de 2024, verificou-se uma suave elevação no valor médio da gasolina de 5,7% entre janeiro e dezembro. No mesmo período, por sua vez, em trajetória mais acelerada, o etanol apresentou um acréscimo de 14,6%. Deste modo, a diferença absoluta entre os preços correntes entre gasolina C e etanol hidratado passou de R\$ 2,10/litro em dezembro de 2023 para R\$ 2,02/litro em dezembro de 2024. Comparando-se os preços médios anuais da gasolina C e do etanol hidratado entre 2023 e 2024, verificaram-se elevação de 3,6% e queda de 0,3%, respectivamente, mesmo com a retomada dos tributos. Os dados combinados revelam uma relação média entre o preço do etanol hidratado e do combustível fóssil de 65% em 2024, a qual favorece o consumo do biocombustível, cuja análise será aprofundada ao longo deste capítulo.

²⁵ O Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz) divulga, a cada mês, os Preços de Referência dos Combustíveis, estabelecendo o Preço Médio Ponderado ao Consumidor Final (PMPF), que serve como parâmetro para a cobrança do ICMS.

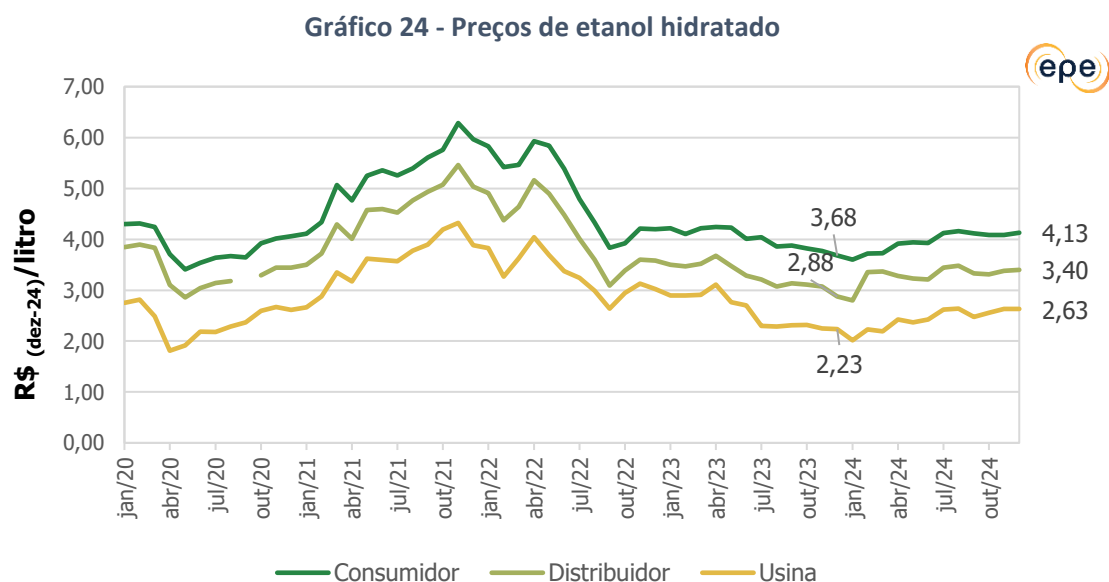
²⁶ A Medida Provisória nº 1.163, de 28 de fevereiro de 2023, postulou novos valores de PIS e COFINS para comercialização e importação de gasolina e de etanol. No caso do primeiro, o PIS passou a ser R\$ 83,84/m³ e o COFINS de R\$ 386,16/m³, onerando, em soma, R\$ 0,47 por litro. No caso do etanol, produtores e importadores pagaram R\$ 3,60/m³ de PIS e R\$ 16,40/m³ de COFINS, enquanto cooperativas pagaram R\$1,64/m³ de PIS e R\$7, 53/m³ de COFINS. Essa MP ficou em vigor até junho de 2023 (BRASIL, 2023d). A CIDE cobrada sobre a gasolina está estabelecida no valor de R\$ 0,10/litro desde julho de 2023 (BRASIL, 2001).

Neste ano manteve-se um patamar elevado de moagem de cana e produção de açúcar nas usinas sucroenergéticas em território nacional, conforme descrito no Capítulo 1. O Brasil atingiu o segundo maior volume de produção de açúcar na safra 2024/2025, impulsionado por condições de mercado favoráveis (MAPA, 2025). A produção de etanol do milho permanece em uma trajetória de crescimento e, quando somada à produção de etanol de cana, resultou em um recorde na produção total de etanol em 2024.

Quanto aos preços praticados no País, a partir de maio de 2023, a Petrobras fez alterações em sua estratégia comercial e afirmou manter o compromisso de adotar preços competitivos e alinhados ao mercado nacional e internacional, embora a estratégia de precificação da Petrobras não esteja mais formalmente atrelada ao PPI (PETROBRAS, 2023). Essa mudança permitiu à estatal que mantivesse os preços relativamente estáveis²⁷, ajudando a mitigar os efeitos da volatilidade internacional, e estabilizar o mercado interno.

Assim, ao longo do ano de 2024, o preço de revenda da gasolina C sofreu oscilações, terminando o ano com aumento de 6,8% (ANP, 2025h; IBGE, 2025a).

O Gráfico 24 apresenta um comparativo dos preços médios de etanol hidratado para o consumidor (Brasil), no distribuidor (Brasil) e nas usinas (São Paulo), ponderados por volume, deflacionados pelo IPCA em valores constantes de dezembro de 2024.



Fonte: EPE a partir de ANP (2025c) e CEPEA/ESALQ (2025a).

Em 2024, a diferença entre os preços máximo e mínimo do etanol hidratado ao consumidor (registros de agosto e janeiro, respectivamente) foi de R\$ 0,56/litro. Esta diferença foi praticamente igual à observada em 2023 (R\$ 0,54/litro), e expressivamente menor do que a observada em 2022 (R\$ 2,10/litro).

O preço do etanol hidratado em termos constantes (dezembro 2024) se mantém no patamar observado em 2023, quando o litro do biocombustível custava em média cerca de R\$ 4,00. Tal manutenção pode ser explicada pela continuação dos níveis elevados na moagem de cana-de-açúcar, pelo recorde de produção de etanol no País e estoques elevados, além da manutenção da reoneração tributária iniciada no ano de 2024.

²⁷ Exemplo dessa atuação da Petrobras é o caso do diesel, que permaneceu em R\$ 3,53 por litro nas refinarias durante o ano de 2024 (OTEMPO, 2025)

Realizando-se a comparação mês a mês entre 2024 e 2023, a diferença máxima de margem de revenda ocorreu em janeiro, chegando a R\$ 0,80 por litro (um índice cerca de 3% inferior ao observado em 2023). Destaca-se que a margem média anual na revenda de etanol hidratado em 2024, de R\$ 0,66/litro, ficou 8,5% abaixo da média observada em 2023 (R\$ 0,72/litro)²⁸. Por outro lado, a média das margens na distribuição atingiram R\$ 0,87/litro, redução de 23,3% em relação a 2023.

Os preços médios anuais do etanol hidratado e da gasolina C, para o consumidor, ponderados pelos volumes e em valores constantes, são mostrados na Tabela 1, bem como o preço médio relativo (PE/PG) e suas respectivas variações.

Tabela 1 - Preços médios anuais de etanol hidratado, gasolina C e relativo (PE/PG)

Ano	Hidratado (R\$dez24/l)	Var. (% a.a.)	Gasolina C (R\$dez24/l)	Var. (% a.a.)	PE/PG	Var. (% a.a.)
2015	3,68	0,1	5,52	3,2	0,67	-2,8
2016	3,97	8,0	5,59	1,3	0,71	6,3
2017	3,89	-2,0	5,51	-1,4	0,71	-0,4
2018	4,09	5,0	6,21	12,7	0,66	-6,7
2019	3,95	-3,3	5,96	-4,0	0,66	0,6
2020	3,56	-10,0	5,17	5,85	0,69	3,9
2021	5,19	45,7	7,06	36,5	0,73	6,1
2022	4,92	-5,1	6,71	-4,9	0,73	0,4
2023	3,98	-19,3	5,85	-12,8	0,68	-7,5
2024	3,96	-0,3	6,06	3,6	0,65	-3,8

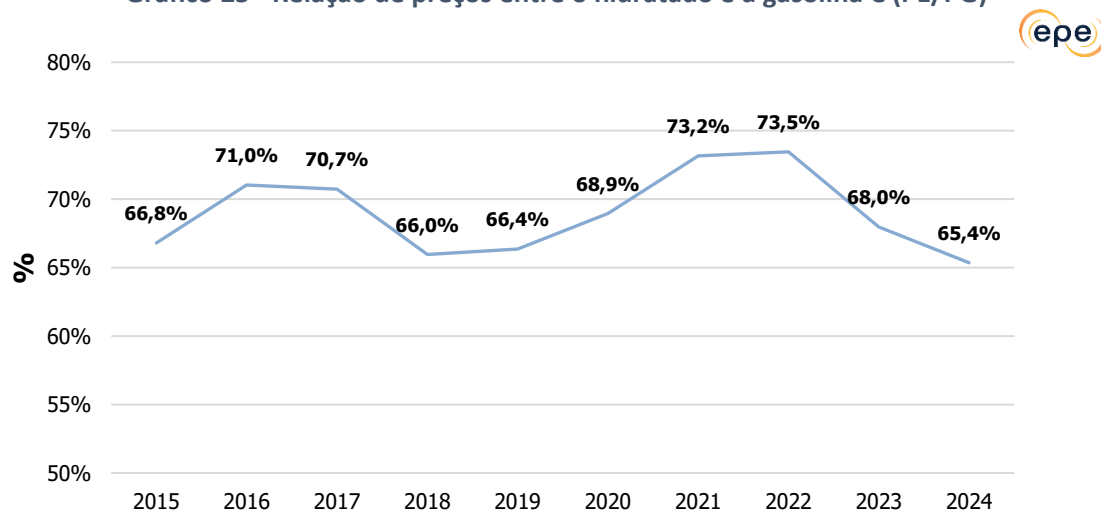
Nota: Os preços foram ponderados por volume e deflacionados pelo IPCA, em relação a dezembro de 2024.

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2024a); (BC, 2025)

Ao longo de 2024, o preço do etanol hidratado acompanhou o comportamento observado para o preço da gasolina C, apresentando variações um pouco mais acentuadas, porém de forma análoga a anos anteriores. O seu valor médio na bomba foi de R\$ 3,96/litro, um decréscimo de 0,3% comparado com 2023, enquanto a gasolina C se elevou 3,6%, atingindo R\$ 6,06/litro. Dessa forma, houve redução do preço relativo médio (PE/PG) de 2024, que alcançou 0,65, abaixo do valor limite (0,70), mais favorável para o consumo do etanol hidratado. O Gráfico 25 ilustra a variação do preço médio anual relativo (PE/PG) desde 2015.

²⁸ Em valores constantes de dezembro de 2024.

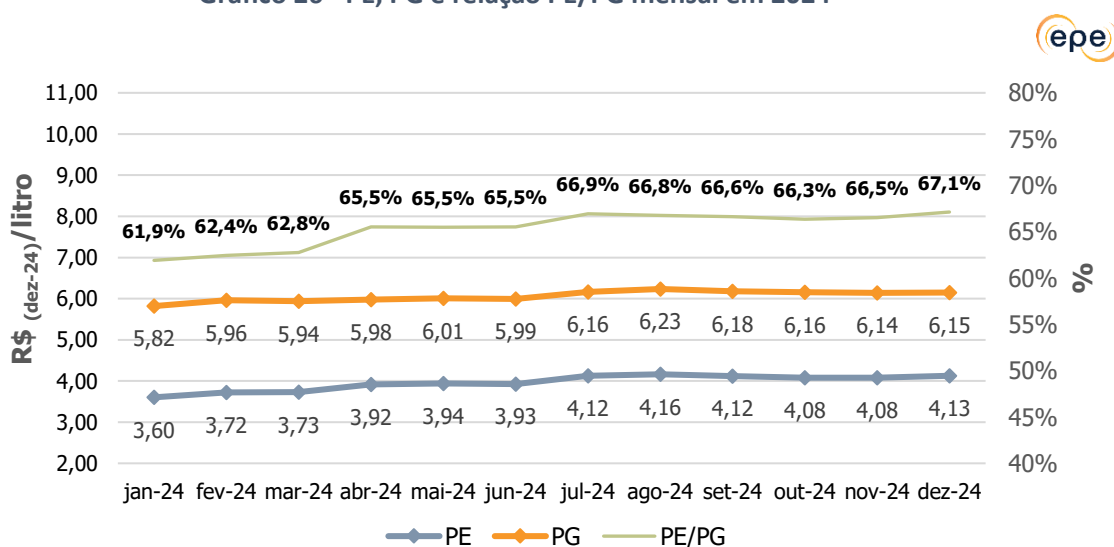
Gráfico 25 - Relação de preços entre o hidratado e a gasolina C (PE/PG)



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2024a)

A análise mensal de 2024 indica que, ao longo de todo o ano, o etanol hidratado mostrou-se competitivo, inclusive, mantendo-se em patamares bastante favoráveis à sua aquisição, vide Gráfico 26. Este ano, mais estados apresentaram relações PE/PG mensais favoráveis ao consumo do biocombustível, em relação ao ano passado. Em 2023, a lista de estados com relações PE/PG mensais favoráveis ao consumo do biocombustível continha, a saber: SP, GO, MT, MS, MG e PR, que representavam, já em 2024, respectivamente, 37,6%, 17,5%, 15,2%, 11%, 9,1% e 3,0% da produção total, mais o Distrito Federal. Em 2024, essa lista passou a incluir também o Acre. Apesar de não possuir histórico de produção própria de etanol, a relação PE/PG favorável no estado da região Norte pode ser explicada pelo alto preço da gasolina praticado nos postos locais, tornando-o menos vantajoso, se comparado ao etanol.

Gráfico 26 - PE, PG e relação PE/PG mensal em 2024



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2024a)

3.2. ICMS nos combustíveis do ciclo Otto

A Lei Complementar nº 192/2022 e suas atualizações estabeleceram mudanças significativas na cobrança do ICMS sobre combustíveis, como a adoção de alíquotas uniformes – o chamado regime de tributação monofásica²⁹ - e fixas por unidade de medida (litro para o diesel, gasolina e etanol anidro; e quilograma para o GLP)³⁰ em todo o País. A partir de 2023, o Confaz passou a centralizar as decisões sobre essas alíquotas, resultando em aumentos ou estabilizações nos valores cobrados, especialmente sobre gasolina e etanol.

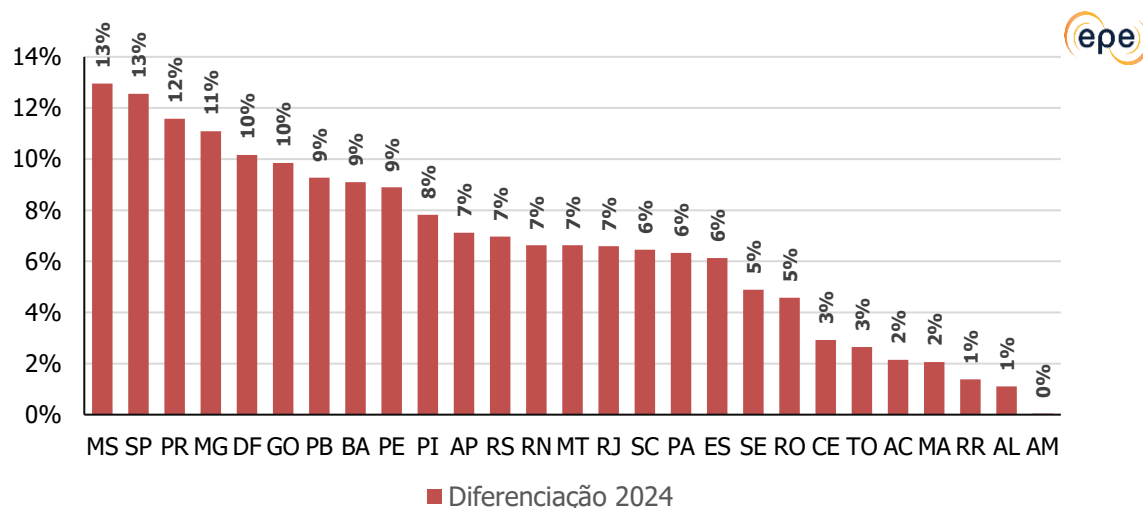
A partir de fevereiro de 2024, entraram em vigor novos reajustes nas alíquotas do ICMS, aprovados pelo Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz) em outubro de 2023: o ICMS da gasolina subiu R\$ 0,10 para R\$ 1,37 por litro, enquanto a do diesel aumentou R\$ 0,06, chegando a R\$ 1,06 por litro.

Quanto ao etanol, comparando-se valores do ano de 2024 com os valores de maio de 2023³¹, três estados apresentaram aumento no imposto sobre o biocombustível: Maranhão, Ceará e Minas Gerais, com crescimento na alíquota de 10%, 5% e 1,5%, respectivamente. O Rio Grande do Norte foi o único estado a reduzir a alíquota, e o fez em 1,7%, retornando à alíquota de 2022.

Por outro lado, a elevação do valor médio “ad rem” de ICMS sobre a gasolina C, de R\$ 1,22/litro em 2023 para R\$ 1,33/litro a partir de fevereiro de 2024, traduz-se em uma alíquota estimada maior para todos os estados e o Distrito Federal. Embora o etanol hidratado continue no regime “ad valorem”, calculando-se o imposto de forma isonômica, o valor médio correspondente ao ICMS “ad rem” sobre o biocombustível foi de R\$ 0,63/litro durante 2023 e de R\$ 0,75/litro durante 2024.

O Gráfico 27 traz a diferenciação das alíquotas “ad rem” sobre a gasolina e sobre o etanol, vigentes ao longo de 2024.

Gráfico 27 - Diferenciação Tributária - ICMS “ad rem” (*) (gasolina C x etanol hidratado) 2024



Note: (*) Valores “ad rem” de 2024 divididos pelos últimos PMPF da gasolina em maio de 2023 (trazidos para valores constantes de dezembro de 2024) e comparados com os valores de ICMS do etanol, obtidos de modo semelhante.

Fonte: (FECOMBUSTÍVEIS, 2024a) e (CONFAZ/MF, 2024a, 2024b)

²⁹ Monofasia tributária: incidência do tributo em uma única etapa da cadeia de combustíveis.

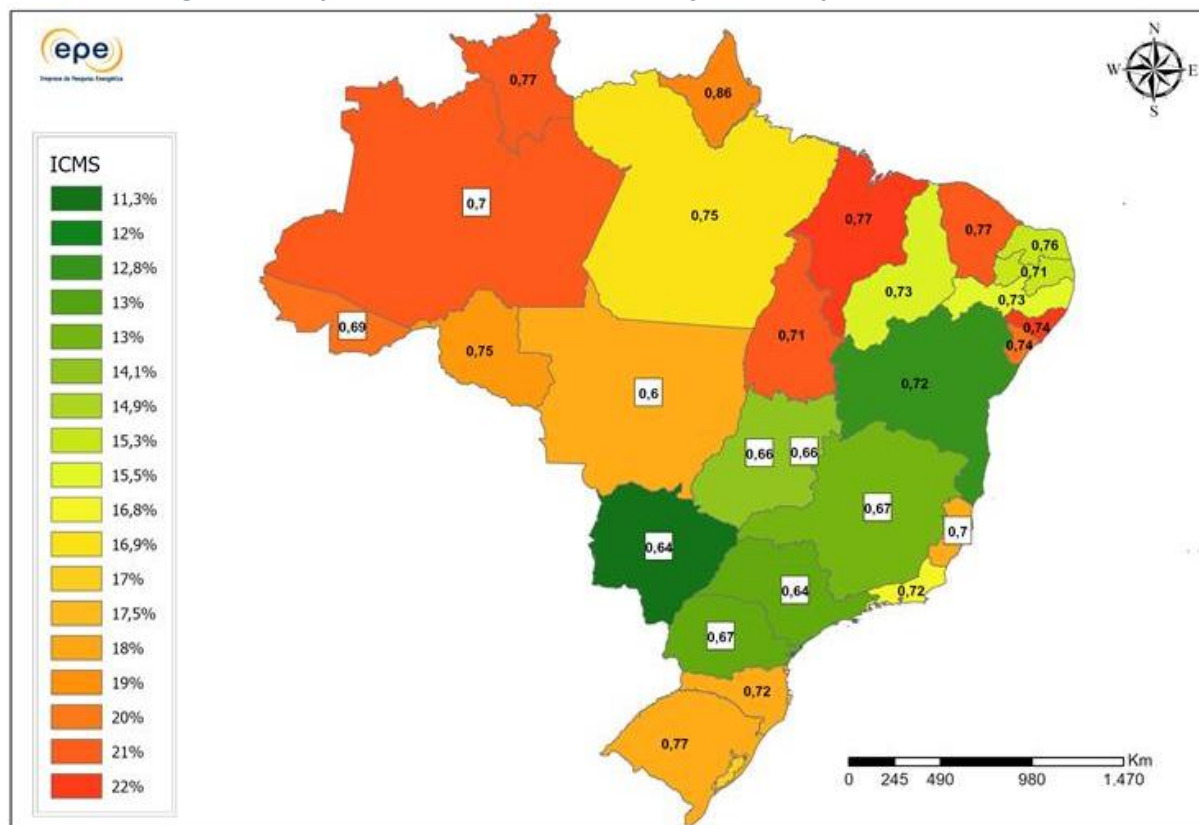
³⁰ Esta medida de incidência é chamada de alíquota *ad rem*. Previamente a esta lei, o modelo de recolhimento da alíquota era a *ad valorem*, um percentual sobre o preço médio de distribuição dos combustíveis nos postos.

³¹ É escolhida a data de maio de 2023 por conta do início da vigência da alíquota “ad rem” sobre a gasolina a partir de junho do mesmo ano, conforme exposto anteriormente.

A partir do Gráfico 27, nota-se que os três estados de maior diferenciação tributária³² entre etanol e gasolina consistem em São Paulo, Paraná e Minas Gerais, com diferenciais de alíquotas de 13%, 12% e 11%, respectivamente.

A Figura 1 ilustra a relação entre a taxação de ICMS e a competitividade do etanol hidratado nos estados brasileiros em 2024.

Figura 1 - Alíquota de ICMS do etanol e relação PE/PG por estado em 2024



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2024a) (CONFAZ/MF, 2024a), (FECOMBUSTÍVEIS, 2024a)

Em 2024, a relação média PE/PG para o Brasil foi de 65%. O estado de Mato Grosso apresentou uma razão média anual de 59%, permanecendo como a menor do País. Em São Paulo, maior produtor e consumidor³³, a relação média foi de 64% (a alíquota de ICMS para o etanol foi a terceira menor em âmbito nacional, 12%). Os estados menos competitivos são o Amapá, o Ceará e o Rio Grande do Sul, onde o preço do etanol hidratado atingiu, em média, 85,6%, 77,5% e 77% do preço da gasolina C, respectivamente. Nos três estados, o preço do derivado fóssil se manteve pouco acima daquele registrado pelo biocombustível em todos os meses do ano. O preço médio nacional de 2023 foi de R\$5,85, subindo para R\$6,06 em 2024. Já para o etanol, o preço médio geral foi de R\$3,98 em 2023, com um ligeiro declínio para R\$3,96 em 2024.

³² A periodicidade das alterações do PMPF (Preço Médio Ponderado ao Consumidor Final) se mantém com publicações quinzenais, excluindo os combustíveis gasolina C e diesel, cujo último PMPF foi publicado no final de maio de 2023, conforme (CONFAZ/MF, 2024b). O PMPF se mostra relevante por servir como base de cálculo do ICMS.

³³ São Paulo representou 37,6% da produção nacional do etanol (anidro e hidratado) e 45,2% do consumo brasileiro de anidro e hidratado em 2024 (MAPA, 2025).

Tópico especial sobre preços do etanol hidratado

Conforme destacado nas subseções sobre o ICMS, os tributos, bem como as margens de distribuição e revenda, representam componentes de destaque na formação do preço do EHC. A Figura 2 apresenta a formação de preços do etanol hidratado para o Brasil na média do ano de 2024.

Figura 2 - Formação de preço ao consumidor do etanol hidratado no Brasil em 2024.



Fonte: EPE a partir de ANP (2025c) e CEPEA/ESALQ (2025a).

A Figura 2 registra o preço médio do etanol hidratado para o mercado nacional, de R\$ 3,96/litro. A principal parcela desse preço é a do produtor, constituindo cerca de 55% do preço médio final, ou cerca de R\$ 2,18/litro. Os impostos federais (PIS e Cofins) e o imposto estadual (ICMS) constituíram, respectivamente, cerca de 5% e 14% do preço final, ou de R\$ 0,20/litro e R\$ 0,55/litro, na média nacional. Conforme anteriormente mostrado, a margem de distribuição e a margem de revenda representaram, respectivamente, 15% e 11% do preço médio final, isto é, R\$ 0,859 e R\$ 0,44 por litro. Comparativamente à estrutura de preços médios da gasolina comum, o etanol hidratado apresenta tributos federais e estadual menores (cerca de 19% para o etanol, comparado a cerca de 35% para a gasolina comum) e margens de revenda e distribuição maiores (aproximadamente 26% para o etanol, e cerca de 17% para o combustível fóssil). Finalmente, a parcela do produtor é maior para o etanol (55% vis-à-vis 35% para a gasolina comum), sendo que para a gasolina C ainda existe o componente da parcela de etanol anidro que representa cerca de 14% do preço final do derivado de petróleo (EPE, 2024; ANP, 2025c; PETROBRAS, 2025b; BRASIL, 2024b).

4. Capacidade de produção e infraestrutura de etanol

4.1. Capacidade produtiva

Em 2024, não houve implantação, reativação ou paralisação de usinas sucroenergéticas. Em dezembro, havia 337³⁴ instalações em operação, sendo 14 unidades produtoras de açúcar. A capacidade de moagem efetiva era de cerca de 758 milhões de toneladas. Com a moagem de 686 milhões de toneladas, a taxa de ocupação dessa indústria nesse ano foi de 91% dessa capacidade (ANP, 2025a; MAPA, 2025).

No que se refere ao etanol de milho, em 2024, havia 29 unidades em operação (sendo 18 *full* e 11 *flex*). A capacidade³⁵ total de processamento foi de 20,9 milhões de toneladas por ano e a de produção de etanol de 10,6 bilhões de litros. Ocorreram seis implantações, sendo quatro novas unidades *full* e duas ampliações de unidades para *flex*, nesse ano (ANP, 2025a). As instalações concentram-se no Centro-Oeste, sendo 55% localizadas no Mato Grosso, 24% em Goiás e 10% no Mato Grosso do Sul. O Nordeste possui duas unidades em operação, a instalação de Coruripe foi implementada em 2024, enquanto a de Balsas entrou em operação no início de 2025. Existe a perspectiva de que a produção do etanol de milho avance para as regiões Norte e Nordeste do País, sendo corroborada pelos processos de autorização de operação de produção em andamento na ANP (ANP, 2025a).

Além desses insumos, existem três unidades³⁶ que processam cereais e soja e, ainda, oito de arroz e outras matérias-primas não especificadas, em geral com capacidade menor ou igual que 10 m³/dia, utilizados para a produção do etanol. Dessa forma, com base nas indicações acima, totaliza-se 366 unidades produtoras em dezembro de 2024 (ANP, 2025a, 2025b; MAPA, 2025).

O Gráfico 28 mostra o fluxo de unidades produtoras de etanol entre 2005 e 2024³⁷. Em relação às usinas de cana, muitas entraram em operação entre 2005 e 2010, entretanto, diversas paralisaram suas atividades até 2017. Desde então, houve a reativação de algumas unidades e apenas duas implantações em 2023. Estima-se que a capacidade nominal de moagem de cana tenha aumentado cerca de 143 milhões de toneladas em todo o período, considerando as unidades implantadas, desativadas e reativadas. A entrada das usinas de etanol de milho iniciou em 2012 e desde 2023 observa-se um movimento crescente na implementação de novas unidades a partir desta matéria-prima com predominância do tipo *full*, tornando-se relevante para a capacidade nacional. Mais recentemente, projetos que utilizam outros cereais, como o trigo, sorgo e a soja têm se apresentado como mais uma opção para a oferta do biocombustível, sendo essas unidades de menor porte.

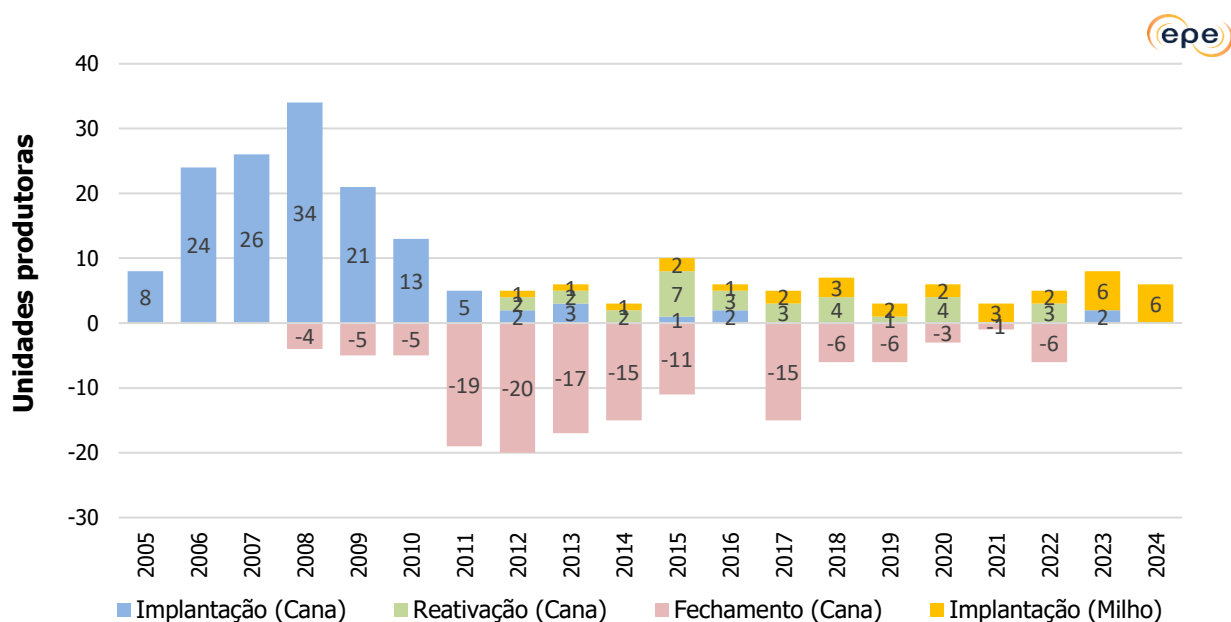
³⁴ Nesse total, estão incluídas as unidades de etanol de milho *flex* e quatro unidades produtoras de aguardente e/ou etanol para outros usos. Não estão contempladas as usinas de etanol não derivados de cana e aquelas que paralisaram e retornaram suas atividades no mesmo ano.

³⁵ Nesse total, estão incluídas as unidades de etanol de milho *flex*. Ressalta-se que suas capacidades de produção de etanol e de processamento de milho são contabilizadas junto com as de milho *full*. Considera-se uma safra de 155 dias para as *flex*, quando utilizam apenas o grão.

³⁶ Com capacidade de produção de etanol de 31,4 milhões de litros por ano.

³⁷ A atualização da série histórica foi feita a partir de bases de dados da ANP e do MAPA, sites de empresas e artigos científicos. As usinas produtoras de etanol combustível cujas autorizações de operação foram revogadas pela ANP, e aquelas que possuem autorização vigente, mas publicaram informações nas mídias acerca da interrupção de suas atividades foram classificadas como paradas, com exceção da GranBio e Costa Pinto (Raízen), podendo vir a ser reativadas caso retomem a operação.

Gráfico 28 - Fluxo de usinas de etanol de cana e milho no Brasil

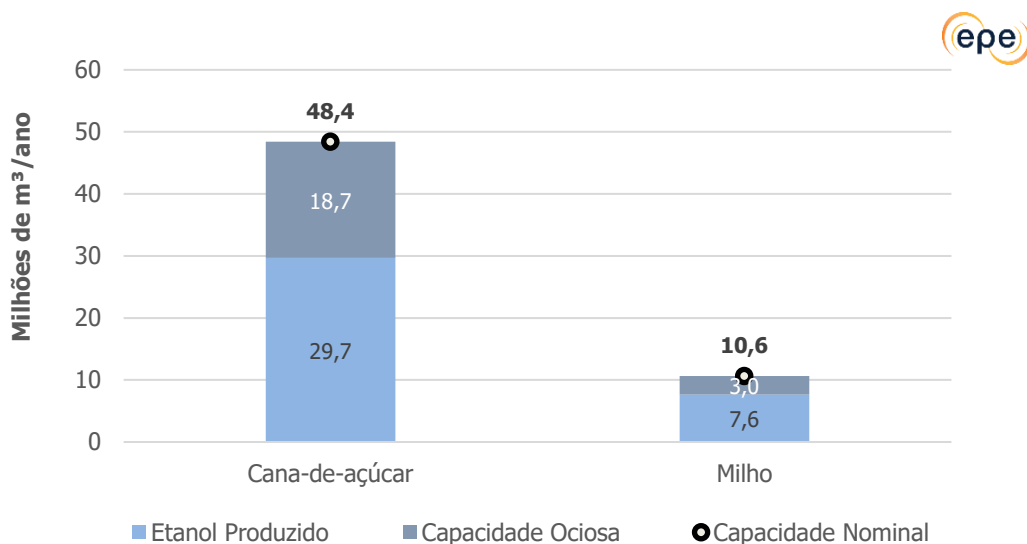


Nota: Unidades que usam soja e outros cereais como matéria-prima estão contabilizadas junto com as de milho.

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

O Gráfico 30 apresenta a capacidade nominal das instalações produtoras de etanol referente ao ano de 2024, assim como a produção realizada de etanol (hidratado e anidro) e a capacidade excedente para o mesmo período³⁸. As unidades produtoras de etanol, considerando cana e milho conjuntamente, apresentaram uma ociosidade de 37%. Adiciona-se que, para o caso da cana, há também a destinação da matéria-prima para a produção de açúcar, o que influencia na disponibilidade para a produção do biocombustível (ANP, 2025a, 2025b; MAPA, 2025; UNICA, 2025).

Gráfico 29 - Produção, capacidade excedente e nominal de etanol em 2024

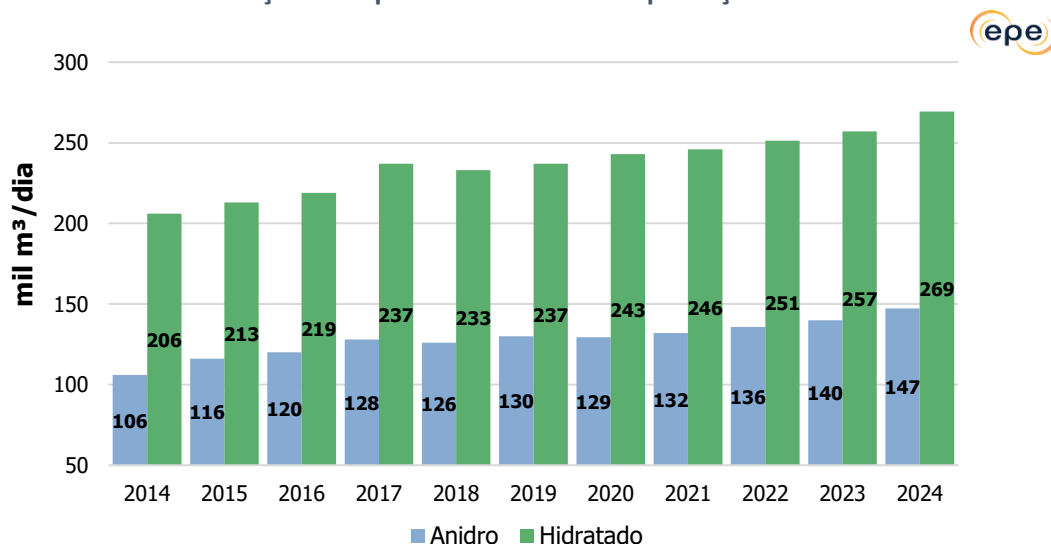


Fonte: EPE a partir de (ANP, 2025a, 2025b; MAPA, 2025; UNICA, 2025)

³⁸ Existem 11 unidades produtoras de etanol a partir de outras matérias-primas, distintas de cana-de-açúcar e milho/sorgo, responsáveis por aproximadamente 1% da capacidade nominal de toda produção de etanol, que produziram 27% de suas respectivas capacidades instaladas em 2024 (ANP, 2025a, 2025b).

Adicionalmente, havia 26 solicitações³⁹ para construção de novas usinas, que adicionarão uma capacidade de 13,3 mil m³/dia de anidro e 15,2 mil m³/dia de hidratado. Existiam, ainda, 39 unidades com indicação de ampliação da capacidade de produção desses biocombustíveis (ANP, 2025a). O Gráfico 30 apresenta a evolução da capacidade instalada de produção de etanol no Brasil desde 2014, no qual observa-se um incremento de 63 mil m³/dia para o hidratado e 41 mil m³/dia para o anidro.

Gráfico 30 - Evolução da capacidade instalada de produção de etanol no Brasil



Nota: Os dados foram extraídos a partir das capacidades diárias dos produtores de etanol autorizados pela ANP.

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2025a).

O MAPA realiza o controle das unidades do setor sucroenergético que estão em operação, inclusive as usinas dedicadas à produção de açúcar. Já a ANP controla as unidades que estão aptas a comercializarem o etanol anidro e hidratado, mesmo que não estejam em operação em uma determinada data. As divergências entre os relatórios das duas entidades devem-se aos diferentes objetivos almejados.

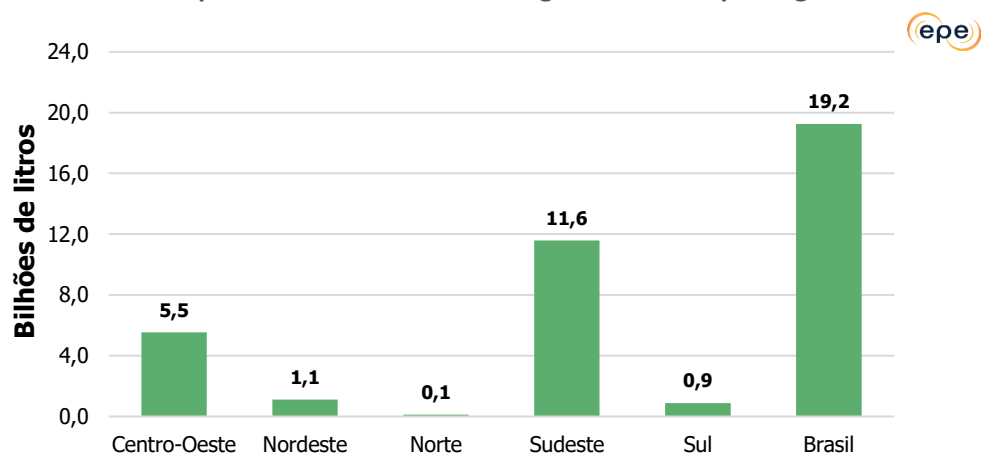
4.2. Tancagem

Em 2024, o Brasil registrou uma capacidade de tancagem⁴⁰ de etanol de 19,2 bilhões de litros e dentre as regiões, destaca-se a Sudeste com 11,6 bilhões de litros (60%), o que mostra conformidade com os maiores volumes produzidos e consumidos por ela (ANP, 2025a). O Gráfico 31 apresenta a capacidade brasileira de tancagem por tipo de etanol e por região.

³⁹ As autorizações contemplam unidades de etanol de cana (cinco, sendo que duas já operam produzindo açúcar, etanol para outros e/ou aguardente), milho/sorgo (dezoito), trigo (uma), cereais (uma) e batata-doce (uma) (ANP, 2025a).

⁴⁰ Em 2024, a tancagem indicada pela ANP não tinha a segregação entre etanol hidratado, anidro e outros álcoois.

Gráfico 31 - Capacidade brasileira de tancagem de etanol por região em 2024



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2025a).

4.3. Dutos

A maior parte da distribuição de etanol no Brasil é feita pelo modo rodoviário. No entanto, existem alternativas de transporte com menor emissão de gases de efeito estufa por volume transportado, como os modos dutoviário e ferroviário. A Figura 3 apresenta o sistema integrado de logística para o etanol da Logum, que consiste em polidutos próprios e a utilização de existentes, cuja extensão atual é de aproximadamente 1.100 km⁴¹, com capacidade anual máxima de transporte de até 9 bilhões de litros de etanol (LOGUM, 2025a).

Figura 3 - Sistema integrado de logística para o etanol



Fonte: (LOGUM, 2025a)

Os trechos dos dutos que se encontram em operação são:

- i. Próprios: Ribeirão Preto (SP) – Paulínia (capacidade operacional de 2,8 bilhões de litros/ano); Uberaba (MG) – Ribeirão Preto (SP) (capacidade operacional de 1,8 bilhão de litros/ano), e Guararema (SP) – Guarulhos (SP) - São Caetano do Sul (SP) – São José dos Campos;
- ii. Subcontratados: Paulínia (SP) – Barueri (SP); Paulínia (SP) – Rio de Janeiro (RJ).

⁴¹ O projeto inicial da Logum contemplava a expansão até o porto de Santos, e um total de 1.400 km de dutos. Contudo, não há informações sobre essa ampliação.

A capacidade de armazenamento dos tanques (volume útil) nos terminais operacionais do sistema é de 617 milhões de litros. Em 2024, o volume de etanol movimentado foi de 5,0 bilhões de litros, 16,3% a mais do que no ano anterior (LOGUM, 2025b).

A Logum concluiu em julho de 2023 a principal etapa da expansão entre Guararema e de São José dos Campos, para atender ao Vale do Paraíba e ao litoral norte de São Paulo. A companhia espera movimentar até 9 bilhões de litros de etanol ao ano até 2030, com seu sistema operacional operando plenamente e implantação de melhorias (UDOP, 2023).

4.4. Portos

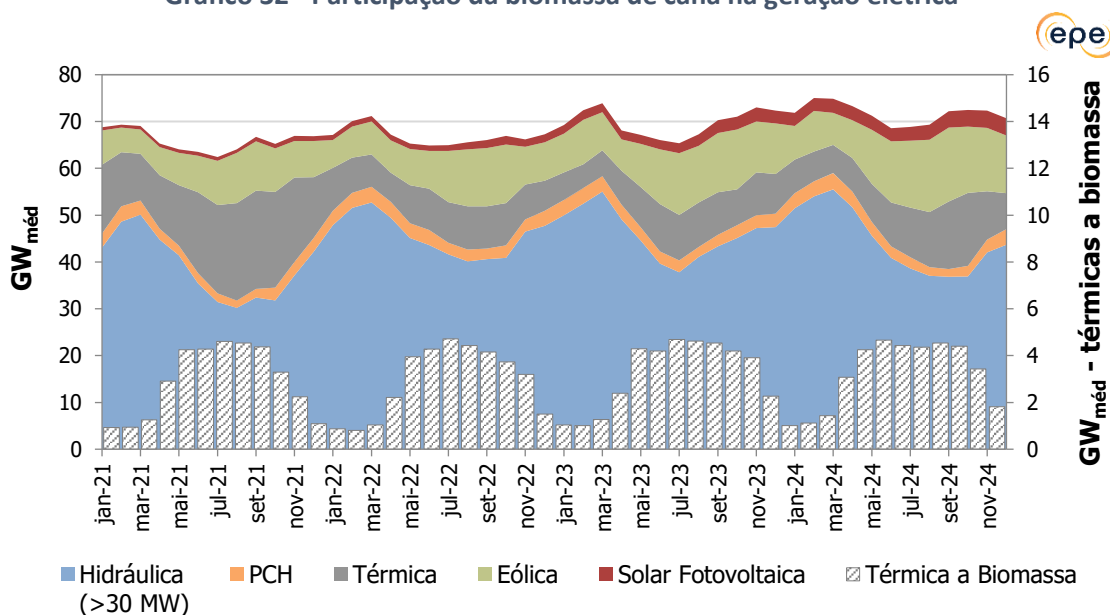
Em 2024 as transações internacionais de etanol brasileiro se deram majoritariamente por via marítima (99,7% do exportado e 98,4% do importado). O Porto de Santos – SP representou 94,7% dos volumes exportados, seguido pelo de Paranaguá – PR, com 3,7%, e Rio de Janeiro – RJ, 1,5%. O Porto de São Luís – MA (59,0%) foi a principal porta de entrada do etanol importado seguido pelo Porto de Suape – PE (34,9%) (MDIC, 2025a).

5. Bioeletricidade

A geração térmica a partir da biomassa ocupa papel importante no panorama energético nacional. Em 2024, verificou-se a manutenção do montante ofertado em comparação a 2023. O bagaço de cana continua sendo o combustível mais utilizado na exportação de energia para o Sistema Interligado Nacional (SIN), com 75,0%, seguido de licor negro proveniente da indústria de papel e celulose, com 18,1%, e biogás de resíduos urbanos com 3,1%, conforme será descrito no item 5.2.

Em 2024, a participação da energia exportada da cana-de-açúcar na matriz elétrica nacional foi de 3,4%, registrando pequena retração em relação ao ano anterior. As usinas sucroenergéticas injetaram no SIN 2,4 GW_{méd}, mantendo-se no patamar de 2023. O Gráfico 32 apresenta a participação sazonal da biomassa de cana na geração elétrica em 2021/2024. Nota-se a complementariedade com a fonte hídrica, uma vez que o aumento da geração da bioeletricidade ocorre durante a safra, período concomitante ao da estiagem (CCEE, 2025).

Gráfico 32 - Participação da biomassa de cana na geração elétrica



Fonte: EPE a partir de-CCEE (2024a).

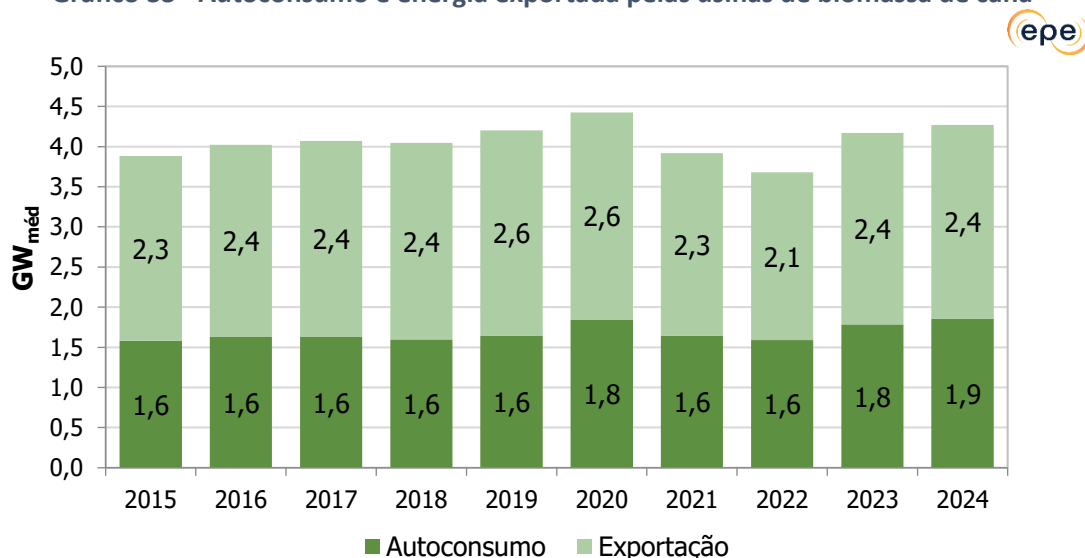
5.1. Exportação e comercialização de energia

Além da autossuficiência energética, as usinas de biomassa de cana se caracterizam pela oferta de energia ao SIN⁴². De acordo com o Gráfico 33, a geração de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar manteve-se no patamar de 2023, se aproximando aos valores de geração observada ao período anterior de 2016 a 2018, ainda ligeiramente inferiores os valores observados entre 2019 e 2020. A parcela relativa ao autoconsumo em 2024 apresentou o maior patamar do período estudado,

⁴² As usinas do setor sucroenergético comercializam energia elétrica nos Ambientes de Contratação Regulada (ACR) e Livre (ACL). No ACR, estão concentradas as operações de compra e venda de energia, por meio de licitações em que ocorrem os leilões de energia nova, de reserva (LER) e os de fontes alternativas (LFA). O modelo dos leilões foi estruturado de forma a assegurar maior transparência e competição na comercialização de energia. No ACL, atuam os agentes de geração, de comercialização, de importação, de exportação e os consumidores livres, em contratos bilaterais de compra e venda de energia livremente negociados, não sendo permitida às distribuidoras a aquisição de energia neste mercado. Além disso, há o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), criado em 2004 (CCEE, 2024a) (ELETROBRÁS, 2018).

ocasionado pelo alto montante de cana-de-açúcar produzido na safra 2023/2024, promovendo maior processamento ao fim da safra para a produção de açúcar e recorde de etanol.

Gráfico 33 - Autoconsumo e energia exportada pelas usinas de biomassa de cana



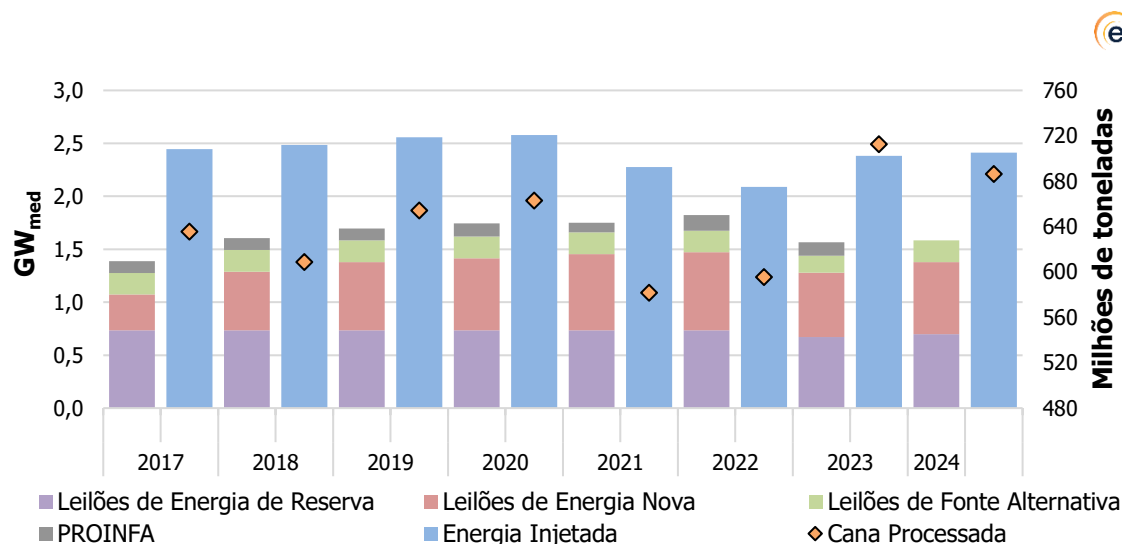
Fonte: EPE a partir de CCEE (2024a); EPE (2024a).

Dentre as 337 usinas a biomassa de cana-de-açúcar em operação em 2024, 266 comercializaram eletricidade, dezessete usinas a mais do que no ano anterior. Das que exportam energia para o SIN, parte atua exclusivamente no ACL (58%) ou no ACR (4%) e o restante (38%) vende em ambos os ambientes de contratação. Mais uma vez se observa a preferência pela comercialização da energia das usinas no ACL. Assim como nos últimos anos, observou-se reduzida negociação no ACR, especialmente pela baixa demanda das distribuidoras. As novas características do modelo de comercialização de energia têm se pautado na realização de leilões de capacidade e reserva, perfil que não favorece às usinas de bioeletricidade de cana. Um dos principais fatores que podem explicar este movimento é o aumento na geração distribuída, capacidade de despacho das usinas e da participação do ACL no conjunto de consumidores.

O modelo de negócios anteriormente predominante no setor elétrico estava pautado em grande parte na realização de leilões centralizados de energia. Com a finalidade de aumentar a competitividade das fontes derivadas da biomassa e estimular o crescimento da bioeletricidade na matriz elétrica brasileira, o governo federal promoveu a criação de mecanismos regulatórios e políticas de incentivo, como os leilões específicos. Em 2008, foi realizado o primeiro leilão de energia de reserva (LER 2008), voltado exclusivamente à biomassa. Nesta ocasião, foram contratados mais de 590 MW_{méd}, máximo valor registrado, com início de operação programado para os anos de 2009 e 2012.

Até outubro de 2024, as usinas sucroenergéticas possuíam contratos da ordem de 1,7 GW_{méd}. Houve pequenos acréscimos de energia da biomassa nos certames ocorridos nos anos de 2021 e 2022. Para o ano de 2024, não houve certames para aquisição de energia nova no mercado regulado (CCEE, 2024a). O Gráfico 34 destaca o montante exportado para o SIN (ACR e ACL) dessas unidades, o total contratado por modalidade via leilões de energia e a cana processada nos últimos anos. Observa-se que, em 2024, houve diminuição de 3,7% da quantidade de cana processada, cujos detalhes encontram-se no Capítulo 1 desta publicação. Ocorreu também crescimento de 1,2% da injeção no SIN, mantendo a relevância da participação da biomassa na matriz elétrica.

Gráfico 34 - Histórico de energia exportada para o SIN e cana processada



Fonte: EPE a partir de-CCEE (2024a); MAPA (2024).

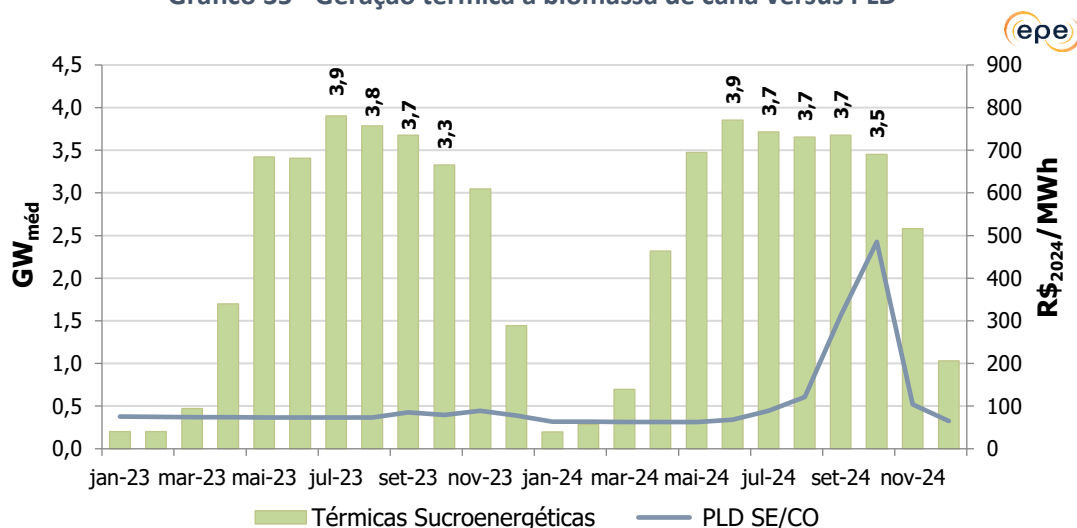
Em 2024, foi possível observar um aumento da participação das térmicas no atendimento da carga, comparado com 2023 (CCEE 2024a). Apesar do aumento da participação eólica (16,3% do total), o cenário hídrico desfavorável, representando cerca de 61,8% da geração elétrica e o aumento da necessidade de despacho por térmicas no período, contribuíram para esse resultado.

O Gráfico 35 ilustra a injeção mensal de energia no SIN pelas térmicas a biomassa de cana versus o preço do PLD (Preço de Liquidação das Diferenças⁴³). No período observado houve uma variação considerável no preço do PLD, mudança ocasionada pelos impactos climáticos que ocorreram durante o ano de 2024 (como as enchentes no Rio Grande do Sul que impactaram na geração e transmissão de eletricidade e o aumento da demanda devido a ondas de calor intensas e frequentes) e pelo aumento da necessidade de despacho pelas usinas térmicas, que possuem um custo maior, ocasionado pela menor disponibilidade hídrica impactado pela diminuição de chuvas em bacias importantes. O aumento de oferta de fontes renováveis como eólica e fotovoltaica não foi suficiente para suprir integralmente a redução de oferta hídrica e aumento de demanda, a intermitência dessas fontes exigem flexibilidade do sistema. Ao final de 2023 entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 1.078/2023 (ANEEL.2025), que visa maior transparência, atualizações mais frequentes e maior detalhamento nos sistemas de despacho e precificação, essa resolução pode ter contribuído para um valor de PLD mais dinâmico durante o ano de 2024. Este movimento observado em 2024 se difere ao observado em 2023, quando o valor do PLD não acompanhou a sazonalidade da geração térmica a biomassa. Os valores estipulados pela CCEE para o PLD no ano de 2024 foram de R\$716,80/MWh como limite superior e R\$ 61,07/MWh para o valor inferior (aumento de 4,7% no limite superior e diminuição de 11,5%, para o limite inferior)⁴⁴ (CCEE. 2024b).

⁴³ Atualizado semanalmente, este parâmetro tem por objetivo encontrar a solução ótima de equilíbrio entre o benefício presente do uso da água e o benefício futuro de seu armazenamento, medido em termos da economia esperada pelo uso dos combustíveis nas usinas termelétricas.

⁴⁴ Os valores limítrofes para o PLD definidos para o ano de 2025 foram de R\$751,73/MWh e R\$58,60/MWh, um aumento de 4,9% e retração de 4,0%, respectivamente, em relação ao ano anterior. Registra-se quem em 2024 o PLD máximo horário de R\$1.470,57/MWh, 4,7% superior ao registrado em 2023. Para 2025, o máximo valor horário para este indicador é de R\$1.542,23 (ANEEL, 2025) (CCEE, 2024b).

Gráfico 35 - Geração térmica a biomassa de cana versus PLD



Nota: O PLD é calculado para os submercados N, NE, S, SE/CO. Neste gráfico, o valor utilizado para comparação do submercado é o referente a SE/CO.

Fonte: EPE a partir de CCEE (2024b).

As unidades apresentavam um movimento histórico de eficientização de exportação de energia elétrica por tonelada de cana processada, embora tenha se notado uma estagnação recente. Alguns fatores explicam este movimento, e reflexos deste comportamento podem estar relacionados aos montantes financiados por meio das linhas de financiamento do BNDES. Os valores requisitados pelas usinas por meio deste banco para a bioeletricidade têm sido baixos nos últimos anos, sendo de R\$ 32,9 milhões em 2024, uma diminuição de 7,5% em relação a 2023.

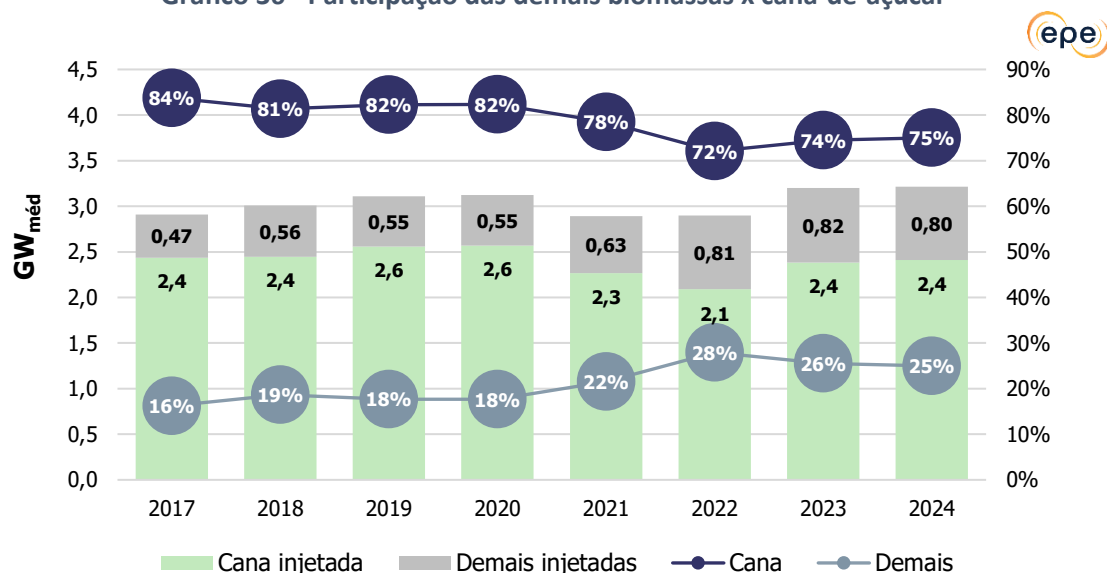
5.2. Bioeletricidade de outras biomassas

O último biênio apresentou aumento da exportação de energia elétrica proveniente da biomassa, impactada principalmente pela elevação de exportação do setor sucroenergético. Em 2024, além dos já mencionados subprodutos da cana-de-açúcar, foram injetados 802 MW_{méd} gerados em empreendimentos que utilizam como combustível insumos provenientes de outras fontes de biomassa, animal ou vegetal, apresentando pequena queda de 2,2% em relação a 2023.

A geração através destas outras biomassas (exclusive cana) representou 1,1% da matriz elétrica em 2024. Destacam-se mais uma vez, a maior participação do licor negro (583,1 MW_{méd}, 73%), em grande parte impulsionado pelo crescimento de produção do setor de celulose nos cinco últimos anos, o biogás (100,73 MW_{méd}, 13,6%) e os resíduos florestais (50,2 MW_{méd}, 6,3%). Com menor participação, contribuem o capim elefante, carvão vegetal, casca de arroz, gás de auto forno e lenha.

Em 2024, a participação dessas fontes na composição total da energia exportada pelas biomassas no SIN foi de 25%, uma diminuição de 2,2% em relação ao ano anterior. Embora sua contribuição tenha diminuído em relação a 2023, nos últimos 5 anos foram adicionados cerca de 3,6 GW_{méd}, conforme ilustra o Gráfico 36.

Gráfico 36 - Participação das demais biomassas x cana-de-açúcar



Fonte: EPE a partir de-CCEE (2024a).

Diferentemente da cana-de-açúcar, que tem uma sazonalidade bem definida, e consequentemente uma variação elevada da energia exportada para o *grid*, a geração proveniente das demais biomassas pode-se dizer mais controlável e determinística, devido, principalmente, à possibilidade de estocagem do combustível⁴⁵. Note-se que este é um atributo importante para o setor elétrico, contribuindo para o aumento da segurança energética e confiabilidade sistêmica, em um momento de grandes desafios e mudanças estruturais que vêm ocorrendo no parque gerador.

⁴⁵ Usinas de milho dedicadas tendem a utilizar biomassa vegetal como fonte de energia para sua produção de etanol. Usinas flex, que também produzem etanol de cana-de-açúcar, tem como fonte o bagaço (FAVA-NEVES, 2021).

6. Biodiesel

A Lei nº 11.097/2005 apresenta uma definição ampla para o biodiesel, como sendo qualquer combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores do ciclo Diesel (BRASIL, 2005). Atualmente, encontra-se em vigor a Resolução ANP nº 920/2023, que define a especificação do biocombustível como sendo composto por uma mistura de ésteres de ácidos graxos (ANP, 2023).

Em 2024, foram consumidos 9,1 bilhões de litros de biodiesel no Brasil, aumento de 20,9% em relação a 2023. O percentual de adição obrigatória do biodiesel à mistura com o diesel fóssil iniciou o ano em 12 % em volume (B12), aumentou para 14% em março, mantendo-se neste patamar até o fim do ano (CNPE, 2023).

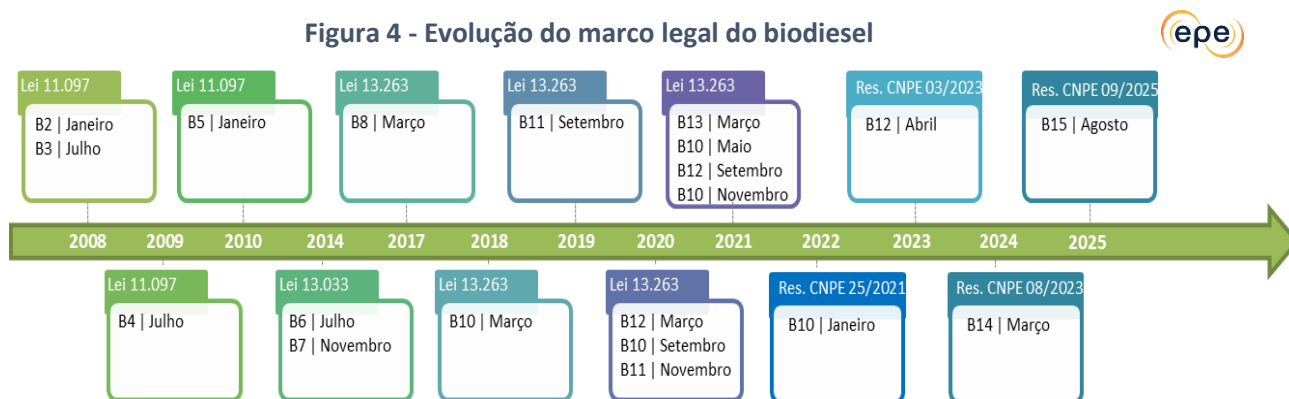
Desde o início do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) em 2005, já foram produzidos mais de 76,6 bilhões de litros deste biocombustível. Comparativamente, o Brasil continua entre os três maiores produtores e consumidores de biodiesel no *ranking* internacional. O setor nacional de biodiesel registrou um total de 58 usinas produtoras em dezembro de 2024, mantendo a concentração nas regiões Centro-Oeste e Sul do País (ANP, 2025c).

6.1. Evolução do marco regulatório do biodiesel

Desde que foi instituído o uso obrigatório do biodiesel na mistura com o diesel fóssil, por meio da Lei nº 11.097/2005, observou-se uma rápida evolução para a adição do biocombustível em maiores teores (BRASIL, 2005). O valor inicial foi fixado em 2% em volume, em 2008, alcançando 5% já em 2010, quando o previsto originalmente ocorreria somente em 2013. Nos anos subsequentes, houve a elevação gradual dos percentuais mínimos obrigatórios no diesel B.

Em março de 2023, a Resolução CNPE nº3/2023 modificou o percentual para 12% a partir do mês de abril de 2023. Em 19 de dezembro deste mesmo ano, a Resolução CNPE nº8 alterou a evolução do percentual de mistura de biodiesel no diesel B estabelecendo o percentual de 14%, a partir de março de 2024, e de 15%, a partir de 1º março de 2025. Porém, a Resolução CNPE nº6 de fevereiro de 2025 suspendeu temporariamente a elevação para o teor de 15%, mantendo o percentual em 14%. Em 25 de junho de 2025, a Resolução CNPE nº 9 estabeleceu o percentual de 15% a partir de 1º de agosto desse ano. A evolução dos teores de adição obrigatória de biodiesel ao diesel fóssil está detalhada na Figura 4.

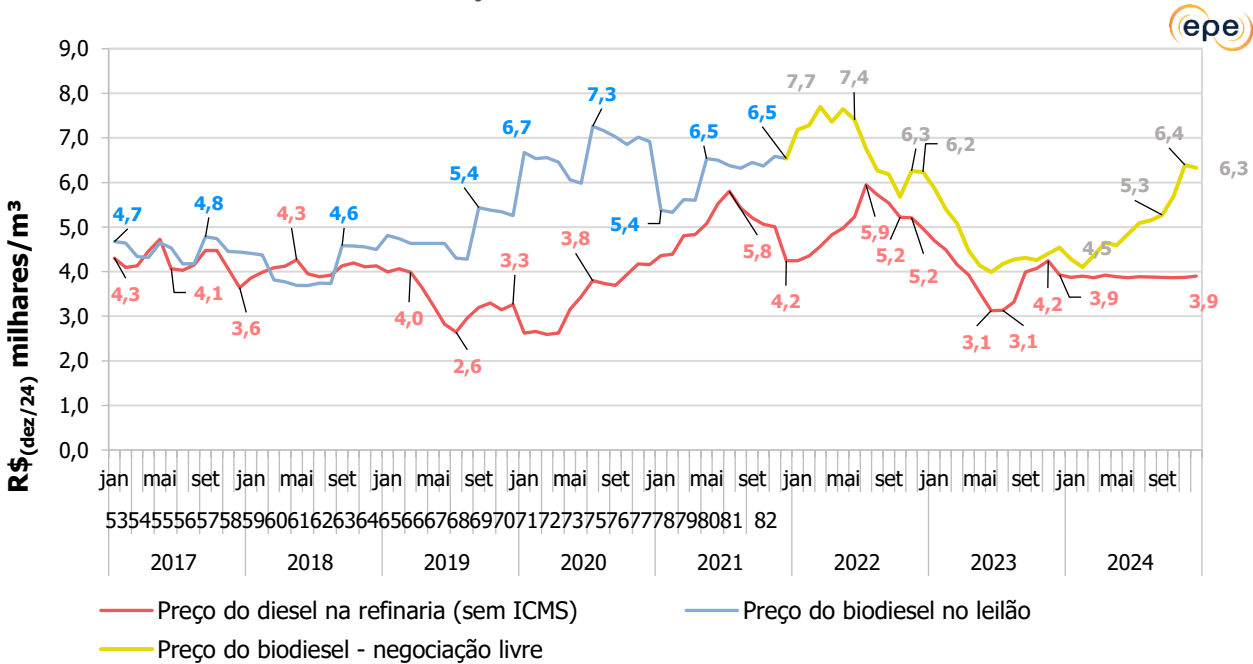
Figura 4 - Evolução do marco legal do biodiesel



Fonte: Elaboração própria

Desde 2007 até o fim do ano de 2021, a comercialização do biodiesel ocorreu por meio de leilões públicos organizados pela ANP. A partir de janeiro de 2022, a sistemática de comercialização deste biocombustível no mercado nacional foi alterada, por meio da Resolução CNPE nº 14/2020. O normativo definiu que não haveria mais leilões de biodiesel, sendo que a comercialização se daria diretamente entre produtores e distribuidores (CNPE, 2020), cuja relação está regulamentada na Resolução ANP nº 857/21 (ANP, 2021a). O Gráfico 37 apresenta os preços médios do biodiesel e do diesel A, este último estável em 2024 no mercado doméstico, assim como no mercado internacional.

Gráfico 37 - Preços médios - biodiesel e diesel sem ICMS



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2024b)

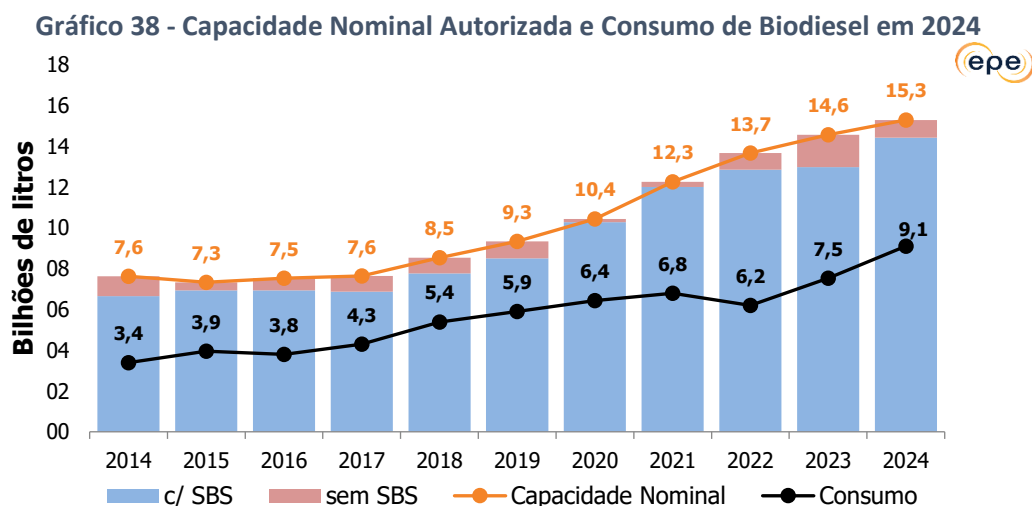
A Resolução CNPE nº3/ 2015 definiu as diretrizes para autorizar a comercialização e o uso voluntário de biodiesel, em quantidade superior ao percentual de sua adição obrigatória ao óleo diesel⁴⁶. Essas regras para o biodiesel autorizativo têm como objetivo aproveitar e estimular as condições que podem torná-lo competitivo frente ao óleo diesel, principalmente em regiões distantes de refinarias de petróleo e com abundância de capacidade produtiva.

Com o objetivo de descarbonizar suas operações logísticas, algumas empresas têm utilizado o biodiesel puro (B100) como substituto ao diesel fóssil, tanto em caminhões da frota própria (BIODIESELBR, 2024a, 2024b) como em embarcações fluviais (ANP, 2024b). Há também iniciativas para o uso do biocombustível no transporte marítimo adicionado a combustíveis fósseis (BIODIESELBR, 2024c).

⁴⁶ Os percentuais máximos, em volume, de adição de biodiesel ao óleo diesel são: 20% em frotas cativas ou consumidores rodoviários atendidos por ponto de abastecimento; 30% no transporte ferroviário; 30% no uso agrícola e industrial; e 100% no uso experimental, específico ou em demais aplicações (CNPE, 2015).

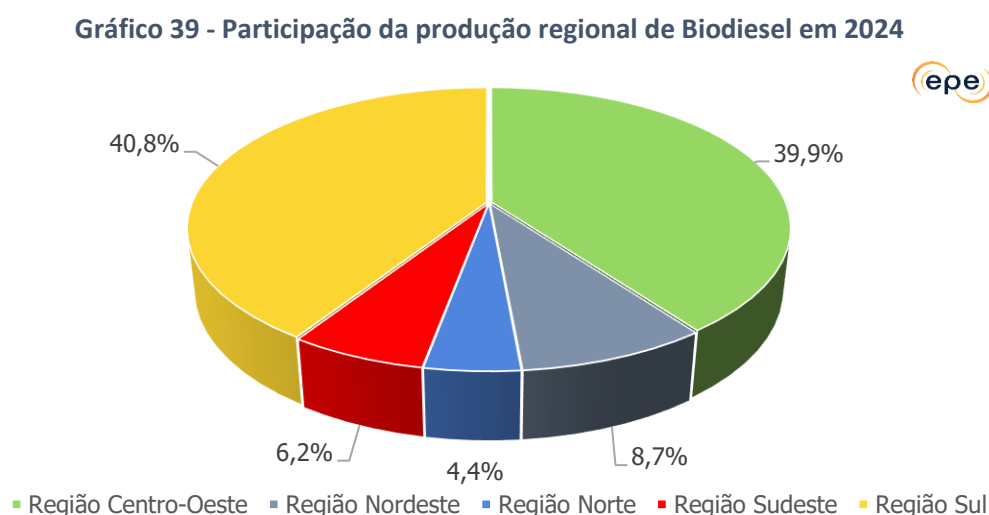
6.2. Capacidade instalada e produção regional

Segundo dados da ANP, em dezembro de 2024, a capacidade instalada correspondeu a 15,3 bilhões de litros, dividida entre as 58 usinas produtoras autorizadas, sendo que 55 detinham o Selo Biocombustível Social (SBS⁴⁷)(MDA, 2025). O Gráfico 38 apresenta a capacidade autorizada anual, com distinção para as usinas que possuem o SBS, assim como o consumo anual, demonstrando o efeito de sobre capacidade desde 2008 (ANP, 2025c). Observa-se que o consumo deste biocombustível, em 2024, correspondeu a 59,5 % da capacidade instalada no País.



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2025c; EPE, 2024c)

A disponibilidade das principais matérias-primas, soja, materiais graxos e sebo bovino, nas regiões Sul e Centro Oeste, faz com que essas regiões sejam as maiores produtoras de biodiesel. Em contraste, o maior consumo se concentra na região Sudeste. O Gráfico 39 apresenta a produção regionalizada de biodiesel em 2024, com maior concentração da produção nas regiões e Sul (40,8 %) Centro-Oeste (39,9 %) do País.



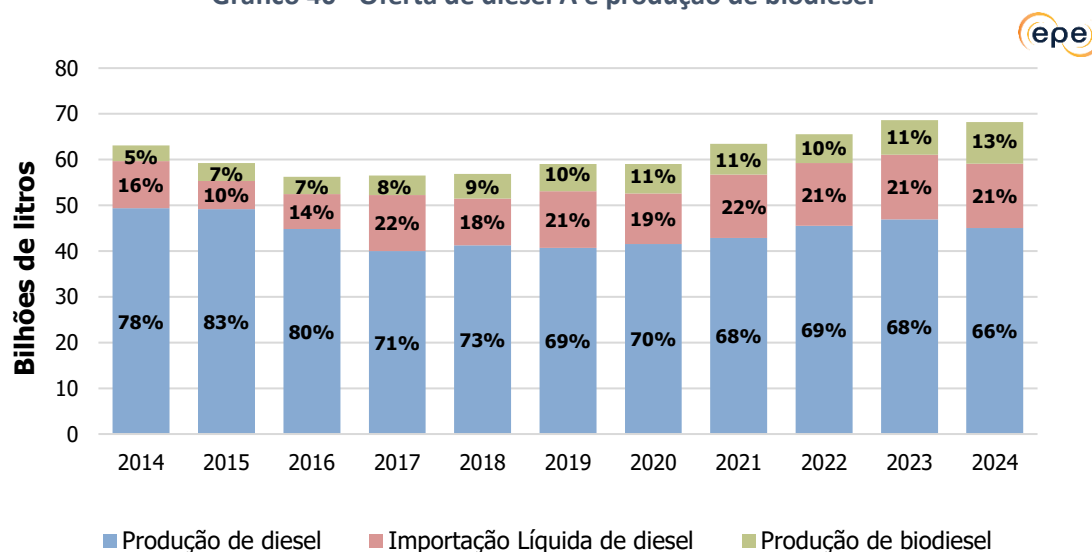
Fonte: EPE a partir de (ANP, 2025d)

⁴⁷ O SBS é uma distinção conferida às empresas produtoras de biodiesel que utilizam, em sua cadeia produtiva, produtos oriundos da agricultura familiar. O objetivo é a garantia de renda e estímulo à inclusão social das famílias produtoras. As empresas produtoras de biodiesel e detentoras do SBS são beneficiadas com o acesso a melhores condições de financiamento junto às instituições financeiras.

O panorama observado acima pode vir a se modificar nos próximos anos em função das propostas da Resolução CNPE nº 03/2023 (CNPE, 2023), sendo uma delas a que estabelece “ como critério adicional para manutenção do direito de uso do Selo Biocombustível Social, para cada produtor de biodiesel, o percentual mínimo do valor efetivo destinado ao fomento e aquisições no âmbito do SBS para as Regiões Norte, Nordeste e Semiárido: I - 10% em 2024; II - 15% em 2025; e III - 20% a partir de 2026”. Esses percentuais se referem aos totais despendidos por cada produtor nos respectivos anos.

Em relação a 2023, ocorreu uma queda na produção de diesel A pelo parque nacional em 4,0 % e redução de 0,6% na importação líquida. Verifica-se, ainda, que a produção do biocombustível teve um aumento de 20,9% em relação ao ano anterior, em consequência do aumento do percentual mandatório. O Gráfico 40 mostra a evolução da produção e importação de diesel A e a oferta de biodiesel.

Gráfico 40 - Oferta de diesel A e produção de biodiesel

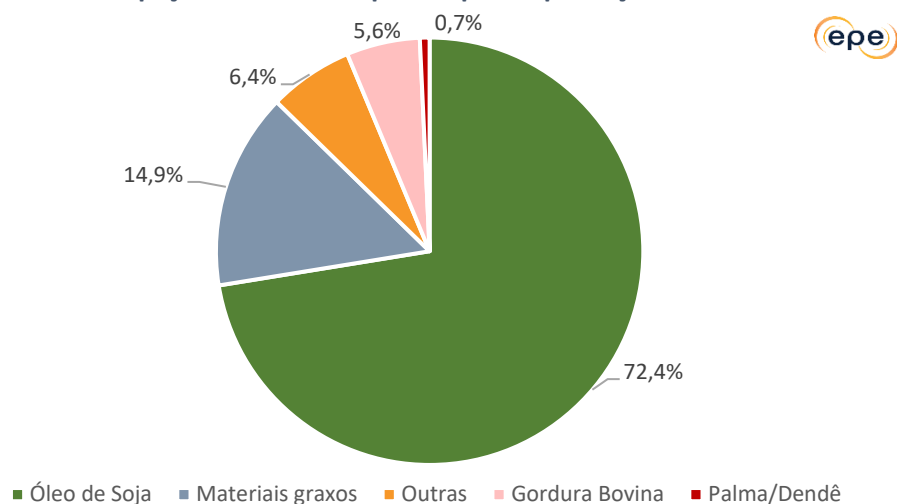


Fonte: EPE, a partir de (EPE, 2024b)

6.3. Matéria-prima para o biodiesel

Conforme pode ser visto pelo Gráfico 41, o óleo de soja figurou como o insumo mais importante para a produção de biodiesel no ano 2024, totalizando 7,2 bilhões de litros (um aumento de 38,5% em relação ao ano anterior), e correspondendo a 72,4% do volume produzido. Em seguida, destacam-se os “materiais graxos” com participação de 14,9%, enquanto o sebo bovino aparece com 5,6%. O óleo de palma corresponde a 0,7% e a categoria “outras” soma 6,4%, englobando insumos como óleo residual de fritura, gordura de frango, gordura suína, óleo de milho, óleo de algodão e óleo de colza (ANP, 2025c).

Gráfico 41 - Participação de matérias-primas para a produção de biodiesel em 2024



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2025c).

A soja, portanto, permanece como a principal matéria-prima empregada na produção de biodiesel no Brasil, com tendência de manutenção de sua liderança em curto e médio prazos. No entanto, nos últimos cinco anos, tem-se verificado uma expansão relevante da participação da categoria denominada “Materiais graxos” na matriz de insumos utilizada pelo setor. Atualmente, essa categoria ocupa a segunda posição em representatividade. (ANP, 2025c; EPE, 2024c)

Informações obtidas junto às entidades representativas do setor produtivo indicam que a classificação “outros materiais graxos” engloba, majoritariamente, misturas de óleo de soja com outros óleos vegetais. Contudo, a caracterização precisa dessa fração carece de maior detalhamento, uma vez que sua representatividade tem aumentado significativamente e sua definição atual apresenta ambiguidades. Dada sua crescente importância, é necessária a adoção de medidas que promovam o aprimoramento dos mecanismos de classificação e monitoramento desses insumos, de modo a garantir maior transparência e acurácia na avaliação da matriz de matérias-primas do setor.

Considerando a perspectiva de elevação dos percentuais mandatórios de mistura de biodiesel ao diesel, projeta-se um aumento progressivo na demanda por matérias-primas. Embora as projeções para a produção de soja sejam positivas, observa-se a necessidade de formulação e implementação de políticas públicas que incentivem a diversificação da base de insumos. A inclusão de culturas como macaúba, dendê e outras oleaginosas regionais é estratégica para promover o desenvolvimento socioeconômico de diferentes regiões do País e reduzir a dependência de um único insumo.

6.3.1. Safra de soja

A safra de soja em grãos no Brasil foi de 154,4 milhões de toneladas em 2024 (160,3 milhões em 2023), representando uma queda de 3,7% em relação ao ano anterior. Já a produção de óleo de soja foi de 11,3 milhões de toneladas, expressando um acréscimo de 4,6%. O processamento doméstico cresceu 3,0% em comparação a 2023 (ABIOVE, 2024).

A capacidade de processamento de soja foi 72 milhões de toneladas anuais, com um acréscimo de 4,8 %, segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2024). Pelo fato da legislação em vigor privilegiar a exportação do grão, essa indústria opera com ociosidade. A Tabela 2 resume a situação do complexo da soja nos anos 2022 e 2023.

Tabela 2 - Complexo soja⁴⁸

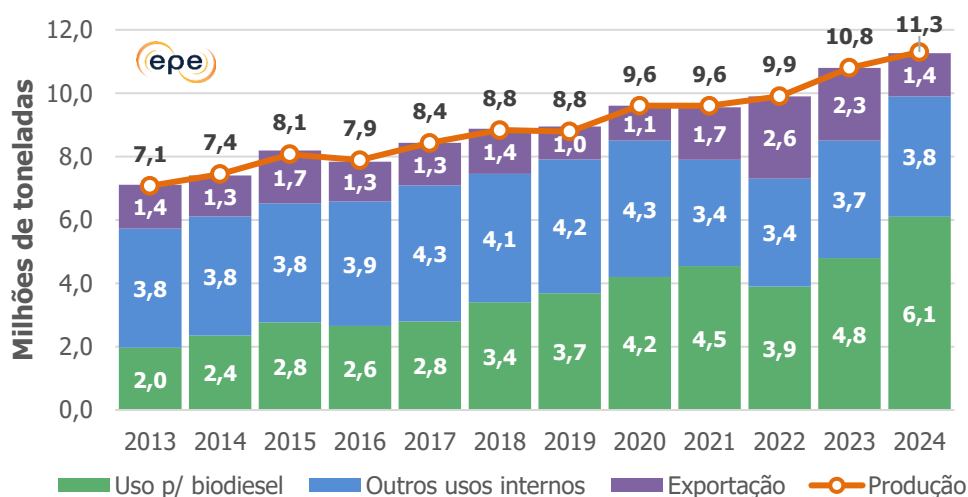
Milhões de toneladas	2023	2024	Δ % (2023-2024)
Produção de soja	160,3	154,4	-3,7%
Capacidade instalada efetiva de processamento	69	72,3	4,8%
Exportação de soja em grão	101,9	98,8	-3,0%
Soja processada	54,2	55,8	3,0%
Farelo de soja produzido	42,3	42,7	0,9%
Óleo de soja produzido	10,8	11,3	4,6%
Exportação de óleo de soja	2,3	1,4	-39,1%
Consumo de óleo de soja para biodiesel	4,8	6,6	37,5%
Consumo de óleo alimentício e outros	3,7	3,2	-13,5%

Nota: A densidade considerada para o óleo de soja foi 0,92 kg/l. Considerou-se 330 dias de operação no ano para a capacidade de processamento de soja.

Fonte: (ABIOVE, 2024; ANP, 2025c)

O Gráfico 42 ilustra o comportamento do mercado de óleo de soja brasileiro desde 2013.

Gráfico 42 - Mercado de óleo de soja



Fonte: EPE a partir de (ABIOVE, 2024)

A produção mássica de óleo de soja entre 2013 e 2024 aumentou 59,2%, segundo a ABIOVE. Este crescimento é muito inferior àquele destinado à obtenção do biodiesel, que, em valores absolutos, saiu de 2,0 milhões para 6,1 milhões de toneladas, aumento de 205% neste mesmo período. As exportações de óleo de soja apresentaram no ano de 2024 uma queda de 39,1% em relação a 2023, devido ao maior uso interno para obtenção de biodiesel (ABIOVE, 2024)

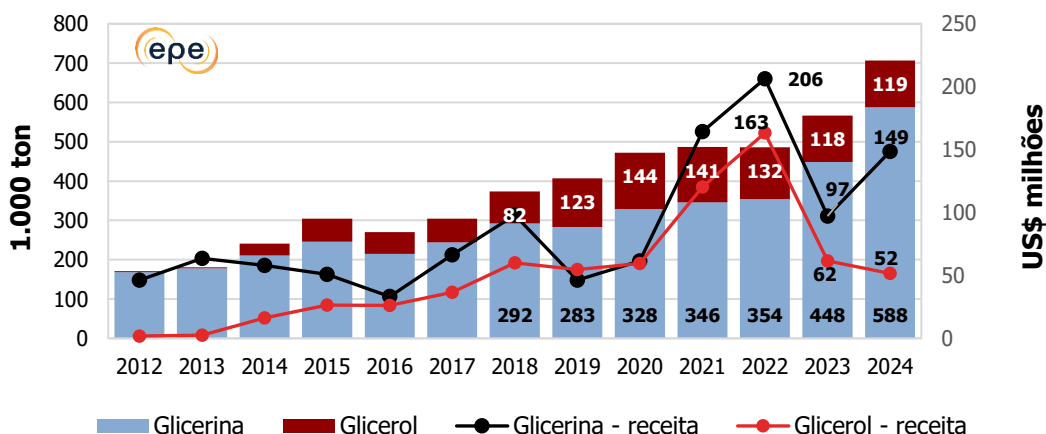
6.4. Coprodutos do biodiesel

A glicerina bruta é um coproduto da cadeia do biodiesel, que corresponde a aproximadamente 10% em massa do biocombustível produzido. Em 2024, estima-se que tenham sido produzidas 900 mil toneladas. A exportação atingiu 598 mil toneladas de glicerina bruta superando em 31% o valor de 2023. A exportação de glicerol, atingiu 119 mil toneladas valor idêntico ao ano de 2023. O Gráfico 43 indica os volumes exportados bem como a receita obtida com os dois produtos, glicerina com US\$ 149 milhões e glicerol com US\$ 52 milhões.

⁴⁸ Os valores referentes ao consumo interno de “soja semente” e outros fins não foram considerados.

O glicerol é uma classificação para a glicerina refinada, que tem melhores preços no mercado internacional que a glicerina bruta. O número de usinas que estão instalando equipamentos para sua purificação, visando melhores receitas, tem aumentado continuamente (ME, 2025). A China continua como o maior destino das exportações, sendo 87 % da glicerina bruta e 35% do glicerol (ME, 2025)

Gráfico 43 - Exportação de glicerina e glicerol



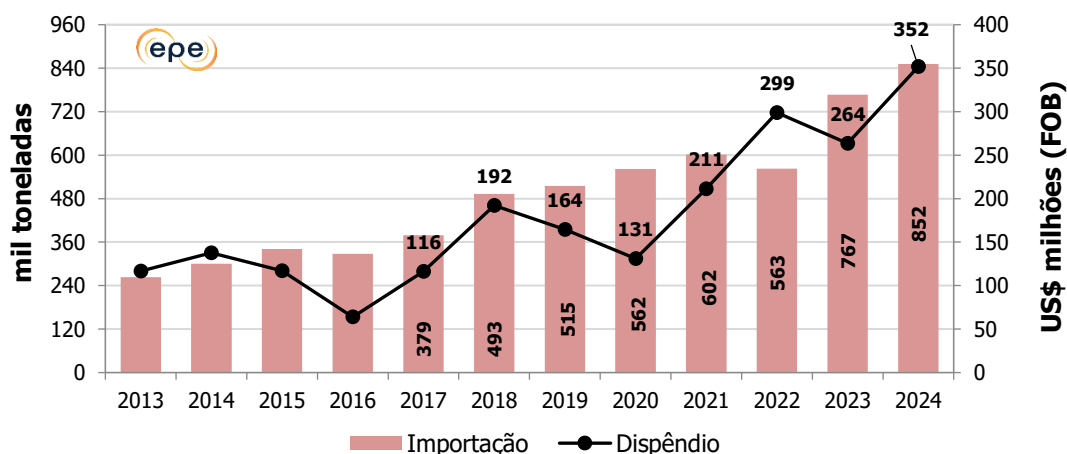
Fonte: (ME, 2025).

6.5. Metanol

O metanol é um insumo fundamental para a obtenção do biodiesel produzido pelo processo de esterificação/transesterificação. Os EUA concentram a produção mundial devido aos baixos preços do gás natural, que é a matéria-prima básica em seu processo produtivo. O Brasil importou 851,9 mil toneladas deste insumo em 2024 para a produção de biodiesel, sendo a maior parte oriunda de Trinidad e Tobago, Venezuela e Estados Unidos. O Gráfico 44 mostra a quantidade de metanol importado exclusivamente para a produção de biodiesel e o dispêndio resultante. O total em 2024 foi 11,0% maior que em 2023 e o desembolso totalizou US\$ 352 milhões, 33,3% maior que 2023 (ANP, 2025d; ME, 2025).

O metanol é uma *commodity* e, portanto, tem seu preço de venda determinado pela interação entre oferta e demanda no mercado mundial. Este fator se configura como um ponto de atenção para o desenvolvimento de uma futura produção nacional.

Gráfico 44 - Importação de metanol para biodiesel



Fonte: EPE a partir de(ANP, 2025d; ME, 2025).

7. Biogás e Biometano

Cada vez mais relevante no cenário energético nacional, o biogás segue aumentando a sua participação na oferta interna de energia. De 2023 para 2024, sua contribuição passou de 460 mil toneladas equivalentes de petróleo (tep) para 482 mil tep, tendo partido de apenas 14 mil tep em 2010 (EPE, 2025a). As perspectivas positivas para a fonte ganharam novo impulso em 2024, como consequência de avanços regulatórios e de políticas públicas, bem como sinais de interesse do lado da demanda, especialmente por agentes que procuram a descarbonização de suas atividades. O momento favorável ao setor se concretiza em particular para o biometano, sendo observado um rápido aumento nas usinas em operação e um conjunto de novas unidades em construção.

Cabe lembrar que o biogás é um combustível versátil, que pode ser utilizado localmente como fonte de energia térmica e para a geração distribuída de energia elétrica. Por sua vez, seu tratamento pode gerar um biocombustível padronizado denominado biometano, que é definido como o “biocombustível gasoso constituído essencialmente de metano, derivado da purificação do biogás”, cuja qualidade é regulada pela ANP (ANP, 2022a, 2022b). Cumprindo os requisitos estabelecidos pela Agência, ele passa a ser intercambiável com o gás natural – o que significa que pode substituir ou ser misturado a esse combustível em quaisquer proporções. Essa possibilidade abre um mercado amplo a ser explorado pelo biocombustível, além de permitir sua movimentação pela malha de gasodutos e outras soluções de entrega vinculadas originalmente ao gás de origem fóssil.

De forma análoga a outros biocombustíveis, o biometano pode ser utilizado no setor de transportes. Portanto, para este documento, interessam principalmente o biometano e todo o biogás produzido internamente ao processo de produção de outros biocombustíveis, como no setor sucroenergético.

7.1. Biogás no setor elétrico

A geração de energia elétrica a partir do biogás se divide principalmente entre as plantas de micro ou minigeração distribuída e aquelas detentoras de registro ou autorização pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A micro e minigeração distribuída se caracteriza pelo sistema de compensação de energia elétrica, regulamentado inicialmente pela ANEEL na Resolução Normativa nº 482 de 2012. Sob esse sistema, que permite a geração de créditos para abatimento do consumo, as primeiras plantas de biogás surgiram em 2014. Até o final de 2024, havia 145 MW de potência instalada a biogás em 545 unidades geradoras, somando as diferentes matérias-primas – resíduos animais, resíduos urbanos, agroindústria e floresta. Em relação a 2023, foram adicionadas 28 novas unidades com capacidade total de 7,3MW (ANEEL, 2025).

O sistema de compensação contempla o maior número de usinas a biogás, mas as regras limitam a capacidade instalada a 5 MW. Por outro lado, em geral, as usinas não enquadradas no sistema de compensação são de maior porte. Em 2024, segundo o Sistema de Informações de Geração da ANEEL – SIGA, o biogás terminou o ano com 51 usinas em operação com registro ou autorização⁴⁹,

⁴⁹ As unidades cadastradas na ANEEL para a geração de energia elétrica no Brasil somam 549 plantas de biogás contempladas ao sistema de compensação e 51 não contempladas, com 390 MW de capacidade instalada. Cabe notar que o CIBiogás (CIBIOGÁS, 2024) realiza levantamento próprio das plantas de biogás no País. Referente ao ano de 2024, o Centro apontou 1.349 unidades de geração elétrica, reunindo também plantas que têm operação isolada. Além destas plantas e das de biometano, são registradas outras 178 plantas que utilizam o biogás como fonte de energia térmica e 6 para energia mecânica.

totalizando 240 MW de potência fiscalizada. A maior parte dessa capacidade, correspondente a 199 MW, usa biogás de resíduos sólidos urbanos como combustível(ANEEL, 2024).

7.2. Biometano

Ao longo do ano de 2024, quatro usinas adquiriram autorização da ANP para produzir biometano, adicionando 236.768 Nm³/dia à capacidade nacional (ANP, 2025e) Ao final do ano, atingiu-se dez usinas detentoras de autorização da Agência⁵⁰, correspondendo a uma capacidade total de produção de 656.361 Nm³/ dia. No primeiro semestre de 2025 (até 31 de julho), a autorização de quatro novas unidades levou o número total a quatorze e a capacidade acumulada passou a 841.898 Nm³/dia. A maior parcela dessa capacidade tem como substrato o biogás obtido de resíduos urbanos depositados em aterros sanitários, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Plantas de biometano com autorização de operação na ANP, RenovaBio.

Empresa	Município	UF	Capacidade [Nm ³ /dia]	Matéria-prima	RenovaBio – NEEA [gCO ₂ eq/MJ]
COCAL ENERGIA	Narandiba	SP	27.112,8	Agrossilvopastoris e comerciais	75,66
ENGEPI AMBIENTAL	Jambeiro	SP	30.000	RSU em aterro sanitário	Não
GÁS VERDE	Seropédica	RJ	204.000	RSU em aterro sanitário	76,73
GNR DOIS ARCOS	São Pedro da Aldeia	RJ	16.000	RSU em aterro sanitário	78,97
GNR FORTALEZA	Caucaia	CE	110.000	RSU em aterro sanitário	80,77
METAGÁS BIOGÁS	São Paulo	SP	30.000	RSU em aterro sanitário	Não
RAÍZEN-GEO BIOGÁS COSTA PINTO LTDA.	PIRACICABA	SP	130.368	Agrossilvopastoris e comerciais	Não
ESSENCIS BIOMETANO S.A.	CAIEIRAS	SP	67.200	RSU em aterro sanitário	Não
ADECOAGRO VALE DO IVINHEMA S.A.	IVINHEMA	MS	8.000	Sucroenergético e RSU em aterro sanitário	Não
GEO ELÉTRICA TAMBOARA BIOENERGIA LTDA.	TAMBOARA	PR	31.200	Agrossilvopastoris e comerciais	Não
CRI GEO BIOGÁS S.A.	ELIAS FAUSTO	SP	23.694	Agrossilvopastoris e comerciais	Não
ZEG BIOGÁS AROEIRA SPE LTDA.	TUPACIGUARA	MG	16.912	Agrossilvopastoris e comerciais	Não
ORIZON BIOMETANO JABOATÃO DOS GUARARAPES LIMITADA	GUARARAPES	PE	108931	RSU em aterro sanitário	Não
SPE CENTRAL DE TRATAMENTO INTEGRADO RESÍDUO ZERO LTDA	TRIUNFO	RS	36000	Agrossilvopastoris e comerciais	Não
<i>Total (em operação)</i>			841.898		

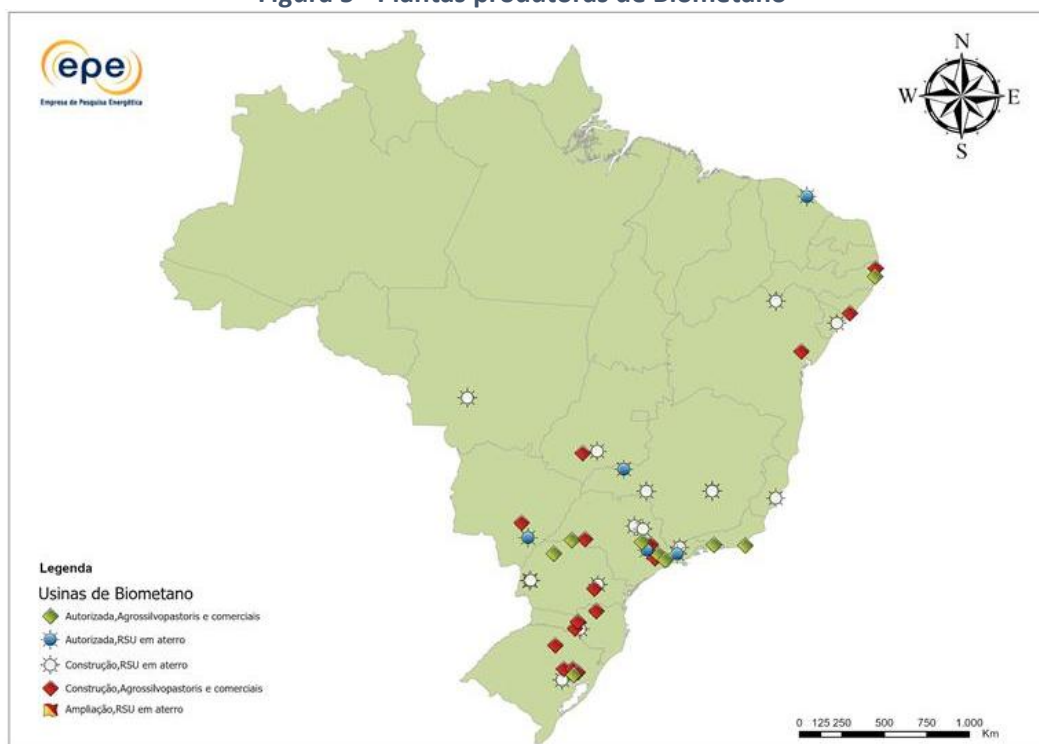
Notas: Marcação em verde referente à usina do setor sucroenergético. Situação: julho de 2025.

Fontes: (ANP, 2025e)

Em julho de 2025, 37 usinas estavam com o processo de autorização em andamento, duas categorizadas como ampliação e o restante como construção de nova instalação. Caso efetivadas, essas usinas somariam 1.413.548 Nm³/dia à capacidade nacional de produção de biometano (ANP, 2025e). A Figura 5 apresenta as plantas produtoras de biometano classificadas por tipo de autorização e matéria-prima.

⁵⁰ Os registros do CIBiogás (CIBIOGÁS, 2024), referentes a 2024, apontavam 54 plantas de biometano operacionais, 12 delas com autorização de operação da ANP, 18 em processo de autorização e 24 em operação não comercial, contemplando a produção do biocombustível para autoconsumo.

Figura 5 - Plantas produtoras de Biometano



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2025e)

Das 14 plantas autorizadas pela ANP, quatro tinham certificado vigente no RenovaBio em julho de 2025, representando 42% da capacidade de produção. Desses certificados, um foi obtido em 2021, enquanto os outros três se referem à recertificação, sendo uma de 2023 e duas de 2024 (ANP, 2025f).

Considerando-se o RenovaBio, na média, o biometano detém a melhor nota de eficiência energético-ambiental dentre os biocombustíveis, rendendo mais CBIOs por megajoule (MJ) comercializado que o etanol ou o biodiesel. A NEEA (nota de eficiência energética ambiental) média dos quatro certificados vigentes é de 78,35 gCO₂e/MJ. Devido à produção a base de resíduos, todas as plantas têm 100% de volume elegível para a geração de CBIO, característica única entre os biocombustíveis que participam deste programa (ANP, 2025f). Adotando a nota média de 78,35 gCO₂e/MJ, calcula-se que o RenovaBio pode gerar uma receita adicional de cerca de R\$ 0,25 por Nm³ de biometano, considerando o preço do CBIO em R\$ 88,02.⁵¹

7.3. Setor sucroenergético

O setor sucroenergético é singular para o desenvolvimento do biogás no Brasil, devido ao elevado potencial de produção a partir dos resíduos do processamento e da colheita da cana-de-açúcar. Nas usinas de cana podem ser instaladas plantas de grande porte, com diferentes modelos de negócio para o aproveitamento do biogás. Isso se deve à sua flexibilidade intrínseca, bem como às opções disponíveis no contexto de uma usina.

Entre os modelos em operação há projetos de geração elétrica a partir do biogás, incluindo uma planta sob contrato obtido em leilão do ambiente regulado. Em alguns casos, a geração de energia elétrica é combinada à produção de biometano dentro da mesma usina.

⁵¹ Assumiu-se o preço do CBIO em R\$ 88,02, que foi o valor médio registrado em 2024, e uma concentração de CH₄ no biometano de 96,5%. Foram desconsiderados impostos e outros custos para o produtor.

Produzindo biometano, a única planta autorizada pela ANP no setor sucroenergético opera conectada a um gasoduto dedicado, construído com o propósito de fornecer o biocombustível a uma região distante da malha integrada de gás natural. Por sua vez, a opção de injeção do biometano na malha preexistente também deve se tornar realidade. Há uma planta aguardando autorização de operação cujo fornecimento está contratado por unidades industriais via mercado livre, ambiente caracterizado pela negociação direta entre produtores e consumidores de gás. Esses contratos devem estar em conformidade com a regulação estadual.

Um dos usos alternativos do biogás com potenciais benefícios ambientais e financeiros para o setor sucroenergético é sua purificação e a utilização como biometano em substituição ao diesel consumido em caminhões e máquinas agrícolas. Esse modelo está previsto para unidades de produção de biometano em construção, e sua disseminação passa pelo amadurecimento do uso de veículos movidos a gás e sua adequação às atividades do setor.

7.4. Regulação e políticas públicas

O ambiente regulatório e de políticas públicas relacionado ao biogás e o biometano passou por avanços importantes nos anos recentes. A edição de 2023 deste documento (EPE, 2024c) revisita alguns dos marcos relevantes para o desenvolvimento do setor, incluindo resoluções de qualidade do biometano estabelecidas pela ANP, medidas federais direcionadas ao biometano ou que o contemplam, e iniciativas estaduais que incluem o papel das agências reguladoras e das concessionárias de gás canalizado.

Entre janeiro de 2024 e julho de 2025, o mercado brasileiro de biometano registrou um aumento significativo nas chamadas públicas para aquisição do combustível por distribuidoras estaduais de gás canalizado e grandes consumidores institucionais. Destacam-se a Bahiagás/Copergás (BAHIAGÁS, 2024), que recebeu quatro propostas de igual número de empresas; a Compagas (AEN-PR, 2023; COMPAGAS, 2024), com quatorze propostas de dez fornecedores e previsão de contratação de até 320 mil m³/dia; e a da Comgás (COMGAS, 2025), cujo Produto 4 (biometano) atraiu dezesseis propostas, num total de vinte e duas recebidas para todos os produtos. Outras iniciativas relevantes incluem a Aquisição de Biometano 2025 da SERGAS (SERGAS, 2024), o processo Suprimento de Biometano da MSGÁS (MSGÁS, 2024), a Chamada para Aquisição de Biometano da Petrobras (PETROBRAS, 2025a), a chamada da Gasmig para o Triângulo Mineiro (GASMIG, 2025), a conjunta Necta/Sulgás/Compagas (NECTA, 2025) e o edital do BRT Metropolitano de Goiânia (CMTC, 2025). Também merece destaque o Aviso de Chamamento Público da ES Gás (ES GÁS, 2024), originalmente direcionado à aquisição de gás natural, mas com cláusula expressa para aceitação de propostas de biometano, prevendo início de suprimento em 1º de janeiro de 2025.

No âmbito federal, na frente tributária, nota-se a grande adesão dos produtores em solicitar o enquadramento de seus projetos no Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura – REIDI, que os desonera ao suspender a incidência de PIS e COFINS sobre receitas decorrentes de determinadas aquisições destinadas à realização das obras. Desde a abertura do incentivo à produção de biometano, ao menos 24 projetos já obtiveram aprovação, reduzindo o montante de investimento inicial ou de ampliação ou melhorias (MME, 2022). A Tabela 4 apresenta a segmentação por estado da nova capacidade de produção, destacando os projetos que aderiram ao REIDI.

Tabela 4 - Capacidade produtiva de biometano, em construção, solicitantes ao REIDI

REIDI	Capacidade [Nm ³ /dia]		
	Habilitação	Não identificado	Total
AL		60.000	60.000
BA	76.400		76.400
ES	25.000		25.000
GO	21.620		21.620
MG	108.000	10.800	118.800
MS		110.101	110.101
MT	27.600		27.600
PE	153.760		153.760
PR	36.000	56.196	92.196
RS	142.000	58.456	200.456
SC	47.440	40.160	87.600
SE		60.000	60.000
SP	279.840	153.960	433.800
Total	917.660	549.673	1.467.333

Fonte: (MME, 2025)(ANP, 2025f)

Em termos de financiamento, o setor mantém o acesso a condições vantajosas. Projetos de biogás no setor sucroenergético vêm conseguindo captar recursos do Fundo Clima, do BNDES.

No âmbito da Lei do Combustível do Futuro, consta o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano, que criou o Certificado de Garantia de Origem de Biometano (CJOB), certificado de rastreabilidade lastreado em volume de biometano produzido e comercializado pelo produtor de biocombustível, emitido por agente certificador de origem credenciado pela ANP. Este programa de incentivo ao biometano visa estimular a produção e o seu consumo, além do biogás, por meio de projetos relacionados às respectivas cadeias de produção. Na referida Lei, também foi instituído que o CNPE definirá a meta anual de redução de emissões de GEE no mercado de gás natural comercializado, a qual entrará em vigor dia 1º de janeiro de 2026 com um valor inicial de 1% e não poderá exceder 10%. A obrigação de redução de GEE será comprovada pela compra ou utilização de biometano e pelo registro anual da aquisição de CJOB.

O Decreto 12.153/2024 cria o Plano Nacional Integrado das Infraestruturas de Gás Natural e Biometano (PNIIGB) (EPE, 2025a), com o objetivo de promover uma estratégia para o desenvolvimento da oferta, da demanda e da infraestrutura de gás natural e biometano no País. O PNIIGB abrangerá as instalações de escoamento, de processamento, de estocagem e de transporte de gás natural, assim como a distribuição por gás natural comprimido (GNC) e gás natural liquefeito (GNL) e as instalações para produção do biometano e posterior transporte.

8. Panorama internacional dos biocombustíveis

O panorama internacional dos biocombustíveis é de grande importância para o Brasil, visto que o País se insere como um dos principais participantes neste cenário, com um grande volume de produção, demanda interna e comércio internacional.

Em 2024, a produção global de etanol combustível alcançou 122 bilhões de litros, um aumento de 8,9% em relação a 2023 (112 bilhões). Os dois principais atores do mercado, Brasil e Estados Unidos da América, continuam com alta participação, com 81% da produção mundial do biocombustível (RFA, 2025).

No comércio mundial de biocombustíveis, Brasil se mantém em destaque, desde 2003, ano do lançamento dos veículos *flex-fuel* no País, o que incentivou a produção do etanol de cana a níveis que colocaram o País em segundo lugar na produção global de biocombustíveis atualmente (somente atrás dos Estados Unidos), além de fornecer as condições para se tornar também um grande exportador do biocombustível. Mais recentemente, o País também se tornou uma potência mundial na produção de biodiesel, estando entre os três maiores produtores nos últimos três anos. A produção de biodiesel foi impulsionada pelas políticas do PNPB e, praticamente, todo o biodiesel produzido é destinado ao consumo interno.

O Brasil é o segundo maior exportador mundial de biocombustíveis (etanol), sendo que, neste ano, exportou 1,9 bilhão de litros (26,9% a menos do que em 2023) (Gráfico 45). Os principais destinos do etanol exportado foram: Coreia do Sul (804,4 milhões de litros – 41,4%), Estados Unidos (319,5 milhões de litros – 16,5%) e Países Baixos (152,8 milhões – 7,9%) (MDIC, 2025a).

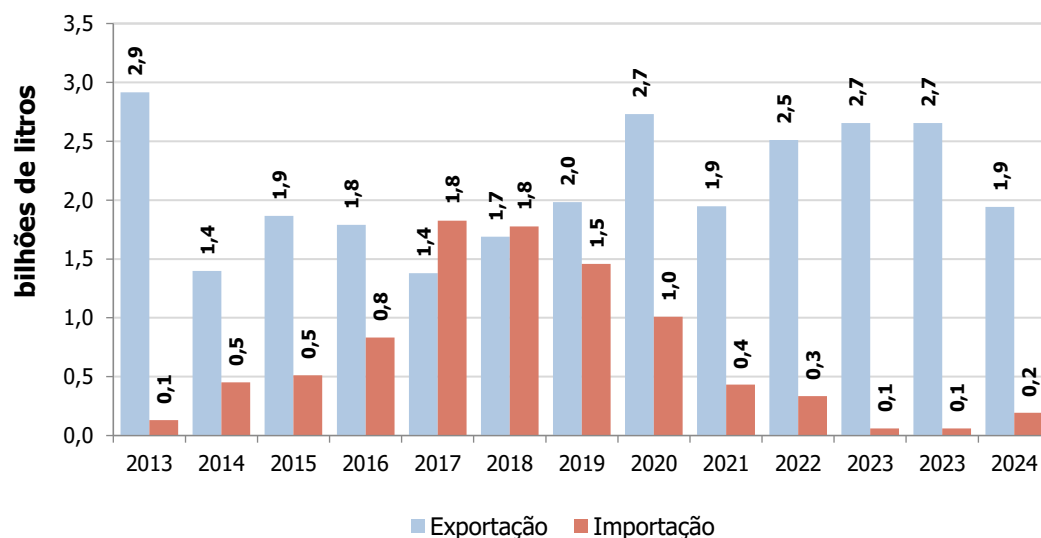
Os Estados Unidos foi o principal importador do biocombustível brasileiro no período de 2003 a 2020, sendo ultrapassado pela Coreia do Sul nos últimos quatro anos. Ainda assim, os EUA representam um mercado para o etanol brasileiro, devido às políticas estadunidenses de uso de combustíveis renováveis e mitigação de GEE, tendo destaque a EISA⁵², que considera o etanol de cana como biocombustível avançado e permite o seu uso interno para atendimento desta parcela de biocombustível, de acordo com a obrigação de consumo anual de biocombustíveis da RFS⁵³.

Apesar do grande volume de etanol produzido internamente, o Brasil também importa volumes pequenos, mas não insignificantes, de etanol. Estes ajudam o atendimento da demanda interna durante os meses de baixa produção, principalmente nas Regiões Norte e Nordeste. Historicamente, os Estados Unidos têm sido o seu principal fornecedor, com uma participação nos volumes importados acima de 95%, no período de 2010 a 2020. Porém, nos últimos quatro anos, sua participação tem diminuído, ao mesmo tempo em que cresceram em importância países do bloco do Mercosul, como Paraguai e Argentina. Por exemplo, em 2024, foram importados 0,2 bilhão de litros de etanol (227% a mais do que em 2023), dos quais 56% tiveram origem nos Estados Unidos, 31% do Paraguai e 10% da Argentina (MDIC, 2025a).

⁵² *Energy Independence and Security Act* de 2007, lei que promove a independência e segurança energética através de diversas políticas de eficiência do uso da energia, mitigação de GEEs e uso de fontes renováveis, com destaque para a *Renewable Fuels Standards* – RFS – que estabelece volumes anuais de combustíveis renováveis a serem consumidos na demanda carburante (EUA, 2007).

⁵³ Além da legislação nacional dos EUA, o etanol brasileiro também leva vantagem nas legislações estaduais, como a *Low Carbon Fuel Standards* – LCFS da Califórnia, cujo programa favorece as usinas sucroalcooleiras que atendem os requisitos de ciclo de vida da produção do biocombustível (COMGAS, 2025).

Gráfico 45 - Exportações e importações brasileiras de etanol – 2013 a 2024



Fonte: EPE a partir de (MDIC, 2025a).

Os volumes importados são atualmente submetidos a uma tarifa de 18% *ad valorem*. Há um longo histórico de alterações da taxa de importação (Ver Box I) em função de diversas políticas para ajudar no atendimento da demanda interna, principalmente em períodos com problemas internos de abastecimento.

Além de etanol e biodiesel, o Brasil procura diversificar a sua matriz renovável com novos bioenergéticos, os quais representam mercados potenciais em que o País pode se tornar um grande participante mundial, com destaque para o combustível sustentável de aviação – SAF, conforme apresenta o item 9.4 (BRASIL, 2024a).

Empresas brasileiras produtoras de etanol têm buscado novas oportunidades no mercado internacional, tendo em vista as demandas para a produção do SAF a partir do etanol em outros países. Por meio da Certificação Internacional de Sustentabilidade e Carbono (ISCC)⁵⁴, que atesta que o processo de produção atende aos requisitos internacionais para a produção e fornecimento de etanol para fabricação de SAF, as empresas conseguem acessar esse mercado restrito, o que pode ampliar as exportações deste biocombustível para os próximos anos (NOVACANA, 2024a).

Em dezembro de 2023, representantes do governo brasileiro e do setor privado participaram do Seminário Brasil-Japão sobre Combustível Sustentável de Aviação, em Tóquio, para discutir a descarbonização do setor aéreo (UNICA, 2023). Como resultado, houve o estabelecimento de um compromisso para impulsionar a troca de experiências sobre o tema e o desenvolvimento do mercado internacional, além de discutir iniciativas conjuntas relacionadas à aceleração da descarbonização do setor de aviação (MRE, 2024). O Japão tem uma das metas mais ambiciosas para a implementação de SAF, estabelecendo o uso de 10% em voos internacionais em seus aeroportos até 2030.

Durante a reunião do G20 em setembro de 2023, em Nova Deli, foi criada a *Global Biofuels Alliance* (GBA), que conta com 32 países e 14 organizações internacionais. Esta iniciativa, liderada pela Índia, que presidia o G20 à época, objetiva posicionar os biocombustíveis como solução chave para a transição energética global, contribuindo para o crescimento socioeconômico das nações envolvidas.

⁵⁴ A certificação ISCC é um sistema global que abrange toda a cadeia de valor dos biocombustíveis, desde o cultivo da biomassa até o consumo final. O objetivo é garantir que os biocombustíveis sejam produzidos de forma sustentável, respeitando os critérios sociais, ambientais e econômicos (ISCC, 2024).

A GBA tem a ambição de avançar no desenvolvimento e implementação de biocombustíveis em todo o mundo, unindo os maiores consumidores e produtores nesta iniciativa. A GBA pretende, ainda, ter um impacto significativo ao acelerar a adoção de biocombustíveis em países com metas existentes, e incentivar países sem metas de biocombustíveis a adotá-las. O Brasil passou presidir o G20 em 2024, quando ocorreu a primeira reunião presencial do GBA em abril, com a presença de 12 nações e 9 organismos internacionais (GLOBAL BIOFUELS ALLIANCE, 2025).

Em seguida, faz-se uma breve análise da participação de diversos países e blocos no panorama internacional dos biocombustíveis, aqueles com relativa importância para o mercado brasileiro neste setor.

8.1. Estados Unidos

Os Estados Unidos foram um dos primeiros países a estabelecer políticas robustas para a segurança energética e sustentabilidade, com especial atenção para a promoção e uso dos biocombustíveis. A principal legislação estadunidense que atua neste foco é a *Energy Independence and Security Act* de 2007 – EISA, a qual estabelece o *Renewable Fuel Standards* – RFS, um padrão de volumes obrigatórios anuais de biocombustíveis, a serem consumidos em mistura com o combustível fóssil na demanda carburante. Anualmente, a Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency* – EPA) é a responsável por atualizar os volumes da RFS, alterando-os em relação aos valores originais estabelecidos na EISA. Em 21 de junho de 2023, a agência definiu a última alteração nos volumes da RFS, para os anos de 2023, 2024 e 2025 (EPA, 2023)⁵⁵.

Tabela 5 - Volumes⁵⁶ de biocombustíveis da RFS para o período 2023-2025 (bilhões de litros)

Combustíveis	2023	2024	2025
Biocombustíveis celulósicos	3,18	4,13	5,22
Diesel de biomassa	10,67	11,51	12,68
Biocombustíveis avançados	22,49	24,76	27,75
Combustíveis renováveis	80,2	81,54	84,53

Fonte: (EPA, 2023).

Além da EISA, os Estados Unidos possuem diversas leis de fomento à energia renovável e sustentabilidade. Merece destaque o Ato de Redução da Inflação (*Inflation Reduction Act* – IRA), de agosto de 2022, com o objetivo de reduzir o déficit orçamentário do Governo e, assim, conter a inflação, através de uma frente ampla de ações visando diminuir os custos de saúde, financiar a receita federal e atuar contra a mudança climática (EUA, 2022). Neste último segmento, a lei representa o maior investimento já feito na história do país, direcionando aproximadamente US\$400 bilhões em fundos diretos para projetos em energia limpa. Destes, US\$ 23,4 bilhões são destinados a projetos em melhoria do transporte e em veículos elétricos (MCKINSEY&COMPANY, 2022). Pelo IRA, os Estados Unidos almejam a uma meta de reduzir as emissões de carbono em, pelo menos, 50% até 2030, ambicionando alcançar uma economia com emissão líquida zero em 2050. Além disso, se pretende uma geração de eletricidade sem emissões a partir de 2035.

Em 2024, os Estados Unidos produziram 61,4 bilhões de litros de etanol combustível (aumento de 3,8% em relação a 2022) e consumiram 54 bilhões de litros, igual ao ano anterior (EIA, 2025a). O país consome o etanol combustível principalmente na forma da mistura E10, tendo também as

⁵⁵ Em 13 de junho de 2025, a EPA anunciou uma proposta de alteração dos volumes da RFS para os anos de 2025, 2026 e 2027. Nesta proposta, os volumes finais para biocombustíveis celulósicos, diesel de biomassa, avançados e biocombustíveis totais em 2027 ficam respectivamente: 5,17, 36 e 93 bilhões de litros (EPA, 2025).

⁵⁶ Combustíveis renováveis = etanol de milho + combustíveis avançados. Combustíveis avançados = biocombustíveis celulósicos + diesel de biomassa + outros combustíveis avançados.

misturas E15, a qual é aprovada para veículos montados a partir de 2001, e E85, mistura permitida somente para veículos *flex-fuel* (EERE, 2025a).

Do total de etanol produzido nos EUA anualmente, o que não é consumido internamente, é destinado ao mercado externo, no qual são os maiores exportadores mundiais. Em 2024, as exportações de etanol do país totalizaram 7,2 bilhões de litros, aumento de 33,2% em relação a 2023. Os principais destinos foram: Canadá (36%), Reino Unido (13%) e Índia (10%). Ao contrário dos anos anteriores, o Brasil representou menos de 1,0% das exportações estadunidenses, com apenas 0,5 milhão de litros importados (EIA, 2025b), fato associado à volta da tarifa de 18% sobre os volumes importados pelo Brasil em 2024. Em relação à importação, os Estados Unidos importaram 0,4 bilhão de litros advindos do Brasil, uma queda de 7% em relação a 2022 (MDIC, 2025a).

Os Estados Unidos utilizam o biodiesel majoritariamente na mistura B20⁵⁷. Em 2023, foram produzidos 6,4 bilhões de litros e consumidos 7,3 bilhões, com uma importação líquida de 0,9 bilhão de litros (EIA, 2025a).

Um fato recente de grande importância para as relações comerciais atuais e futuras entre Brasil e Estados Unidos foi a aplicação de tarifas aos produtos brasileiros pelo governo estadunidense, que entrou em vigor em 07 de agosto deste ano. O documento oficial da Casa Branca lista diversos produtos importados e excetua outros de importância estratégica, dentre os quais se incluem os biocombustíveis. Assim, o etanol combustível nacional não será taxado⁵⁸ (EUA, 2025). Dentre as justificativas, a Casa Branca alegou que haveria um déficit na balança comercial com os EUA, o que é infundado, visto que o Brasil tem um déficit de seis bilhões de dólares⁵⁹, média nos últimos cinco anos (MDIC, 2025a). A segunda alegação diz respeito à soberania nacional, indicando o desconhecimento da Carta Magna que rege o Estado brasileiro, a Constituição Federal de 1988, que dispõe sobre a independência e harmonia entre os Poderes da União⁶⁰, o Legislativo, o Executivo e o Judiciário (BRASIL, 1988).

Por fim, destaca-se que o governo brasileiro lançou no dia 13/08/2025 um plano de apoio que prevê R\$ 30 bilhões em crédito que será viabilizado por meio de uma medida provisória chamada de MP Brasil Soberano. Desta forma, o governo reage à ação unilateral dos EUA, fortalecendo o sistema nacional de financiamento e seguro à exportação, visando uma maior competitividade do País internacionalmente, reduzindo a vulnerabilidade a este tipo de imposição no futuro (BRASIL, 2025c).

8.2. União Europeia

A União Europeia estabeleceu uma forte legislação para a segurança energética e sustentabilidade, com especial atenção para o impacto causado na geração e uso da energia renovável, seja priorizando a utilização de fontes energéticas avançadas que não são produzidas a partir de gêneros alimentícios, ou com critérios específicos que visam inibir a geração de gases de

⁵⁷ Misturas B20 e de menores teores podem ser usadas em motores correntes, sem modificações, devendo apenas atender as especificações da ASTM D7467. Misturas de maior teor, até a B100, são muito menos utilizadas devido à falta de incentivos regulatórios e exigência de equipamentos especiais tanto no armazenamento quanto nos próprios motores (EERE, 2025b).

⁵⁸ Ressalta-se que, de início, não há intenção de alterar a taxa brasileira de importação de etanol, cujo principal fornecedor é os Estados Unidos (JOTA, 2025).

⁵⁹ Considerando valor FOB para dispêndio (despreza-se o custo de frete e seguro de importações).

⁶⁰ A Constituição Federal de 1988 dispõe em seu artigo 2º sobre a independência e harmonia entre os Poderes da União, o Legislativo, o Executivo e o Judiciário (cláusula pétrea, vide artigo 60, § 4º, III: “Não será objeto de deliberação a proposta de emenda tendente a abolir: [...] a separação dos Poderes”) (BRASIL, 1988).

efeito estufa – GEE – por uso indireto da terra⁶¹. O bloco tem como principal legislação a Diretiva 2018/2418, cuja última revisão de novembro de 2018 introduziu medidas rigorosas em utilização das fontes e energias limpas para reforçar o compromisso de se atingir uma sociedade neutra em relação ao clima, ou seja, com zero emissões líquidas de GEE (CE, 2023), além de facilitar a entrada de novas tecnologias, como o hidrogênio e eletricidade renováveis, em diferentes setores.

O bloco adotou um conjunto de objetivos climáticos e energéticos para 2030, 2040 e 2050, o chamado Acordo Verde Europeu, no qual, o objetivo final é alcançar uma sociedade climaticamente neutra em 2050, ou seja, com geração líquida zero de GEE. Para 2030, os objetivos climáticos são de mitigação de, no mínimo, 55% de geração de GEE, comparados aos níveis de 1990, além de um consumo final energético de, no máximo, 763 MTep (com consumo primário energético máximo de 992,5 MTep) e uma participação de energia renovável no consumo final em, pelo menos, 42,5%. Para 2040, o bloco pretende alcançar um nível de mitigação de, pelo menos, 90% (CE, 2025).

Os dados mais recentes do Instituto de Estatística da União Europeia – EUROSTAT – indicam que a União Europeia (27 países) produziu internamente, em 2023, 15,7 bilhões de litros de biodiesel e 4,4 milhões de litros de etanol, enquanto seu consumo interno foi de 18,0 bilhões e 6,1 milhões, respectivamente (EUROSTAT, 2025). O bloco havia alcançado os objetivos estabelecidos para 2020 de participação de renováveis e mitigação de GEE, em parte devido aos esforços de contenção da COVID-19, que estabeleceram medidas de restrição à movimentação.

8.3. Outros países

Em 2024, a China produziu e consumiu 4,5 bilhões de litros de etanol (RFA, 2025). O país mantém o programa de mistura E10 facultativa em 10 províncias e restringe a produção de etanol combustível a usinas licenciadas que vendem o biocombustível para distribuidores e refinarias nacionais (USDA, 2024a). O governo chinês, através do 14º Plano Quinquenal de 2021 a 2025, demonstrou o interesse em desenvolver uma indústria de biocombustíveis limpa, com foco em tecnologias avançadas e novos biocombustíveis.

Em 2024, a Indonésia permaneceu como um dos grandes produtores mundiais de biodiesel, com uma produção de 13,2 bilhões de litros. O consumo desse biocombustível no país é impulsionado por mandato de mistura, que passou de 30% para 35% (B35) a partir de fevereiro de 2023 (USDA, 2024b) e aumentou para B40 a partir de janeiro de 2025. O Governo da Indonésia tem planos de aumentar a mistura para B50 a partir de 2026, em função do desempenho do setor de biodiesel em atendimento à demanda atual (REUTERS, 2025). O programa indonésio de biodiesel é financiado por fundos de impostos sobre exportações de óleo de palma (USDA, 2024b).

A Coreia do Sul importou 290 milhões de litros do Brasil em 2024 (MDIC, 2025a). O país usa o etanol exclusivamente na indústria e no setor alimentício, porém o governo estuda o seu uso como combustível, em virtude dos benefícios ambientais, de qualidade do ar nas grandes cidades e de segurança energética.

⁶¹ Os critérios de uso indireto da terra levam em conta a geração de GEEs por meio do deslocamento das culturas alimentícias para áreas nativas, com destruição da vegetação original e consequente diminuição da retenção de carbono atmosférico.

Em 2024, a Índia produziu 6,2 bilhões de litros de etanol, o terceiro maior produtor mundial (RFA, 2025). A principal legislação indiana para o setor, o Plano Nacional de Biocombustíveis de 2018, visa reduzir a dependência de combustíveis fósseis e promover o desenvolvimento sustentável por meio da promoção dos biocombustíveis. A lei estabelece o Programa de Mistura de Etanol na Gasolina, o qual impulsiona a produção do biocombustível a partir de diversas matérias-primas, como caldo de cana, melaços, milho etc. A lei também estabelece metas de misturas de etanol, atualmente situada em E20 desde março de 2025. Em relação ao biodiesel, o país estabelece um marco de B5 para o ano de 2030 (USDA, 2024c).

9. Inovações e perspectivas emergentes para biocombustíveis

O Brasil vem consolidando seu potencial para ser um dos protagonistas globais na produção de energia sustentável e, em especial, na produção de biocombustíveis. O arcabouço político e regulatório atualmente em construção reforça o compromisso do País em se afirmar como uma potência no setor, aliando a disponibilidade de recursos naturais, *expertise* técnica e responsabilidade ambiental.

A sanção da Lei Combustível do Futuro, em outubro de 2024, instituiu importantes diretrizes para o setor de biocombustíveis, estabelecendo um novo marco regulatório que incentiva investimentos e impulsiona a produção e o uso de biocombustíveis no Brasil.

Adicionalmente, em janeiro de 2025, o Governo Federal sancionou a Lei nº 15.103/2025, que institui o Programa de Aceleração da Transição Energética (PATEN). Essa iniciativa tem como objetivo ampliar o acesso ao crédito para projetos sustentáveis, promover a modernização da infraestrutura energética nacional e fortalecer o compromisso do Brasil com o desenvolvimento sustentável e a liderança global na descarbonização (AGÊNCIA GOV, 2025). O PATEN permite que empresas com valores a receber da União utilizem esses ativos para financiar projetos relacionados à transição energética. O programa criou o Fundo Verde, gerido pelo BNDES, que será o principal instrumento de financiamento das ações previstas. Entre as áreas contempladas, destacam-se o desenvolvimento de combustíveis sustentáveis e a valorização energética de resíduos sólidos (AGÊNCIA GOV, 2025).

Com base nesse novo arcabouço legal e na atual conjuntura nacional, este capítulo tem como objetivo identificar e analisar questões relacionadas aos principais biocombustíveis emergentes com potencial de produção em larga escala no Brasil nos curto e médio prazos, considerando os incentivos regulatórios, a viabilidade tecnológica e as tendências do mercado energético global.

9.1. Novos insumos para produção de biocombustíveis

Tendo em vista que o uso de biocombustíveis é uma alternativa aos combustíveis fósseis para a descarbonização do setor de transportes, torna-se essencial ampliar e diversificar as matérias-primas utilizadas em sua produção, a fim de sustentar o aumento da oferta diante da crescente demanda prevista para os próximos anos (GOV.BR, 2024).

Nesse sentido, o CNPE instituiu um Grupo de Trabalho (GT) para estudar vias de diversificar as matérias-primas e incluir agricultores familiares e pequenos produtores na produção de biocombustíveis. Criado no primeiro trimestre de 2025, o GT desenvolverá diretrizes e propostas regulatórias visando reduzir a dependência de insumos específicos, conferir maior estabilidade e sustentabilidade para o mercado e promover o desenvolvimento regional, principalmente no Norte, Nordeste e Semiárido, onde o potencial produtivo de biocombustíveis é grande, mas ainda subaproveitado (GOV.BR, 2025a, 2025b)(GOV.BR, 2025a, 2025b).

As políticas públicas que poderão emergir desse trabalho vão dar continuidade a medidas que já vêm sendo tratadas em outras frentes como na Política Nacional de Desenvolvimento Regional, que objetiva estimular o fortalecimento e a diversificação econômica de cadeias produtivas estratégicas para o desenvolvimento regional, com ênfase na geração de renda e na promoção da sustentabilidade, especialmente em áreas com alta concentração na produção de *commodities* agrícolas ou minerais (BRASIL, 2025d).

Nessa perspectiva, destaca-se o projeto que estuda a utilização do agave no sertão nordestino para produção de etanol (1G e 2G), biogás e outros produtos, aproveitando o máximo possível de partes da planta. Iniciado em 2022, o Programa Brasileiro para o Desenvolvimento do Agave – BRAVE (*Brazilian Agave Development*) envolve iniciativa privada, instituição acadêmica e instituto de pesquisa (REVISTA LIDE, 2024).

Com previsão de duração de cinco anos, o projeto teve início em 2022 e conta com desenvolvimentos ocorrendo simultaneamente em três frentes de estudos: soluções biológicas para aumento da produtividade da cultura do agave (BRAVE Bio), novas tecnologias de mecanização para plantio e colheita (BRAVE Mec) e processamento de diferentes espécies (BRAVE Ind), além de construção de plantas-piloto para validar o escalonamento dos processos (BRASILAGRO, 2022).

Na cadeia de biocombustíveis a partir de oleaginosas, o desafio é ir além da soja e incluir outras culturas como macaúba, palma e babaçu. Respeitando suas lógicas próprias de exploração e valorização, essa diversificação atende atributos desejáveis para o biorrefino ao impulsionar a economia local e promover o progresso regional (GOV.BR, 2025c).

Sob essa ótica, no início de 2025, ocorreu a primeira extração industrial de óleo de macaúba para combustíveis no Brasil. A tecnologia inédita, antes restrita à escala laboratorial, foi implementada em um centro de inovação agroindustrial, em Montes Claros (MG), estabelecido por uma iniciativa privada do setor de energia. Nesse mesmo centro tecnológico foi feito o plantio das primeiras 85 mudas de macaúba para os estudos que envolvem a sua domesticação a fim de estabelecê-la como uma cultura estratégica para descarbonização e a produção de bioenergia em larga escala, com foco em futura produção de SAF e diesel verde (EIXOS, 2025a, 2025b).

9.2. Etanol de Segunda Geração

O etanol de segunda geração (E2G) é aquele produzido a partir de matérias-primas lignocelulósicas. Atualmente, existem três plantas construídas de E2G no Brasil com escala comercial: a Bioflex-I da GranBio, em São Miguel dos Campos (AL), com capacidade nominal de 30 milhões de litros/ano, e duas da Raízen, uma em Piracicaba (SP), com capacidade nominal de 42 milhões de litros/ano, e outra em Guariba (SP), com capacidade nominal de 82 milhões de litros/ano (GRANBIO, 2025; RAÍZEN, 2024).

A Bioflex-I não produz etanol lignocelulósico desde a safra 2021/22, apesar da GranBio possuir autorização para exportar o combustível para a União Europeia (NOVACANA, 2024b, 2024c). A companhia anunciou, em 2025, o lançamento de obras para ampliação do complexo industrial, renomeado Exygen I, com foco principalmente na instalação de unidades de produção de biometano de vinhaça. A empresa indica que ainda mantém planos de produção de E2G condicionados ao aumento de seu valor de venda (NOVACANA, 2025b; TEIXEIRA JUNIOR, 2025).

Já a Raízen anunciou o encerramento da produção comercial de E2G na planta de Piracicaba (SP), transformando-a em uma unidade dedicada a testes e desenvolvimentos futuros (NOVACANA, 2025a). A companhia mantém ativa a produção na unidade de Guariba (SP) e possui duas novas unidades com a mesma capacidade nominal de 82 milhões de litros em etapa de comissionamento, com expectativa de início de produção ainda em 2025, localizadas em Barra Bonita (SP) e Valparaíso (SP) (NOVACANA, 2024g). Adicionalmente, a empresa possui mais três novos projetos em construção e mais um novo projeto a ser iniciado, conforme Tabela 6. A Raízen pretende comercializar o etanol lignocelulósico para o mercado externo, onde já possui contratos de longo prazo.

Tabela 6 - Unidades e projetos de E2G da Raízen*

Usina da instalação	Município	Status	Capacidade anual (milhões de litros)	Início de operação divulgado
Barra	Barra Bonita	Comissionamento	82	2025/26
Univalem	Valparaíso	Comissionamento	82	2025/26
Gasa	Andradina	Construção	82	2025/26
Vale do Rosário	Morro Agudo	Construção	82	2025/26
Tarumã	Tarumã	Construção	82	2026/27
Caarapó	Caarapó	Projeto	-	2026/27

Fonte: (NOVACANA, 2024d, 2024f, 2024g; RAÍZEN, 2023a)

*Nota: A Raízen também havia indicado projeto para implementação de uma unidade E2G na usina Santa Elisa, em Sertãozinho (SP). Entretanto, a companhia anunciou recentemente a descontinuação das operações desta unidade (NOVACANA, 2025c).

No exterior, os projetos de E2G de outras empresas não têm conseguido alcançar a produção comercial e muitas plantas pararam suas operações, sem previsão de retomada.

9.3. Diesel coprocessado com óleos vegetais (Diesel C)

O coprocessamento é o processo industrial no qual matérias-primas renováveis, como óleos vegetais ou resíduos orgânicos, são integradas na produção de combustíveis fósseis em refinarias, resultando em um produto misto. Ocorre em unidades de refino já operacionais, sem a necessidade de grandes modificações nas instalações, ou seja, permite que as refinarias utilizem seus processos estabelecidos sem a necessidade de grandes investimentos em novas unidades, oferecendo vantagens em termos de flexibilidade e escalabilidade. Óleos vegetais podem ser integrados diretamente nessas unidades, enquanto resíduos orgânicos dependem de etapas adicionais de pré-tratamento como, por exemplo, a pirólise. O resultado é a produção de combustíveis com conteúdo de energia renovável e com menor pegada de carbono, seja para uso como diesel (especificado como diesel C na resolução nº968 da ANP) (ANP, 2024c) ou para uso como querosene de aviação. No segundo caso, o querosene resultante é tratado como combustível sustentável de aviação no arcabouço técnico corrente e, por isso, será discutido na seção seguinte desta análise de conjuntura. O diesel C é considerado similar ao diesel A para fins de mistura, sendo, portanto, obrigatória a adição de biodiesel ao diesel C para comercialização em postos de combustível.

Na nomenclatura comercial, o diesel C é denominado Diesel RX pela Petrobrás, onde o “X” refere-se à porcentagem de óleo vegetal usado na mistura original (ex. o Diesel R5 contém 5% de óleo vegetal em mistura com o diesel mineral), indicando que o Diesel RX é um combustível resultante do coprocessamento de percentual de óleo vegetal com o diesel mineral. Esse coprocessamento ocorre nas etapas de hidrotreatamento (hidrogenação catalítica) ou de craqueamento catalítico fluído (FCC) das refinarias. No segundo semestre de 2024, a Petrobras anunciou a venda de 10 milhões de diesel R5 por mês e sua primeira venda diretamente para um consumidor final, a Vale (AGÊNCIA PETROBRAS, 2024; MELHOR INVESTIMENTO, 2024).

No Plano Estratégico 2025–2029 da Petrobras, há uma previsão de expansão significativa da capacidade de coprocessamento, com projeção de aumento de até 11 vezes em relação à capacidade atual, condicionada ao avanço da regulação aplicável. A meta estabelecida é atingir uma capacidade instalada de produção de 63 mil barris por dia de Diesel R5 por meio de coprocessamento (PETROBRAS, 2024). A distribuição estimada dessa capacidade entre as refinarias da Petrobras está detalhada na Tabela 7.

Tabela 7 - Distribuição estimada de capacidade instalada de coprocessamento para Diesel R5 por refinaria da Petrobras

Refinaria	Participação (%)	Capacidade Estimada (mbpd)
REPAR	46%	29
RPBC	14%	8,8
REPLAN	9%	5,7
REGAP	21%	13,2
REDUC	10%	6,3

Fonte: (PETROBRAS, 2024)

9.4. Combustíveis Sustentáveis de Aviação e Diesel Verde

Os combustíveis sustentáveis de aviação (*Sustainable Aviation Fuel – SAF*) são combustíveis de baixo carbono que visam a descarbonização do setor de aviação, mandatória para as companhias aéreas. Para voos internacionais, a Organização da Aviação Civil Internacional das Nações Unidas (*International Civil Aviation Organization – ICAO/UN*) estabeleceu um acordo de redução de emissão com as empresas aéreas, denominado CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*), no qual define um crescimento neutro de carbono na indústria da aviação internacional a partir de 2020 até 2035, tendo como base 85% do nível de emissões de 2019, e chegando em emissões líquidas zero em 2050 (ICAO, 2024). No acordo, os combustíveis sustentáveis de aviação são definidos como combustíveis renováveis ou derivados de resíduos que atendam os critérios de sustentabilidade definidos pela organização (ICAO, 2023). No âmbito nacional, a Lei do Combustível do Futuro instaurou o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), que obriga os operadores aéreos a reduzirem gradativamente suas emissões de GEE por meio do uso de SAF em voos domésticos. A partir de 2027, será obrigatória a redução das emissões de GEE de 1%, com aumento progressivo até alcançar 10% de redução de emissões em 2037.

Já o diesel verde é um combustível renovável formado por uma mistura de hidrocarbonetos com composição química análoga à do diesel fóssil, sendo assim totalmente *drop-in*. O HVO constitui o diesel verde produzido a partir do hidrotreatamento de óleos e gorduras. A Lei do Combustível do Futuro também instituiu o Programa Nacional do Diesel Verde (PNDV) com o objetivo de incentivar a pesquisa, produção e comercialização do produto. A lei prevê que o CNPE pode estabelecer uma participação volumétrica mínima obrigatória do combustível renovável de até 3% no diesel B, de acordo com as condições de oferta, preço e competitividade no mercado internacional do diesel verde. A decisão do conselho sobre tal mandato volumétrico deve ocorrer a cada ano a partir da implementação da lei.

No âmbito internacional, as rotas de produção de combustíveis sustentáveis de aviação devem ser homologadas pela *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, que estabelece a especificação de combustíveis de aviação contendo conteúdo renovável em suas normativas ASTM D7566 e ASTM D1655 (ASTM, 2022, 2023). Nesse contexto, as frações renováveis precisam necessariamente ser misturadas a frações de origem fóssil para obtenção de combustíveis autorizados para uso, com volumes máximos bem determinados. No Brasil, as mesmas rotas são autorizadas pela ANP através da resolução nº 856 (ANP, 2021b). O diesel verde, por sua vez, é produzido por rotas similares, autorizadas no Brasil pela resolução ANP nº 842 (ANP, 2021c). A Tabela 8 apresenta tais rotas de forma resumida. Nesse sentido, as seguintes matérias-primas têm potencial para serem utilizadas de forma mais promissora no Brasil na produção de SAF e/ou diesel verde (em ordem alfabética): babaçu, cana-de-açúcar, milho, macaúba, palma, recursos florestais (eucalipto) e soja.

Tabela 8 - Rotas tecnológicas certificadas e autorizadas pela ANP para a produção de diesel verde e/ou combustível de aviação com conteúdo renovável

Rota de produção	Produção permitida pela ANP	Matéria-Prima	Mistura máxima no combustível final (aviação)
HEFA	Diesel Verde (HVO) e SAF	Óleos e gorduras	50% *
FT	Diesel Verde e SAF	Resíduos agrícolas e florestais, madeira, e resíduos sólidos	50%
A-FT	SAF	Resíduos agrícolas e florestais, madeira, e resíduos sólidos	50%
ATJ	Diesel Verde e SAF	Matérias-primas renováveis (cana-de-açúcar, milho ou resíduos florestais)	50%
SIP	Diesel Verde e SAF	Açúcares	10%
CHJ	Diesel Verde e SAF	Óleos e gorduras	50%
Coprocessamento com petróleo	SAF **	Óleos e gorduras, hidrocarbonetos de FT	5%

*Nota 1: A mistura máxima da rota HEFA é de 10% no caso de hidrocarbonetos produzidos pela microalga *Botryococcus braunii*

**Nota 2: O coprocessamento de óleos vegetais e gorduras animais com matéria prima fóssil para a produção de diesel também é possível, mas resulta em um produto diferente do Diesel Verde, como especificado na seção “Diesel coprocessado com óleos vegetais (Diesel C)”.

Fonte: (ANP, 2021c, 2021b)

No mundo, a produção de SAF tem aumentado, havendo aproximadamente 45 unidades produtivas ativas operando (ICAO, 2025). A rota HEFA-SPK é a dominante no momento, embora a rota ATJ-SPK também já possua plantas comerciais em operação (DOE, 2024; IATA, 2024). Entretanto, ainda existem desafios industriais e econômicos para que o SAF e o diesel verde possam ser competitivos em relação ao querosene de aviação e diesel de origem fóssil. No Brasil, com as sinalizações do CORSIA e da Lei do Combustível do Futuro, algumas empresas têm se direcionado para a construção de plantas produtoras de SAF, usualmente com produção consorciada de HVO. Ademais, a Vibra anunciou recentemente o início de comercialização de SAF (importado) no aeroporto do Galeão, no Rio de Janeiro (VIBRA, 2025). A distribuidora forneceu o combustível para o primeiro voo do Brasil que utilizou o combustível sustentável, misturado ao querosene fóssil em uma fração de 10%. A aeronave abastecida, operada pela Líder Aviação, transportou trabalhadores para uma plataforma *offshore* (ISTOÉ, 2025).

A Petrobras anunciou sua intenção de diversificar as estratégias para a produção de biocombustíveis, com foco no desenvolvimento de plantas dedicadas à fabricação de Combustível Sustentável de Aviação (SAF) e diesel verde do tipo HVO. No Plano Estratégico 2025–2029, a companhia detalhou projetos em diferentes estágios de maturidade, que somam uma capacidade total estimada de produção de 44 mil barris por dia (mbpd) de SAF e HVO. Entre os projetos em carteira de implementação, destaca-se a instalação de uma planta HEFA a ser instalada na Refinaria Presidente Bernardes (RPBC), em Cubatão (SP), com data prevista de partida em 2029 e capacidade total de produção de 15 mil barris por dia (PETROBRAS, 2024). Já entre os projetos em carteira de avaliação, estão a implantação de plantas dedicadas no Complexo Boaventura, localizado no Rio de Janeiro, com capacidade prevista de 19 mil barris por dia via tecnologia HEFA, e uma unidade na Refinaria de Paulínia (REPLAN), em São Paulo (SP), com capacidade de 10 mbpd via tecnologia ATJ (*Alcohol-to-Jet*). Outras empresas também têm anunciado intenção de investir na produção de SAF pela rota ATJ (*Alcohol to jet*) (NOVACANA, 2024e; PETROBRAS, 2024; RAÍZEN, 2023b).

A Petrobras também anunciou à mídia que pretende comercializar, ainda em 2025, combustíveis de aviação resultantes do coprocessamento de 1,2% de óleos vegetais com matéria-prima fóssil (CHIAPPINI, 2025).

A Refinaria de Petróleo Riograndense (RPR), localizada em Rio Grande (RS), firmou em 2024 uma parceria com a dinamarquesa Topsoe para a implementação da tecnologia que possibilite o avanço no projeto de conversão total para uma biorrefinaria. O projeto inclui a produção de SAF e HVO pela rota HEFA e prevê o início das operações para o primeiro semestre de 2028, com capacidade estimada de 15 mil barris por dia (REFINARIA DE PETRÓLEO RIOGRANDENSE, 2024).

A ACELEN Renováveis anunciou investimento de mais R\$ 12 bilhões nos próximos 10 anos para conversão da Refinaria de Mataripe em uma biorrefinaria para produção de 1 bilhão de litros/ano de combustíveis renováveis (SAF e Diesel verde) até 2035. O projeto anunciado pela empresa prevê o incentivo à cultura e desenvolvimento da macaúba como matéria-prima e utilizará óleo de soja nos primeiros anos de operação para a rota HEFA-SPK (ACELEN, 2024).

A Oil Group teve um projeto aprovado recentemente pelo Conselho Nacional das Zonas de Processamento de Exportação (CZPE) para instalação de uma refinaria modular de combustíveis em Bacabeira (MA). A companhia informou um investimento de R\$ 8 bilhões de reais, que será feito em 3 etapas modulares, com objetivo de alcançar produção de até 50 mil barris por dia. A empresa não informou, entretanto, a matéria-prima a ser utilizada, mas indicou que visa a produção conjunta de SAF; diesel renovável, comum e marítimo; e gasolina, o que se traduz em uma provável operação de coprocessamento (CHIAPPINI, 2024).

Outro projeto anunciado envolve a construção de uma biorrefinaria para a produção consorciada de SAF e HVO a partir do óleo de palma pela rota HEFA-SPK. A unidade será localizada em Manaus e terá capacidade de produção de 500 mil m³/ano, a ser partilhada entre ambos os combustíveis. O custo divulgado foi de cerca de R\$ 2,5 bilhões (BRASIL BIOFUELS, 2022). Embora o início das operações deste projeto tenha sido inicialmente estimado para 2025, até o momento, não há mobilização efetiva condizente com esse cronograma.

Um aspecto relevante a destacar é a chamada pública lançada em agosto de 2024 pelo BNDES e pela FINEP com o propósito de fomentar planos de negócios voltados à produção de combustíveis sustentáveis para os modais aéreo e marítimo. Com dotação orçamentária estimada em até R\$ 6 bilhões, a iniciativa visou estimular a cooperação entre empresas e impulsionar os primeiros empreendimentos nacionais dedicados a essa cadeia produtiva. Esta ação integra a política industrial Nova Indústria Brasil, que estabelece diretrizes para a reindustrialização do País com ênfase em inovação, transição energética e desenvolvimento tecnológico (BNDES, 2024a).

Há ainda alguns projetos no Brasil visando a produção de SAF a partir da rota FT-SPK, com matérias-primas diversas para geração do gás de síntese necessário no processo. Estes projetos possuem escala menos elevada e são apoiados pela Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável.

O Instituto Senai de Inovação em Energias Renováveis instalou uma planta piloto em Natal (RN) para conversão de glicerina em SAF, com capacidade de produção de 5 litros de petróleo sintético por dia (G1 RN, 2023).

Nas dependências da usina de Itaipu Nacional, no Paraná, foi inaugurada pelo CIBiogás uma planta piloto focada na conversão de biogás com suplementação de hidrogênio eletrolítico em SAF, com capacidade de produção de 6 kg de petróleo sintético por dia (CIBIOGAS, 2024).

Finalmente, a Geo bio gás&carbon, em parceria com a Copersucar, pretende iniciar, em 2025, as operações de uma planta demonstrativa que converta resíduos sucroalcooleiros em combustíveis de aviação, visando aprimorar a tecnologia para escalonamento futuro. Este projeto, financiado pela FINEP, promete fornecer 270 mil litros de SAF por ano (MACHADO, 2024).

Além dos projetos anunciados, destacam-se duas iniciativas no Brasil de caráter político em 2024 voltadas à organização e consolidação do mercado de Combustível Sustentável de Aviação (SAF):

1) **Conexão SAF** – Lançada em junho de 2024 pela ANAC, em parceria com a ANP, a Conexão SAF é um fórum informal que reúne representantes dos setores público e privado com o objetivo de identificar e desenvolver propostas que viabilizem a descarbonização da aviação nacional por meio do uso de SAF. Com mais de 100 participantes, o fórum busca estabelecer um espaço contínuo e estruturado de diálogo, voltado à superação de desafios técnicos, regulatórios, tributários, produtivos e logísticos relacionados à produção e ao consumo de SAF no País (CONEXÃO SAF, 2024);

2) **Resolução CNPE nº 10/2024** – Publicada em agosto de 2024, esta resolução criou um grupo de trabalho no âmbito do CNPE para formular diretrizes e medidas voltadas ao desenvolvimento dos mercados nacionais de combustíveis aquaviários, combustíveis de aviação e gás liquefeito de petróleo. Espera-se que, com o avanço das atividades, sejam apresentadas propostas concretas de regulamentação e certificação desses biocombustíveis (CNPE, 2024a).

Diante da complexidade do tema, a articulação por meio destes fóruns multissetoriais representa um passo importante para a estruturação do mercado brasileiro de combustíveis sustentáveis, tanto para o setor aéreo quanto para o aquaviário.

9.5. Combustíveis Marítimos Sustentáveis

O setor marítimo é responsável por cerca de 3% das emissões globais de gases de efeito estufa, o que o pressiona para estabelecer soluções de baixo carbono. A Organização Marítima Internacional (IMO - *International Maritime Association*) atualizou significativamente as metas de descarbonização para o setor marítimo internacional em julho de 2023, quando estabeleceu a adoção da Estratégia Revisada da IMO sobre Gases de Efeito Estufa (GEE). Essa estratégia estabelece metas ambiciosas com o objetivo de zerar as emissões líquidas do segmento até 2050 através de marcos intermediários, como, por exemplo, a redução de suas emissões de GEE anuais em 30% em 2030 e em 80% em 2040, em relação ao ano-base de 2008. Essas metas podem ser alcançadas por meio de melhorias adicionais na eficiência energética dos novos navios e pela adoção de tecnologias e combustíveis com emissão zero ou quase zero de GEE em seu ciclo de vida (DGRM, 2023)(DGRM, 2023).

Mais recentemente, emendas significativas para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a proteção ambiental no setor marítimo foram discutidas na 83ª sessão do Comitê de Proteção ao Meio Ambiente Marinho da IMO (MEPC 83), realizada de 7 a 11 de abril de 2025. Dentre elas, destaca-se a Estrutura IMO Net-Zero, que propõe uma nova estrutura regulatória no Anexo VI da convenção de MARPOL, estabelecendo metas de intensidade de combustível das embarcações com base em suas emissões de GEE (GFI). Navios com GFI acima dos limites estabelecidos deverão adquirir Unidades de Remediação (RUs), enquanto aqueles que utilizarem combustíveis com intensidade de GEE abaixo de tais limites poderão receber recompensas financeiras. A medida entrará em vigor em 1º de janeiro de 2028 e os recursos arrecadados serão destinados ao IMO Net-Zero Fund para apoio à inovação, pesquisa e iniciativas de transição energética (IMO, 2025).

O uso dos biocombustíveis para reduzir a emissão dos GEE no transporte marítimo internacional tem sido ativamente discutido nas negociações da IMO. Nesse contexto, o Brasil tem ganhado protagonismo ao demonstrar o potencial de tais produtos para descarbonização, incluindo até mesmo a possibilidade de emissões negativas em 2050 (EPE, 2024d). Algumas iniciativas nacionais que avançam nesse sentido se destacam, conforme apresentado a seguir.

No último ano, a Petrobrás avançou em seu projeto de conciliar o foco em óleo e gás com a busca pela diversificação de portfólio em negócios de baixo carbono e anunciou as primeiras cargas do produto VLS B24, combustível marítimo, *Very Low Sulfur*, contendo 24% de biodiesel. Comparado ao bunker 100% mineral, o VLS B24 pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa em cerca de 20%, considerando o ciclo de vida completo do produto e dependendo da matéria-prima utilizada na produção do biodiesel, de acordo com a companhia (MARCELINO, 2024). Ainda disponível somente sob demanda, o *bunker* com conteúdo renovável foi misturado no Terminal de Rio Grande (RS) da Transpetro e utilizou biodiesel de segunda geração, isto é, obtido a partir de resíduos agroindustriais. Em janeiro de 2025, a Petrobras conquistou a certificação ISCC EU RED para o VLS B24, uma das certificações mais reconhecidas do mercado para rastreabilidade e cálculo das emissões de gases de efeito estufa de matérias-primas e bioprodutos sustentáveis, consolidando um processo iniciado com os testes do produto no final de 2022 (REVISTA O&G BR, 2025). Além disso, realizou operações de abastecimento com VLS B24 em Singapura em um navio da Transpetro afretado pela Petrobrás e em um navio graneleiro afretado pela Vale (PETROBRAS, 2025a, 2025b).

A Vibra e a Svitzer iniciaram em fevereiro de 2025 a operação do primeiro projeto piloto no Brasil para utilização de misturas de diesel marítimo (ODM) com biodiesel em embarcações, no Porto de Santos (SP). Após mais de dois anos de teste, a Vibra, distribuidora de combustíveis, fornecerá a rebocadores da Svitzer misturas com diferentes teores de biodiesel, começando com baixos percentuais e aumentando gradualmente até chegar a 30%, à medida que o projeto avança. O projeto é pioneiro no País e o primeiro a oferecer diesel marítimo com certificação ISCC EU (BIODIESELBR, 2025; TIMES BRASIL, 2025).

Paralelamente, também foi realizado no início de 2025 o primeiro abastecimento com diesel verde do tipo HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*) do setor marítimo brasileiro. Ocorrido em março no Porto do Açu com aprovação prévia da ANP, o combustível foi importado pela Efen e utilizado em rebocadores da Wilson Sons em substituição ao diesel marítimo. O objetivo do teste é avaliar eficiência, impactos na manutenção e desempenho ambiental, uma vez que a substituição do óleo diesel marítimo por HVO pode chegar a reduzir em mais de 80% as emissões de CO₂ equivalente e não requer modificações nos motores das embarcações (PORTOS E NAVIOS, 2025c).

Além dessa iniciativa, a Vast, responsável pela infraestrutura de operação do Terminal de Líquidos do Açu (TLA), planeja transformar o local em um hub para diversos produtos líquidos como etanol, lubrificantes e combustíveis claros. O porto também abriga projetos com hidrogênio verde, amônia e combustíveis sintéticos a partir de CO₂ (PORTOS E NAVIOS, 2025c, 2025d). Reforçando esse posicionamento, assinou um memorando de entendimento (MoU) com a Be8 para fomentar o uso de combustíveis de baixo carbono, especialmente o biodiesel (PORTOS E NAVIOS, 2025b).

Outro importante MoU foi assinado entre Brasil e Noruega, em fevereiro de 2025, para a criação de um corredor logístico sustentável no transporte marítimo, visando contribuição com as metas climáticas globais ao reduzir as emissões de GEE com o uso de combustíveis de baixo ou zero carbono nos navios que operem na rota estabelecida entre os dois países (PORTOS E NAVIOS, 2025a).

Finalmente, outro passo importante para alavancar as iniciativas de transição energética no Brasil no segmento marítimo foi a chamada pública conjunta entre Finep e BNDES para a seleção de propostas de negócios focadas no desenvolvimento e implementação de biorrefinarias, com o aporte de 6 bilhões de reais (50% de cada instituição) para fomentar a indústria de combustíveis de baixo carbono (GUIA MARÍTIMO, 2024). Lançada no segundo semestre de 2024, a chamada recebeu 43 propostas cujo interesse principal era a produção de combustíveis de aviação e 33 propostas para combustíveis marítimos, totalizando 76 projetos inscritos (BNDES, 2024c).

9.6. Biohidrogênio

Promulgada em agosto de 2024, a Lei nº 14.948 instituiu a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, estabelecendo um importante marco regulatório através de programas como o Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Rehidro) e o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC). O Ministério de Minas e Energia (MME) tem por objetivo introduzir e fomentar o hidrogênio na matriz energética brasileira e disponibilizá-lo para outros usos, tal como para produção de fertilizantes (MME, 2021). Até 2030, o MME estabeleceu meta de transformar o Brasil como o mais competitivo produtor de hidrogênio de baixa emissão de carbono no mundo e, até 2035, a consolidação de *hubs* de hidrogênio de baixa emissão de carbono. Segundo suas estimativas, o País tem potencial técnico para produzir 1,8 gigatonelada de hidrogênio por ano e com menor custo (MME, 2023).

O Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono foi legalmente definido como aquele que apresente emissões menores ou iguais a 7 kgCO₂eq/kgH₂ em seu ciclo de vida, independentemente da rota de produção adotada. Nesse contexto, o biohidrogênio se destaca por tipicamente apresentar intensidades de carbono inferiores a tal limite, podendo usufruir dos benefícios regulatórios estabelecidos. O biohidrogênio é definido como aquele produzido a partir da biomassa, seja por meio da gaseificação de recursos sólidos (ex. bagaço de cana, cavaco de madeira etc.), da reforma de biocombustíveis líquidos ou gasosos (ex. etanol ou biometano), ou de quaisquer outros processos emergentes (EPE, 2025b).

O Projeto de Lei nº 725/2022 (que continua em tramitação no Senado até a data da publicação desta análise de conjuntura) prevê que, até 2032, seja adicionado o percentual mínimo de 5% de hidrogênio na rede de gasodutos, e 10% até 2050. Dentro desses percentuais, 60% deve ser hidrogênio sustentável até 2032 — de fontes energéticas como solar, eólica, biomassas, biogás e hidráulica. A partir de 2050, essa participação deve ser de 80% (SENADO FEDERAL, 2022).

O biohidrogênio se notabiliza como uma alternativa à rota de produção eletrolítica ao necessitar de recursos diferentes e abundantes no Brasil. Nos últimos anos, observou-se no mundo um descompasso entre o investimento anunciado e aquele efetivamente realizado no segmento de hidrogênio de eletrólise, o que indica uma dificuldade do setor em concretizar as expectativas inicialmente levantadas por mercados e governos (ODENWELLER; UECKERDT, 2025). Nesse sentido, o biohidrogênio pode representar uma possibilidade de ampliação da oferta de hidrogênio de baixa emissão de carbono através de outras tecnologias.

No momento, as principais iniciativas de produção de hidrogênio a partir da biomassa que se destacam no Brasil se focam em rotas de reforma, conforme apresentado a seguir.

A reforma do biometano e/ou biogás é utilizada para produção de biohidrogênio em alguns empreendimentos. Em 2022, a empresa Geo Biogas & Tech, em parceria com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, anunciou ter produzido hidrogênio a partir do biometano obtido da reforma catalítica a seco do biogás, produto da biodigestão da vinhaça (NOVACANA, 2022). O hidrogênio oriundo da reforma de biogás também é produzido nas iniciativas-piloto de produção de SAF por rota FT-SPK, apresentadas na seção 9.4. Nesses casos, entretanto, o gás é diretamente consumido no processo, não representando o produto final.

Já a reforma de etanol para produção de hidrogênio é destaque em um projeto-piloto desenvolvido na Universidade de São Paulo (USP) em parceria com a Shell, Hytron, Raízen e SENAI CETIQT. O reformador instalado no campus da universidade produz 100 quilos de hidrogênio por dia, usados para abastecer três ônibus urbanos e dois automóveis (SHELL, 2025). Outros destaques do setor automotivo incluem parcerias entre universidades e montadoras para execução de projetos de pesquisa que visam converter etanol em hidrogênio *in situ* nos veículos, atualmente em fases de maturidade incipiente (ZAPAROLLI, 2023).

Um dos projetos selecionados na Chamada de Hubs de Hidrogênio para Descarbonização da Indústria, cujo resultado saiu no final de 2024, contempla o potencial de produção a partir de biomassa de cana-de-açúcar. Esse empreendimento da Petrobrás contempla um hub de hidrogênio de baixa emissão, à princípio, no estado de São Paulo, devido à grande disponibilidade de biomassa na região e uma vez que a empresa já possui 4 refinarias potenciais consumidoras do insumo no estado (EIXOS, 2025c).

Em termos teóricos, o potencial de produção de biohidrogênio no Brasil é significativo, dado o volume de biomassa disponível no País. Estima-se que até 26,7 milhões de toneladas por ano do gás poderiam ser produzidas somente a partir da reforma de biogás gerado por resíduos urbanos e agropecuários até 2031 (EPE, 2023). Haveria ainda o potencial de rotas de gaseificação de biomassas sólidas e da reforma a vapor do etanol, entre outras.

9.7. Bio-CCS / BECCS

A captura e estocagem geológica consiste em um conjunto de tecnologias que promove o armazenamento permanente do dióxido de carbono (CO₂) com o objetivo de contribuir para a mitigação das emissões de GEE. Aplicado ao carbono biogênico, isto é, aquele que tem origem em fontes biológicas renováveis, pode gerar sistemas com emissões negativas ao promover a remoção de carbono da atmosfera.

Na indústria de biocombustíveis, a fermentação de açúcares produzindo etanol e a purificação do biogás à condição de biometano são dois processos que se destacam pelo potencial de serem associados à captura de CO₂. A produção de etanol e de biometano geram CO₂ em elevada pureza, oferecendo oportunidades de captura de carbono biogênico a custos relativamente menores quando comparados a correntes com baixa concentração de CO₂ como, por exemplo, de gases pós-combustão.

A Lei do Combustível do Futuro estabeleceu o marco regulatório para essa cadeia e determinou a ANP como o órgão regulador, ficando responsável por conceder autorização às atividades de captura para fins de estocagem, transporte e estocagem geológica do dióxido de carbono no Brasil.

Na Lei que cria o PATEN, foi observado mais um avanço para a cadeia da captura e estocagem geológica do CO₂. A cadeia aparece como um dos setores prioritários ao fomento de financiamento de projetos, junto a biocombustíveis e outras soluções de mitigação.

Entre 2024 e o início de 2025, houve anúncios de avanços no projeto de BioCCS a partir do CO₂ produzido pela usina de etanol de milho da FS Bioenergia em Lucas do Rio Verde, no Mato Grosso (MT). Como exemplo, pode-se citar realização de audiência pública como parte do processo de licenciamento ambiental do projeto junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente do MT. O projeto prevê a injeção de 423 mil toneladas por ano de CO₂ a mais de mil metros de profundidade no subsolo, dentro da área da usina, após transporte de 300 metros por dutos a alta pressão. A estimativa de investimento em julho de 2024 era de 460 milhões de reais (FS; GREEN AGROFLORESTAL, 2024), tendo sido divulgada a obtenção de financiamento de 170 milhões da FINEP (CARDIAL, 2025).

Além do projeto da FS, a UISA divulgou ter investido 9,3 milhões de reais “em estudos e levantamento de dados para a implementação futura do projeto BECCS” (UISA, 2024).

9.8. Biocombustíveis Sintéticos

Também contemplados no texto final da Lei do Combustível do Futuro, os combustíveis sintéticos são *drop-in* produzidos a partir da conversão eletroquímica, térmica e/ou catalítica de matérias-primas naturais. Biocombustíveis sintéticos, por sua vez, são aqueles produzidos a partir da biomassa, seja por processo de gaseificação ou de reforma, como descrito a seguir. Cada etapa individual desses processos possui maturidade tecnológica relativamente elevada. No entanto, a integração entre as etapas e suas correntes resultantes ainda possui menor grau de maturidade, exigindo avanços adicionais para viabilizar sua aplicação em escala industrial (IEA BIOENERGY, 2025).

A gaseificação consiste em um processo de conversão de biomassas sólidas – como recursos madeireiros (ex. cavacos de madeira) ou resíduos agrícolas e agroindustriais (ex. palhas e bagaços ou licor negro) – em gás de síntese, uma mistura gasosa composta essencialmente de hidrogênio e monóxido de carbono (CO). Tal mistura pode ser então convertida em diversos biocombustíveis sintéticos através de operações como a síntese de Fischer-Tropsch, que produz o chamado “petróleo sintético”, passível de ser refinado para gerar biogasolina sintética, diesel FT, bioquerosene (SAF) e biocombustíveis marítimos; a síntese de metanol, gerando biometanol que pode ser utilizado como biocombustível; ou mesmo o tratamento do gás para produção de hidrogênio com alta pureza e subsequente conversão do recurso em bioamônia, potencial biocombustível ou insumo químico, inclusive para produção de fertilizantes.

Já a reforma é uma operação termoquímica que converte matérias-primas líquidas ou gasosas em gás de síntese. A partir desse produto, as mesmas rotas descritas anteriormente podem ser aplicadas para a produção de combustíveis sintéticos. A reforma a vapor do metano de origem fóssil é uma operação consolidada usada na produção de gás de síntese fóssil, podendo ser diretamente estendida para uso de biometano como matéria prima. O processo pode também ser aplicado para etanol, glicerina e outras moléculas associadas à bioenergia.

Alguns projetos piloto têm se concretizado no Brasil para desenvolvimento de processos para produção de biocombustíveis sintéticos, em especial aqueles destacados para a rota FT-SPK na seção 9.4.

Por outro lado, a biomassa também pode servir como fonte de carbono para a produção de eletrocombustíveis sintéticos, que são gerados pela combinação de uma corrente rica em CO₂ com uma corrente de hidrogênio eletrolítico. Nessa linha, a Eletrobras e a Suzano firmaram recentemente um memorando de entendimento para desenvolvimento de processos de produção de combustíveis sintéticos utilizando o CO₂ gerado em uma unidade de produção da empresa de papel e celulose (SUZANO, 2024). Ademais, a Petrobras anunciou um projeto de construção de uma fábrica de e-metanol a partir de hidrogênio verde e CO₂ biogênico de plantas de etanol ou de aterros sanitários em Pernambuco, em parceria com a empresa European Energy (ROSA, 2024).

10. Avaliação de emissões de gases de efeito estufa evitadas pela bioenergia

O perfil de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil apresenta características diferentes da média mundial. Enquanto na maioria dos países o setor energético é o principal emissor, no Brasil o conjunto de agricultura, florestas e uso do solo (AFOLU – *agriculture, forest and other land use change*, na sigla em inglês) responde pela maior parcela das emissões líquidas de GEE. De fato, segundo o relatório mais recente do MCTI (MCTI, 2022), 70% das emissões estimadas em 2022 ocorreram através das mudanças no uso do solo e atividade agropecuária. No mesmo ano, o setor de energia respondeu por aproximadamente 21% das emissões, um aumento de 7% em relação aos valores contabilizados em 2020. A categoria de transportes foi a mais representativa dentro do setor energético, correspondendo a 52% das emissões (MCTI, 2024).

Ainda que a energia não seja a principal responsável pelas emissões nacionais de GEE, também é preciso aplicar esforços para a transição com foco em assegurar a sustentabilidade, o acesso à energia e a segurança energética. O Brasil possui diversas vantagens comparativas nesse processo, principalmente em função da elevada disponibilidade de recursos energéticos renováveis, tanto para geração de energia elétrica quanto para produção de combustíveis com menor intensidade de carbono. Ao explorar essas oportunidades, a transição energética tem o potencial de catalisar o desenvolvimento tecnológico e industrial, além de promover a geração de emprego e renda para a população.

O arcabouço legal constituído ao longo dos últimos anos já faz com que a bioeletricidade e os biocombustíveis exerçam um papel importante na renovabilidade da matriz energética nacional. Conforme abordado nos capítulos anteriores, tanto a geração de energia elétrica nas usinas sucroenergéticas quanto a produção de etanol e biodiesel cresceram em 2024, o que resultou no aumento de 10% das emissões evitadas pela bioenergia em relação ao ano anterior.

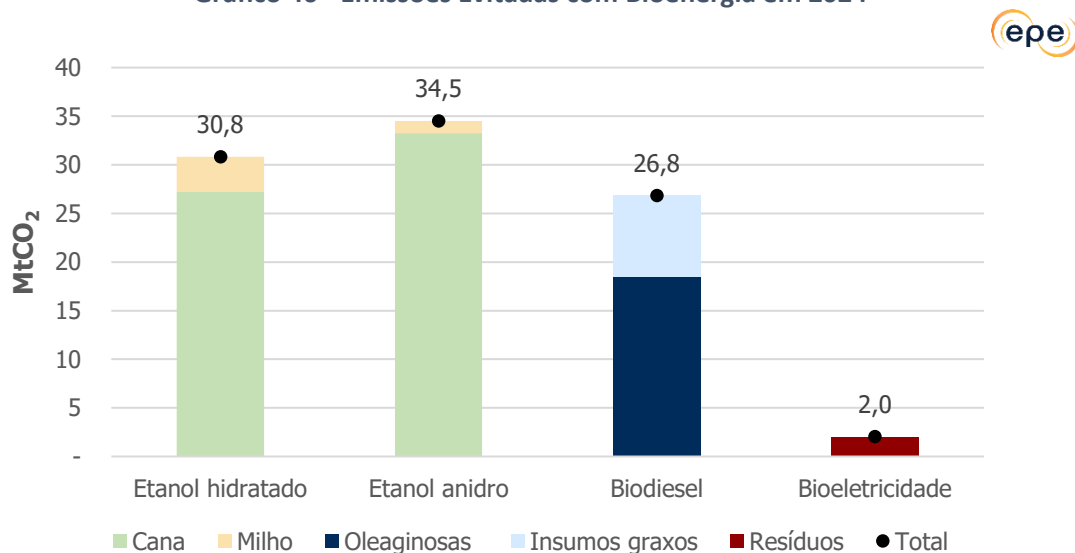
No setor elétrico, a bioeletricidade representou 8,2% da energia elétrica gerada em 2024, sendo a maior parcela proveniente da utilização do bagaço de cana nas usinas de etanol. Em 2024, a renovabilidade da matriz elétrica brasileira apresentou queda de 1% em decorrência da redução da geração hidrelétrica (-1%), associada ao aumento da geração a gás natural (+23,9%). Em paralelo, o incremento da geração eólica (+12,4%) e solar fotovoltaica (+39,6%) auxiliaram na manutenção do alto grau de renovabilidade da matriz elétrica brasileira (EPE, 2025e). Essas alterações resultaram em um fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) de 0,0545 tCO₂/MWh, de acordo com o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2025). Esse fator é cerca de 42% acima que o valor registrado em 2023. Adiciona-se que a energia gerada através da bioeletricidade em 2024 foi 2,4% maior do que no ano anterior, contribuindo para evitar a emissão de cerca de 2 MtCO₂.

Em relação aos biocombustíveis líquidos, nota-se um aumento das emissões evitadas em função do aumento em 1% do percentual mandatório de biodiesel e da produção recorde de etanol observado em 2024 e relatado nos capítulos anteriores. A participação dos biocombustíveis fez com que a matriz de transportes apresentasse um perfil 25,7% renovável (EPE, 2025e). Por conseguinte, as emissões evitadas pelo uso de etanol (anidro e hidratado de cana e milho de 1ª geração) e biodiesel, em comparação aos equivalentes fósseis (gasolina e diesel), somaram 92 MtCO₂ em 2024. Esse valor representa um nível de emissões evitadas 9,5% maior do que o total observado no ano anterior (84 MtCO₂).

O Gráfico 46 ilustra as emissões evitadas decorrentes do uso de biocombustíveis e da bioeletricidade da cana em 2024, ao passo que o Gráfico 47 apresenta o panorama dos últimos cinco anos. Em 2024, o total de emissões evitadas pelo uso de bioenergia foi de cerca de 94 MtCO₂, maior

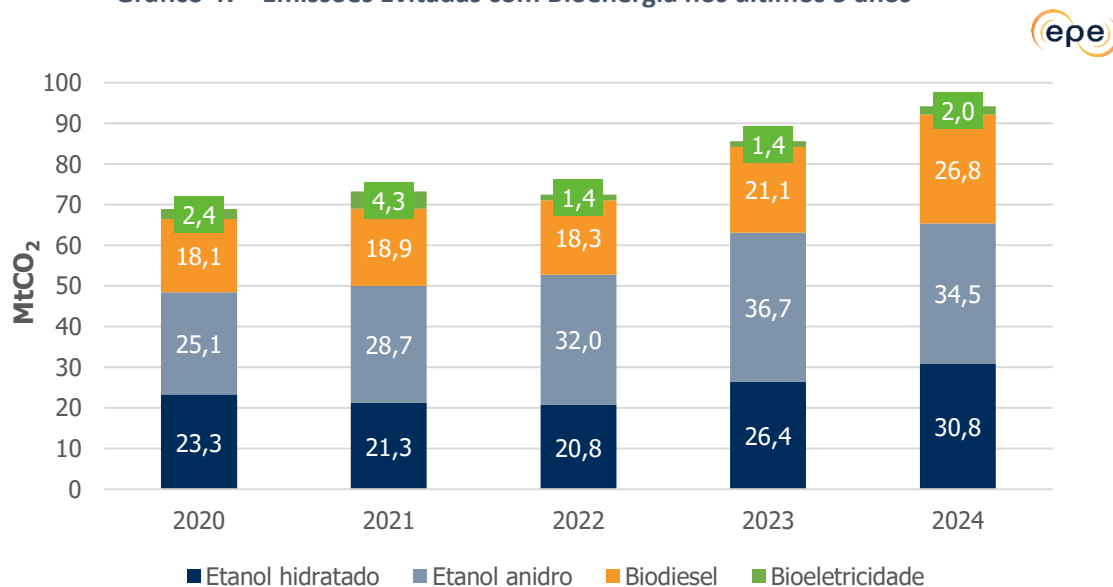
valor da série histórica iniciada em 2006. A bioenergia deve ganhar ainda mais relevância com o avanço da transição energética, especialmente em função da possibilidade de mitigar emissões com biocombustíveis *drop-in* nos setores de difícil descarbonização. Esse processo deve ser impulsionado com a implementação de regulações nacionais e internacionais, tais como o Combustível do Futuro e as metas da ICAO e IMO.

Gráfico 46 - Emissões Evitadas com Bioenergia em 2024



Fonte: EPE a partir de (EPE, 2009; IPCC, 2006; MCTI, 2025; ROSA, 2003)

Gráfico 47 - Emissões Evitadas com Bioenergia nos últimos 5 anos



Fonte: EPE a partir de (EPE, 2009; IPCC, 2006; MCTI, 2025; ROSA, 2003)

11. Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)

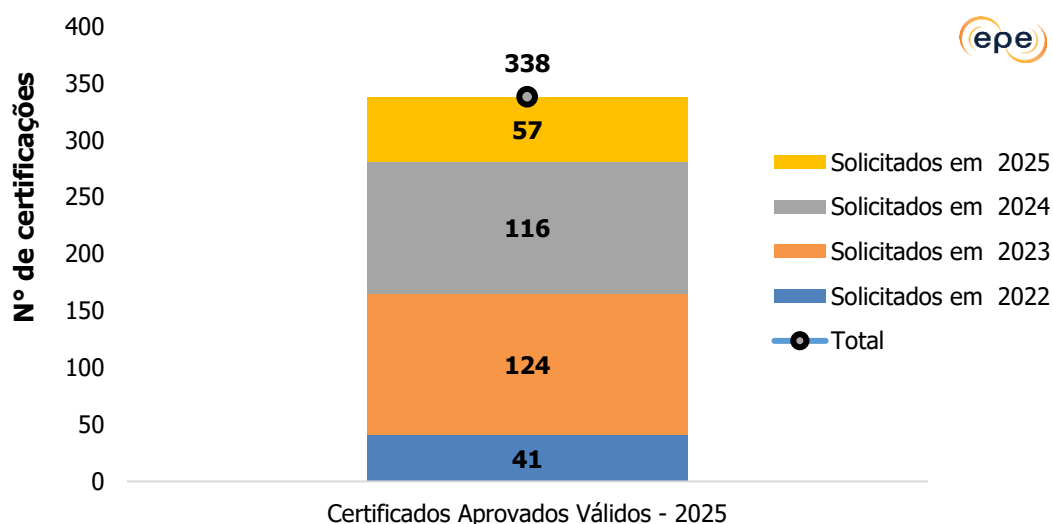
Em 2024, a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) completou 5 anos de funcionamento integral. Instituído pela Lei nº 13.576, promulgada em 26 de dezembro de 2017 (BRASIL, 2017a), o RenovaBio entrou em vigor em 2019. Em 27 de abril de 2020 foi iniciada a comercialização e o registro do Crédito de Descarbonização (CBIO) na plataforma de negociação da B3 - Brasil, Bolsa, Balcão e, algumas semanas depois, em 15 de junho de 2020 houve a primeira transação de CBIO (B3, 2025). O RenovaBio instituiu o Crédito de Descarbonização (CBIO) como o instrumento, registrado sob a forma escritural, para fins de comprovação da meta individual de redução de emissões de carbono do distribuidor de combustíveis.

Dentre os objetivos da Política estão: promover a adequada expansão da produção e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional e reforçar o compromisso do Brasil em reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Ao longo desses 5 anos, o RenovaBio contribuiu de forma relevante para reduzir a intensidade de carbono da matriz de transporte brasileira e para segurança do abastecimento de combustíveis.

11.1. Certificações

Entre 2019 e maio de 2025, 253 certificações de produtores de biocombustíveis foram renovadas, 4 mudaram de titularidade, 4 expiraram a validade, duas foram anuladas e uma sofreu mudança de rota de etanol 1G de cana para etanol 1G de cana e milho (*flex*). Conforme Gráfico 48, em maio de 2025, 338 certificados de produtores de biocombustíveis estavam válidos, 9 a mais que em 2024. Em resumo, foram adicionadas 8 certificações de etanol 1G de cana, duas de Biodiesel, e foi cancelada/suspensa uma certificação de etanol 1G de milho (*full*) (ANP, 2025h).

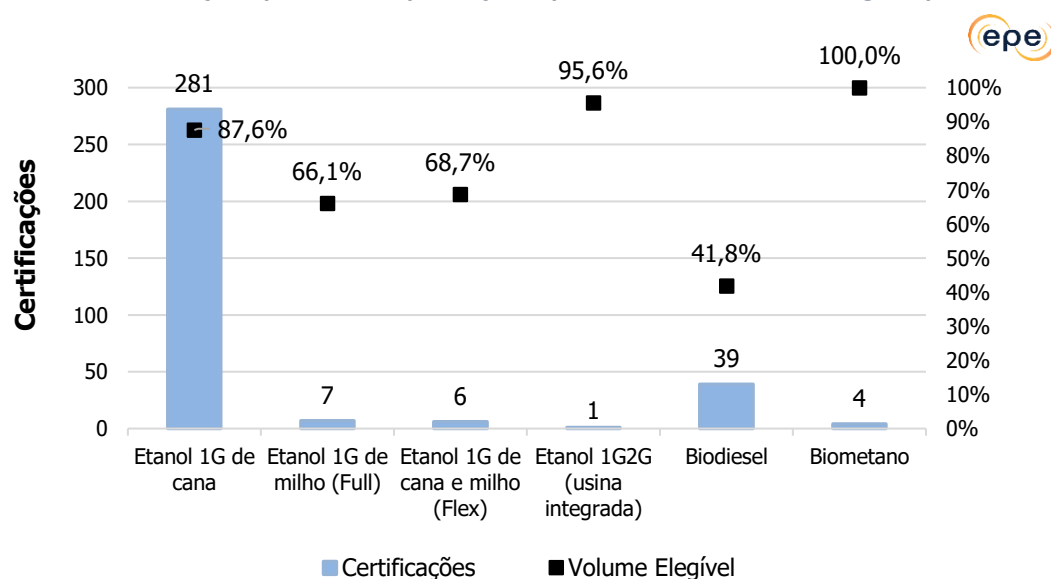
Gráfico 48 - Certificações de produção de biocombustíveis válidas



Destaca-se, ainda, que 14 firmas inspetoras estão credenciadas para realizar o processo de certificação no RenovaBio, uma a mais que em 2024. Registra-se que uma firma teve seu credenciamento cancelado por pedido próprio (ANP, 2025g).

O perfil das unidades certificadas por rota de produção e volume elegível, até maio de 2025, é apresentado no Gráfico 49. O volume elegível apresenta grande variação, principalmente pela dificuldade de rastreamento das culturas de soja e milho, devido à elevada diversidade de produtores e forma de aquisição destas matérias-primas⁶². As rotas de produção que possuem maiores volumes elegíveis são o etanol de cana de 1ª geração (87,6%, queda de 0,9 p.p. frente a 2024), etanol de cana de 1ª e 2ª geração em usina integrada (95,6%) e o biometano (100%). O etanol oriundo de unidades *flex* (milho e cana) aumentou seu volume elegível em 8,2 p.p., chegando a 68,7%, e o proveniente de unidades *full* permaneceu estável em relação ao ano anterior, mesmo com o cancelamento do certificado de uma unidade. A média do volume elegível das usinas de biodiesel aumentou, qualificando em elegibilidade 41,8% de sua produção, quando em 2024 era de 39,3%. Destaca-se que usinas de etanol de cana de 1ª geração representam 83% do total das usinas certificadas e as de biodiesel, 12%.

Gráfico 49 - Certificações por rota de produção e percentual do volume elegível por rota



Fonte: (ANP, 2025g).

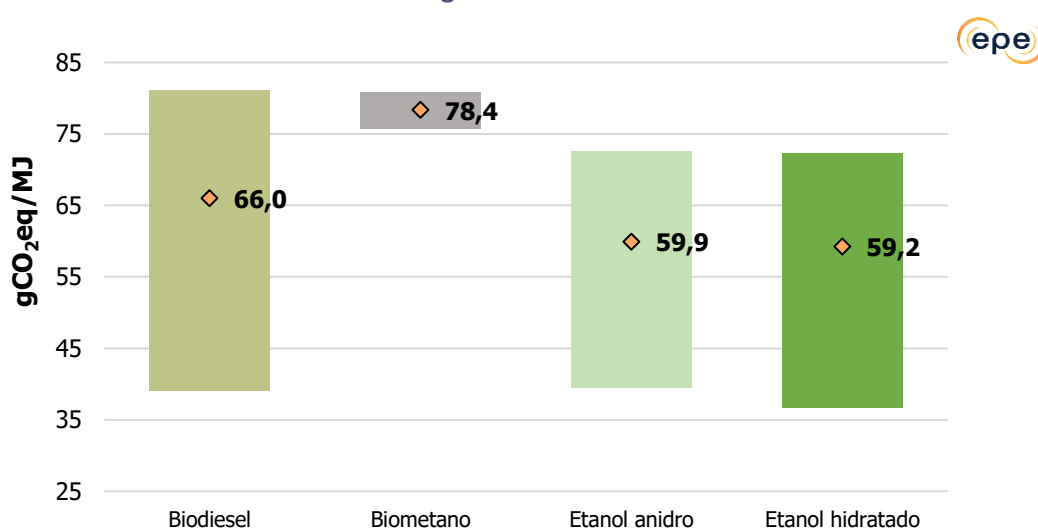
Considerando o número de unidades autorizadas a comercializar biocombustíveis pela ANP até maio de 2025, já foram certificadas 295 usinas de etanol de um total de 360 (81%), 39 de 58 plantas de biodiesel (67%) e quatro de 12 plantas de biometano (33%), sendo que 50% destas unidades foram autorizadas a operar entre 2024 e 2025, apresentando potencial aumento no número de certificações visto que possuem 100% de volume elegível (ANP, 2025a, 2025c, 2025e)

⁶² Em junho de 2022, a ANP elaborou o Informe Técnico nº 06/SBQ v.0, que estabelece os procedimentos para implementação e verificação da cadeia de custódia de grãos e óleos vegetais no âmbito do RenovaBio, que contou com o apoio da equipe técnica do *Brazil Energy Programme* (BEP), programa do Reino Unido voltado para estimular o desenvolvimento e sustentabilidade na área energética (ANP, 2025g).

Cabe destacar que a Resolução ANP nº 984, publicada no DOU de 17 de junho de 2025, em substituição à Resolução ANP nº 758, publicada no DOU de 27 de novembro de 2018, reduz o tempo mínimo de operação para que uma nova instalação solicite seu primeiro processo de Certificação de Biocombustíveis para obtenção do Crédito de Descarbonização (CBIO). Conforme a Resolução ANP nº 758 era necessário preencher os dados industriais na RenovaCalc com base em informações industriais do ano civil anterior, enquanto segundo a Resolução atual admite-se utilizar dados referentes ao período mínimo de quatro meses de operação (ANP, 2018b, 2025h). Esta mudança vai permitir que as certificações de novas instalações sejam emitidas mais rapidamente, tão logo sejam cumpridos todos os critérios necessários.

O Gráfico 50 apresenta a média da Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA) das unidades certificadas para cada biocombustível, assim como a faixa entre os valores mínimos e máximos, até maio de 2025. O biodiesel⁶³ e o biometano se mantêm com as notas mais elevadas, ressalvando-se o baixo percentual do volume elegível e a maior participação de óleos residuais do primeiro.

Gráfico 50 - Nota de Eficiência Energético-Ambiental das unidades certificadas

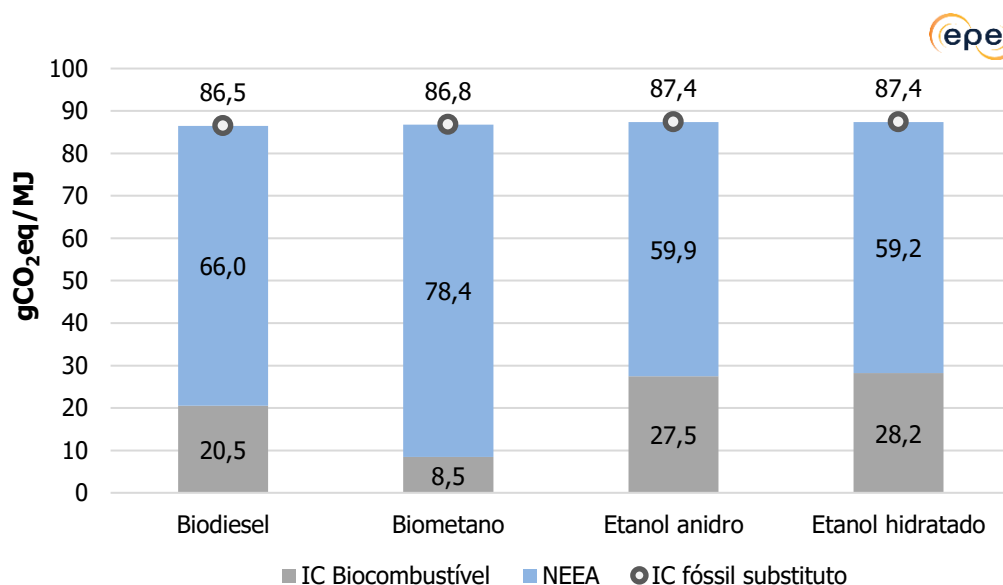


Fonte: EPE a partir de (ANP, 2025g).

Fazendo o comparativo da NEEA média de cada biocombustível com a intensidade de carbono (IC) do combustível fóssil substituto, chega-se à IC média do biocombustível, conforme pode ser observado no Gráfico 51. Considerando os indicadores da NEEA mínimos e máximos indicados no Gráfico 51, verifica-se um espaço para a redução das ICs dos biocombustíveis indicados.

⁶³ Para o biodiesel, uma parcela considerável do volume certificado, até o momento, não considera a etapa agrícola na certificação, como, por exemplo os resíduos, o que contribui para o aumento da NEEA.

Gráfico 51 - Intensidade de Carbono do biocombustível e de seu substituto fóssil e NEEA

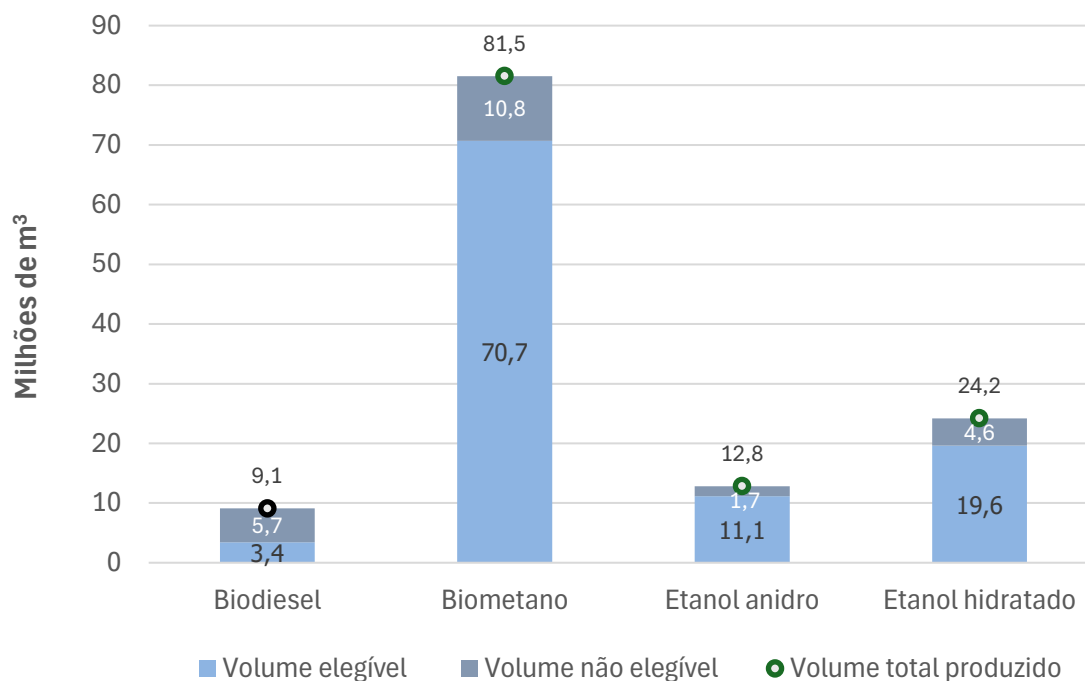


Fonte: EPE a partir de (ANP, 2025g).

11.2. Produção Elegível para Geração de CBIOS por Rota de Biocombustível

Este item busca avaliar o volume elegível para a geração de CBIOS por rota de biocombustível em 2024 (Gráfico 53). Observa-se uma variação entre o volume total produzido e o volume efetivamente apto para emissão de créditos pelas diferentes rotas.

Gráfico 52 - Volume produzido, volume elegível e não elegível por rota em 2024



Fonte: Elaborado por EPE a partir de dados da ANP (ANP, 2025g).

No caso do biodiesel, apenas 37,6% do volume produzido (9,1 bilhões de litros) foi considerado elegível para a geração de CBIOS, o que mostra um aproveitamento relativamente baixo em comparação com as demais rotas. A baixa rastreabilidade das cadeias de grãos influencia esse resultado, o que evidencia que ainda há espaço para que o setor de biodiesel aumente sua participação no mercado de créditos.

Para o biometano, o desempenho foi bem mais expressivo: 86,7% do volume produzido (81,5 milhões de Nm³) foi considerado elegível (70,70 milhões de Nm³), refletindo um alto grau de conformidade com os critérios estabelecidos. Esse índice pode ser atribuído, em parte, à origem da matéria-prima — resíduos orgânicos —, que facilita a certificação de 100% da produção em uma mesma unidade. Entretanto, o volume elegível não corresponde a 100% do volume produzido, pois o número de plantas produtoras de biometano tem crescido de forma acelerada nos últimos anos, de modo que ainda há usinas não certificadas.

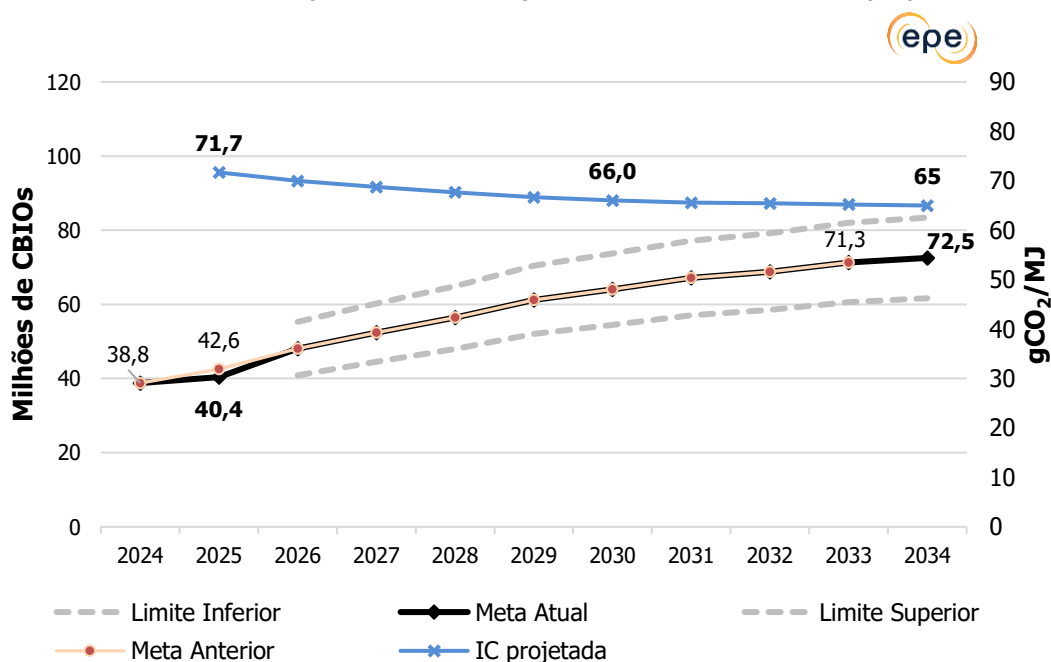
As rotas de etanol anidro e hidratado também apresentaram elevados percentuais de elegibilidade, com 87,0% e 81,0%, respectivamente. Considerando a produção total de etanol em 2024 (37,0 bilhões de litros), foram considerados elegíveis 11,15 bilhões de litros de etanol anidro e 19,60 bilhões de litros de etanol hidratado para a emissão de CBIOS.

11.3. Metas compulsórias de redução de emissões de GEE

Em dezembro de 2024, o CNPE definiu as metas compulsórias anuais de redução de emissões de GEE com base na estimativa de comercialização de combustíveis para o decênio seguinte, por intermédio da Resolução CNPE nº 14, ajustando o valor para 2025 e incluindo o ano de 2034 (CNPE, 2024b). A data limite para cumprimento das metas é até 31 de dezembro do ano corrente (BRASIL, 2023).

As metas anuais de descarbonização, assim como a intensidade de carbono projetada para a matriz de transportes, podem ser observadas no Gráfico 53.

Gráfico 53 - Metas compulsórias de redução de emissões de GEE e IC projetada



Fonte: (CNPE, 2024b)

Em março de 2025, a ANP publicou as metas individuais compulsórias de redução de emissões de GEE para esse ano⁶⁴ (ANP, 2025g), aplicáveis aos distribuidores que comercializaram combustíveis fósseis tendo as três principais empresas do setor, Vibra, Raízen e Ipiranga uma participação de 51% do total em 2024. Destaca-se que as metas individuais compulsórias de 2024 (38,8 milhões de CBIOS), incluindo a parcela não cumprida relativa ao ano de 2023 (7,6 milhões), totalizam 46,4 milhões de CBIOS. No entanto, deste total, 66 distribuidoras não adquiriram 10,5 milhões, sendo adicionados às suas respectivas metas para 2025. Por outro lado, 1,5 milhão de CBIOS foram abatidos de suas respectivas metas em decorrência de contratos de longo prazo, firmados com produtores de biocombustíveis, cuja vigência terminou em 2024, o que leva a uma meta global de 49,4 milhões de CBIOS para este mesmo ano. Neste contexto, a participação das três maiores distribuidoras no total passa a 44% (ANP, 2025g).

Dentre as distribuidoras que não cumpriram integralmente suas respectivas metas individuais de aquisição de créditos, 92% serão autuadas pelo não cumprimento da meta e os 8% restantes não serão, pois aposentaram CBIOS em quantidade igual ou superior a 85% da meta, e cumpriram integralmente a meta referente ao ano de 2023, atendendo ao requisito do § 4º do artigo 7º da Lei nº 13.576 (ANP, 2025c).

Segundo o Decreto nº 12.437, publicado no DOU de 17 de abril de 2025, os distribuidores de combustíveis em seu primeiro ano de atuação deverão comprovar o atendimento parcial de suas metas individuais em 30 de junho, 30 de setembro e 31 de dezembro, e no segundo ano de atuação haverá duas datas para comprovação, 30 de junho e 31 de dezembro. Os distribuidores, independente do tempo exercendo a atividade, que estiverem inadimplentes com a comprovação de suas respectivas metas individuais até 31 de dezembro do ano corrente além de sujeitos à prática de crime, multa, sanções administrativas e pecuniárias, também terão seus nomes encaminhados ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), à Advocacia Geral da União (AGU), ao Ministério Público Federal e aos demais órgãos competentes (BRASIL, 2025).

11.4. Estoque e Aposentadoria do CBIO

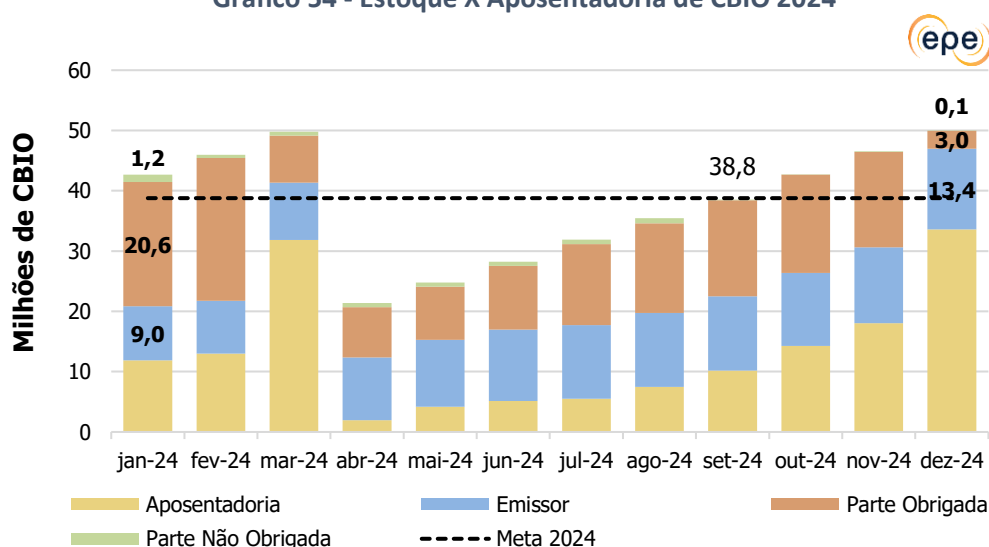
Ao final do exercício de 2024, que se encerrou em dezembro, foram aposentados 35,7 milhões de CBIOS pelas partes obrigadas em cumprimento às metas individuais, correspondendo a 92% da meta estabelecida pelo CNPE e a 77% do total das metas individuais atribuídas pela ANP, que inclui a parcela não cumprida pelos distribuidores em 2023⁶⁵. Até 05/05/2025, também foram aposentados 5,9 milhões de CBIOS referentes às metas individuais de 2025, com prazo de cumprimento até 31/12/2025 (ANP, 2025c).

Ao fim de dezembro de 2024, os CBIO disponíveis para comercialização (emitidos + em estoque) totalizaram 16,41 milhões, sendo: 13,37 milhões na posse dos emissores primários (81,5%), 2,98 milhões com a parte obrigada (18,2%) e 53,47 mil com partes não obrigadas (0,3%). O Gráfico 54 apresenta o estoque de CBIO ao longo do ano em posse de cada agente deste mercado, assim como a evolução das aposentadorias.

⁶⁴ De acordo com a Resolução ANP nº 974/2024, as distribuidoras que não comprovaram o cumprimento integral de suas metas, referentes ao exercício anterior, deverão ter acréscimo proporcional nas respectivas metas no ano em questão (ANP, 2024d)

⁶⁵ Conforme disposto no § 2º do artigo 5º da Resolução ANP nº 974/2024, a meta anual estabelecida pelo CNPE para 2024, foi reduzida em 2 CBIOS, os quais foram retirados definitivamente de circulação do mercado por partes não obrigadas no ano anterior (ANP, 2024d)

Gráfico 54 - Estoque X Aposentadoria de CBIO 2024



Nota: Destaca-se que, neste gráfico, não é possível dissociar as aposentarias relativas aos anos de exercício de 2023 e 2024 dentro de cada mês, o que pode levar a valores diferentes dos indicados pelo MME.

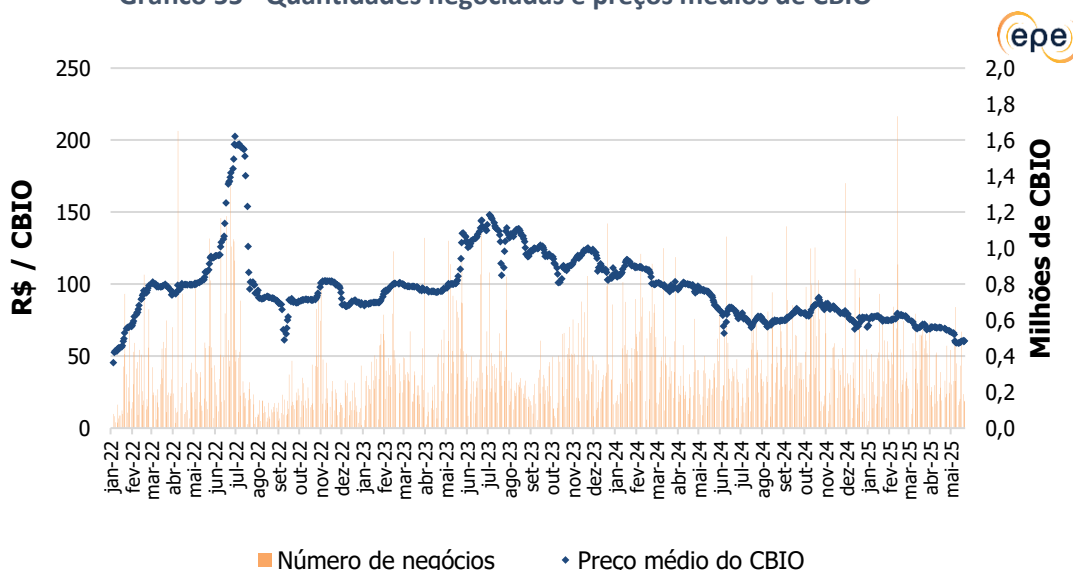
Fonte: EPE a partir de (B3, 2025).

11.5. Preço do CBIO

Após o ano de 2022 apresentar oscilações, o preço do CBIO demonstrou uma maior estabilidade em 2023, com uma elevação em junho, após a definição das metas globais e individuais de descarbonização, a partir do qual iniciou-se uma queda, finalizando o ano em cerca de R\$ 100,00. O preço médio anual do CBIO em 2023 foi cerca de R\$ 110,00, mesmo patamar registrado em 2022 (B3, 2025).

Em 2024, o preço médio anual do CBIO foi de R\$ 88,02 (queda de 21%). Os maiores registros ocorreram durante o primeiro trimestre, sendo que 31/03/2024 foi o prazo para as distribuidoras cumprirem suas respectivas metas individuais referentes ao ano de 2023. Entre maio e dezembro de 2024, o preço do CBIO permaneceu abaixo de R\$ 100, atingindo o mínimo de R\$ 65,82 em junho, como consequência da maior disponibilidade créditos de carbono negociada no mercado (aumento de 12%) e da judicialização por parte de distribuidoras inadimplentes com a compra de créditos que obtiveram decisões favoráveis (B3, 2025; EIXOS, 2025d). O Gráfico 55 apresenta a quantidade de créditos de descarbonização negociada e os respectivos preços médios corrente entre janeiro de 2022 e maio de 2025 (B3, 2025).

Gráfico 55 - Quantidades negociadas e preços médios de CBIO



Fonte: (B3, 2025).

Estima-se que os produtores de biocombustíveis⁶⁶ tenham recebido uma receita de cerca de R\$ 4 bilhões em 2024 (MME, 2024a).

11.6. Outros pontos relevantes

A Plataforma CBIO passou a contar com Módulo de Contratos de Longo Prazo a partir de 29 de novembro de 2023, de modo que 14% das distribuidoras foram beneficiadas com o abatimento de CBIOs de suas respectivas metas individuais para 2025, em razão de contratos de longo prazo com vigência terminada em 2024. Dentre essas distribuidoras, Raízen, Vibra e Ipiranga concentram 86% dos abatimentos de CBIOs (ANP, 2025g; BRASIL, 2024b). Espera-se que essas alterações fomentem a realização desse tipo de contratos com produtores de biocombustíveis de maior NEEA e o aumento da previsibilidade do mercado de CBIO.

Em 30 de dezembro de 2024, foi sancionada a Lei nº 15.082, que altera a Lei nº 13.576 (RenovaBio), para nela incluir os produtores independentes de matérias-primas destinada à produção de biocombustível. No caso dos produtores de cana-de-açúcar, tem-se que a entrega desse insumo com o uso do perfil padrão agrícola lhes garante, no mínimo, 60% das receitas provenientes da comercialização de CBIOs; enquanto aqueles que disponibilizarem os dados primários necessários para o cálculo da NEEA utilizando o perfil específico agrícola, e que forem inseridos na certificação do produtor com esse perfil, farão jus a, no mínimo, 85% da receita adicional oriunda da comercialização de CBIOs. Para os produtores das demais biomassas que sejam elegíveis e inseridos na certificação dos produtores de biocombustíveis, não está estabelecida uma parcela mínima de direito, sendo essa definida por meio de um acordo na esfera privada, podendo ser repassada na forma de prêmio (isento de tributação) (BRASIL, 2024c).

⁶⁶ O valor cobrado ao produtor de biocombustível por nota fiscal para a emissão de 1 CBIO foi atualizado em 21/02/2025 para R\$ 5,73. No período anterior, de 01/01/2024 a 20/02/2025, esse valor era de R\$ 5,49. A Plataforma CBIO é a ferramenta disponibilizada pelo Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO) para prestação de serviços de informática relativos à geração das informações necessárias para emissão de CBIO.

Outro ponto de destaque consta no Art. 9º o qual estabelece que o não atendimento à meta individual constitui crime ambiental e sujeita o distribuidor e seus dirigentes às penas previstas no referidos dispositivos, além de multa proporcional à quantidade de CBIOS, que deixou de ser comprovadamente adquirida e aposentada, sem prejuízo das demais sanções administrativas e pecuniárias previstas na Lei nº 9.847 e de outras de natureza civil e penal cabíveis (BRASIL, 2024c). De acordo com o Art. 9º-B, os fornecedores de combustíveis e biocombustíveis ficam vedados de comercializarem esses produtos com o distribuidor inadimplente com sua meta individual, a partir da inclusão do nome deste em lista de sanções a ser publicada e mantida atualizada pela ANP (BRASIL, 2024c).

Por meio dessa Lei tem-se o objetivo de assegurar a continuidade do programa RenovaBio, assim como o atendimento da aquisição e aposentadoria de créditos de carbono por parte das distribuidoras e instituir penalidades que impeçam seu funcionamento quando evidenciado o descumprimento das metas. O MME já ajuizou ação no Superior Tribunal da Justiça (STJ) a fim de suspender liminares favorecendo distribuidoras inadimplentes, de modo a conter a judicialização do RenovaBio e combater a concorrência desleal. Em maio de 2025, seis distribuidoras possuíam ações no STJ, sendo que cinco destas tinham processos administrativos abertos na ANP por descumprimento de meta entre 2020 e 2024, somando 4,7 milhões de CBIOS não aposentados. As liminares vigentes favoreceram 21 distribuidoras, envolvendo 10,9 milhões de CBIOS e a suspensão de pagamento de multas (EIXOS, 2025d).

12. Artigo - Potencial de expansão da produção de biocombustíveis e impactos associados

12.1. Introdução

Pioneiro em política pública de utilização dos biocombustíveis, o Brasil tem mais de 90 anos de experiência em etanol e 20 anos em biodiesel, que contribuíram para atender à demanda energética crescente do País. O que começou com foco na redução da dependência externa, permitiu a agregação de atributos sociais e ambientais (EPE, 2017, 2024c). Como resultado, o Brasil tem hoje uma das matrizes de transporte mais renováveis no mundo, que foi de 25,7% em 2024, segundo o Balanço Energético Nacional (EPE, 2025e). Esta particularidade reflete não somente o arcabouço legal formado por anos de políticas públicas, mas também a elevada capacidade produtiva, graças a suas características edafoclimáticas.

Para o futuro, a demanda de energia do País ainda será crescente, com os biocombustíveis mantendo sua relevância para a manutenção da renovabilidade da matriz energética, coerentemente com o histórico de sucesso (EPE, 2025c). Além disso, o Brasil, como signatário de metas internacionais de descarbonização (Acordo de Paris, CORSIA, IMO etc.), se beneficiaria dessa expansão, que pode ser alavancada por técnicas “poupa-terra”, relacionadas ao aumento da produtividade, cultivos sequenciais, utilização de biomassa residual e aproveitamento de áreas degradadas.

As técnicas de recuperação de terras degradadas apresentam um grande potencial de se tornarem uma solução prática para o aumento da produção de biocombustíveis nas suas principais culturas agrícolas (cana, soja e milho), empregando tecnologias já conhecidas das quais o Brasil tem larga experiência e com resultados rápidos já no curto prazo. Ao mesmo tempo, a recuperação de áreas degradadas pode fornecer ganhos locais às comunidades que vivem próximas, resultando em benefícios socioambientais.

Este artigo tem o objetivo de mostrar que somente o uso das técnicas poupa-terra já consegue suprir o aumento de produção dos biocombustíveis, sem pressionar novas áreas. Também serão estimadas a quantidade de coprodutos relacionados aos biocombustíveis, além dos ganhos sociais pela geração de empregos. Este estudo também apresenta uma análise com os principais pontos de sinergia da produção de biocombustíveis e de alimentos, que conta com diversas políticas públicas e como papel relevante papel da agricultura familiar.

12.2. Breve resumo dos biocombustíveis brasileiros

A produção de biocombustíveis no Brasil faz uso da miríade de matérias-primas que podem ser encontradas nacionalmente, já domesticadas ou em fase de domesticação. Elencam-se a seguir as principais culturas utilizadas para a produção desses energéticos renováveis, assim como apresentam-se os tipos de biocombustíveis produzidos atualmente no País e os que têm potencial de desenvolvimento.

12.2.1. Matérias-Primas para Biocombustíveis

O etanol provém majoritariamente da sacarose da cana-de-açúcar e do amido de milho. O biodiesel, de óleos vegetais e de materiais graxos. Entre os óleos vegetais mais utilizados, destaca-se o de soja, havendo ainda óleos de outras culturas como algodão, girassol, canola, palma, milho, de amendoim, além dos residuais. Algumas rotas de diesel verde e SAF também utilizam os mesmos insumos do biodiesel. Observe-se que para a produção de etanol e SAF há alguns experimentos promissores em andamento com o cultivo de agave no semiárido.

Essa plêiade de insumos suportará a produção dos biocombustíveis brasileiros com significativa importância, pois além da diversificação, podem agregar a agricultura familiar com a geração de emprego e renda. Essa destinação, ao mesmo tempo que gera valor, pode cumprir também um importante papel no quesito ambiental, pois muitos desses produtos eram descartados como materiais inutilizáveis e de forma inapropriada.

Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar tem papel estratégico na matriz agroindustrial brasileira, sendo cultivada desde o século XVI, principalmente para a produção de açúcar — mercadoria de alta demanda no mercado internacional. O aprimoramento genético realizado por institutos de pesquisa nacionais possibilitou o desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas, otimizando a produtividade em diversas regiões do País. O Brasil se destaca como o maior produtor mundial desta cultura.

Milho e outros

O milho é uma cultura que ganhou maior relevância nos últimos anos com o crescimento da 2ª safra, em rotação com a produção de soja. A instalação da indústria de etanol de milho, principalmente no Centro-Oeste brasileiro, absorveu grande parte do milho da 2ª safra, disponibilizando no mercado outros coprodutos importantes como o DDGS (grãos secos de destilaria com solúveis) para ração animal e o óleo de milho, que pode ser usado para uso alimentício e produção de biocombustíveis. O milho está se tornando o segundo maior insumo para a produção de biocombustíveis, participando da cadeia tanto do etanol quanto do biodiesel, SAF e, ainda, diesel verde.

Mais recentemente, o sorgo e o trigo têm se introduzido como insumo na produção de etanol, principalmente na região Sul, complementando a cesta de matérias-primas. Registra-se que são utilizados trigos com baixa qualidade, que não são utilizados para alimentação.

Soja

O óleo de soja constitui a principal matéria-prima para biocombustíveis do ciclo Diesel no Brasil, representando historicamente cerca de 70% do total de insumos utilizados na produção de biodiesel FAME, conforme Capítulo desse estudo. Além disso, esse insumo vegetal é tecnicamente viável para a síntese de combustíveis avançados, como o SAF e o diesel verde, ampliando sua relevância na matriz energética renovável.

A diversificação de matérias-primas para biocombustíveis, como óleos vegetais alternativos e resíduos graxos, é estratégica para mitigar a dependência da soja e garantir a resiliência do setor. Ressalta-se, ainda, que a importação de óleos e materiais graxos está regulamentada e pode ser acionada em contextos de necessidade de suprimento do mercado interno.

Outras culturas oleaginosas

O **algodão**, por sua vez, é uma cultura já consolidada no Brasil, com cultivares adaptados a várias regiões (inclusive ao semiárido), produzindo fibra, óleo da semente, e torta, que pode ser utilizada como ração animal. O óleo de algodão é um subproduto da indústria têxtil e alimentícia, com aplicações na culinária e indústria farmacêutica. Apesar de sua sustentabilidade e potencial regional, a cultura exige equipamentos específicos, o que dificulta o consórcio com outras culturas (EMBRAPA, 2025a).

A **palma de óleo**, também denominada dendezeiro, é uma planta de origem africana que apresenta grande adaptabilidade às condições edafoclimáticas nacionais e configura-se como uma das oleíferas de maior potencial para a produção de biocombustíveis no Brasil. Destacam-se: sua significativa capacidade de fixação de carbono; a possibilidade de aproveitamento de seus subprodutos para fins energéticos e a existência de cultivares desenvolvidos pela EMBRAPA, com elevada produtividade e resistência a pragas e doenças. Considerando sua elevada produtividade e aptidão para a recuperação de áreas degradadas, a cultura da palma reúne condições agronômicas, tecnológicas e territoriais favoráveis à sua expansão sustentável no País (EMBRAPA, 2025a).

A **macaúba** (*Acrocomia aculeata*), palmácea oleaginosa nativa e amplamente distribuída no território brasileiro, é uma alternativa estratégica para a diversificação da cesta de insumos para a produção de biocombustíveis. Entre os seus principais atributos agronômicos destaca-se sua elevada produtividade de óleo por hectare. Sua ocorrência natural em maciços vegetais distribuídos por várias regiões brasileiras indica ampla adaptabilidade, o que favorece o processo de domesticação e aumenta sua viabilidade em diferentes regiões. Estudos conduzidos por instituições como a Embrapa e a Universidade Federal de Viçosa vêm apresentando resultados preliminares que apontam para a qualidade superior do seu óleo, reforçando sua aptidão para fins energéticos. Trata-se de uma cultura ainda em estágio inicial de domesticação (EMBRAPA, 2025a).

Por fim, o **óleo de canola** não possui histórico robusto de produção no Brasil. A canola vem ganhando espaço como cultura de segunda safra, sendo provável que dentro do período considerado até 2035, venha a ser considerada como uma cultura auxiliar nas necessidades crescentes de óleo vegetal.

Gorduras animais

O sebo bovino historicamente ocupou a segunda posição entre os insumos utilizados na produção nacional de biodiesel, ficando atrás apenas do óleo de soja. Nos últimos quatro anos, entretanto, foi superado pelos “outros materiais graxos” — categoria que abrange matérias-primas não especificadas pelas usinas produtoras, permanecendo como a terceira principal matéria-prima empregada, como indicado no Capítulo 6 desse estudo.

O mercado internacional tem demonstrado crescente interesse pelo sebo bovino brasileiro, especialmente para uso na produção de SAF. Por ser considerado um resíduo de origem animal, o sebo apresenta elevado desempenho na redução da intensidade de carbono dos combustíveis finais.

Além do sebo bovino, outras gorduras animais — provenientes da suinocultura e da avicultura industrial — representam fontes promissoras de matéria-prima para a produção de biocombustíveis. A diversificação e aproveitamento integrado desses resíduos podem contribuir para maior segurança energética, menor dependência de cultivos oleaginosos e redução do impacto ambiental da cadeia produtiva.

12.2.2. Biocombustíveis

O Brasil é um dos principais produtores de combustíveis renováveis no mundo, com uma base ampla de produtos, desde os tradicionais biocombustíveis etanol e biodiesel, os adicionados mais recentemente, o biogás e o biometano e, para o futuro próximo, o diesel verde e o SAF (*Sustainable Aviation Fuel*). Os principais elementos de evolução desses energéticos no País são apresentados a seguir.

Etanol

O etanol produzido a partir da cana-de-açúcar é o principal biocombustível da matriz energética brasileira. Ele é amplamente utilizado como combustível automotivo em motores ciclo Otto, além de servir como precursor na síntese de biocombustíveis avançados, como o SAF, por meio da rota tecnológica ATJ (Alcohol-to-Jet).

No Brasil, diversas políticas públicas foram fundamentais para que a parcela de etanol atingisse os atuais limites observados. Esse movimento se iniciou a partir do Decreto 19.717/1931, que estabeleceu a mistura mínima de 5% do biocombustível na gasolina (BRASIL, 1931). Na década de 1970, com as crises mundiais do petróleo, o governo lançou em 1975, o Programa Nacional de Álcool – Proálcool, por meio do Decreto nº 76.593 (BRASIL, 1975). Mais tarde, o Decreto 83.700/1979 estabelece o etanol anidro como aditivo obrigatório ao combustível fóssil enquanto o hidratado seria usado nos carros com motores dedicados (BRASIL, 1979).

A tecnologia flexfuel, introduzida em maio de 2003, estimulou a volta do etanol ao mercado. Seu desenvolvimento, junto à experiência brasileira com o Proálcool e à infraestrutura já existente, foram os fatores cruciais para que o País se consolidasse como um grande produtor de etanol. Usando como fonte a cana-de-açúcar, a produção nacional aumentou significativamente desde então, saindo dos 12,6 bilhões de litros em 2002 para 29,7 bilhões de litros em 2024 (MAPA, 2025).

Além do etanol de cana, o Brasil também investe no etanol de segunda geração, biocombustível avançado produzido a partir de resíduos com teor elevado de compostos lignocelulósicos. Com mais seis projetos e uma usina recém-inaugurada em 2024, o País contará no curto prazo ao todo com nove unidades ao total, com uma capacidade de cerca de 500 milhões de litros anuais.

Por fim, o etanol de milho no Brasil surgiu a partir dos baixos preços do grão na região Centro-Oeste e permitiu o maior aproveitamento do parque industrial em todo o ano, o que possibilitou o complemento da oferta do biocombustível para atendimento à demanda no período de entressafra.

Combustíveis renováveis do ciclo Diesel

O principal biocombustível de ciclo Diesel utilizado é o biodiesel FAME, adotado em diversos países do mundo. Para a fabricação deste biocombustível, são usados diversos tipos de oleaginosas, além da gordura de origem animal, dependendo da disponibilidade e das características edafoclimáticas do país produtor. Na Europa, por exemplo, a cultura mais utilizada é a colza. Já nos Estados Unidos e Brasil, a soja é a principal oleaginosa usada para esta finalidade.

No Brasil, o uso de biodiesel se traduz na política oficial mandatária instituída pelo Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB, lançado pelo Governo Federal em 2005 por meio da Lei nº 11.097. Este programa tem por objetivo não apenas produzir um combustível renovável para substituir parcialmente o diesel fóssil, mas também fomentar a agricultura familiar em regiões específicas do País, gerando emprego e renda em pequenas comunidades. Ou seja, além dos benefícios ambientais que o biodiesel oferece, o PNPB visa promover a inclusão social e garantir o suprimento de um combustível com qualidade e preços competitivos.

Adicionalmente ao biodiesel FAME, tem-se o diesel verde, biocombustível avançado obtido por diferentes processos de conversão química e termoquímica de diversos insumos de origem animal e vegetal, para obtenção de um produto quimicamente análogo ao combustível fóssil (*drop-in*). Para a regulamentação do diesel verde, a ANP se baseia nas especificações do Comitê Europeu para a Padronização (*Comité Européen de Normalisation – CEN*) para o HVO.

Biogás/Biometano

O biogás é um biocombustível gasoso, obtido principalmente de processos de biodigestão anaeróbia de resíduos orgânicos. O seu uso no País tem início ainda na década de 1970 (OLIVEIRA; NEGRO, 2019) e, desde então, tem se desenvolvido, primeiro de forma lenta e local, baseado em projetos de biodigestores para comunidades e, posteriormente, já no início do Século XXI, com grande crescimento da produção e participação na matriz energética nacional, impulsionado pela necessidade de atendimento aos compromissos internacionais de mitigação, além do cenário proporcionado pelo setor agrícola bem desenvolvido, com grande produção de resíduos.

Sua purificação pode gerar um biocombustível gasoso constituído essencialmente de metano, o biometano, conforme mencionado no item 7. Cumprindo os requisitos da ANP, é intercambiável com o gás natural, podendo substituir ou ser misturado a esse combustível em quaisquer proporções.

Combustíveis Sustentáveis de Aviação

Os mesmos processos avançados de produção de biocombustíveis *drop-in* do ciclo Diesel a partir de material orgânico diverso também permitem a produção de biocombustíveis para uso na aviação, conforme também visto no item 9. Assim surgem os biocombustíveis sustentáveis de aviação – SAF, como uma forma de descarbonizar o setor aéreo e atender aos compromissos internacionais do CORSIA, acordados pelo Brasil. No País, o ProBioQAV é a principal ferramenta de incentivo ao desenvolvimento do SAF, com metas gradativas de redução de emissões.

12.3. Panorama 2035 – projeções de biocombustíveis

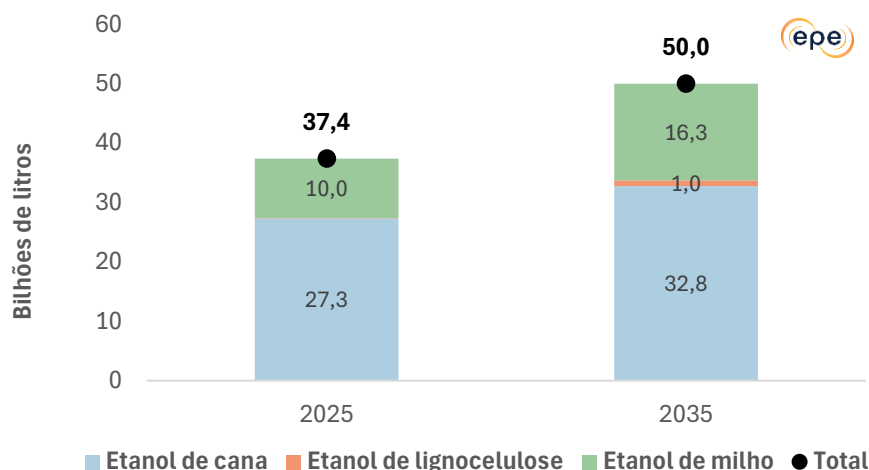
O Plano Decenal de Expansão de Energia, elaborado anualmente pela EPE, é uma ferramenta de planejamento que objetiva indicar necessidades e perspectivas da expansão do setor de energia, contribuindo com o Ministério de Minas e Energia (MME) na formulação de políticas públicas que assegurem energia acessível e de qualidade para a sociedade brasileira (EPE, 2025e).

Para o período decenal, o PDE estima que o Brasil permanecerá como uma das principais lideranças em biocombustíveis, com uma ampla disponibilidade de recursos naturais e o desenvolvimento de tecnologias avançadas de produção. O uso destes combustíveis renováveis também impulsiona a economia local, promovendo a segurança energética e gerando empregos, especialmente em áreas rurais, como será discutido na seção 12.5.

O Plano Decenal de Energia considera uma série de premissas para a projeção da oferta de etanol, como: ciclo da cana-de-açúcar, evolução da produtividade e evolução dos fatores de produção, além da produção de açúcar e do etanol de segunda geração e a produção de etanol de milho⁶⁷. Já a projeção do biodiesel é baseada no percentual do mandatório e na demanda de diesel. Por sua vez, a oferta de SAF considera os projetos de biorrefinarias avaliados até 2025, com suas capacidades nominais e rotas de processo, enquanto para o biometano consideram-se as unidades já autorizadas pela ANP. Os Gráfico 56 e Gráfico 57 apresentam as projeções preliminares do PDE2035 para a oferta de biocombustíveis do Brasil.

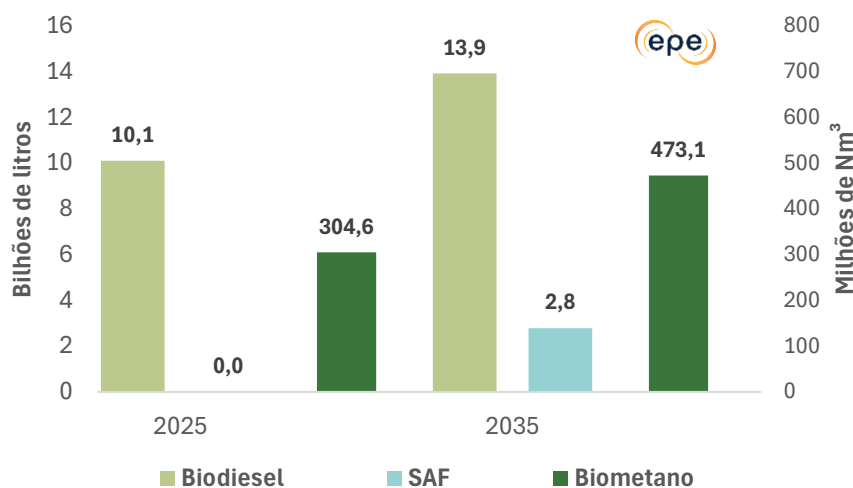
⁶⁷ Contemplando também trigo, sorgo, soja e outros cereais.

Gráfico 56 - Produção de etanol para o período decenal



Fonte: Elaboração própria a partir de (EPE, 2025c)

Gráfico 57 - Oferta de outros biocombustíveis para o período decenal



Fonte: Elaboração própria a partir de (EPE, 2025c)

Observa-se um crescimento expressivo no período, na ordem de 20 bilhões de litros, quando somados todos os biocombustíveis. Esse incremento representa a expansão necessária para atender uma demanda crescente por combustíveis sustentáveis, em linha com compromissos climáticos e de segurança energética.

O atendimento da projeção de oferta já pode ser atingido apenas com a utilização de técnicas poupa-terra, reduzindo assim a busca por novas áreas para expansão do cultivo de culturas energéticas. A seção a seguir descreve como algumas destas técnicas podem ser aplicadas para aumento da produção de biocombustíveis.

12.4. Técnicas poupa-terra na expansão dos biocombustíveis

Com o objetivo de aprofundar a análise sobre a articulação entre a expansão da produção de biocombustíveis e a utilização eficiente da terra no Brasil, este estudo dá continuidade a avaliações anteriores sobre o potencial das chamadas técnicas “poupa-terra”. A presente abordagem busca quantificar o quanto da oferta adicional de biocombustíveis, estimada para 2035 em estudos preliminares do PDE, poderá ser suprida por essas técnicas, considerando a perspectiva de uma implementação gradual, técnica e economicamente viável.

Dando sequência à metodologia anterior, este estudo incorpora estimativas mais atualizadas e amplia o escopo de análise, consolidando cinco principais estratégias de poupa-terra com potencial de contribuir para o aumento sustentável da oferta de biocombustíveis no País. O foco permanece na mensuração do volume incremental de biocombustível que cada técnica pode prover, respeitando as restrições agrônomicas, logísticas, econômicas e ambientais vigentes.

Além da análise do suprimento dessa oferta adicional de biocombustíveis por tipo de técnica poupa-terra, estimou-se também a quantidade de coprodutos alimentícios gerados, como farelo de soja, DDGS, óleo de milho e açúcar.

12.4.1. Metodologia

O atendimento da oferta adicional de biocombustíveis em 2035 via técnicas poupa-terra seguiu uma lógica sequencial. Inicialmente, foram integralmente considerados os volumes gerados pelas três estratégias mais consolidadas que já vêm apresentando uma acelerada evolução nos últimos anos: o aumento de produtividade das culturas energéticas, a expansão da produção de etanol de milho em segunda safra e o etanol de segunda geração (E2G) a partir de resíduos da cana.

Em seguida, o volume adicional necessário para atingir a produção projetada em 2035 foi alocado em áreas degradadas agricultáveis, considerando critérios de aptidão e restrições ambientais. Para o biodiesel, também foi atribuído à categoria “outros” — englobando fontes diversas de óleo vegetal e gordura animal com potencial de suprimento complementar até 2035. Abaixo encontra-se um detalhamento das premissas utilizadas em cada técnica abordada:

(a) Ganho de produtividade das principais culturas energéticas: Espera-se que os ganhos de produtividade das principais culturas energéticas do Brasil (soja, milho e cana-de-açúcar) continuem crescendo, apoiados por avanços tecnológicos, manejo agrícola eficiente e adoção de variedades melhoradas, sem atingir ainda seus limites teóricos. Foi estimado que, em 2035, as produtividades dessas culturas aumentem em média 5% para cana e cerca de 17% para soja e milho, baseado na metodologia aplicada no artigo de técnicas poupa-terra da EPE (EPE, 2024e).

(b) Cultivo sequencial – expansão do milho 2ª safra: Aproveitamento da janela de cultivo em regiões propícias para o plantio sucessivo ao da soja, intensificando o uso do solo sem expandir fronteiras agrícolas. Considerou-se a expansão do milho 2ª safra sobre os cerca de 16 Mha ainda disponíveis após a soja, em regiões com clima favorável.

(c) Aproveitamento dos resíduos agrícolas disponíveis: Produção de E2G utilizando resíduos agrícolas do setor sucroenergético, que apresentam maior viabilidade técnico-econômica no horizonte decenal. Apesar da alta oferta de resíduos agrícolas, limitações logísticas e agrônomicas reduzem a viabilidade, exceto para o bagaço de cana. Resíduos com menor viabilidade técnico-econômica não foram considerados. Utilizando fatores limitativos de disponibilidade e coleta (EPE, 2024e), estimou-se que cerca de 30 Mton de biomassa residual (entre bagaço e palha de cana) serão utilizados para produção de E2G em 2035.

(d) Restauração e uso de pastagens degradadas agricultáveis: Conversão de áreas atualmente subutilizadas, mas aptas à agricultura, para o cultivo de culturas energéticas. Em cerca de 110 Mha de pastagens degradadas no Brasil, 28 Mha estariam aptas à conversão agrícola (EMBRAPA, 2024). Aplicando uma restrição por bioma e declividade para mecanização, resultou-se em 12 Mha potencialmente cultiváveis com cana, soja e milho (EPE, 2024e) Para atendimento do volume adicional, considerou-se aproximadamente 7 Mha sendo destinados para produção de culturas energéticas/biocombustíveis em 2035.

(e) Outros (Expansão da oferta de óleos vegetais): Aumento da disponibilidade de óleos e gorduras a partir do esmagamento adicional de soja, uso de sebo bovino, macaúba, girassol, canola, algodão, óleo de cozinha usado (UCO) e outros, como forma complementar e descentralizada de suprimento para produção de biodiesel. Essa diversificação permite integrar diferentes cadeias produtivas e regiões, ampliando a resiliência e a capilaridade do suprimento de matérias-primas, com potencial enfoque na valorização da agricultura familiar.

Os resultados foram consolidados de forma a refletir cenários factíveis, com alta probabilidade de concretude, com atenção especial à complementaridade entre as estratégias.

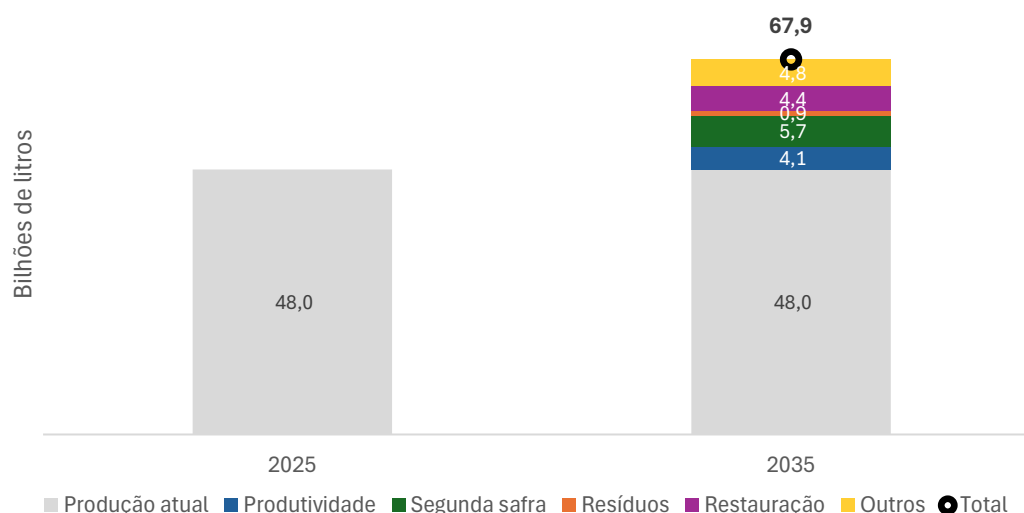
Para a soja, foram consideradas as taxas médias observadas no último ano, como 36% de taxa de processamento dos grãos (parcela destinada à produção de óleo e farelo), 51% do óleo sendo destinado para produção de biodiesel e 70% da produção de biodiesel sendo atendida por óleo de soja. Já para o milho, utilizou-se a taxa média de 15% da sua produção sendo destinada para produção de etanol. Para a cana, adotou-se o fator médio de mix de ATR de 50% para açúcar e 50% para etanol.

12.4.2. Produção de biocombustíveis

A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos com base na aplicação da metodologia descrita.

O Gráfico 58 detalha a alocação do volume adicional de biocombustíveis projetado para 2035 (diferença em relação a 2025) entre as cinco técnicas poupa-terra avaliadas. Nota-se que as maiores contribuições vêm dos ganhos de produtividade, cultivo sequencial do milho segunda safra, restauração de áreas degradadas e outras fontes de matérias primas oleaginosas. Já o E2G, apesar do seu grande potencial, ainda se vislumbra um volume tímido comparado às outras técnicas poupa-terra no horizonte decenal.

Gráfico 58 - Atendimento do volume adicional de biocombustíveis em 2035 por técnica poupa-terra

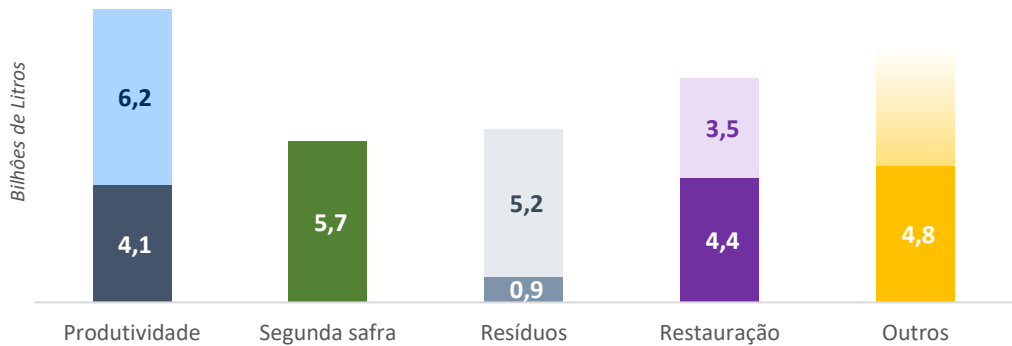


Fonte: EPE (elaboração própria)

O Gráfico 59 compara o volume efetivamente utilizado de cada técnica no cenário construído com seu potencial técnico total estimado. Essa análise permite verificar o grau de aproveitamento de cada estratégia e sua margem de expansão remanescente. Para as outras matérias-primas oleaginosas, não há um potencial total estimado, pois trata-se de uma gama muito variada de fontes. Como uma análise de sensibilidade do nível de esforço para atendimento desse volume, um aumento de 20% na taxa de esmagamento da soja hoje já seria o suficiente para a produção dos cerca de 4,8

bilhões de litros de biodiesel, SAF (HEFA) e HVO. Note-se que os volumes que poderiam ser obtidos com a adoção das diversas matérias-primas é em muito superior ao apresentado para as demais técnicas no gráfico.

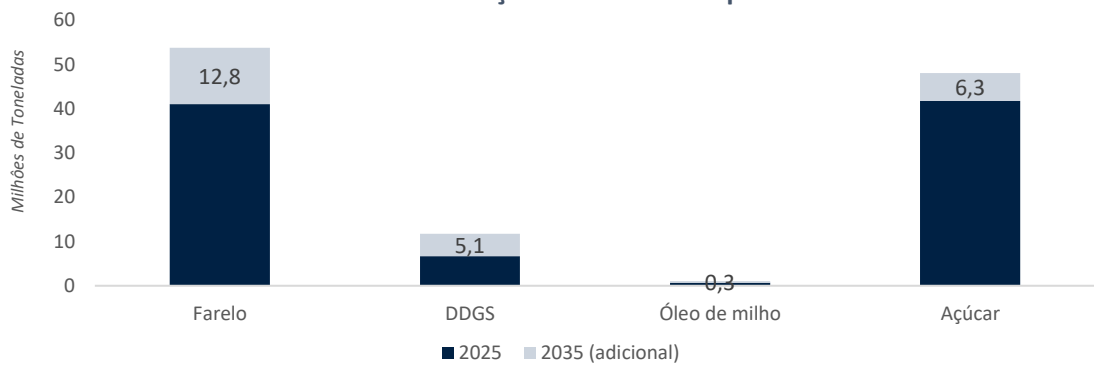
Gráfico 59 - Potencial utilizado (cor intensa) versus potencial técnico total estimado por técnica poupa-terra (cor clara)



Fonte: EPE (elaboração própria)

No Gráfico 60 são apresentados os volumes esperados de coprodutos gerados a partir da expansão da produção de biocombustíveis até 2035. Os principais coprodutos considerados são os destinados à alimentação animal, como o farelo de soja e o DDGS (grãos secos com solúveis), além do óleo de milho e açúcar para o setor alimentício.

Gráfico 60 - Produção adicional de coprodutos



Fonte: EPE (elaboração própria)

12.5. Geração de emprego

Nesta seção é estimado o potencial de geração de emprego atrelado à adoção de três das cinco técnicas de expansão da produção agrícola citadas anteriormente.

Para a técnica de cultivo sequencial (a produção de etanol de milho de segunda safra), aplicou-se sobre o volume adicional acumulado para o período de produção estimada o coeficiente de geração de empregos por volume de etanol produzido, obtido pela razão entre a produção do biocombustível em 2024 e o total de empregos diretos declarados pela empresa Inpasa (INPASA, 2024).

Já para o caso do etanol de 2ª geração (E2G), adotou-se uma metodologia similar, aplicando-se sobre o volume adicional acumulado para o período de produção estimada de etanol de 2ª geração o coeficiente de geração de empregos por volume do biocombustível produzido, obtido pela razão entre a produção estimada para o biocombustível e o total de empregos diretos declarados no caso da empresa Raízen na sua unidade de Tarumã (RAÍZEN, 2023a).

Em relação à terceira técnica considerada, o aproveitamento de terras degradadas, sobre o potencial de produção acumulado no período em volume de biocombustíveis, aplicou-se um coeficiente de geração de empregos⁶⁸ por volume de biocombustível produzido para cada um dos diferentes bioprodutos, a saber: etanol de cana, etanol de milho e biodiesel de soja⁶⁹. É importante ressaltar que o resultado obtido pode ser maior do que o aqui estimado, uma vez que foram utilizados coeficientes para uma produção em terras férteis, ao invés de degradadas. Além disso, este aproveitamento requer, em primeiro lugar, que haja um esforço para a recuperação destas áreas degradadas, que demandará mão-de-obra especializada e técnicas avançadas de recuperação agrônômica, as quais não estão sendo estimadas neste estudo.

Com base nesses parâmetros, estimou-se que o total de novos empregos gerados poderia atingir em torno de 98 mil postos de trabalho, sendo que uma parte expressiva - cerca de 87 mil empregos - estaria associada ao uso produtivo de terras degradadas. Os demais cerca de 10 mil empregos estariam distribuídos entre os outros vetores de expansão mencionados, conforme demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9 - Geração de Empregos por Técnicas de Expansão da Produção de Biocombustíveis 2026-2035

	Valor Estimado
Etanol Milho 2ª Safra	7.306
Etanol 2ª Geração	2.787
Área degradada - etanol cana	67.939
Área degradada - etanol milho	723
Área degradada - biodiesel	18.708
Total	97.463

Fonte: EPE (elaboração própria)

Ressalta-se que a maior parte dos empregos gerados tenderia a se concentrar na região Centro-Oeste, em função da expansão da produção de etanol de milho e da elevada disponibilidade de terras degradadas aptas ao uso produtivo nessa região.

Observa-se que os coeficientes de produção em volume por emprego variam conforme o nível de mecanização, integração vertical, e localização geográfica, e que a produção de biodiesel tende a gerar menos empregos por litro do que o etanol de cana, mas pode ser mais relevante em regiões com agricultura familiar e oleaginosas diversificadas.

Importante destacar que, caso fosse adotada apenas agricultura familiar na produção das terras degradadas, a geração de empregos poderia ser muito maior do que a estimada com a agricultura não-familiar, como foi feito em exercício apresentado na seção 12.6.2, em que se optou por uma análise conservadora.

⁶⁸ Também foram feitas estimativas utilizando o coeficiente de milhares de hectares de área plantada por empregos gerado. Entretanto, devido ao fato desses indicadores superavaliarem a geração de emprego em mais de 100% em relação à estimativa por volume de biocombustível produzido, tais estimativas foram desconsideradas (CEPEA/ABIOVE, 2025)

⁶⁹ Para etanol de cana-de-açúcar, foram adotadas as tabelas estatísticas de MAPA (2025), para etanol de milho, CONAB (2025), MAPA (2025) e UNEM (2025). Para as estimativas de biodiesel, utilizaram-se dados da ANP (2025) para produção e ABIOVE (2025) para área plantada e empregos.

12.6. Produção de energia e alimentos

12.6.1. Insegurança alimentar

Dada a preocupação com possíveis impactos da expansão da produção de biocombustíveis sobre a competição por terra para produção de alimentos, a segurança alimentar da população tem ganhado atenção crescente no debate global. No entanto, ao olharmos para o caso brasileiro, não há evidência ou base diagnóstica que sustente uma correlação direta entre o crescimento da produção de biocombustíveis e riscos à segurança alimentar. Estudos prévios — inclusive os cálculos realizados neste trabalho — demonstram que há terra suficiente no Brasil para suportar, de forma simultânea, a produção de alimentos, bioenergia e restauração ambiental, especialmente quando considerada a disponibilidade de áreas de pastagem subutilizadas e o enorme potencial de intensificação produtiva, além das outras técnicas poupa-terra já mencionadas (FAO, 2024; ONU, 2025).

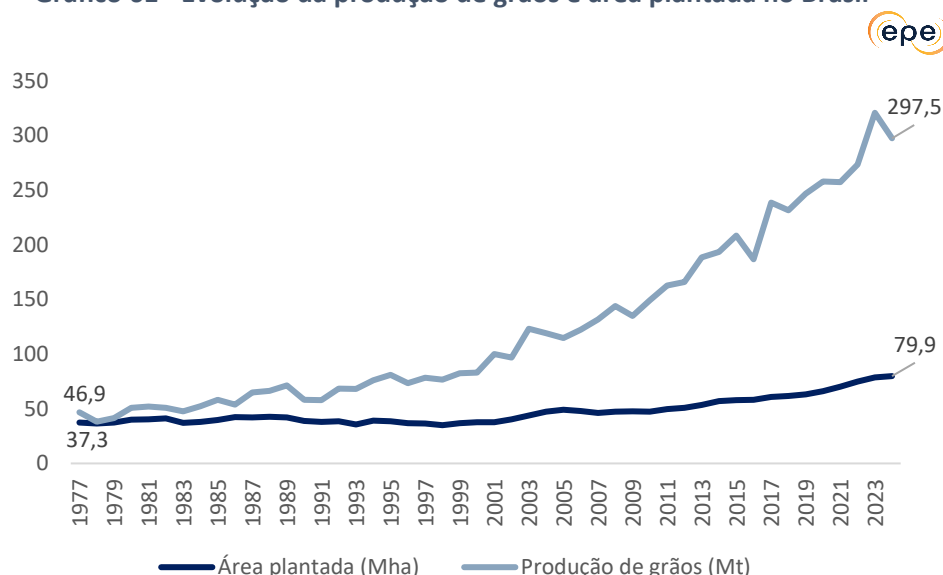
Além disso, é importante reforçar que segurança alimentar não se resume à oferta de alimentos. O conceito reconhecido internacionalmente se sustenta em quatro pilares: disponibilidade, acesso, utilização e estabilidade. Ou seja, a produção agrícola é apenas uma das dimensões. Acesso envolve renda e capacidade de compra; estabilidade depende de cadeias logísticas funcionais e políticas públicas eficazes; e utilização está relacionada à qualidade nutricional e segurança dos alimentos (FAO, 2024). Dessa forma, percebe-se que, ao contrário do que se afirmam em algumas narrativas sobre os impactos negativos da coexistência da produção de biocombustíveis e de alimentos, são outros fatores que possuem correlação direta com a segurança alimentar, como a desigualdade de renda, falhas na distribuição ou crises econômicas e políticas.

Em uma abordagem mais ampla de cadeia de valor, pode-se inferir que a produção de biocombustíveis tem potencial de, inclusive, contribuir positivamente para a segurança alimentar. O uso mais eficiente da terra via intensificação da agropecuária, por exemplo os sistemas de ILPF (acrônimo para integração lavoura, pecuária e floresta), promove uma redução das emissões de gases de efeito estufa, e por sua vez demandam suplementação alimentar para os animais. Nesse contexto, os coprodutos dos biocombustíveis, como o DDGS (grãos secos com solúveis) e farelos proteicos, tornam-se insumos estratégicos, potencializando a intensificação da agropecuária, que consequentemente pode liberar áreas anteriormente subutilizadas de pasto para outros usos — inclusive para produção de alimentos ou restauração florestal — e contribuindo para um uso mais eficiente da terra.

Cabe mencionar que, em 2020, o Brasil foi capaz de produzir alimentos para atender cerca de 800 milhões de pessoas, incluindo a população nacional, por meio da exportação de grãos e da carne bovina convertida em grãos (EMBRAPA, 2021). Esse dado reforça a tese que a insegurança alimentar no Brasil deve ser combatida com medidas que minimizem obstáculos outros que não a produção de alimentos.

Portanto, ainda que possam existir preocupações sobre possíveis tensões entre a produção de biocombustíveis e a segurança alimentar, não se verifica, no caso brasileiro, um conflito estrutural inevitável entre essas agendas. Ao contrário, a expansão planejada e sustentável da bioenergia pode contribuir com soluções integradas para o uso do solo, mitigação climática e produtividade agrícola. O desafio não está em disputar espaço físico e, sim, em criar sinergias produtivas e institucionais que ampliem ainda mais a resiliência dos sistemas alimentares e energéticos. De forma ilustrativa, o Gráfico 61 indica a evolução da produção de grãos e da expansão da área cultivada no Brasil em 40 anos. Neste período, ganhos de produtividade permitiram que a produção de grãos aumentasse em 4,2% a.a. e a área em 1,2% a.a.

Gráfico 61 - Evolução da produção de grãos e área plantada no Brasil



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2025f)

12.6.2. Políticas Públicas

A aplicação das técnicas “poupa-terra” disponibiliza áreas para novos cultivos, que podem ser direcionados para a produção de alimentos e energia. O arcabouço legal nacional possui importantes políticas de fomento para a produção de biocombustíveis, descritas ao longo desse documento, tais como o PNPB, o RenovaBio e a Lei do Combustível do Futuro, promulgada em outubro de 2024. Para alimentos, merecem atenção algumas políticas públicas que incentivam sua compra, como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), Lei nº 10.696/2003, reinstituída pela Lei nº 14.628/2023, e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), Lei nº 11.947/2009, ampliada pela Lei nº 14.660/2023, os quais contribuíram para o Brasil sair duas vezes do Mapa da Fome⁷⁰, da ONU, segundo o Pacto Contra a Fome⁷¹ (BRASIL, 2003, 2009, 2023b, 2023c)(ONU, 2025).

O PAA estabelece que o Governo Federal adquira alimentos produzidos pela agricultura familiar e os doe para os Restaurantes Populares, as Cozinhas Comunitárias, os Bancos de Alimentos, entre outros que atendem pessoas em situação de insegurança alimentar. O PNAE, por sua vez, define que, no mínimo, 30% do valor dos recursos federais repassados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) deve ser investido na compra direta de produtos da agricultura familiar, medida que estimula o desenvolvimento econômico e sustentável das comunidades. No âmbito da produção, a Política Nacional da Agricultura Familiar (PRONAF), estabelecida pela lei 11.326/2006, conta com instrumentos que oferecem linhas de crédito subsidiadas.

⁷⁰ O fomento para a produção de alimentos se desdobra também para iniciativas de erradicação da pobreza. A Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006, conhecida como Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (LOSAN), que instituiu o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN), estrutura pública criada para garantir o Direito Humano à Alimentação Adequada no Brasil (BRASIL, 2006). Além disso ainda cabe citar as ferramentas de monitoramento da fome (EBIA/PNAD), responsável pela avaliação anual da insegurança alimentar, e os Mapas de Equipamentos de SAN (MAPASAN), ferramenta para identificar infraestrutura de segurança alimentar nos municípios.

⁷¹ Através de sua “Análise Técnica SOFI 2025” SOFI – The State of Food Security and Nutrition in the World (O Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Mundo) (PACTO CONTRA A FOME, 2025) (ONU, 2025)

Baseado nessas políticas, por meio do Decreto 11.679/2023 o Governo Federal criou o Plano Brasil sem Fome em 2025, estratégia que agrega os diversos marcos legais aqui citados, com o objetivo de erradicar a fome e promover a segurança alimentar no País (ONU, 2025). Além destas iniciativas, também fazem parte deste plano o Bolsa Família, a valorização do salário-mínimo, incentivo à qualificação profissional, ao emprego e ao empreendedorismo, além do incremento da alimentação escolar e o crédito para a produção de alimentos pela agricultura familiar (PRONAF). Outra importante iniciativa neste mesmo sentido foi o lançamento da Aliança Global Contra a Fome e a Pobreza, durante a presidência do Brasil no G20 em 2024. Contando com a participação de 101 países-membros, além de diversas fundações, instituições e organizações, a Aliança tem como objetivo unir esforços de seus membros para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destacando os com foco na erradicação da fome e da pobreza e redução das desigualdades até 2030. As políticas elencadas cooperaram para que o Brasil tenha conseguido novamente sair do Mapa da Fome da ONU.

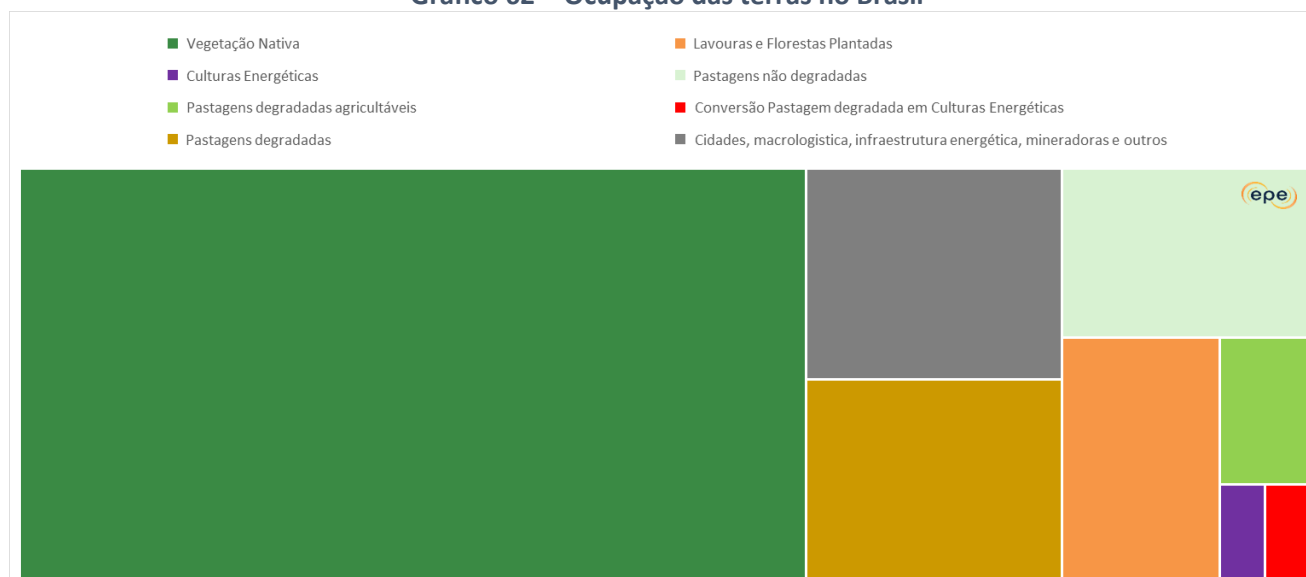
Ponto importante para atingimento desses objetivos é a agricultura familiar. Ferramenta poderosa para garantir alimentos saudáveis e acessíveis, seu fortalecimento reduz a pobreza, melhora a nutrição e promove justiça social. Além disso, é responsável por cerca de 70% dos alimentos consumidos no País (EMBRAPA, 2017). Ocupa uma área de 80,9 Mha com mais de 10 milhões de postos de trabalho, sendo quase 90% dos ocupados apresentam laços de parentesco com o produtor (FETAESC, 2023).

Neste sentido, cabe mencionar o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, que tem um de seus pilares calcados na produção da agricultura familiar, promovendo a inclusão social e geração de emprego, por meio do fornecimento de matéria-prima para a produção desse biocombustível (BRASIL, 2005). Para o período de 2021 a 2024, mais de 60 mil famílias estavam incluídas nesse programa alcançando uma renda bruta anual por família que ultrapassa R\$ 100 mil (ABAF, 2024). Com a demanda de biodiesel projetada para crescer cerca de 50% até 2035, alcançando 13,9 bilhões de litros, de forma simplificada, pode-se estimar que haveria um potencial de crescimento na mesma ordem do número de famílias e/ou cooperativas participantes dessa importante política pública.

Importante adicionar que essas famílias, além de plantações energéticas, podem utilizar a terra simultaneamente ou no interregno para a produção de outras culturas e atividades (canola, leites e derivados, suínos e avícolas). E ainda, têm acesso à ATER (Assistência Técnica e Extensão Rural) e fomentos específicos, que podem ampliar a sua capacitação e o melhor aproveitamento da área de produção. Esse arranjo é capaz de gerar sinergia importante entre a produção de biocombustível e de outras culturas com fins alimentícios e que é passível de ser replicada para outros combustíveis renováveis, que surgem no contexto da transição energética e, portanto, objeto da política pública.

O Brasil ocupa uma área contínua de 851 Mha, dos quais cerca de 60% ainda são de vegetação nativa. Além da contribuição das outras técnicas poupa-terra citadas neste documento, este estudo indica que, no caso da conversão de pastagens degradadas em cultivos energéticos, seria necessário converter cerca de 6,7 Mha, para que fossem alcançadas as projeções de biocombustíveis indicadas no PDE 2035. Otimizar o uso da terra é vital para preservação dos biomas e há um grande potencial no Brasil para tal. Dados da EMBRAPA (2024) apontam que há aproximadamente 28 Mha de área degradada que poderiam ser utilizados para a produção agrícola para fins alimentícios ou energéticos. Em uma análise simplificada, caso fosse descontado destes o estimado para o atendimento do PDE 2035, ainda restariam cerca de 20 Mha que poderiam ser direcionados para uso agricultável. Considerando uma hipótese em que apenas 10% desta área degradada (algo próximo a 2Mha, ou cerca de 0,3% da área nacional) para aproveitamento pela agricultura familiar, aplicando-se os parâmetros gerais de postos de trabalho por área (EMBRAPA, 2017), cerca de 260 mil novos postos de trabalho poderiam ser gerados.

Gráfico 62 - Ocupação das terras no Brasil



Fonte: EPE (elaboração própria), com base em Embrapa, MAPA, MMA, IBGE, CNA, DNIT, ANA, CNA, MPOG

12.7. Considerações finais

Em 2024, o Brasil foi reconhecido como potência global em bioenergia e alcançou um marco histórico: saiu do Mapa da Fome, segundo a FAO (BRASIL, 2025d). Esses avanços indicam a importância de uma estratégia integrada que una produção de alimentos e geração de energia renovável, com destaque para a agricultura familiar e políticas públicas como o Selo Biocombustível Social.

A matriz energética brasileira apresentou 50% de renovabilidade em 2024 (EPE, 2025e), com expressiva participação da bioenergia, composta por fontes como biomassa da cana, lenha, carvão vegetal, licor preto, biodiesel e outras. A produção consorciada evitou competição por terras, ampliou a oferta alimentar e energética, e beneficiou milhares de famílias agricultoras. Em 2024, foram criados 1,7 milhão de empregos formais, com forte inclusão social e aumento de renda entre os mais pobres. Pequenos negócios e empreendimentos rurais foram responsáveis por mais de 1,2 milhão dessas vagas, comprovando que a agricultura familiar é um motor de inclusão.

A agroenergia, com seus altos multiplicadores econômicos, gerou impactos sociais e econômicos superiores aos de setores industriais tradicionais. O Brasil apresenta ao mundo um modelo sustentável que concilia segurança alimentar, transição energética e justiça social. A produção de biocombustíveis, além de contribuir para a renovabilidade da matriz energética ainda pode compor parte da alimentação animal com os coprodutos desta indústria, como o farelo de soja e o DDGS (grãos secos com solúveis), adicionando o óleo de milho e o açúcar para o setor alimentício. Cabe destacar que o Brasil é o principal ator no mercado internacional de açúcar.

As condições edafoclimáticas favoráveis para a produção agrícola nacional não diminuem a necessidade de avanços nas técnicas produtivas. Neste artigo destacam-se as técnicas poupa-terra que, ao serem implementadas de maneira sistemática, permitem aumentar a produção agrícola sem necessidade de expandir a área já cultivada, promovendo simultaneamente o uso sustentável dos recursos naturais e a recuperação de solos degradados. Esses métodos possibilitam conciliar crescimento agrícola com conservação ambiental, reforçando a resiliência da produção frente a desafios climáticos e garantindo um desenvolvimento agrícola mais eficiente e sustentável.

Políticas públicas são ferramentas fundamentais para garantir a segurança energética e alimentar. Foi possível perpassar ao longo desse artigo por diversas delas e mostrar como sua aplicação pode se desdobrar nos índices positivos observados recentemente. Em relação à produção de biocombustíveis, os avanços legais foram responsáveis pela manutenção da elevada renovabilidade da matriz energética nacional. Ações empreendidas com vistas a conciliar o desenvolvimento econômico com o combate às desigualdades sociais convergiram para que, em 2024, a taxa de desemprego alcançasse o menor índice observado nos registros históricos desde 2012, com 6,6%, além de reduzir a pobreza extrema (chegando a R\$ 2.020) (CNN, 2025), obtendo o menor resultado observado do índice de Gini, indicador de desigualdade, que recuou de 0,518 em 2023 para 0,506 em 2024 (CNN, 2025; IBGE, 2024). Dentre todos esses recordes históricos, o motivo de maior contentamento: o Brasil saiu novamente do Mapa da Fome. O Estado brasileiro tem percorrido uma trajetória de sucesso no desenvolvimento de uma série de políticas públicas com vistas a aproveitar as oportunidades concedidas pelas condições edafoclimáticas do País. Com essas ações, preparado o solo fértil que propicie germinar tanto a produção de alimentos como a de bioenergia, o governo brasileiro reafirma seu compromisso com o enfrentamento das mudanças climáticas, com a erradicação da fome e com a construção de um mundo mais justo, inclusivo e igualitário.

13. Referências

- ABAF. 9o Anuário Brasileiro de Agricultura Familiar-2024. Disponível em: <https://agriculturafamiliar.agr.br/pdf/anuario2024.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- ABIOVE. Estatísticas Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. 2024. Disponível em: www.abiove.org.br/estatisticas. Acesso em: 7 maio. 2025.
- ABLA. Anuário Brasileiro do Setor de Locação de Veículos 2024. 2025. Disponível em: <https://www.abla.com.br/>. Acesso em: 15 abr. 2024.
- ABRACICLO. Dados do Setor de Duas Rodas 2024. 2025.
- ABVE. Geografia da Eletromobilidade. 2025a. Disponível em: <https://abve.org.br/abve-data/bi-geografia-da-eletromobilidade/>. Acesso em: 14 maio. 2025.
- ABVE. Eletropostos. 2025b. Disponível em: <https://abve.org.br/abve-data/bi-eletropostos/>. Acesso em: 15 maio. 2025.
- ACELEN. Acelen inova em combustíveis renováveis e investirá mais de R\$ 12 bi. 2024. Disponível em: <https://www.acelen.com.br/comunicacao/acelen-inova-em-combustiveis-renovaveis-e-investira-mais-de-r-12-bi/>. Acesso em: 25 mar. 2025.
- AEN-PR. Compagas recebe 22 propostas em chamada pública para aquisição de biometano. 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Compagas-recebe-22-propostas-em-chamada-publica-para-aquisicao-de-biometano>. Acesso em: 14 jul. 2024.
- AGÊNCIA BRASIL. Entenda o programa Nova Indústria Brasil. 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2024-01/entenda-o-programa-nova-industria-brasil>. Acesso em: 15 maio. 2025.
- AGÊNCIA BRASIL. Financiamento de veículos cresce 20,4% em 2024. 2025. a. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2025-01/financiamento-de-veiculos-cresce-204-em-2024-diz-b3>. Acesso em: 15 maio. 2025.
- AGÊNCIA BRASIL. Inflação oficial do país em 2024 é de 4,83%, acima do limite da meta. 2025. b. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2025-01/inflacao-oficial-do-pais-em-2024-e-de-483-acima-do-limite-da-meta#:~:text=Economia-,Infla%C3%A7%C3%A3o%20oficial%20do%20pa%C3%ADs%20em%202024%20%C3%A9%20de%204%2C83,acima%20do%20limite%20da%20meta&text=Com%20o%20resultado%20de%200,ficado%20em%204%2C62%25>. Acesso em: 15 maio. 2025.
- AGÊNCIA GOV. Indústria, construção e serviços lideram criação de empregos no melhor trimestre em 12 anos. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202411/trimestre-encerrado-em-outubro-tem-a-menor-taxa-de-desocupacao-em-13-anos-6-2>. Acesso em: 15 maio. 2025.
- AGÊNCIA GOV. Governo Federal sanciona lei do Programa de Aceleração da Transição Energética. 2025. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202501/programa-de-aceleracao-da-transicao-energetica-foi-sancionado-nesta-quarta-feira>. Acesso em: 12 maio. 2025.
- AGÊNCIA IBGE. PIB cresce 3,4% em 2024 e fecha o ano em R\$ 11,7 trilhões. 2025. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/42774-pib-cresce-3-4-em-2024-e-fecha-o-ano-em-r-11-7-trilhoes>. Acesso em: 15 maio. 2025.
- AGÊNCIA PETROBRAS. Petrobras vende diesel com conteúdo renovável para a Vale. 2024. Disponível em: <https://agencia.petrobras.com.br/w/negocio/petrobras-vende-diesel-com-conteudo-renovavel-para-a-vale>. Acesso em: 19 maio. 2025.
- ANBIMA DATA. Boletim de debêntures incentivadas e de infraestrutura. 2025. Disponível em: <https://data.anbima.com.br/publicacoes/boletim-de-debentures-incentivadas-e-de->

infraestrutura/captacoes-no-mercado-de-debentures-incentivadas-atingem-64-bi-no-primeiro-semestre. Acesso em: 31 jul. 2025.

ANEEL. Painel dinâmico SIGA ANEEL. 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoieGE3NjVmYjAtNDZkZC00MDY4LTliNTItMTVhZTU4NWYzYzFmIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 30 jul. 2025.

ANEEL. Painel dinâmico geração distribuída ANEEL. 2025. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoieY2VmMmUwN2QtYWFiOS00ZDE3LWI3NDMtZDk0NGI4MGU2NTkxliwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 30 jul. 2025.

ANFAVEA. Avançando nos caminhos da descarbonização automotiva no Brasil. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2024/09/Anfavea-Avancando-nos-Caminhos-da-Descarbonizacao-2024-Publicacao.pdf>. Acesso em: 14 maio. 2025a.

ANFAVEA. Avançando nos caminhos da descarbonização automotiva no Brasil. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2024/09/Anfavea-Avancando-nos-Caminhos-da-Descarbonizacao-2024-Publicacao.pdf>. Acesso em: 14 maio. 2025b.

ANFAVEA. Dados Estatísticos para Download. 2025. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/edicoes-em-excel/>. Acesso em: 29 abr. 2024.

ANP. Resolução ANP no 719, de 22 de fevereiro de 2018. 2018a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-719-de-21-de-fevereiro-de-2018-4055024>. Acesso em: 10 maio. 2024.

ANP. Resolução ANP No 758, de 23 de novembro de 2018. 2018b. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-audiencia-publica/2018/arquivos-consultas-e-audiencias-publicas-2018/cap-10-2018/resolucaoanp-758-2018.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2025.

ANP. Resolução ANP no 857, de 28 de outubro de 2021. 2021. a. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp?q=857&types=24>. Acesso em: 9 jun. 2024.

ANP. Resolução ANP no 856, de 22 de outubro de 2021. 2021. b. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-856-2021>. Acesso em: 6 maio. 2025.

ANP. Resolução ANP no 842, de 14 de maio de 2021. 2021c. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp?q=842&types=24>. Acesso em: 9 jun. 2024.

ANP. Resolução ANP no 886, de 29 de setembro de 2022. 2022a. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp?q=886&types=24>. Acesso em: 9 jun. 2024.

ANP. Resolução ANP no 906, de 18 de novembro de 2022. 2022b. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp?q=906&types=24>. Acesso em: 9 jun. 2024.

ANP. Resolução ANP no 920, de 4 de abril de 2023. 2023. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-920-2023-estabelece-a-especificacao-do-biodiesel-e-as-obrigacoes-quanto-ao-controle-da-qualidade-a-serem-atendidas-pelos-agentes-economicos-que-comercializem-o-produto-em-territorio-nacional?origin=instituicao>. Acesso em: 9 jun. 2025.

ANP. Dados Estatísticos. 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>. Acesso em: 5 maio. 2024.

ANP. Autorização ANP no 208, de 12 de abril de 2024. 2024b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/autorizacao-anp-n-208-de-12-de-abril-de-2024-553914628>. Acesso em: 9 jun. 2024.

ANP. RESOLUÇÃO ANP No 968, DE 30 DE ABRIL DE 2024. [S. l.], 2024. c. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-968-2024-estabelece-as-especificacoes-dos-oleos-diesel-destinados-a-veiculos-ou-equipamentos-dotados-de-motores-do-ciclo-diesel-e-as-obrigacoes-quanto-ao>

controle-da-qualidade-a-serem-atendidas-pelos-agentes-economicos-que-comercializam-o-produto-em-territorio-nacional. Acesso em: 3 ago. 2025.

ANP. RESOLUÇÃO ANP No 974, DE 9 DE AGOSTO DE 2024 - DOU DE 12-08-2024 Altera a Resolução ANP no 791, de 12 de junho de 2019, que dispõe sobre a individualização das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases geradores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis, no âmbito da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), para incluir hipótese de redução das metas em decorrência da publicação da Lei no 14.592, de 2023. 2024d. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-974-2024-altera-a-resolucao-anp-no-791-de-12-de-junho-de-2019-que-dispoe-sobre-a-individualizacao-das-metas-compulsorias-anuais-de-reducao-de-emissoes-de-gases-geradores-do-efeito-estufa-para-a-comercializacao-de-combustiveis-no-ambito-da-politica-nacional-de-biocombustiveis-renovabio-para-incluir-hipotese-de-reducao-das-metas-em-decorrencia-da-publicacao-da-lei-no-14-592-de-2023>. Acesso em: 19 jun. 2025.

ANP. Painel Dinâmico de Produtores de Etanol. 2025a. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMmRhZWU2NDUtZWY2Yi00NzI5LWJjMGQtNjIwNjE0MjM0MjEzIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTtNGl0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>. Acesso em: 17 fev. 2025.

ANP. Comunicação Pessoal. 2025b.

ANP. Painel Dinâmico de Produtores de Biodiesel. 2025c. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-e-mapa-dinamicos-de-produtores-de-combustiveis-e-derivados/painel-dinamico-de-produtores-de-biodiesel#:~:text=O%20Painel%20Din%C3%A2mico%20de%20Produtores,partir%20do%20uso%20dessa%20ferramenta>. Acesso em: 7 maio. 2025.

ANP. Preços de produtores e importadores de derivados de petróleo e biodiesel. 2025d. Disponível em: Preços de produtores e importadores de derivados de petróleo e biodiesel — Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (www.gov.br). Acesso em: 11 mar. 2024.

ANP. Painel Dinâmico da Logística do Monitoramento do Metanol . 2025e. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/painel-dinamico-da-logistica-do-monitoramento-do-metanol>. Acesso em: 4 fev. 2025.

ANP. Painel Dinâmico de Produtores de Biometano. 2025f. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDRlbnRlbnQyY2MtMDdkZS00ODNlTlM0MTt0YTUzNGUxMWNjMGZhIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTtNGl0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>. Acesso em: 29 maio. 2025.

ANP. Painel dinâmico RenovaBio ANP. 2025g. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-dinamicos-do-renovabio>. Acesso em: 30 jul. 2025.

ANP. RenovaBio. 2025h. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>. Acesso em: 20 maio. 2025.

ANP. Resolução ANP No 984, de 16 de junho de 2025. 2025i. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-984-de-16-de-junho-de-2025-636804871>. Acesso em: 29 jul. 2025.

ASTM. D7566-22 Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons. Disponível em: <https://store.astm.org/d7566-22.html>. Acesso em: 8 jun. 2025.

ASTM. D1655-22a Standard Specification for Aviation Turbine Fuels. Disponível em: <https://store.astm.org/d1655-22a.html>. Acesso em: 8 jun. 2025.

AUTODATA. Fabricantes de motocicletas investem mais de R\$600 milhões em Manaus. 2024. a. Disponível em: <https://www.autodata.com.br/noticias/2024/07/26/fabricantes-de-motocicletas-investem-mais-de-r-600-milhoes-em-manaus/75453/>. Acesso em: 15 maio. 2025.

AUTODATA. Locação e crédito salvam o ano sem benefício ao consumidor. 2024. b. Disponível em: <https://www.autodata.com.br/noticias/2024/12/02/locacao-e-credito-savam-o-ano-sem-beneficio-ao-consumidor/81369/>. Acesso em: 14 maio. 2025.

AUTODATA. Brasil triplica número de eletropostos em 2024 e agora investimentos são em recarga rápida. [S. l.], 2024. c. Disponível em: <https://www.autodata.com.br/noticias/2024/12/18/brasil-triplica-numero-de-eletropostos-em-2024-e-agora-investimentos-sao-em-recarga-rapida/81845/>. Acesso em: 15 maio. 2025.

AUTODATA. Congresso aprova reforma tributária e mantém veículos no Imposto Seletivo. 2024. d. Disponível em: [https://www.autodata.com.br/noticias/2024/12/18/congresso-aprova-reforma-tributaria-e-mantem-veiculos-no-imposto-seletivo/82160/#:~:text=S%C3%A3o%20Paulo%20%E2%80%93%20Aprovado%20na%20noite,serem%20so,bretaxados%20com%20o%20Imposto](https://www.autodata.com.br/noticias/2024/12/18/congresso-aprova-reforma-tributaria-e-mantem-veiculos-no-imposto-seletivo/82160/#:~:text=S%C3%A3o%20Paulo%20%E2%80%93%20Aprovado%20na%20noite,serem%20so,bretaxados%20com%20o%20Imposto.). Acesso em: 15 maio. 2025.

AUTOESPORTE. Imposto para carros elétricos e híbridos importados deu certo no Brasil? 2025. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/setor-automotivo/industria-automotiva/noticia/2025/01/imposto-de-importacao-para-carros-eletricos-e-hibridos-em-2024-deu-certo.gh.html>. Acesso em: 14 maio. 2025.

B3. Balcão. 2025. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/b3/asg/balcao.htm. Acesso em: 1 jun. 2025.

BAHIAGÁS. Chamada pública no 001/2024 para aquisição de biometano. 2024.

BC. Sistema Gerenciador de Séries Temporais. 2025.

BENITES, Valéria. DDG, as letras que valem dólares para o milho brasileiro. 2023. Disponível em: <https://agfeed.com.br/economia/ddg-as-letras-que-valem-dolares-para-o-milho-brasileiro/>. Acesso em: 3 ago. 2025.

BIODIESELBR. JBS recebe autorização para começar a usar B100 em caminhões. 2024a.

BIODIESELBR. Amaggi é maior frotista de Volvo FH B100 100% a biodiesel no País. 2024b. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/qualidade/motor/amaggi-e-maior-frotista-de-volvo-fh-b100-100-a-biodiesel-no-pais-070524>. Acesso em: 11 maio. 2025.

BIODIESELBR. ANP autoriza Petrobras a vender óleo combustível marítimo com 24% de biodiesel. 2024c.

BIODIESELBR. Vibra e Svtzer iniciam projeto piloto de biodiesel no setor marítimo brasileiro. 2025. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/dist/vibra-e-svtzer-iniciam-projeto-piloto-de-biodiesel-no-setor-maritimo-brasileiro-060325>. Acesso em: 11 maio. 2025.

BNDES. BNDES RenovaBio. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro. 2024a. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-renovabio>. Acesso em: 19 jun. 2025.

BNDES. BNDES e Finep disponibilizam R\$ 6 bi para investimentos em combustível verde para aviação e navegação. 2024b. Disponível em: [https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/socioambiental/BNDES-e-Finep-disponibilizam-R\\$-6-bi-para-investimentos-em-combustivel-verde-para-aviacao-e-navegacao/](https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/socioambiental/BNDES-e-Finep-disponibilizam-R$-6-bi-para-investimentos-em-combustivel-verde-para-aviacao-e-navegacao/). Acesso em: 31 jul. 2025.

BNDES. Edital do BNDES e da Finep para produção do SAF recebeu R\$ 167 bi em propostas. Agência BNDES de Notícias, [S. l.], 2024. c. Disponível em: [https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/detalhe/noticia/Edital-do-BNDES-e-da-Finep-para-producao-do-SAF-recebeu-R\\$-167-bi-em-propostas/](https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/detalhe/noticia/Edital-do-BNDES-e-da-Finep-para-producao-do-SAF-recebeu-R$-167-bi-em-propostas/). Acesso em: 11 maio. 2025.

BNDES. Comunicação Pessoal. Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro. 2025.

BRASIL. Lei no 19.717, de 20 de fevereiro de 1931. Estabelece a aquisição obrigatória de álcool, na proporção de 5% da gasolina importada, e dá outras providências. . 1931.

BRASIL. Decreto no 76.593, de 14 de novembro de 1975. Institui o Programa Nacional do Álcool e dá outras Providências. . 1975.

BRASIL. Lei no 83.700, de 5 de julho de 1979. Dispõe sobre a execução do Programa Nacional do Álcool, cria o Conselho Nacional do Álcool - CNAL, a Comissão Executiva Nacional do Álcool - CENAL, e dá outras Providências. . 1979.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 30 jul. 2025.

- BRASIL. Lei no 10.336, de 19 de dezembro de 2001. Produção de efeito (Vide Decreto no 4.066, de 2001) Institui Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico incidente sobre a importação e a comercialização de petróleo e seus derivados, gás natural e seus derivados, e álcool etílico combustível (Cide), e dá outras providências. 2001. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10336.htm. Acesso em: 19 jun. 2025.
- BRASIL. Lei nº10.696, de 2 de julho de 2003. Dispõe sobre a repactuação e o alongamento de dívidas oriundas de operações de crédito rural, e dá outras providências. 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.696.htm. Acesso em: 30 jul. 2025.
- BRASIL. Lei no 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, e dá outras providências. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da união. 2005.
- BRASIL. Lei No 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. . 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11346.htm. Acesso em: 24 jul. 2025.
- BRASIL. Lei no 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as Leis nos 10.880, de 9 de junho de 2004, 11.273, de 6 de fevereiro de 2006, 11.507, de 20 de julho de 2007; revoga dispositivos da Medida Provisória no 2.178-36, de 24 de agosto de 2001, e a Lei no 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências. 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm. Acesso em: 30 jul. 2025.
- BRASIL. Lei no 13.576, de 23 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 2017a.
- BRASIL. Decreto no 9101, de 20 de julho de 2017. 2017b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9101.htm. Acesso em: 15 maio. 2025.
- BRASIL. Decreto no 11.499, de 25 de abril de 2023. Altera o Decreto no 9.888, de 27 de junho de 2019, para dispor sobre a alteração da composição do Comitê da Política Nacional de Biocombustíveis - Comitê RenovaBio. Governo federal. Diário Oficial da União. 2023a.
- BRASIL. Lei no 14.660, de 23 de agosto de 2023. Altera o art. 14 da Lei no 11.947, de 16 de junho de 2009, para incluir grupos formais e informais de mulheres da agricultura familiar entre aqueles com prioridade na aquisição de gêneros alimentícios no âmbito do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e para estabelecer que pelo menos 50% (cinquenta por cento) da venda da família será feita no nome da mulher. 2023b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/l14660.htm. Acesso em: 30 jul. 2025.
- BRASIL. Lei no 14.628, de 20 de julho de 2023. Institui o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Cozinha Solidária; altera as Leis nos 12.512, de 14 de outubro de 2011, e 14.133, de 1o de abril de 2021 (Lei de Licitações e Contratos Administrativos); e revoga dispositivos das Leis nos 11.718, de 20 de junho de 2008, 11.775, de 17 de setembro de 2008, 12.512, de 14 de outubro de 2011, e 14.284, de 29 de dezembro de 2021. 2023c. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Lei/L14628.htm. Acesso em: 30 jul. 2025.
- BRASIL. Medida Provisória 1.163 de 23 de fevereiro de 2023. Reduz alíquotas de contribuições incidentes sobre operações realizadas com gasolina, álcool, gás natural veicular e querosene de aviação. Governo Federal, Brasília. . 2023d.
- BRASIL. Lei no 14.993, de 8 de outubro de 2024. Institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV) e o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV), dentre outras providências. . 2024 a.
- BRASIL. Altera a Lei no 13.576, de 26 de dezembro de 2017, que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), para nela incluir os produtores independentes de matéria-prima destinada à

produção de biocombustível; e altera a Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997. 2024b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L15082.htm. Acesso em: 20 jul. 2025.

BRASIL. Lei no 15.082, de 30 de dezembro de 2024. Altera a Lei no 13.576, de 26 de dezembro de 2017, que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), para nela incluir os produtores independentes de matéria-prima destinada à produção de biocombustível; e altera a Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997. 2024c. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L15082.htm#art4. Acesso em: 25 maio. 2025.

BRASIL. Decreto nº 12.549, de 10 de julho de 2025. Altera a Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados - TIPI, aprovada pelo Decreto no 11.158, de 29 de julho de 2022. 2025a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-12.549-de-10-de-julho-de-2025-641591902>. Acesso em: 19 jun. 2025.

BRASIL. Lei Complementar no 214, de 16 de janeiro de 2025. Institui o Imposto sobre Bens e Serviços (IBS), a Contribuição Social sobre Bens e Serviços (CBS) e o Imposto Seletivo (IS); cria o Comitê Gestor do IBS e altera a legislação tributária. Institui o Imposto sobre Bens e Serviços - IBS, a Contribuição Social sobre Bens e Serviços - CBS e o Imposto Seletivo - IS e dá outras providências. 2025b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/Projetos/Ato_2023_2026/2024/PLP/plp-068.htm. Acesso em: 30 jul. 2025.

BRASIL. Governo lança Plano Brasil Soberano para proteger exportadores e trabalhadores de sobretaxas dos EUA. Brasília. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2025/08/governo-lanca-plano-brasil-soberano-para-proteger-exportadores-e-trabalhadores-de-sobretaxas-dos-eua>. Acesso em: 12 ago. 2025c.

BRASIL. Brasil sai do Mapa da Fome da ONU: conquista histórica reflete políticas públicas eficazes. 2025d. Disponível em: <https://www.gov.br/mds/pt-br/noticias-e-conteudos/desenvolvimento-social/noticias-desenvolvimento-social/brasil-sai-do-mapa-da-fome-da-onu-conquista-historica-reflete-politicas-publicas-eficazes>. Acesso em: 31 jul. 2025.

BRASIL. Decreto no 12.437, de 16 de abril de 2025. Altera o Decreto no 9.888, de 27 de junho de 2019, para dispor sobre as alterações na Política Nacional de Biocombustíveis – RenovaBio realizadas pela Lei no 15.082, de 30 de dezembro de 2024, e o Decreto no 2.953, de 28 de janeiro de 1999, para modernizar o procedimento administrativo sancionador da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. 2025e. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/decreto/d12437.htm. Acesso em: 8 jun. 2025.

BRASIL BIOFUELS. BBF e Vibra, Ex-BR, vão produzir combustível para aviação com óleo de palma do Amazonas. 2022.

BRASILAGRO. Shell e Unicamp vão desenvolver agave para produção de biocombustíveis. 2022. Disponível em: <https://www.brasilagro.com.br/conteudo/shell-e-unicamp-vaio-desenvolver-agave-para-producao-de-biocombustiveis.html>. Acesso em: 2 jun. 2025.

CARDIAL, Ilana. FS aguarda sinal verde para enterrar o CO2 do seu etanol. Reset, [S. l.], 2025. Disponível em: <https://capitalreset.uol.com.br/transicao-energetica/fs-aguarda-sinal-verde-para-enterrar-o-co2-do-seu-etanol/>. Acesso em: 19 maio. 2025.

CCEE. InfoMercado: Dados Individuais. . 2025. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/dados-e-analises/dados-mercado-mensal>. Acesso em: 19 jun. 2025.

CE. Diretiva das Energias Renováveis. 2023.

CE. Climate Strategies & Targets. Bruxelas. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets_en?prefLang=pt. Acesso em: 9 maio. 2025.

CEPEA/ABIOVE. CEPEA/ABIOVE: Com safra recorde e avanço do processamento, PIB da cadeia da soja e do biodiesel deve ter forte expansão em 2025. Disponível em: <https://www.cepea.org.br/br/releases/cepea->

abiove-com-safra-recorde-e-avanco-do-processamento-pib-da-cadeia-da-soja-e-do-biodiesel-deve-ter-forte-expansao-em-2025.aspx?pagina=70. Acesso em: 31 jul. 2025.

CEPEA/ESALQ. Preços Agropecuários - Etanol. 2025. Disponível em: <https://www.cepea.org.br/br/indicador/etanol.aspx>. Acesso em: 31 jul. 2025.

CHIAPPINI, Gabriel. Maranhão deve receber refinaria de SAF com investimentos de R\$ 8 bi. Eixos, [S. l.], 2024. Disponível em: <https://eixos.com.br/combustiveis-e-bioenergia/biocombustiveis/maranhao-deve-receber-refinaria-de-saf-com-investimentos-de-r-8-bi/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

CHIAPPINI, Gabriel. Primeira gota comercial de SAF brasileiro será de coprocessado da Petrobras. Agência Eixos, 2025. Disponível em: <https://eixos.com.br/newsletters/dialogos-da-transicao/primeira-gota-comercial-de-saf-brasileiro-sera-de-coprocessado-da-petrobras/>. Acesso em: 6 maio. 2025.

CIBIOGAS. Foz do Iguaçu recebe a primeira planta de produção de petróleo sintético a partir de biogás do Brasil. 2024. Disponível em: <https://cibiogas.org/noticias/foz-do-iguacu-recebe-a-primeira-planta-de-producao-de-petroleo-sintetico-a-partir-de-biogas-do-brasil/>. Acesso em: 3 abr. 2025.

CIBIOGÁS. Panorama do Biogás 2024. Disponível em: <https://materiais.cibiogas.org/panorama-do-biogas-2024>. Acesso em: 30 jul. 2025.

CMTc. Chamada pública no 01/2025 – BRT Metropolitano de Goiânia. Goiânia. 2025. Disponível em: <https://cmtcrm.com.br/>. Acesso em: 30 jul. 2025.

CNN. Montadoras terão que investir 1,8% da receita em pesquisa para aderirem ao Mover. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/regulamentacao-do-mover-exige-producao-nacional-e-pd-e-penaliza-montadoras-que-descumprirem-requisitos/>. Acesso em: 15 maio. 2025.

CNN. Renda per capita soma recorde em 2024 e desigualdade cai, mostra IBGE. 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/ibge-renda-per-capita-tem-recorde-de-r-2-020-em-2024-desigualdade-cai-a-piso-historico/>. Acesso em: 30 jul. 2025.

CNPE. Resolução no 03, de 21 de setembro de 2015. Autoriza e define diretrizes para comercialização e uso voluntário de biodiesel. 2015.

CNPE. Resolução no 14, de 9 de dezembro de 2020. Estabelece as diretrizes para a comercialização de biodiesel em todo território nacional, e dá outras providências. . 2020.

CNPE. Resolução no 03, de 20 de março de 2023. Altera a Resolução CNPE no 16, de 29 de outubro de 2018, que dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional, e dá outras providências. 2023.

CNPE. Resolução no 10, de 26 de agosto de 2024 Institui Grupo de Trabalho para subsidiar o Conselho Nacional de Política Energética na proposição de medidas e diretrizes para o mercado nacional de combustíveis aquaviários, combustíveis de aviação e gás liquefeito de petróleo, e dá outras providências. 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2024/ResolucaoCNPE102024.pdf>. Acesso em: 13 maio. 2025.

CNPE. Resolução no 14, de 10 de dezembro de 2024. Define as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2024>. Acesso em: 19 maio. 2025.

COMGAS. Chamada pública de biometano 01/2025. 2025. Disponível em: <https://www.comgas.com.br/chamadapublica/gas-natural/>. Acesso em: 30 jul. 2025.

COMPAGAS. Compagas lança chamada pública para aquisição de biometano – CPBIOMET/001 2024. 2024. Disponível em: <https://www.compagas.com.br/chamadas-publicas/chamada-publica-para-aquisicao-de-biometano-n-001-2024.html>. Acesso em: 30 jul. 2025.

CONAB. Levantamentos de Safra: cana-de-açúcar. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. . 2024.

- CONAB. Levantamentos de Safra: cana-de-açúcar. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. 2025a. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 27 abr. 2025.
- CONAB. Produção de cana-de-açúcar na Safra 2024/25 sofre redução devido a condições climáticas adversas. 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-cana-de-acucar-na-safra-2024-25-sofre-reducao-devido-a-condicoes-climaticas-adversas>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- CONAB. Comunicação Pessoal. 2025c.
- CONAB. Safra 2024/25 de cana-de-açúcar encerra com produção estimada em 676,96 milhões de toneladas. 2025d. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/safra-2024-25-de-cana-de-acucar-encerra-com-producao-estimada-em-676-96-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. Séries Históricas. Milho. 2025e. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/910-Milho>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- CONAB. Brasil Produtos. 2025f. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/series-historicas/graos/graos-por-produtos/brasilproduto.xls/view>. Acesso em: 4 ago. 2025.
- CONEXÃO SAF. CONEXÃO SAF (Combustíveis Sustentáveis de Aviação). 2024. Disponível em: <https://hotsites.anac.gov.br/conexaosaf/index.html>. Acesso em: 13 maio. 2025.
- CONFAZ/MF. Atos CONTEPE/PMPF. 2024a.
- CONFAZ/MF. Alíquotas e reduções de base de cálculo nas operações internas dos Estados e do Distrito Federal. 2024b.
- COSECANA. Circulares CONSECANA. 2022.
- CTC. Comunicação Pessoal. 2025.
- DA SILVA, Haroldo José Torres; SANTOS, Peterson Felipe Arias; JUNIOR, Enilson Carlos Nogueira; VIAN, Carlos Eduardo de Freitas. Aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho no Brasil. Revista de Política Agrícola, [S. l.], v. 29, p. 142–159, 2020. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1567>. Acesso em: 3 ago. 2025.
- DATAGRO. Estimativa Balanço Oferta/Demanda. 2025a. Disponível em: <https://www.datagro.com/>. Acesso em: 17 fev. 2025.
- DATAGRO. Análises: Açúcar e Etanol. Estimativa de Safra - Relatório VIP 29/07. Disponível em: <https://portal.datagro.com/pt/sugar-etanol/2/analysis/32997/33004/50949/estimativa-de-safra?max=&min=&q=>. Acesso em: 31 jul. 2025b.
- DATAGRO. Balanço Mundial de Açúcar. 2025c.
- DGRM. Ata da 80a Sessão do Comité de Proteção do Ambiente Marinho (MEPC 80). 2023. Disponível em: https://www.dgrm.pt/documents/20143/46478/Nota+DGRM+-+MEPC+80_13.07.2023_PT.pdf/. Acesso em: 11 maio. 2025.
- DOE. World's First Ethanol-To-Jet Fuel Plant Paves the Way for Commercial Production of SAF. Bioenergy Technologies Office, [S. l.], 2024. Disponível em: https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/worlds-first-ethanol-jet-fuel-plant-paves-way-commercial-production-saf?nrg_redirect=464610. Acesso em: 25 mar. 2025.
- EERE. Alternative Fuels Data Center: Ethanol Blends. Washington DC. Disponível em: <https://afdc.energy.gov/fuels/ethanol-blends>. Acesso em: 28 fev. 2025a.
- EERE. Alternative Fuels Data Center: Biodiesel Blends. Washington DC. Disponível em: https://afdc.energy.gov/fuels/biodiesel_blends.html. Acesso em: 28 jan. 2025b.

- EIA. Monthly Energy Review: Renewable Energy. Total Energy Data. Washington DC. Disponível em: www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.cfm. Acesso em: 8 maio. 2025a.
- EIA. Petroleum and Other Liquids. Disponível em: www.eia.gov/petroleum/data.php. Acesso em: 8 maio. 2025b.
- EIXOS. Acelen anuncia primeira extração industrial de óleo de macaúba para combustíveis. 2025a. Disponível em: <https://eixos.com.br/combustiveis-e-bioenergia/biocombustiveis/acelen-anuncia-primeira-extracao-industrial-de-oleo-de-macauaba-para-combustiveis/>. Acesso em: 2 jun. 2025.
- EIXOS. O SAF de macaúba vai decolar? 2025b. Disponível em: <https://eixos.com.br/newsletters/dialogos-da-transicao/o-saf-de-macauaba-vai-decolar/>. Acesso em: 2 jun. 2025.
- EIXOS. Petrobras escolhe São Paulo para sediar hub de hidrogênio atenta ao potencial de biomassa de cana. 2025c. Disponível em: <https://eixos.com.br/hidrogenio/petrobras-escolhe-sao-paulo-para-sediar-hub-de-hidrogenio-atenta-ao-potencial-de-biomassa-de-cana/>. Acesso em: 20 maio. 2025.
- EIXOS. MME vai ao STJ para suspender liminares contra metas do RenovaBio. 2025d. Disponível em: MME vai ao STJ para suspender liminares contra metas do RenovaBio. Acesso em: 25 maio. 2025.
- EMBRAPA. Agricultura Familiar. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/tema-agricultura-familiar/sobre-o-tema>. Acesso em: 22 jul. 2025.
- EMBRAPA. Biodiesel. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- EMBRAPA. Brasil tem 28 milhões de hectares de pastagens degradadas com potencial para expansão agrícola. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/87076753/brasil-possui-28-milhoes-de-hectares-de-pastagens-degradadas-com-potencial-para-expansao-agricola>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- EMBRAPA. Biodiesel no Brasil: Reflexões sobre as principais matérias-primas. César de Castro ... [et al.] – Brasília, DF : Embrapa. ISBN: 978-65-5467-087-6. 2025
- EPA. Final Renewable Fuels Standards Rule for 2023, 2024, and 2025. Washington DC. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2023-07-12/pdf/2023-13462.pdf>. Acesso em: 5 maio. 2024.
- EPA. Proposed Renewable Fuel Standards for 2026 and 2027. Washington DC. Disponível em: <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard/proposed-renewable-fuel-standards-2026-and-2027>. Acesso em: 30 maio. 2025.
- EPE. Guia de referência para encaminhamento de projetos de produção e uso de biodiesel e etanol ao mecanismo de desenvolvimento limpo - MDL. 2009. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-250/topico-304/EPE%20-%203%C2%BA%20Biocombust%C3%ADveis%20x%20MDL\[1\].pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-250/topico-304/EPE%20-%203%C2%BA%20Biocombust%C3%ADveis%20x%20MDL[1].pdf). Acesso em: 12 maio 2025.
- EPE. Análise de Conjuntura de Biocombustíveis - 2016. Disponível em: www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/analise-de-conjuntura-dos-biocombustiveis-2016. Acesso em: 30 jul. 2025.
- EPE. Potencial técnico de H2 e de ureia do biogás de resíduos. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-372/topico-679/Potencial%20t%C3%A9cnico%20de%20H2%20e%20Ureia%20do%20biog%C3%A1s%20de%20res%C3%ADduos.pdf>. Acesso em: 12 maio. 2025.
- EPE. Balanço Energético Nacional 2024: Ano-base 2023. 2024. a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 25 jun. 2024.
- EPE. Balanço Energético Nacional 2024: Ano-base 2023. 2024b. Disponível em: Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 25 jun. 2024.

- EPE. Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis 2023. 2024c. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/analise-de-conjuntura-dos-biocombustiveis-2023>. Acesso em: 11 maio. 2025.
- EPE. Roadmap do Transporte Aquaviário. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Paginas/Roadmap-do-Transporte-Aquaviario.aspx>. Acesso em: 11 maio. 2025d.
- EPE. Plano Nacional Integrado das Infraestruturas de Gás Natural e Biometano - PNIIGB. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-nacional-integrado-das-infraestruturas-de-gas-natural-e-biometano-pniigb>. Acesso em: 30 jul. 2025a.
- EPE. Hidrogênio e Biomassa: oportunidades para produção e uso de hidrogênio em sistemas de bioenergia. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/hidrogenio-e-biomassa-oportunidades-para-producao-e-uso-de-hidrogenio-em-sistemas-de-bioenergia>. Acesso em 05 ago. 2025b
- EPE. Plano Decenal de Energia - 2035. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2035>. Acesso em: 30 jul. 2025c.
- EPE. Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional – BEN 2025. Rio de Janeiro. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN_S%C3%ADntese_2025_PT.pdf. Acesso em: 29 maio. 2025d.
- EPE. Potencial das técnicas “poupa-terra” na produção de biocombustíveis no Brasil. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-843/FS-EPE-DPG-SDB-2024-03-Poupa_Terra.pdf. Acesso em: 22 jul. 2025e.
- ES GÁS. Aviso de chamamento público para aquisição de gás natural com possibilidade de suprimento por biometano. 2024. Disponível em: <https://esgas.com.br/>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- ESTADÃO. Carro híbrido, aposta do Brasil para descarbonizar transporte, ganha força com dúvidas nos elétricos. 2024. Disponível em: https://www.estadao.com.br/economia/carro-hibrido-aposta-brasil-descarbonizacao/?srsltid=AfmBOooukipSi0PxQwAahwQCal8MD6fwFkl3_gUGeHgF8fwdsWhEiuQC. Acesso em: 15 maio. 2025.
- EUA. Energy Independence and Security Act of 2007. 2007.
- EUA. Inflation Reduction Act of 2022. 2022.
- EUA. Addressing Threats to The United States by the Government of Brazil. Washington DC. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/07/addressing-threats-to-the-us/>. Acesso em: 3 ago. 2025.
- EUROSTAT. Eurostat. Database. Luxemburgo. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>. Acesso em: 9 maio. 2025.
- FAO. The State of Food and Agriculture 2024. Rome.
- FAVA-NEVES, M. et Al. Etanol de Milho: Cenário Atual e Perspectivas para a Cadeia no Brasil. Disponível em: https://www.sna.agr.br/wp-content/uploads/2021/05/Etanol-de-Milho-no-Brasil-Fava-Neves-et-al-2021_compressed.pdf. Acesso em: 19 jun. 2025.
- FECOMBUSTÍVEIS. Tributação. 2024a. Disponível em: <https://www.fecombustiveis.org.br/tributacao>. Acesso em: 3 maio. 2024.
- FECOMBUSTÍVEIS. Carro elétrico: evolução rápida e concorrência chinesa aceleram desvalorização e dificultam revenda. 2024. b.

- FECOMÉRCIO. Entenda as três principais mudanças trazidas pelo Marco Legal das Garantias. 2023. Disponível em: <https://www.fecomercio.com.br/noticia/entenda-as-tres-principais-mudancas-trazidas-pelo-marco-legal-das-garantias>. Acesso em: 15 maio. 2025.
- FENABRAVE. Anuário FENABRAVE 2024. 2025. Disponível em: <https://www.fenabreve.org.br/porta1v2/Conteudo/anuarios/>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- FENAUTO. Press releases. 2025. Disponível em: <https://www.fenauto.org.br/news/categoria/press-releases?page=2>. Acesso em: 14 maio. 2025.
- FETAESC. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA AGRICULTURA FAMILIAR - 2024 / Ano 3. Disponível em: https://www.fetaesc.org.br/sistema/sys/componente_comum/tinymce/plugins/filemanager/source/ANU%C3%81RIO%20AGRICULTURA%20FAMILIAR%202024.pdf. Acesso em: 24 jul. 2025.
- FIGUEIREDO, Nayara. Com produção de etanol de milho em alta, Brasil dobra exportações de DDG. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/agricultura/noticia/2024/02/com-producao-de-etanol-de-milho-em-alta-brasil-dobra-exportacoes-de-ddg.ghtml>. Acesso em: 3 ago. 2025.
- FOLHA DE S. PAULO. Salário mínimo será de R\$1.502 ao custo de R\$35,3bi. 2024. a. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2024/04/haddad-confirma-salario-minimo-de-r-1502-para-2025.shtml>. Acesso em: 15 maio. 2025.
- FOLHA DE S. PAULO. Importação de veículos vai ultrapassar exportações até o fim do ano, diz Anfavea. 2024. b. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2024/07/importacao-de-veiculos-vai-ultrapassar-exportacoes-ate-o-fim-do-ano-diz-anfavea.shtml>. Acesso em: 14 maio. 2025.
- FS; GREEN AGROFLORESTAL. Estudo de Impacto Ambiental Volume I - Caracterização do Empreendimento. Projeto BECCS Sistema de Captura e Armazenamento Geológico de Carbono (CCS - Carbon Capture and Storage). Cuiabá. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/34aeec8a-d08e-440f-ad7f-324e1e1e7745/8b3acf20-8ad6-1c35-2664-a192f7e3c0ea?origin=2>. Acesso em: 19 maio. 2025.
- G1 RN. Primeira unidade piloto de produção de combustível sustentável de aviação no Brasil é inaugurada em Natal. G1, 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2023/09/06/primeira-unidade-piloto-de-producao-de-combustivel-sustentavel-de-aviacao-no-brasil-e-inaugurada-em-natal.ghtml>. Acesso em: 3 abr. 2025.
- GASMIG. Chamada pública para aquisição de biometano – Triângulo Mineiro. 2025. Disponível em: <https://gasmig.com.br/>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- GLOBAL BIOFUELS ALLIANCE. Global Biofuels Alliance. Homepage. 2025.
- GLOBO. Brasil produz 2,5 milhões de veículos em 2024, uma alta de quase 10% no ano. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/carros/noticia/2025/01/14/brasil-produz-25-milhoes-de-veiculos-em-2024-uma-alta-de-quase-10percent-no-ano.ghtml>. Acesso em: 19 maio. 2025.
- GOV.BR. Presidente Lula sanciona Lei do Combustível do Futuro para promover a mobilidade sustentável. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2024/10/presidente-lula-sanciona-lei-do-combustivel-do-futuro-para-promover-a-mobilidade-sustentavel>. Acesso em: 15 maio. 2025.
- GOV.BR. Resolução no 1, de 18 de fevereiro de 2025. 2025a. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2025/Resolucao_CNPE_1pp.pdf. Acesso em: 2 jun. 2025.
- GOV.BR. CNPE cria Grupo de Trabalho para diversificar matérias-primas e incluir agricultores familiares e pequenos produtores na produção de biocombustíveis. 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/cnpe-cria-grupo-de-trabalho-para-diversificar-materias-primas-e-incluir-agricultores-familiares-e-pequenos-produtores-na-producao-de-biocombustiveis#:~:text=O%20Conselho%20Nacional%20de%20Pol%C3%ADtica%20Energ%C3%A9tica%20%28CNPE%29%20aprovou%2C,familiares%20e%20pequenos%20produtores%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20biocombust%C3%ADveis>. Acesso em: 2 jun. 2025.

- GOV.BR. Estudo lançado pelo MDIC oferece raio X de biorrefinarias no Brasil. 2025c. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2025/marco/estudo-lancado-pelo-mdic-oferece-raio-x-de-biorrefinarias-no-brasil>. Acesso em: 2 jun. 2025.
- GRANBIO. BioFlex I: Produção de Biocombustível. 2025. Disponível em: <http://www.granbio.com.br/conteudos/bioflex-biocombustiveis/>. Acesso em: 17 mar. 2025.
- GUIA MARÍTIMO. BNDES e Finep Lançam Chamada Pública de R\$ 6 Bilhões para Desenvolvimento de Biorrefinarias e Combustíveis Sustentáveis. 2024. Disponível em: <https://www.guiamaritimo.com.br/noticias/logistica/bndes-finep-chamada-publica-6-bilhoes-desenvolvimento-biorrefinarias-combustiveis-sustentaveis>. Acesso em: 11 maio. 2025.
- IATA. Ramping up SAF through standalone HEFA facilities. 2024. Disponível em: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/ramping-up-saf-through-standalone-hefa-facilities/>. Acesso em: 25 mar. 2025.
- IBGE. Em 2023, massa de rendimentos e rendimento domiciliar per capita atingem recorde . 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39809-em-2023-massa-de-rendimentos-e-rendimento-domiciliar-per-capita-atingem-recorde>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- IBGE. Indicadores Econômicos do Brasil 2024. 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/43806-indicadores-economicos-do-brasil.html>. Acesso em: 10 ago. 2025.
- ICAO. International Standards and Recommended Practices - Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation. Environmental Protection: Second Edition. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/SARPs-Annex-16-Volume-IV.aspx>. Acesso em: 8 jun. 2025.
- ICAO. Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). 2024. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.aspx>. Acesso em: 9 jul. 2024.
- ICAO. ICAO tracker of SAF facilities. 2025. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/SAF_ProductionFacilities.aspx. Acesso em: 8 maio. 2025.
- IEA BIOENERGY. Biomass gasification for hydrogen production. Disponível em: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2025/03/IEA-Bioenergy_T33_Bio-H2_Final_v2.pdf. Acesso em: 20 maio. 2025.
- IMO. Marine Environment Protection Committee (MEPC 83), 7 to 11 April 2025. 2025. Disponível em: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-83rd-session.aspx>. Acesso em: 11 maio. 2025.
- INPASA. Relatório de Sustentabilidade - 2024. Disponível em: <https://www.inpasa.com.br/relatorio-de-sustentabilidade-2024/index.html>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- IPCC. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: volume 2, Energy. 2006. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>. Acesso em: 28 jan. 2025.
- ISCC. ISCC: homepage. International Sustainability & Carbon Certification. 2024. Disponível em: <https://www.iscc-system.org/>. Acesso em: 11 jul. 2024.
- ISTOÉ. Líder opera primeiro voo de aviação geral com combustível sustentável no Brasil. 2025. Disponível em: <https://istoedinheiro.com.br/lider-opera-primeiro-voo-de-aviacao-geral-com-combustivel-sustentavel-no-brasil>. Acesso em: 21 maio. 2025.
- JOTA. Tarifa sobre importação de etanol não está na mesa de negociação do governo com Trump. São Paulo. Disponível em: <https://www.jota.info/energia/tarifa-sobre-importacao-de-etanol-nao-esta-na-mesa-de-negociacao-do-governo-com-trump>. Acesso em: 3 ago. 2025.
- LOGUM. O Sistema Logum. [S. l.], 2025. a. Disponível em: <https://www.logum.com.br/O-Sistema-Logum>. Acesso em: 5 maio. 2024.

- LOGUM. Informações ANP. 2025b. Disponível em: <https://www.logum.com.br/Informa%C3%A7%C3%B5es-ANP>. Acesso em: 28 abr. 2025.
- MACHADO, Nayara. De olho no SAF, Geo e agência alemã inauguram escritório em São Paulo. Eixos, [S. l.], 2024. Disponível em: <https://eixos.com.br/gas-natural/biogas/de-olho-no-saf-geo-e-agencia-alema-inauguram-escritorio-em-sao-paulo/>. Acesso em: 3 abr. 2025.
- MAPA. Sustentabilidade/Agroenergia. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia>. Acesso em: 17 fev. 2025.
- MARCELINO, Lorena. Petrobras vende primeira carga de bunker com 24% de biodiesel. Eixos, 2024. Disponível em: <https://eixos.com.br/empresas/petrobras-vende-primeira-carga-de-bunker-com-24-de-biodiesel/>. Acesso em: 11 maio. 2025.
- MCKINSEY&COMPANY. The Inflation Reduction Act: Here's what's in it. McKinsey & Company, 2022. Disponível em: https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/the-inflation-reduction-act-heres-whats-in-it#. Acesso em: 5 maio. 2024.
- MCTI. Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil - 6a Edição. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee>. Acesso em: 27 jun. 2024.
- MCTI. Primeiro relatório bienal de transparência à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-bienais-de-transparencia-btrs/Relatorio_delInventario_NacionalNIR_2024_PORT.pdf. Acesso em: 8 maio. 2025.
- MCTI. Fatores de emissão de CO2 para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>. Acesso em: 11 maio. 2025.
- MDA. Lista das empresas produtoras de biodiesel detentoras do Selo Biocombustível Social. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mda/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas-projetos-acoes-obras-e-atividades/selo-biocombustivel-social/o-que-e>. Acesso em: 11 maio. 2025.
- MDIC. Estatísticas de Comércio Exterior. Brasília. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/homec>. Acesso em: 9 jan. 2025a.
- MDIC. Carros mais sustentáveis, seguros e econômicos vão pagar menos imposto. 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2025/julho/carros-mais-sustentaveis-seguros-e-economicos-vao-pagar-menos-imposto>. Acesso em: 31 jul. 2025.
- ME. Estatísticas de Comércio Exterior. 2025. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 11 maio. 2025.
- MELHOR INVESTIMENTO. Petrobras (PETR4) vende 10 milhões de litros de diesel R5 por mês. 2024. Disponível em: <https://melhorinvestimento.net/noticias/diesel-r5-petrobras-venda>. Acesso em: 19 maio. 2025.
- MME. Ministro assina portaria que autoriza utilização de debêntures incentivadas pelo setor de petróleo, gás e biocombustível. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/ministro-assina-portaria-que-autoriza-utilizacao-de-debentures-incentivadas-pelo-setor-de-petroleo-gas-e-biocombustiv-1s>. Acesso em: 13 maio. 2020.
- MME. Programa Nacional do Hidrogênio. Proposta de Diretrizes. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/PublishingImages/Paginas/MME-apresenta-ao-CNPE-proposta-de-diretrizes-para-o-Programa-Nacional-do-Hidrogenio-PNH2/HidrogênioRelatriodiretrizes.pdf>. Acesso em: 12 maio. 2024.
- MME. Portaria Normativa no 37/GM/MME, de 20 de março de 2022. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/acesso-ainformacao/legislacao/portarias/2022/portaria-normativa-n-37-gm-mme-2022.pdf/view>. Acesso em: 14 mar. 2024.

MME. Programa Nacional do Hidrogênio reforça estratégia do Brasil para liderar a transição energética. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/programa-nacional-do-hidrogenio-reforca-estrategia-do-brasil-para-liderar-a-transicao-energetica>. Acesso em: 16 maio. 2023.

MME. Portaria Normativa GM/MME no 93, de 10 de dezembro de 2024. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/acao-a-informacao/legislacao/portarias/2024/portaria-normativa-gm-mme-n-93-2024.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2025.

MME. Relatório de Empreendimentos enquadrados no REIDI no âmbito do MME. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/reidi>. Acesso em: 30 jul. 2025.

MRE. Declaração Conjunta da Iniciativa de Parceria Brasil-Japão sobre Meio Ambiente, Clima, Desenvolvimento Sustentável e Economias Resilientes. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mre/pt-br/canal_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/declaracao-conjunta-da-iniciativa-de-parceria-brasil-japao-sobre-meio-ambiente-clima-desenvolvimento-sustentavel-e-economias-resilientes. Acesso em: 27 jun. 2024.

NECTA. Chamada pública conjunta no 001/2025. 2025. Disponível em: <https://necogas.com.br/institucional/chamada-publica-conjunta-2025>. Acesso em: 30 jul. 2025.

NOVACANA. Brasil produz hidrogênio verde a partir da cana-de-açúcar em feito inédito. 2022. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/brasil-hidrogenio-verde-cana-de-acucar-feito-inedito-240522>. Acesso em: 12 jun. 2024.

NOVACANA. FS mira mercado internacional com certificação para combustível de aviação. 2024a. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/fs-mira-mercado-internacional-certificacao-combustivel-aviacao-210324>. Acesso em: 27 jun. 2024.

NOVACANA. Prejuízo líquido acumulado da GranBio chega a R\$ 758,86 milhões em 2023. 2024b. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/prejuizo-liquido-acumulado-granbio-chega-r-758-86-milhoes-2023-02052024>. Acesso em: 11 jun. 2024.

NOVACANA. GranBio certifica etanol celulósico para exportação à Europa. 2024c. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/granbio-certifica-etanol-celulosico-exportacao-europa-260421>. Acesso em: 11 jun. 2024.

NOVACANA. Raízen investiu mais de R\$ 1 bilhão em E2G no último trimestre de 2023/24, afirma diretor. 2024d.

NOVACANA. Empresa promete investimento de R\$ 2 bilhões para produzir SAF no interior de São Paulo. 2024e. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/empresa-promete-investimento-r-2-bilhoes-produzir-saf-interior-sao-paulo-210324>. Acesso em: 11 jun. 2024.

NOVACANA. Cosan confirma investimento de R\$ 1,3 bilhão em usina da Raízen em Caarapó (MS). 2024. f. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/cosan-confirma-investimento-r-1-3-bilhao-usina-raizen-caarapo-ms-301024>. Acesso em: 15 maio. 2025.

NOVACANA. Raízen conclui obras de duas plantas de etanol de segunda geração em São Paulo. NOVACANA, 2024. g. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/raizen-conclui-obras-duas-plantas-etanol-segunda-geracao-sao-paulo-131124>. Acesso em: 17 mar. 2025.

NOVACANA. Raízen encerra operação de planta de etanol de 2ª geração em Piracicaba (SP). NOVACANA, 2025. a. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/raizen-encerra-operacao-planta-etanol-2-geracao-piracicaba-sp-200125>. Acesso em: 17 mar. 2025.

NOVACANA. GranBio anuncia investimento de R\$ 1,5 bilhão em biorrefinaria integrada Exygen. NovaCana, 2025. b. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/granbio-anuncia-investimento-r-1-5-bilhao-biorrefinaria-integrada-exygen-270125>. Acesso em: 17 mar. 2025.

NOVACANA. Raízen anuncia paralisação da usina Santa Elisa e vende cana-de-açúcar por R\$ 1,05 bi. NovaCana, 2025. c. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/raizen-anuncia-paralizacao-usina-santa-elisa-vende-cana-de-acucar-r-1-05-bilhao-150725>. Acesso em: 20 jul. 2025.

- ODENWELLER, Adrian; UECKERDT, Falko. The green hydrogen ambition and implementation gap. *Nature Energy*, v. 10, n. 1, p. 110–123, 2025. DOI: 10.1038/s41560-024-01684-7. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41560-024-01684-7>.
- OLIVEIRA, Luiz G. S.; NEGRO, Simona O. Contextual structures and interaction dynamics in the Brazilian Biogas Innovation System. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [S. l.], v. 107, p. 469–469, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119301236>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- ONU. Análise técnica SOFI 2025: O Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Mundo 2025. Disponível em: <https://pactocontrafome.org/arquivo/analises/SOFI-2025-Analise-tecnica.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- OTEMPO. Petrobras anuncia redução no preço do diesel nas refinarias; saiba valor. 2025. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/2025/3/31/petrobras-anuncia-reducao-no-preco-do-diesel-nas-refinarias-saiba-valor>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- PETROBRAS. Petrobras sobre estratégia comercial de diesel e gasolina. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/25fdf098-34f5-4608-b7fa-17d60b2de47d/ecfc4c78-c016-bd34-bdc6-9aeb2850a013?origin=1>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- PETROBRAS. Plano de Negócios Petrobras 2025-2029. PETROBRAS, [S. l.], 2024. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/25fdf098-34f5-4608-b7fa-17d60b2de47d/4c9eccc5-c298-081d-799f-217fff1a1c82?origin=2>. Acesso em: 5 maio. 2025.
- PETROBRAS. Chamada pública biometano 001/2025. 2025a. Disponível em: <https://petrobras.com.br/negocios/aquisicao-de-biometano#:~:text=Os%20interessados%20dever%C3%A3o%20se%20cadastrar,BIOMETANO%20%2D%20001%2F2025%22>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- PETROBRAS. Petrobras Singapore fecha parceria para abastecer embarcação da Transpetro com conteúdo renovável. Agência Petrobras, [S. l.], 2025. b. Disponível em: <https://agencia.petrobras.com.br/w/negocio/petrobras-singapore-fecha-parceria-para-abastecer-embarcacao-da-transpetro-com-conteudo-renovavel>. Acesso em: 11 maio. 2025.
- PETROBRAS. Petrobras e Vale celebram parceria para teste com bunker de conteúdo renovável. Agência Petrobras, [S. l.], 2025. c. Disponível em: <https://agencia.petrobras.com.br/w/petrobras-e-vale-celebram-parceria-para-teste-com-bunker-de-conteudo-renovavel>. Acesso em: 11 maio. 2025.
- PORTOS E NAVIOS. Brasil e Noruega firmam acordo para corredor logístico sustentável. 2025. a. Disponível em: https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/vast-e-be8-firmam-parceria-para-infraestrutura-de-biocombustiveis-no-acu?utm_source=newsletter_431&utm_medium=email&utm_campaign=noticias-do-dia-portos-e-navios-date-d-m-y. Acesso em: 11 maio. 2025.
- PORTOS E NAVIOS. Vast e Be8 firmam parceria para infraestrutura de biocombustíveis no Açúcar. 2025b. Disponível em: https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/vast-e-be8-firmam-parceria-para-infraestrutura-de-biocombustiveis-no-acu?utm_source=newsletter_431&utm_medium=email&utm_campaign=noticias-do-dia-portos-e-navios-date-d-m-y. Acesso em: 11 maio. 2025.
- PORTOS E NAVIOS. Porto do Açúcar teve operação de abastecimento marítimo com diesel verde. 2025c. Disponível em: https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/porto-do-acu-teve-operacao-de-abastecimento-maritimo-com-diesel-verde?utm_source=newsletter_441&utm_medium=email&utm_campaign=noticias-do-dia-portos-e-navios-date-d-m-y. Acesso em: 11 maio. 2025.
- PORTOS E NAVIOS. Porto do Açúcar e Repsol Sinopec firmam acordo para captura de CO2 e produção de combustíveis sustentáveis. 2025d. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/porto-do-acu-e-repsol-sinopec-firmam-acordo-para-captura-de-co-e-producao-de-combustiveis>.

sustentaveis?utm_source=newsletter_452&utm_medium=email&utm_campaign=noticias-do-dia-portos-e-navios-date-d-m-y. Acesso em: 11 maio. 2025.

RAÍZEN. Raízen anuncia a construção de planta de Etanol de Segunda Geração (E2G) em Tarumã. 2023a. 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\\$%2084%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$%2084%20bilh%C3%A3o). Acesso em: 11 jun. 2024.

RAÍZEN. Combustível Sustentável de Aviação (SAF): o que falta para a ideia decolar no Brasil? 2023b. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/saf-combustivel>. Acesso em: 27 jun. 2024.

RAÍZEN. Raízen inaugura maior planta de etanol de segunda geração do mundo. 2024. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/sala-de-imprensa/raizen-inaugura-maior-planta-de-etanol-de-segunda-geracao-do-mundo>. Acesso em: 11 jun. 2024.

REFINARIA DE PETRÓLEO RIOGRANDENSE. Refinaria Riograndense contrata tecnologia para a Biorrefinaria. 2024. Disponível em: https://www.refinariariograndense.com.br/site/Pages/refinaria/noticias/noticia_detalhe.aspx. Acesso em: 5 maio. 2025.

REUTERS. Indonesia expects to reach full implementation of B40 biodiesel in March. Londres. Disponível em: <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/indonesia-expects-reach-full-implementation-b40-biodiesel-march-2025-02-14/>. Acesso em: 9 maio. 2025.

REVISTA LIDE. Shell traça caminhos para o Brasil atingir metas climáticas e se coloca como liderança para a transformação energética. 2024. Disponível em: <https://revistalide.com.br/revista-lide/noticias/economia-industria/forum-shell-traca-caminhos-para-o-brasil-atingir-metas-climaticas-e-se-coloca-como-lideranca-para-a-transformacao-energetica>. Acesso em: 2 jun. 2025.

REVISTA O&G BR. Petrobras obtém certificação para comercializar bunker com conteúdo renovável em Rio Grande. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://revistaolegasbrasil.com.br/petrobras-obtem-certificacao-para-comercializar-bunker-com-conteudo-renovavel-em-rio-grande/>. Acesso em: 11 maio. 2025.

RFA. Ethanol Industry Outlook. Ellisville MO. Disponível em: <https://ethanolrfa.org/resources/annual-industry-outlook>. Acesso em: 28 fev. 2025.

ROSA, Bruno. Petrobras terá primeira fábrica de metanol verde, combustível usado em navios, do Brasil. O Globo, [S. l.], 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/negocios/noticia/2024/11/28/petrobras-tera-primeira-fabrica-de-metanol-verde-combustivel-usado-em-navios-do-brasil.ghtml>. Acesso em: 9 abr. 2025.

ROSA, L. P. ., OLIVEIRA, L. B. ., COSTA, A. O. ., PIMENTEIRA, C. A. ., & MATTOS, L. B. Geração de Energia a partir de resíduos sólidos. [S. l.], 2003.

SENADO FEDERAL. Projeto de Lei nº 725, de 2022. Disciplina a inserção do hidrogênio como fonte de energia no Brasil, e estabelece parâmetros de incentivo ao uso do hidrogênio sustentável. 2022.

SERGAS. Chamada Pública para Aquisição de Biometano 2025. 2024.

SHELL. USP realiza testes da primeira planta de hidrogênio renovável a partir do etanol. 2025. Disponível em: <https://www.shell.com.br/imprensa/press-releases-2025/USP-realiza-testes-da-primeira-planta-de-hidrogenio-renovavel-a-partir-do-etanol.html>. Acesso em: 20 maio. 2025.

SINDIPEÇAS. Anuário do Sindipeças 2024. 2025.

SINDIPOSTO. “Quer andar de carro velho?”: No Brasil, para cada automóvel zero são vendidos cinco usados. 2024.

SUZANO. Eletrobras e Suzano se unem para desenvolver mercado de produção de hidrogênio verde e combustíveis sintéticos. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.suzano.com.br/noticia/eletrobras-e>

suzano-se-unem-para-desenvolver-mercado-de-producao-de-hidrogenio-verde-e-combustiveis-sinteticos. Acesso em: 9 abr. 2025.

TEIXEIRA JUNIOR, Sérgio. Na GranBio, o biometano toma o lugar do etanol de segunda geração. Reset, [S. l.], 2025. Disponível em: <https://capitalreset.uol.com.br/transicao-energetica/na-granbio-o-biometano-toma-o-lugar-do-etanol-de-segunda-geracao/#:~:text=Em%202023%2C%20a%20GranBio%20recebeu,para%20a%20avia%C3%A7%C3%A3o%2C%20ou%20SAF>. Acesso em: 17 mar. 2025.

TIMES BRASIL. Vibra e Svtizer lançam projeto piloto de descarbonização no setor marítimo com uso de biodiesel. 2025. Disponível em: <https://timesbrasil.com.br/empresas-e-negocios/esg/vibra-e-svtizer-lancam-projeto-piloto-de-descarbonizacao-no-setor-maritimo-com-uso-de-biodiesel/>. Acesso em: 11 maio. 2025.

UDOP. Sistema de dutos de etanol da Logum inicia operação completa. 2023.

UDOP. Fórmulas e conversões utilizadas no setor sucroalcooleiro. 2024.

UISA. Relatório de Sustentabilidade Safra 2023/24. Disponível em: https://relatorios.uisa.com.br/pdf/relatorio_sustentabilidade_uisa_23-24.pdf. Acesso em: 19 maio. 2025.

UNEM. Fluxograma de massa e energia - Produtos. 2025. Disponível em: <https://etanoldemilho.com.br/produtos/>. Acesso em: 3 ago. 2025.

UNICA. Coletiva de Imprensa: análise da safra 2013/14. 2013.

UNICA. Comunicação pessoal. 2014. Disponível em: União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia. Acesso em: 5 dez. 2024.

UNICA. Comunicação pessoal. 2017. Disponível em: União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia. Acesso em: 5 dez. 2024.

UNICA. Brasil e Japão dialogam sobre produção de SAF a partir do etanol. 2023.

UNICA. União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia. 2025. Disponível em: <https://observatoriocana.com.br/>. Acesso em: 14 abr. 2025.

USDA. Biofuels Annual: China. Washington DC. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Beijing_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_CH2024-0100. Acesso em: 9 maio. 2025a.

USDA. Biofuels Annual: Indonesia. Washington DC. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Jakarta_Indonesia_ID2024-0018. Acesso em: 9 maio. 2025b.

USDA. Biofuels Annual: India. Washington DC. Disponível em: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_New%20Delhi_India_IN2024-0024. Acesso em: 9 maio. 2025c.

USDA. Sugar and Sweeteners Yearbook Tables. 2025. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/data-products/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables>. Acesso em: 31 jul. 2025.

VIBRA. Vibra é a primeira empresa a disponibilizar SAF no Brasil. Press Release, 2025. Disponível em: https://www.vibraenergia.com.br/sites/default/files/2025-03/25032025_release_saf_0.pdf. Acesso em: 1 abr. 2025.

ZAPAROLLI, Domingos. Elétricos movidos a etanol. Pesquisa FAPESP, 2023. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/electricos-movidos-a-etanol/>. Acesso em: 12 maio. 2025.