



NOTA TÉCNICA

Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2022

AGOSTO DE 2023

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

epe
Empresa de Pesquisa Energética

■
Coordenação Geral

Heloisa Borges Bastos Esteves

Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Equipe Técnica

Angela Oliveira da Costa

Dan Abensur Gandelman

Danilo Percin

Euler João Geraldo da Silva

Juliana Rangel do Nascimento

Leônidas Bially Olegario dos Santos

Marina Damião Besteti Ribeiro

Paula Isabel da Costa Barbosa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Imagens da Capa

1. Desenvolvido por Racool_studio em Freepik.

Assistente Administrativo

Sergio Augusto Melo de Castro

Técnica em Secretariado

Raquel Lopes Couto

Estagiário

Miguel Angelo Alvarenga de Carvalho

Pedro Henrique Menegotto Weingartner



Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário-Executivo

Efrain Pereira da Cruz

Secretário de Planejamento e Transição Energética

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Pietro Adamo Sampaio Mendes

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



Presidenta

Angela Regina Livino de Carvalho (interina)

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Giovani Vitória Machado (Interino)

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretora de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

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

■ 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	11/08/2023	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 /

Apresentação

A Empresa de Pesquisa Energética apresenta a sua décima quarta edição da Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis, com foco no ano de 2022. 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 mercado internacional de biocombustíveis, as expectativas para os novos 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). O documento passa a contar em 2023 com uma seção de biogás, que apresenta um panorama do mercado e aspectos regulatórios associados. A criação desse espaço se impôs pela consolidação da fonte na matriz energética nacional e tem sua pertinência reforçada pela tendência de expansão para os próximos anos.

Nessa edição, além da avaliação dos principais acontecimentos ocorridos em 2022, o documento apresenta um artigo que faz uma análise dos 20 anos do veículo *flex fuel* no Brasil e de seus impactos no mercado de combustíveis.

■ Sumário

Agradecimentos.....	iii
Apresentação.....	iv
1. Oferta de etanol.....	1
1.1. Área, Produtividade Agrícola e Rendimento da Cana	1
1.2. Processamento da cana-de-açúcar	6
1.3. Processamento de milho	6
1.4. Produção de etanol total	7
1.5. Produção de açúcar	11
1.6. Mix de produção	13
2. Demanda do ciclo Otto.....	14
2.1. Licenciamento e frota de veículos leves	14
2.2. Demanda de combustíveis da frota ciclo Otto	15
3. Análise econômica	17
3.1. Preços de combustíveis do ciclo Otto	17
3.2. ICMS nos combustíveis do ciclo Otto.....	20
3.3. Análise Financeira Agregada do Setor Sucrenergético.....	22
4. Capacidade de produção e infraestrutura de etanol	24
4.1. Capacidade produtiva	24
4.2. Tancagem.....	25
4.3. Dutos.....	26
4.4. Portos.....	26
5. Bioeletricidade.....	27
5.1. Exportação e comercialização de energia	27
5.2. Bioeletricidade de outras biomassas	30
6. Biodiesel	31
6.1. Evolução do marco regulatório do biodiesel	31
6.2. Capacidade instalada e produção regional.....	33
6.3. Matéria-prima para o biodiesel	35
6.4. Coprodutos do biodiesel	37
6.5. Metanol.....	37
7. Biogás	38
7.1. Biogás no setor elétrico	39
7.2. Biometano.....	39
7.3. Setor sucroenergético.....	40
7.4. Regulação e políticas públicas	41
8. Mercado internacional de biocombustíveis	43
8.1. Estados Unidos.....	45
8.2. União Europeia.....	46
8.3. Ásia.....	46
9. Novos biocombustíveis	47
9.1. Etanol de Lignocelulose (E2G).....	47
9.2. Óleo Vegetal Hidrotratado (HVO)	48
9.3. Combustíveis Sustentáveis de Aviação	49
9.4. Hidrogênio Renovável.....	50
10. Emissões de gases de efeito estufa	51

11. RenovaBio	52
11.1. Certificações.....	52
11.2. Metas compulsórias de redução de emissões de GEE.....	54
11.3. Estoque e Aposentadoria do CBIO.....	55
11.4. Preço do CBIO.....	56
11.5. Outros pontos relevantes.....	57
12. Vinte anos do veículo flexfuel	58
12.1. Contextualização.....	58
12.2. Veículos flex: a sustentação de uma das matrizes de transportes rodoviários mais limpas do mundo.....	60
12.3. Acomodação das flutuações na oferta e mapa de combustíveis líquidos.....	62
12.4. Considerações finais.....	65
13. Referências	66

■ 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 - Valor captado de financiamentos públicos para o cultivo da cana.....	4
Gráfico 5 - Colheita e Plantio mecanizados x Rendimento da cana.....	5
Gráfico 6 - Histórico anual do processamento de cana.....	6
Gráfico 7 - Produção brasileira de etanol de milho.....	8
Gráfico 8 - Produção brasileira de etanol total (da cana e do milho).....	8
Gráfico 9 – Produção mensal de etanol de cana e de milho.....	9
Gráfico 10 - Evolução mensal do estoque físico de etanol.....	10
Gráfico 11 - Produção e exportação brasileira de açúcar.....	11
Gráfico 12- Exportação brasileira de açúcar e câmbio.....	11
Gráfico 13 - Preços internacionais do açúcar VHP e refinado.....	12
Gráfico 14 - Mix de produção (açúcar x etanol).....	13
Gráfico 15 - Licenciamentos de veículos leves.....	14
Gráfico 16 – Demanda do ciclo Otto – Faixa de variação dos últimos 5 anos versus 2022.....	15
Gráfico 17 - Demanda do ciclo Otto e participação dos diferentes combustíveis.....	16
Gráfico 18 - Demanda anual de etanol hidratado e gasolina C.....	16
Gráfico 19 - Produção, demanda e importação líquida de gasolina A.....	17
Gráfico 20 - Preços de etanol hidratado.....	18
Gráfico 21 - Relação de preços entre o hidratado e a gasolina C (PE/PG).....	19
Gráfico 22 – PE, PG e relação PE/PG mensal em 2021.....	20
Gráfico 23 - Diferenciação Tributária - ICMS (gasolina C x etanol hidratado) 2022 e 2021.....	21
Gráfico 24 - ROE das 20 maiores companhias do setor sucroenergético.....	23
Gráfico 25 - Fluxo de usinas de cana no Brasil.....	24
Gráfico 26 - Evolução da capacidade instalada de produção de etanol no Brasil.....	25
Gráfico 27 - Capacidade brasileira de tancagem de etanol por região em 2022.....	25
Gráfico 28 - Participação da biomassa de cana na geração elétrica.....	27
Gráfico 29 - Autoconsumo e energia exportada pelas usinas de biomassa de cana.....	28
Gráfico 30 - Histórico de energia exportada para o SIN e cana processada.....	29

Gráfico 31 - Geração térmica a biomassa de cana versus PLD	30
Gráfico 32 - Participação das demais biomassas X cana-de-açúcar	31
Gráfico 33 - Preços médios - biodiesel e diesel sem ICMS	33
Gráfico 34 - Capacidade Nominal Autorizada e Consumo de Biodiesel em 2022	34
Gráfico 35 - Produção regional de Biodiesel em 2022	34
Gráfico 36 - Oferta de diesel A e produção de biodiesel.....	35
Gráfico 37 - Participação de matérias-primas para a produção de biodiesel em 2022	35
Gráfico 38 - Mercado de óleo de soja.....	36
Gráfico 39 - Exportação de glicerina e glicerol	37
Gráfico 40 - Importação de metanol para biodiesel.....	38
Gráfico 41 - Exportações e importações brasileiras de etanol – 2010 a 2021	44
Gráfico 42 - Exportações e importações mensais de etanol – 2020 a 2022.....	44
Gráfico 43 - Emissões Evitadas com Biocombustíveis em 2022 – Brasil	52
Gráfico 44 – Certificações de produção de biocombustíveis válidas (acumulado)	53
Gráfico 45 - Certificações por rota de produção e percentual do volume elegível por rota	53
Gráfico 46 - Nota de Eficiência Energético-Ambiental das unidades certificadas	54
Gráfico 47 - Metas compulsórias de redução de emissões de GEE.....	55
Gráfico 48 - Estoque X Aposentadoria de CBIO 2022	55
Gráfico 49 - Quantidades negociadas e preços médios de CBIO.....	56
Gráfico 50 - Licenciamento de novos veículos leves por tipo de combustível, de 1973 a 2022.	59
Gráfico 51 - Evolução da frota de veículos leves no Brasil.	59
Gráfico 52 - Participação energética dos combustíveis ciclo Otto.	60
Gráfico 53 - Emissões evitadas pelo uso de etanol anidro e hidratado.	61
Gráfico 54 - Produção mensal do etanol de cana (1G e 2G) e de milho em 2022	62
Gráfico 55 - Estoque mensal dos produtores do etanol em 2022.....	63
Gráfico 56 - Consumo mensal do etanol hidratado (média 2018-2022).....	63

■ Lista de tabelas

Tabela 1: Complexo Milho	7
Tabela 2 - Preços médios anuais de etanol hidratado, gasolina C e relativo (PE/PG).....	19
Tabela 3– Endividamento Geral das companhias do setor sucroenergético	23
Tabela 4 - Complexo soja	36
Tabela 5 - Volumes originais e revisados da RFS (bilhões de litros)	45
Tabela 6 - Volumes de biocombustíveis da RFS para o período 2023-2025 (bilhões de litros)	46
Tabela 7 – Unidades e projetos de E2G da Raízen	48
Tabela 8 - Rotas tecnológicas aprovadas para a produção de Querosene de Aviação Alternativo	49

■ Lista de figuras

Figura 1 - Alíquota de ICMS do etanol e relação PE/PG por estado	21
Figura 2 - Sistema integrado de logística para o etanol	26
Figura 3 - Evolução do marco legal do biodiesel	32
Figura 4 - Avanços regulatórios e de políticas públicas relacionados ao biogás e biometano.	43

1. Oferta de etanol

No ano de 2022, a produção sucroenergética apresentou uma recuperação em relação ao observado na safra 2021/22, que foi impactada pelo *déficit* hídrico e geadas. O processamento de cana-de-açúcar foi de 595 milhões de toneladas, aumento de 2,4% em relação a 2021. A produção de açúcar cresceu 3,4%, totalizando 36,3 milhões de toneladas. Em relação ao etanol de cana, foram produzidos 26,5 bilhões de litros, que somados à participação do biocombustível oriundo do milho de 4,1 bilhões de litros (crescimento de 26%), alcançou 30,6 bilhões de litros (2,5% superior a 2021). O total de hidratado foi de 18,4 bilhões de litros e de anidro de 12,3 bilhões de litros (MAPA, 2023).

O consumo dos combustíveis do ciclo Otto alcançou o máximo histórico de 55,5 bilhões de litros de gasolina equivalente, em função das mudanças tributárias vigentes a partir do segundo semestre de 2022, em que o PIS/Pasep, Cofins e CIDE foram zerados e o ICMS ficou limitado entre 17% e 18% para a gasolina C. A participação do etanol hidratado foi inferior à observada no ano anterior (BRASIL, 2022c) (EPE, 2023a). A cotação do açúcar no mercado internacional manteve-se em alta. Esses aspectos serão detalhados nas seções a seguir.

Para a safra 2023/24, a perspectiva é de condições climáticas favoráveis, como observado no ciclo anterior (2022/2023), com crescimento das áreas de renovação e expansão e da produtividade. A produção de açúcar deve continuar sendo favorecida pela maior rentabilidade da *commodity* e pelos contratos a serem cumpridos. A produção de etanol a partir do milho mantém a sua tendência de crescimento (CONAB, 2023a) (CONAB, 2023b).

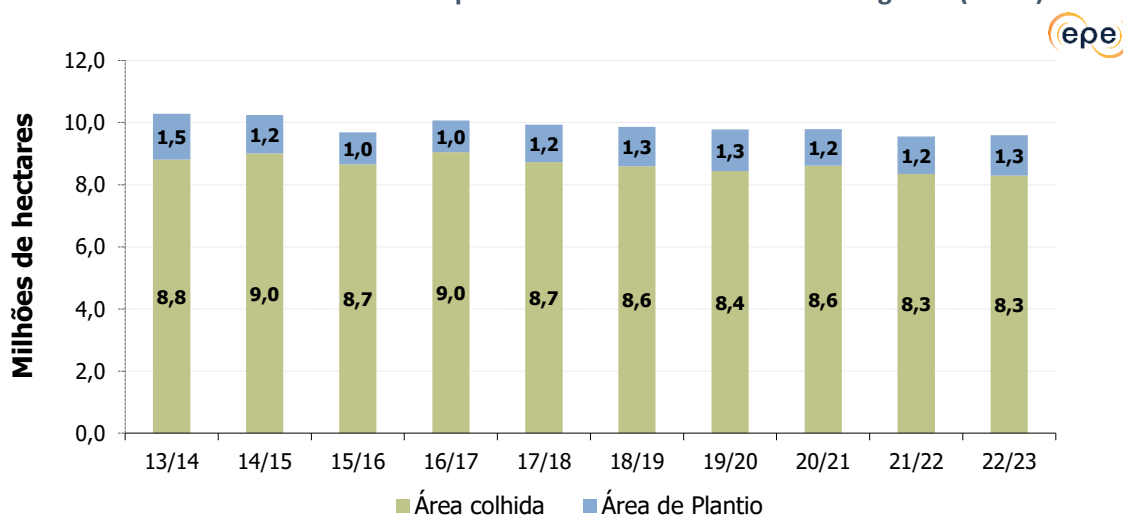
1.1. Área, Produtividade Agrícola e Rendimento da Cana

Área

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, a área total colhida pelo setor sucroenergético, na safra 2022/23, foi de 8,3 milhões de hectares, decréscimo de 0,7%, com relação à anterior (CONAB, 2023a) (CONAB, 2023b). Como indicado no Gráfico 1, desde a safra 2016/17, observa-se uma redução da área de cana, em geral relacionada com a concorrência com culturas anuais, como soja e milho, com boa rentabilidade atualmente.

A área de plantio foi de 1,3 milhão de hectares, 8,3% superior à da safra antecedente, sendo que as regiões Nordeste e Sul apresentaram queda (CONAB, 2023a) (CONAB, 2023b).

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



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2023a) e (CONAB, 2023b).

Para a safra 2023/24, a CONAB estima que a área deverá apresentar um pequeno aumento, totalizando 8,4 milhões de hectares (1,5%), pelo crescimento da expansão dos canaviais (CONAB, 2023b).

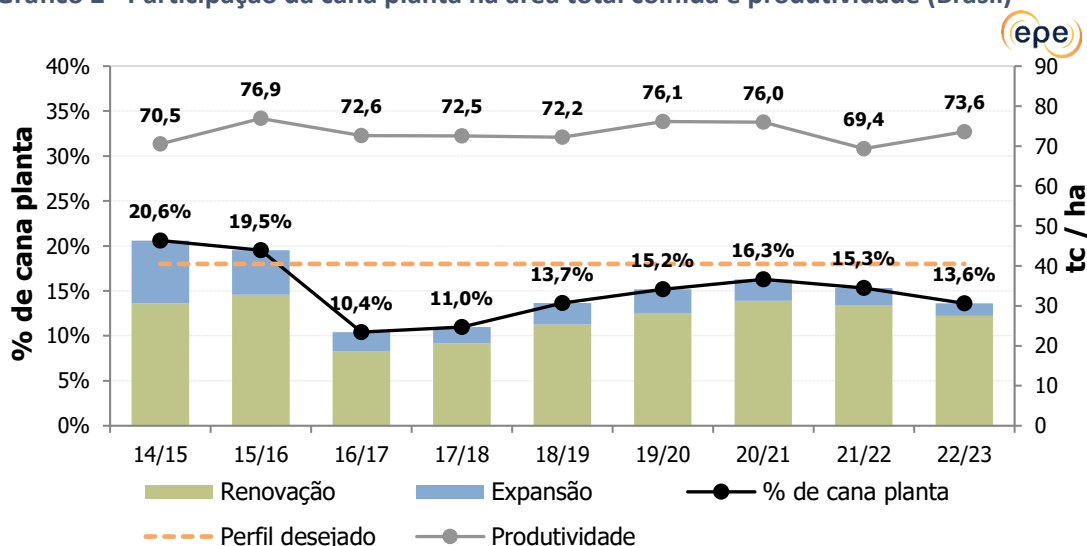
Produtividade Agrícola

A produtividade média do setor sucroenergético brasileiro na safra 2022/23 foi de 73,6 tc/ha, aumento de 6,1% com relação à anterior (69,4 tc/ha). A região Centro-Sul, que representou 91% da produção total, exibiu um crescimento no indicador de 6,1%, pelas melhorias nas condições climáticas e das lavouras. Na região Norte-Nordeste, houve um aumento de 8,4% (CONAB, 2023a) (CONAB, 2023b).

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, 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, 2023a) (CONAB, 2023b).

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



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2023a), (CONAB, 2023b) e (UNICA, 2017).

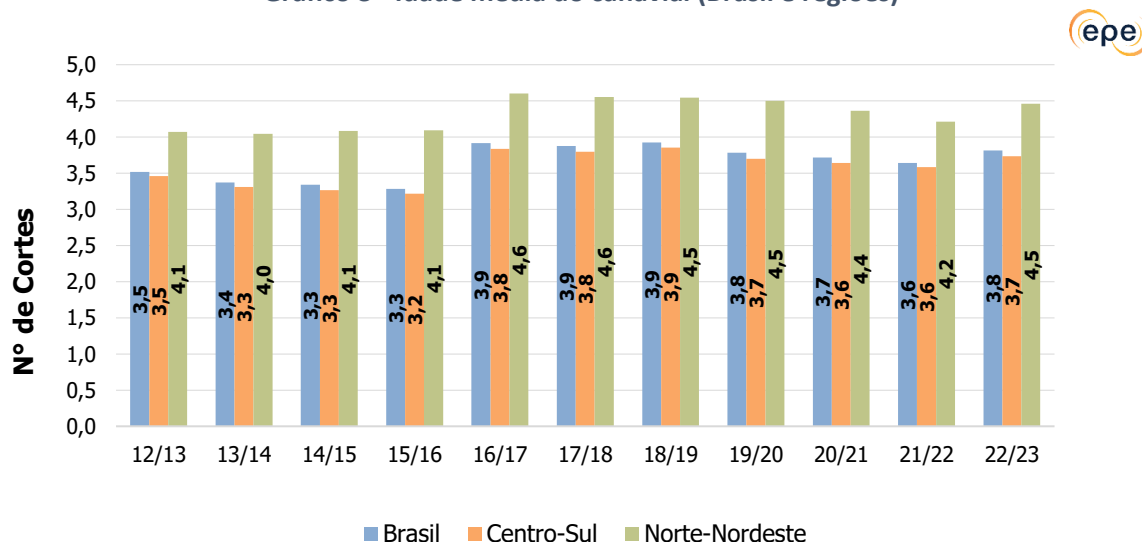
A participação de cana planta na cana total se elevava desde a safra 2017/18, entretanto a partir da safra 2021/22 apresentou queda, e na safra 2022/23 reduziu 11% em relação à anterior. A sua participação no total de cana correspondeu a 13,6%, se distanciando do ideal (18%).

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.

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

Apesar da recuperação da produtividade agrícola, ocorreu um aumento de 4,8% na idade média³ do canavial brasileiro (3,8), como pode ser observado no Gráfico 3, pela postergação do início dessa safra e dos impactos das geadas que ocorreram no ciclo anterior. Note-se que a idade média do canavial no Brasil apresentou uma queda gradual da safra 2012/13 até a 2015/16, quando alcançou 3,3, e saltou para 3,9 cortes no período 2016/2017 a 2018/19. A partir de 2019/20 até a 2021/22 se observou novo comportamento de queda desse valor. 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, 2023a) e (CONAB, 2023b).

Para a safra 2023/24, a produtividade estimada pela CONAB é de 75,7 tc/ha, aumento de 2,9% em relação à anterior (CONAB, 2023b).

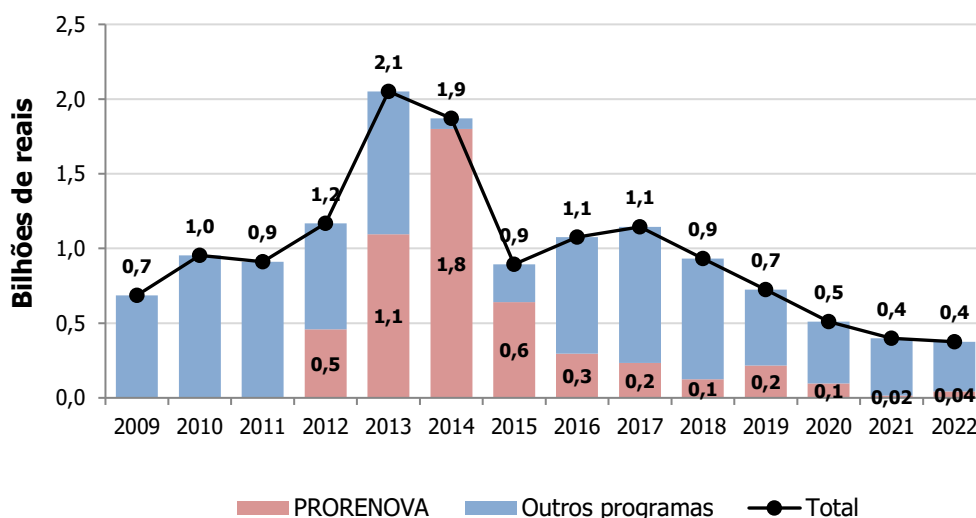
A melhoria na idade média do canavial observada entre 2012 e 2015 converge com a introdução do PRORENOVA (Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais) do BNDES⁴, sendo o financiamento limitado a 80% do valor do projeto. Mantém-se a utilização exclusiva para o plantio de variedades protegidas ou de clones potenciais de cana-de-açúcar (cana planta) (BNDES, 2022a).

O Gráfico 4 apresenta o valor total captado de financiamentos públicos para o cultivo da cana, em bilhões de reais. A partir de 2012, este montante corresponde ao PRORENOVA somado aos valores de outros programas em que haja aquisição de máquinas e implementos agrícolas.

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

⁴ Além do PRORENOVA, há no BNDES outros programas que podem ser utilizados pelo setor sucroenergético: o PAISS (Plano Conjunto de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico); o BNDES Finem; Fundo Clima; e Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono) (BNDES, 2023e).

Gráfico 4 - Valor captado de financiamentos públicos para o cultivo da cana



Fonte: EPE a partir de (BNDES, 2023d).

Conforme mostra o Gráfico 4, em 2022, os desembolsos totais do BNDES na área agrícola para o cultivo da cana foram de 375 milhões de reais, 5,6% inferior ao do ano antecedente, sendo R\$ 42,9 milhões relativos ao PRORENOVA (BNDES, 2023d).

Quanto aos investimentos totais para o segmento sucroenergético, em 2022, estes alcançaram o valor de R\$ 2,4 bilhões, 61,0% superior ao do ano anterior. Note-se que este montante equivale a apenas 32,8% do ápice histórico do investimento no setor, em 2010, com a cifra de R\$ 7,4 bilhões.

Outra linha de financiamento é o BNDES RenovaBio, lançado em 2020 e voltado para melhorias da eficiência energético-ambiental e da certificação da produção de unidades produtoras de biocombustíveis. As empresas que alcançarem as metas de redução de emissão de CO₂ estipuladas pelo programa terão redução na taxa de juros. A dotação orçamentária é de R\$ 2 bilhões, sendo R\$ 800 milhões já aprovados para doze usinas de etanol (BNDES, 2023b).

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, 2019b). Com esse instrumento, as empresas podem captar recursos em mercado de capitais para investir em renovação de canaviais e em suas instalações industriais. Até o final de 2022, 22 empresas tiveram as emissões de títulos autorizadas pelo MME (MME, 2022e).

Rendimento da Cana (ATR⁵/tc)

O rendimento da cana-de-açúcar na safra 2022/23 foi de 138,7 kg ATR/tc, diminuição de 2,0% em relação à anterior (141,6 kg ATR/tc⁶), pelo segundo ano consecutivo em uma tendência de queda. Para a região Centro-Sul, este indicador caiu 2,4% (140,1 kg ATR/tc), enquanto no Norte/Nordeste houve um crescimento de 1,4% (125,0 kg ATR/tc). 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, 2023a) (CONAB, 2023b) (DATAGRO, 2023b).

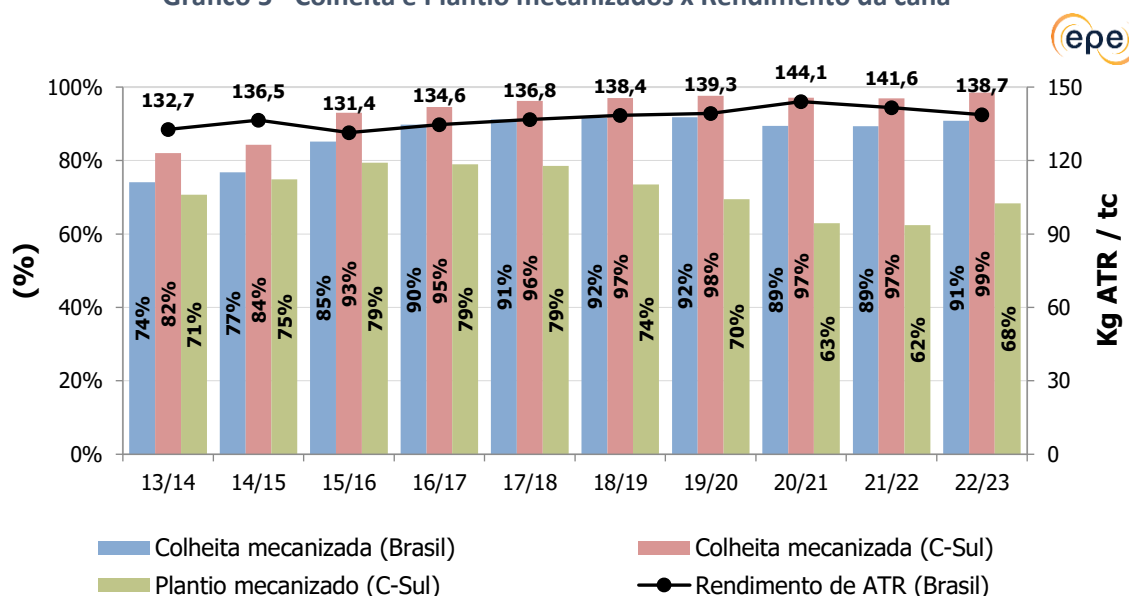
⁵ Açúcares Totais Recuperáveis.

⁶ A partir do 3º Levantamento da Safra de Cana-de-Açúcar 2022/23, a CONAB passou a apresentar o rendimento com base no valor médio indicado pelas unidades produtoras e ponderado pela moagem, colocando que essa mudança se fez necessária, pois a publicação apresenta somente dados de etanol carburante e açúcar, não indicando alguns

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar foi implantada no país, principalmente, para atingir as metas impostas pelas leis e acordos ambientais de redução das queimadas (ALSP, 2002) (IEA-SP, 2014). Entretanto, ocorreu um aumento da quantidade de impurezas minerais e vegetais que é conduzida para dentro da unidade industrial, junto com a cana, degradando a sua qualidade.

Conforme indicado no Gráfico 5, na safra 2022/23, a mecanização da colheita no Brasil manteve-se em um mesmo patamar, observado desde a safra 2020/21. No Centro-Sul, a colheita mecanizada foi de 99%, aumento de 1,6% (CONAB, 2023a) (CONAB, 2023b). A mecanização do plantio exibiu um aumento de 62% para 68%, após um período de queda⁷ e a defasagem nessa região produtora foi de 21% (CTC, 2023). Registra-se, ainda, que a mecanização da colheita na região Nordeste aumentou de 22,3% para 26,0% nessa safra. Na região Norte este indicador atingiu 100% em 2016/17, e permanece nesse valor (CONAB, 2023a) (CONAB, 2023b).

Gráfico 5 - Colheita e Plantio mecanizados x Rendimento da cana



Nota: Os dados de colheita (Brasil e Centro-Sul) foram extraídos da CONAB (CONAB, 2023a) (CONAB, 2023b), enquanto os de mecanização do plantio foram obtidos de usinas associadas ao CTC (CTC, 2023), que representam apenas uma parcela do setor sucroenergético, não incluindo fornecedores.

Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2023a), (CONAB, 2023b), (CTC, 2023), (DATAGRO, 2023b), (UNICA, 2013), (UNICA, 2014) e (UNICA, 2017).

Na safra 2022/23, o teor de impurezas totais foi de 8,9% (aumento de 1,0 p.p.), concomitantemente ao de impurezas vegetais, 7,9% (no período anterior foi 7,1%). As impurezas minerais se mantem no patamar de 1,0%. Como comparativo, o teor de impurezas totais no ano de 2008 foi de 6,7% (CTC, 2023) (UNICA, 2013).

subprodutos, como etanol neutro e melaço (CONAB, 2023a). Dessa forma, nesse momento, pela ausência de um histórico completo desse indicador, a fonte foi alterada para 2022/23. Para fins de comparação, os rendimentos indicados pela CONAB para as safras 2021/22 e 2022/23 foram, respectivamente, de 133,5 kg ATR/tc e 135,3 kg ATR/tc para a safra 2021/22 no 4º Levantamento da Safra de Cana-de-Açúcar 2021/22 foi 141,6 kg ATR/tc, valor 5% superior ao apresentado com essa nova metodologia (CONAB, 2023c).

⁷ Entre as safras de 2018/19 e 2021/22, a mecanização do plantio apresentou uma diminuição, visando recuperar a produtividade e diminuir os custos (devido ao alto consumo de mudas e falhas no plantio com a utilização das máquinas), além do aumento do uso da técnica de meiosi (UDOP, 2019).

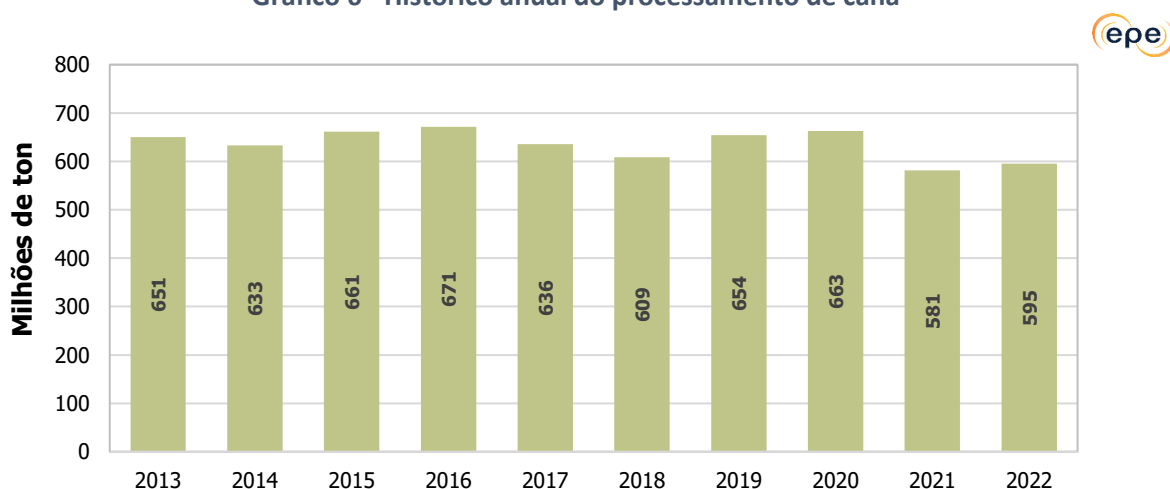
Nesse sentido, o manejo varietal⁸ e o agrônomo, conjugados à equalização da mecanização, mostram-se essenciais para obtenção de melhores produtividades e rendimento. Algumas ações importantes nesse sentido são: a adequação do espaçamento entre as linhas do canavial; o dimensionamento do talhão, de forma a evitar o pisoteio durante as manobras das colhedoras; o agrupamento de variedades e altura das leiras, para realizar o corte o mais próximo ao solo⁹; e o plantio de variedades mais adequadas para cada tipo de solo e colheita.

Estima-se que o rendimento da safra 2023/24 será de cerca de 140,0 kg ATR/tc, crescimento de 0,9% quando comparado ao período anterior (DATAGRO, 2023b).

1.2. Processamento da cana-de-açúcar

O total de cana processada atingiu 595 milhões de toneladas em 2022, 2,4% superior a 2021, conforme o Gráfico 6 (MAPA, 2023), apresentando uma recuperação após um período marcado por condições climáticas adversas nos principais estados produtores.

Gráfico 6 - Histórico anual do processamento de cana



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2023).

Pela ótica de ano safra, a cana processada em 2022/23 (598 Mtc), teve um crescimento de 3,4% em relação ao período 2021/22 (579 Mtc), segundo a Conab (CONAB, 2023b).

1.3. Processamento de milho

A oferta de milho em 2022 (safra 2021/2022¹⁰) foi de 115,8 milhões de toneladas segundo a Conab (2023c), aumento de 30% frente ao ano anterior. O consumo interno foi de 74,5 milhões, incluindo a parcela destinada à produção de etanol de milho, e a exportação líquida do cereal de 44,0 milhões de toneladas, crescimento de 148,3%, vide Tabela 1.

A quantidade de milho processado para a produção de etanol evoluiu de 3,4 milhões de toneladas em 2019 para 9,7 milhões em 2022, crescimento de 185% no período. Neste último ano, este montante representou 8,5% da produção nacional (113,13 milhões de toneladas) (CONAB, 2023a) (ANP, 2023d).

⁸ Para a colheita mecanizada, quanto mais ereta a cana permanecer, menor a quantidade de impurezas vegetais e minerais que serão levadas para a unidade industrial, dada a regulagem da altura de corte das ponteiros na colhedora.

⁹ A cana tem maior teor de sacarose na parte mais próxima ao solo.

¹⁰ Período de plantio em dezembro e janeiro e período de colheita por safra: 1ª, de fevereiro a maio; 2ª, de junho a agosto; 3ª, de setembro a novembro.

Estima-se que os coprodutos obtidos na produção de etanol do milho, DDGS (*Dried Distilled Grains with Solubles*) e óleo, tenham totalizado, respectivamente, 2,9 milhões de toneladas e 174 milhões de litros. O DDGS é utilizado para complemento de rações animais e o óleo, para consumo humano e uso industrial, inclusive para a produção de biodiesel.

Tabela 1: Complexo Milho

Milho em (milhões t)	2021	2022	Δ %
Oferta de milho	90,18	115,75	28,3%
Produção de milho	87,09	113,13	29,9%
1ª safra	24,73	25,03	1,2%
2ª safra	60,74	85,89	41,4%
3ª safra	1,63	2,21	35,8%
Importação de milho	3,09	2,62	-15,2%
Exportação de milho	20,82	46,63	124,0%
Exportação Líquida	17,73	44,01	148,3%
Parcela exportada da produção de milho	23,9%	41,2%	72,5%
Consumo	71,17	74,53	4,7%
Relação Consumo / Oferta	78,9%	64,4%	-18,4%
Processamento de milho para etanol *	7,61	9,66	27,1%
Relação milho para etanol e produção total (%)	8,7%	8,5%	-2,2%
Produção de etanol de milho (milhões m³) *	3,28	4,14	26,1%
Rendimento estimado (m ³ etanol / t de milho)	0,4317	0,4285	-0,8%
Produção de DDGS nas usinas	2,28	2,90	27,1%
Produção de óleo de milho nas usinas (mil m ³)	136,89	173,97	27,1%

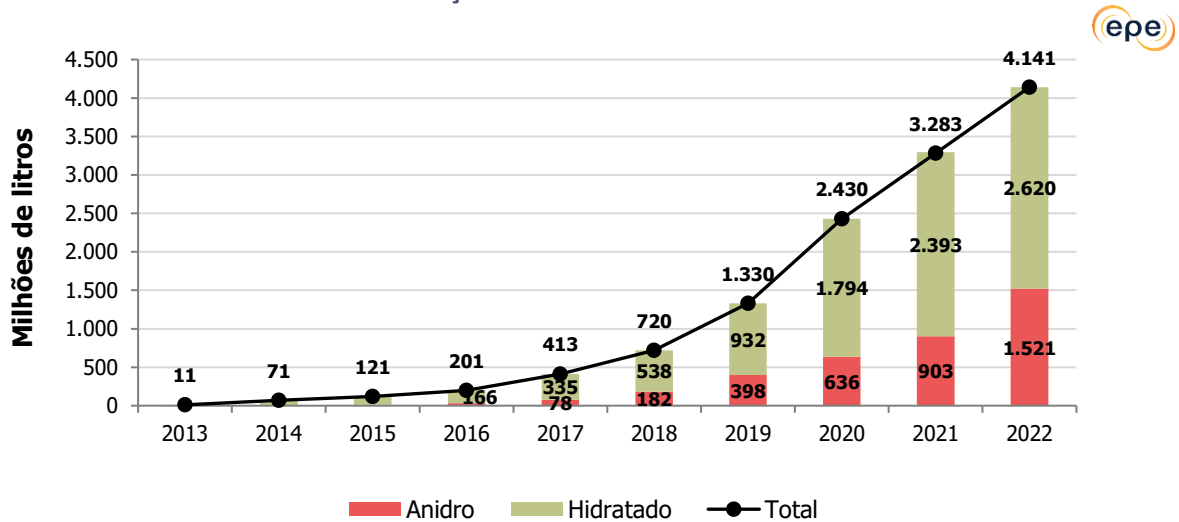
* Valores anuais realizados

Fonte: (ANP, 2023d), (CONAB, 2023a) e (EMBRAPA, 2022).

1.4. Produção de etanol total

O etanol proveniente do milho continua apresentando um crescimento considerável, com uma produção que atingiu 4,1 bilhões de litros em 2022, 26% superior a 2021, conforme Gráfico 7. A maioria das usinas concentra-se nos estados de Mato Grosso e Goiás.

Gráfico 7 - Produção brasileira de etanol de milho

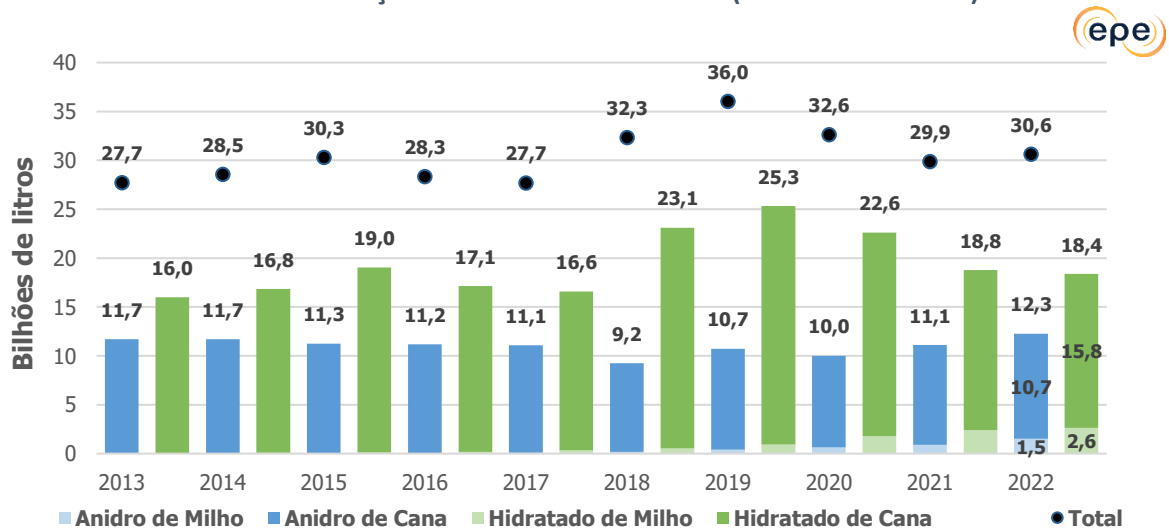


Fonte: EPE a partir de (UNICA, 2023).

Sob a ótica de ano safra da cana, o valor registrado em 2022/23 foi de 4,0 bilhões de litros, sendo que as estimativas para a próxima safra indicam que a produção de etanol a partir do cereal será de 5,6 bilhões de litros, um crescimento de 42%, reafirmando seu potencial dentro do portfólio de opções para o setor de biocombustíveis e para a matriz energética brasileira (CONAB, 2023b).

Em 2022, a produção do etanol a partir da cana-de-açúcar foi de 26,5 bilhões de litros, que somada à participação do biocombustível oriundo do milho totaliza 30,6 bilhões de litros de etanol, divididos em 18,4 bilhões de hidratado (crescimento de 2,1%) e 12,3 bilhões de anidro (aumento de 10,3%). Assim, o volume total de etanol produzido foi 2,5% superior a 2021, conforme ilustra o Gráfico 8 (MAPA, 2023).

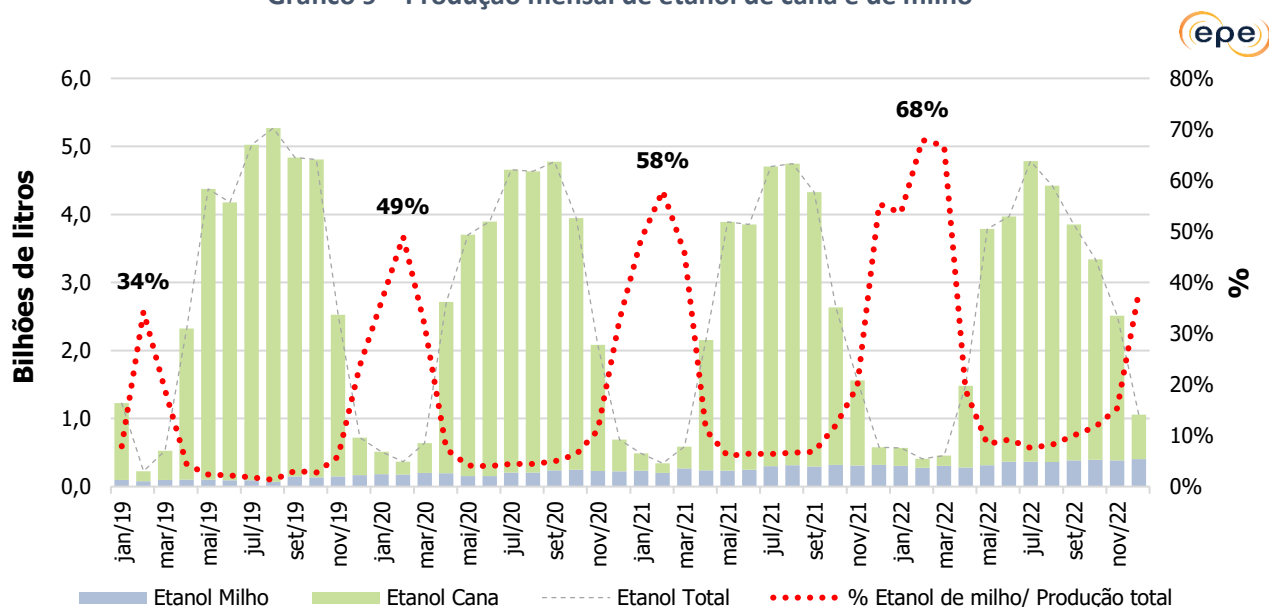
Gráfico 8 - Produção brasileira de etanol total (da cana e do milho)



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2023).

A partir do Gráfico 9 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 2022, sua participação passou de 34% da produção total para 68%.

Gráfico 9 – Produção mensal de etanol de cana e de milho



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2023) e (UNICA, 2023).

De forma geral, as usinas de cana aumentaram a 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.

A produção de etanol para outros usos totalizou 1,3 bilhão de litros, 7,4% inferior a 2021 (EPE, 2023a). O etanol hidratado corresponde à maior parte produzida e sua principal aplicação é como antisséptico.

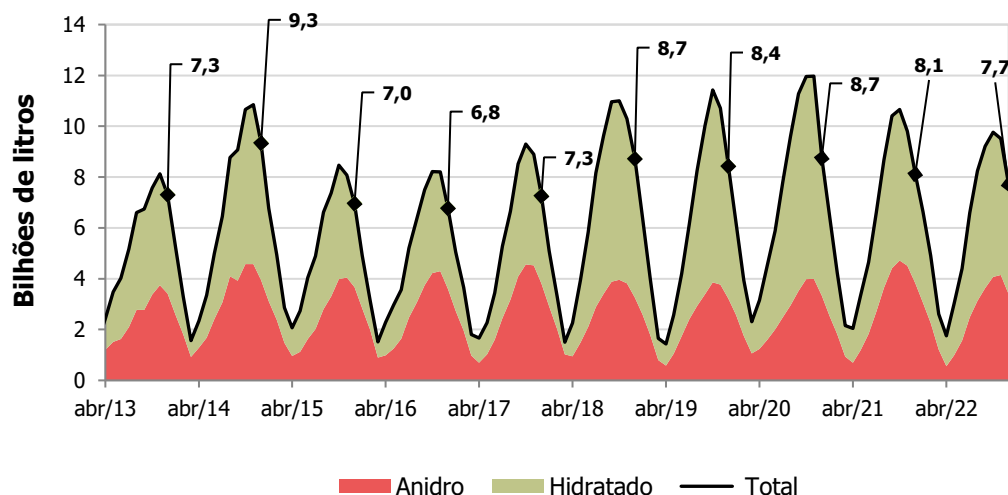
Estoque de etanol

O Gráfico 10 apresenta o histórico da variação de estoque físico¹¹ mensal de etanol declarado ao MAPA. Pode-se observar que o estoque de passagem¹², em 31 de dezembro de 2022, foi de 7,7 bilhões de litros de etanol (5,1% inferior). Destes, 3,4 bilhões foram de etanol anidro, o que correspondeu a uma redução de 11,4% em relação a dezembro de 2021. Por outro lado, o etanol hidratado apresentou um crescimento de apenas 0,6% nos estoques. Em 2022, o volume total de etanol carburante (hidratado e anidro) consumido foi 1,9% superior ao observado em 2021, verificando-se um aumento do anidro, devido à elevada demanda de gasolina C, o que será analisado no Item 2.2 deste estudo (MAPA, 2023).

¹¹ Estoque Físico corresponde ao volume real armazenado nos tanques da unidade produtora, inclusive o volume já vendido e não retirado.

¹² Estoque de Passagem corresponde ao armazenado nos tanques da unidade produtora no fim do ano civil.

Gráfico 10 - Evolução mensal do estoque físico de etanol



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2023).

As regras vigentes relativas ao estoque obrigatório de etanol anidro são estabelecidas pela Resolução ANP nº 719, de 22 de fevereiro de 2018 (ANP, 2018). 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 2023 nas usinas foi de 991 milhões de litros (MAPA, 2023), volume que atende ao estipulado pela ANP.

Regulamentação do mercado

Em outubro de 2021, a Resolução ANP nº 855/2021¹³ regulamentou as regras de comercialização do etanol hidratado carburante, autorizando produtores¹⁴, empresas comercializadoras e importadores a venderem diretamente aos postos de combustíveis (revendedores); transportador-revendedor-retalhista (TRR); e mercado externo, desobrigando-os a comercializar somente por intermédio das distribuidoras (ANP, 2021b).

Em novembro do mesmo ano, a Resolução ANP nº 858/2021 alterou as regras de comercialização do revendedor varejista e do TRR, permitindo a venda de etanol hidratado e gasolina C fora dos postos de combustível (*delivery* de combustível), estando limitada ao município em que se localiza o revendedor (ANP, 2021d). Também se fez necessário alterar o normativo para geração de lastro na emissão de CBIO, incorporando as operações de venda direta (Resolução ANP nº 863/2021) (ANP, 2021e).

Em janeiro de 2022, foi promulgada a Lei nº 14.292/2022, que autoriza a venda direta de etanol, nos moldes detalhados anteriormente. Também equaliza as alíquotas do PIS/PASEP e da COFINS, de forma que as contribuições incidentes na cadeia do etanol sejam as mesmas pela venda direta ou pelo intermédio do distribuidor (BRASIL, 2022d). Desde novembro de 2021 até o final de 2022, foram comercializados 160 milhões de litros nessa modalidade.

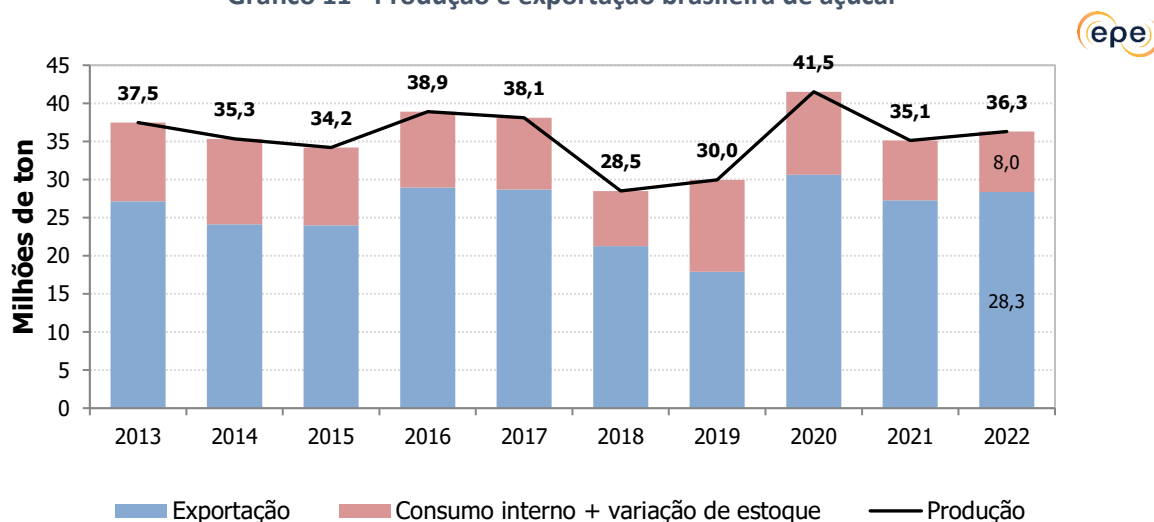
¹³ Conforme estabelecido nas Medidas Provisórias nº 1.063/2021, nº 1.069/2021 e nº 1.100/2022 (BRASIL, 2021c) (BRASIL, 2021d) (BRASIL, 2022e).

¹⁴ O texto equipara as cooperativas de produção de etanol aos agentes produtores de combustível.

1.5. Produção de açúcar

Em 2022, em decorrência das condições da safra e de mercado, a produção brasileira de açúcar foi de 36,3 milhões de toneladas (3,4% superior a 2021), como pode ser observado no Gráfico 11. As exportações foram de 28,3 milhões de toneladas (crescimento de 4,0%), enquanto a componente “consumo interno + variação de estoques” apresentou um aumento de 116 mil (MAPA, 2023).

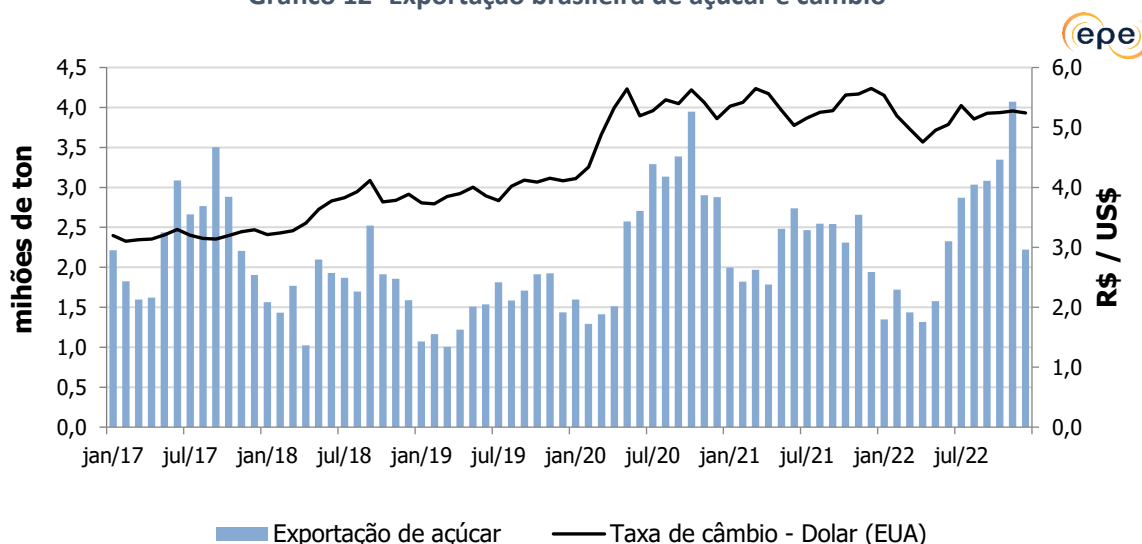
Gráfico 11 - Produção e exportação brasileira de açúcar



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2023).

O Gráfico 12 mostra o comportamento das exportações mensais brasileiras de açúcar, cujo valor máximo de 4,1 milhões de toneladas foi observado em novembro de 2022. A manutenção dos preços elevados no mercado internacional, da desvalorização do real frente ao dólar e da menor competitividade do etanol hidratado frente à gasolina C mantiveram o nível das exportações do adoçante.

Gráfico 12- Exportação brasileira de açúcar e câmbio

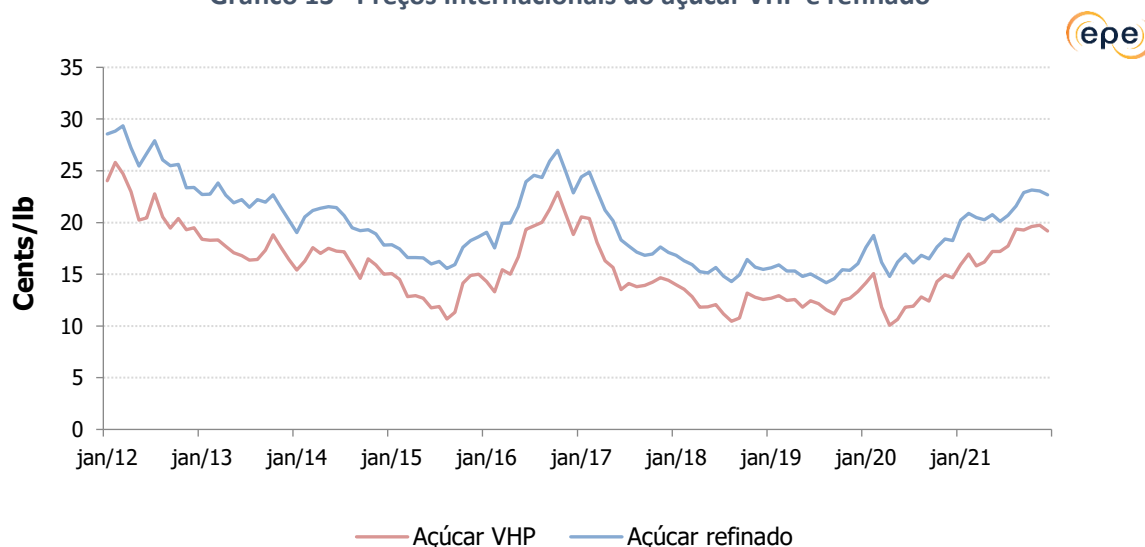


Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2023), (BC, 2023) e (ME, 2023).

No que concerne aos preços médios do açúcar VHP (NYCSCE/ICE) e refinado (LIFFE), houve um crescimento, respectivamente de 5,4% e 12,9%, em relação ao ano de 2021, como observado no Gráfico 13. Entre janeiro e dezembro de 2022, as cotações do VHP e refinado aumentaram 8,5% e

10,2%, respectivamente. Tal comportamento é consequência da manutenção dos estoques mundiais em níveis baixos (USDA, 2022c).

Gráfico 13 - Preços internacionais do açúcar VHP e refinado



Nota: Açúcar VHP: Bolsa de Nova Iorque (NYCSCE/ICE) – Contrato 11; Açúcar Refinado: e Bolsa de Londres (LIFFE/ICE) – Contrato 5.

Fonte: EPE a partir de (USDA, 2022c).

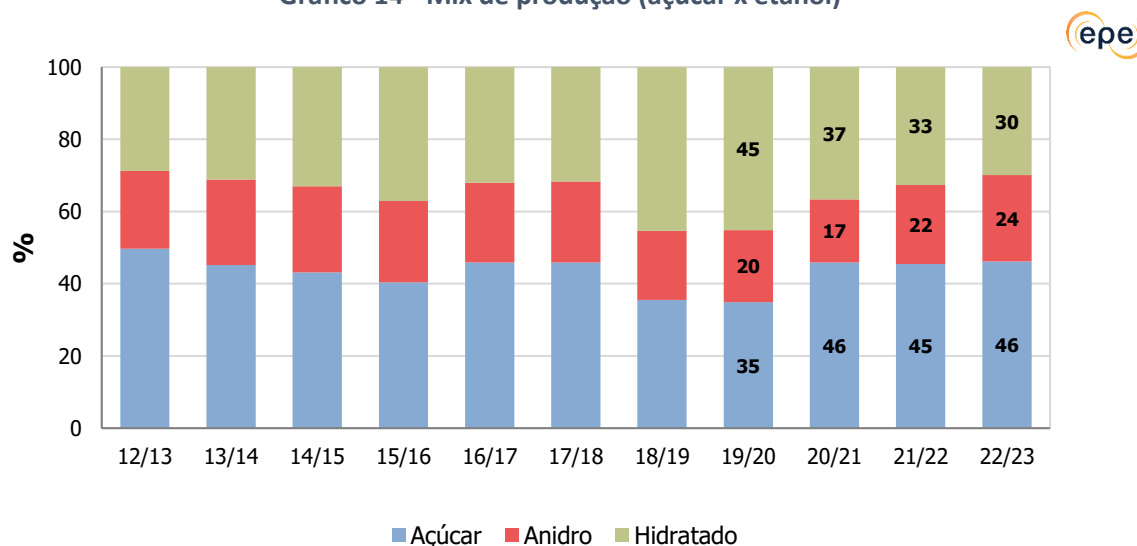
A safra mundial 2021/22 apresentou um balanço (oferta/demanda) positivo, na ordem de 1,6 milhão de toneladas de açúcar, com a relação estoque/consumo em 42,4%. Para a safra 2022/23, a expectativa é de um déficit de 1,1 milhão de toneladas e uma relação em torno de 40%. As perspectivas para a próxima safra (2023/24) são de que esse balanço negativo se mantenha, em função das condições climáticas e de plantio em importantes produtores, como Tailândia, Índia e União Europeia, mesmo com uma previsão de um *mix* mais açucareiro no Brasil (DATAGRO, 2023a) (DATAGRO, 2023b).

Diversos fatores podem influenciar o mercado mundial de açúcar, como os estoques globais, o mercado de petróleo e a taxa de câmbio. Outros fatores também podem contribuir. Por exemplo, a Organização Mundial da Saúde recomendou, em 2015, que o consumo de açúcar livre seja inferior a 10% do consumo diário de energia, de forma a reduzir o sobrepeso e a obesidade (WHO, 2015). Alguns países, como México, Chile, Equador, Peru, França, Noruega, Irlanda e Reino Unido possuem iniciativas nesse sentido, o que poderá reduzir a demanda por este produto. Desde 2018, o Ministério da Saúde tem um acordo com associações de setor de alimentos para reduzir 144 mil toneladas de açúcar em bolos, misturas para bolos, produtos lácteos, achocolatados, bebidas açucaradas e biscoitos recheados (MS, 2018).

1.6. Mix de produção

Em 2022, o percentual de ATR¹⁵ destinado à produção do etanol foi de 54%, 1,3p.p. inferior ao observado em 2021, conforme mostra o Gráfico 14. Com a manutenção da atratividade do açúcar no mercado internacional, a destinação para a sua produção passou a 46%. Note-se que as usinas brasileiras têm destinado a maior parte do ATR para o etanol em todo o período analisado.

Gráfico 14 - Mix de produção (açúcar x etanol)



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2023a) (CONAB, 2023b) (DATAGRO, 2023b).

Na safra 2022/23, a remuneração do ATR no estado de São Paulo foi de R\$ 1,213/kg ATR (CONSECANA, 2022), valor 39% superior ao observado na safra 2021/22.

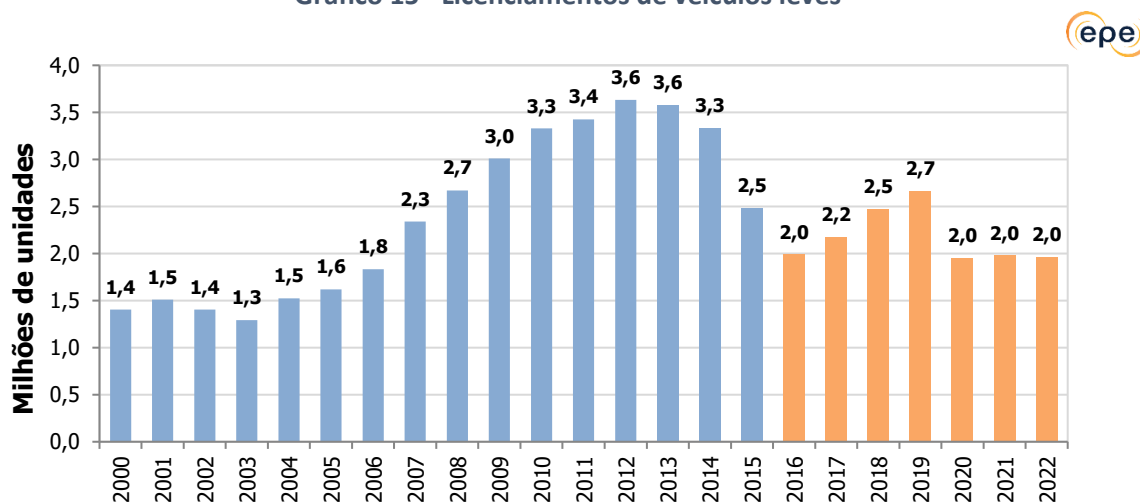
¹⁵ Para a safra 2022/23, o mix de produção foi calculado, pois esse dado não está mais disponível no levantamento da Cana da CONAB.

2. Demanda do ciclo Otto

2.1. Licenciamento e frota de veículos leves

Em 2022, foram licenciados cerca de 2 milhões de veículos leves novos no Brasil, similar ao ano anterior (ANFAVEA, 2023), mantendo o patamar de vendas pelo terceiro ano consecutivo, conforme mostra o Gráfico 15.

Gráfico 15 - Licenciamentos de veículos leves



Fonte: EPE a partir de (ANFAVEA, 2023).

Do total de licenciamentos de veículos leves, na segmentação por porte, 80,4% foram automóveis e 19,6% comerciais leves. Na separação por combustível, a categoria *flex fuel* apresentou a maior participação no licenciamento total, com 83,3%, seguida pelos veículos movidos a diesel com 11,7%. Os veículos a gasolina e os híbridos + elétricos representaram 2,5% cada. Apesar da reduzida participação, o total de híbridos e elétricos licenciados em 2022 (49.247 unidades) foi 40,7% superior ao registrado no ano de 2021 (34.990 unidades), inclusive ultrapassando por uma pequena margem os dedicados à gasolina (48.819 unidades). Em relação à motorização, foram licenciados majoritariamente automóveis com motores até 1.0, (54,5%), ultrapassando os motores entre 1.0 e 2.0 (43,7%) (ANFAVEA, 2023).

A comercialização de veículos usados¹⁶ registrada em 2022 foi 12,0% inferior em relação a 2021, alcançando 13,3 milhões de unidades, e representou 87,2% das vendas totais de veículos (novos + usados). Houve queda de 7,0% nas vendas de usados seminovos (0 a 3 anos), de 2021 para 2022, as quais atingiram 2,1 milhões de unidades. Neste mesmo sentido, ocorreu redução de 12,9% nas vendas de usados mais antigos¹⁷, chegando a 11,2 milhões de unidades (FENAUTO, 2023).

Quanto às motocicletas, em 2022 foram licenciadas 1,3 milhão de novas unidades, 18% a mais do que no ano anterior, conforme dados da ABRACICLO (ABRACICLO, 2023).

Como resultado do licenciamento observado nos últimos anos, estima-se que a frota brasileira de veículos leves ciclo Otto tenha totalizado 37,0 milhões de unidades, com a tecnologia *flex fuel* representando 82,7% do total.

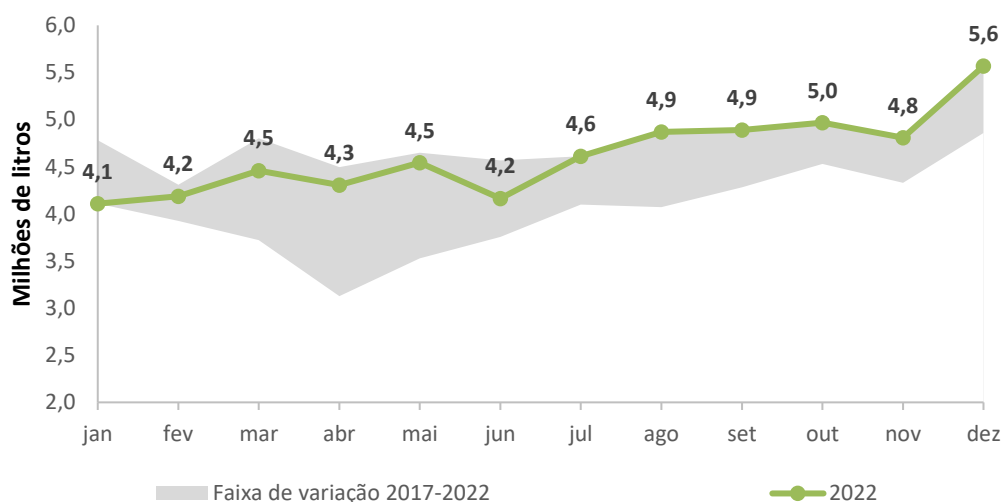
¹⁶ Inclui motos e comerciais pesados usados.

¹⁷ Veículos usados com idades superiores a 3 anos. Inclui motos e comerciais pesados.

2.2. Demanda de combustíveis da frota ciclo Otto

A demanda total de energia dos veículos leves do ciclo Otto, em 2022, foi de 55,5 bilhões de litros de gasolina equivalente, um aumento de 6,6% sobre o ano anterior. O retorno mais acentuado das atividades econômicas, decorrente do êxito da campanha de vacinação contra a Covid-19, refletiu em incremento da circulação da população. Adicionalmente, pode-se destacar como um dos principais fatores que influenciaram o aumento da demanda do ciclo Otto a desoneração de tributos federais. A Medida Provisória 1.118/2022 (BRASIL, 2022e), posteriormente convertida na Lei Complementar nº 194 (2022), isentou de PIS/Pasep e Cofins os combustíveis: gasolina, etanol, gás natural veicular, querosene de aviação, óleo diesel e biodiesel a partir do segundo semestre 2022 até dezembro de 2022. Tal alteração impactou diretamente no preço final dos combustíveis e seu reflexo no consumo pode ser observado no gráfico abaixo. Maiores detalhes sobre os impactos no preço final dos combustíveis encontram-se no item 3 deste documento.

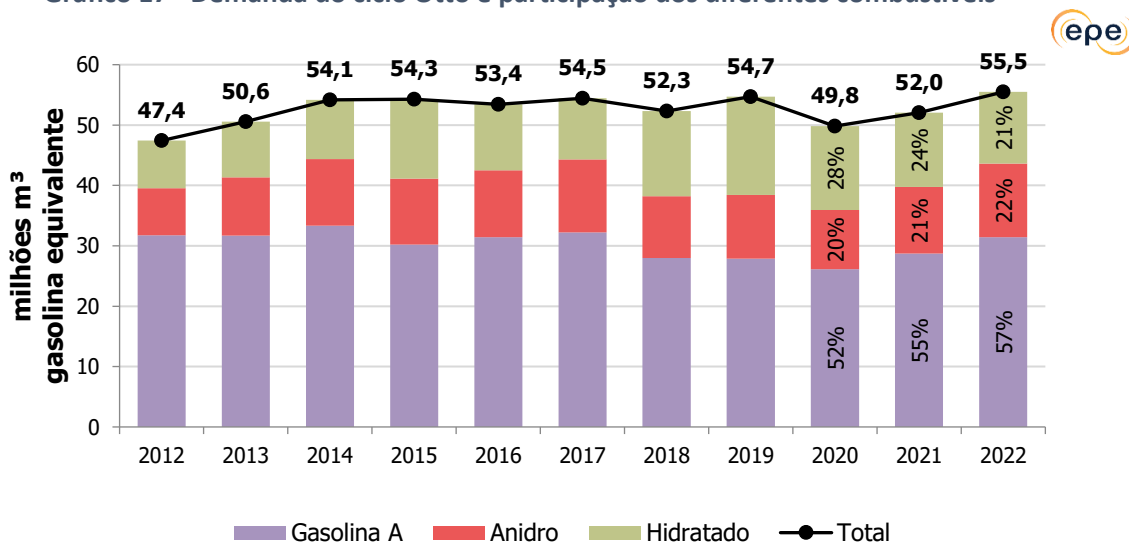
Gráfico 16 – Demanda do ciclo Otto – Faixa de variação dos últimos 5 anos versus 2022



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2023d).

Na distribuição energética por combustíveis, a gasolina A subiu de 55,2% para 56,6%, o etanol anidro se alterou de 21,2% para 22,0% e o hidratado caiu de 23,6% para 21,4%. Com isso, o etanol total combustível reduziu sua participação, de 44,8% em 2021 para 43,4% em 2022, impactando na renovabilidade da matriz de ciclo Otto (EPE, 2023a), conforme mostra o Gráfico 17. Esses movimentos, resultados do aumento da relação PE/PG, justificaram-se por diversos fatores conjunturais como: desoneração tributária sobre os combustíveis, maior atratividade do açúcar no mercado internacional e variação do preço do Brent, dentre outros. Os motivos para esse comportamento serão aprofundados na próxima seção deste documento.

Gráfico 17 - Demanda do ciclo Otto e participação dos diferentes combustíveis

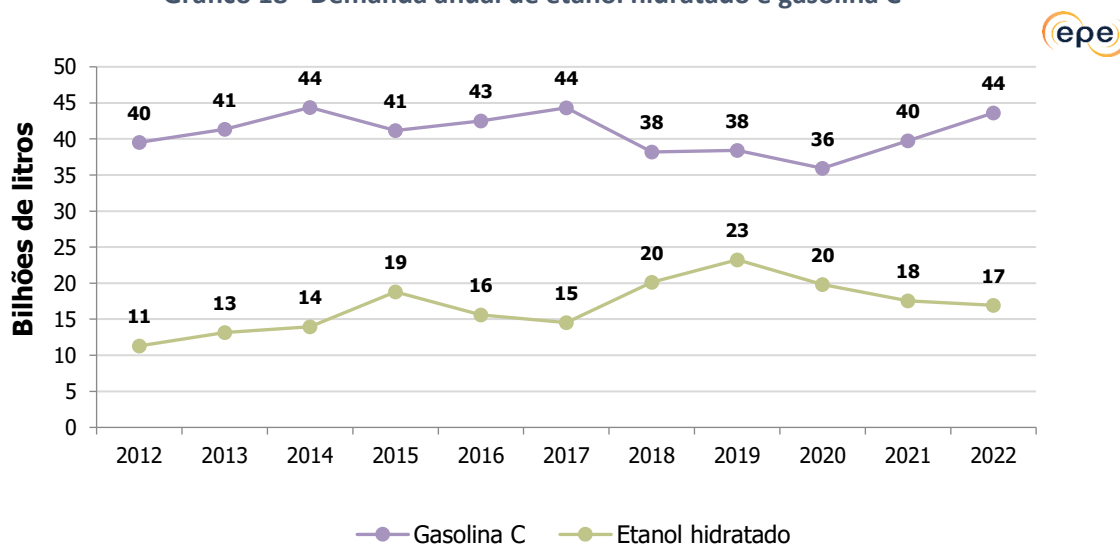


Nota: Os dados de demanda excluem a parcela relativa ao GNV.

Fonte: EPE a partir de (EPE, 2023a).

A demanda do etanol hidratado em 2022 totalizou 16,9 bilhões de litros, representando uma queda de 3,5% em relação ao ano anterior e o consumo de gasolina C perfaz 43,6 bilhões de litros, 9,8% superior ao observado em 2021 (EPE, 2023a), como ilustra o Gráfico 18.

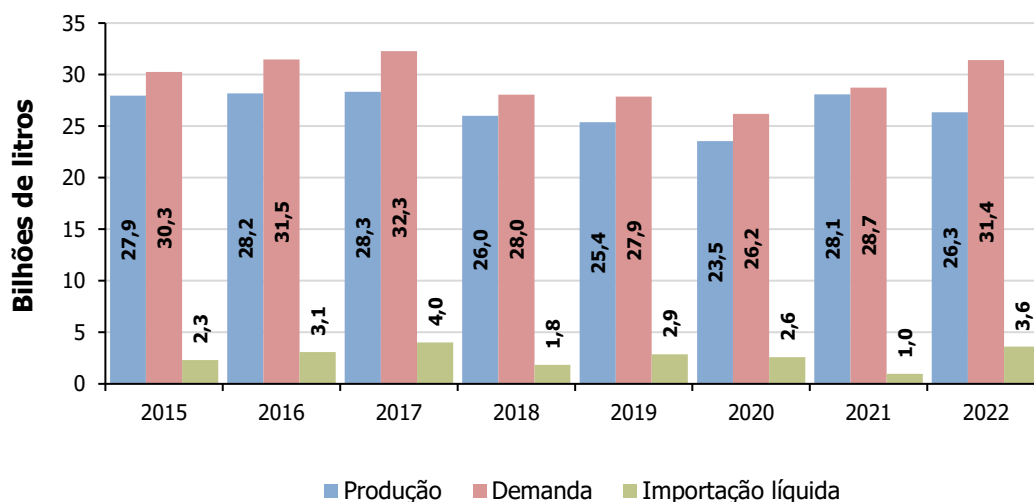
Gráfico 18 - Demanda anual de etanol hidratado e gasolina C



Fonte: EPE a partir de (EPE, 2023a).

O Gráfico 19 apresenta a evolução da demanda, produção e importação líquida de gasolina A, para o período 2015-2022.

Gráfico 19 - Produção, demanda e importação líquida de gasolina A



Fonte: EPE a partir de (EPE, 2023a).

Em 2022, enquanto os volumes da demanda nacional de gasolina A aumentaram em 9,3% em relação ao ano anterior, registrando 31,4 bilhões de litros, a sua produção apresentou uma retração de 6,3%, atingindo 26,3 bilhões de litros. O saldo comercial de gasolina A foi de 3,6 bilhões de litros de importação líquida, um aumento de 275% em relação ao valor do ano anterior (EPE, 2023a). A carga de petróleo processada nas refinarias cresceu 2,5% em relação aos valores de 2021 (ANP, 2023a). Enquanto a demanda do diesel fóssil aumentou 3,3%, sua produção pelo parque de refino nacional cresceu 6,2% (mais detalhes no item 6).

3. Análise econômica

3.1. Preços de combustíveis do ciclo Otto

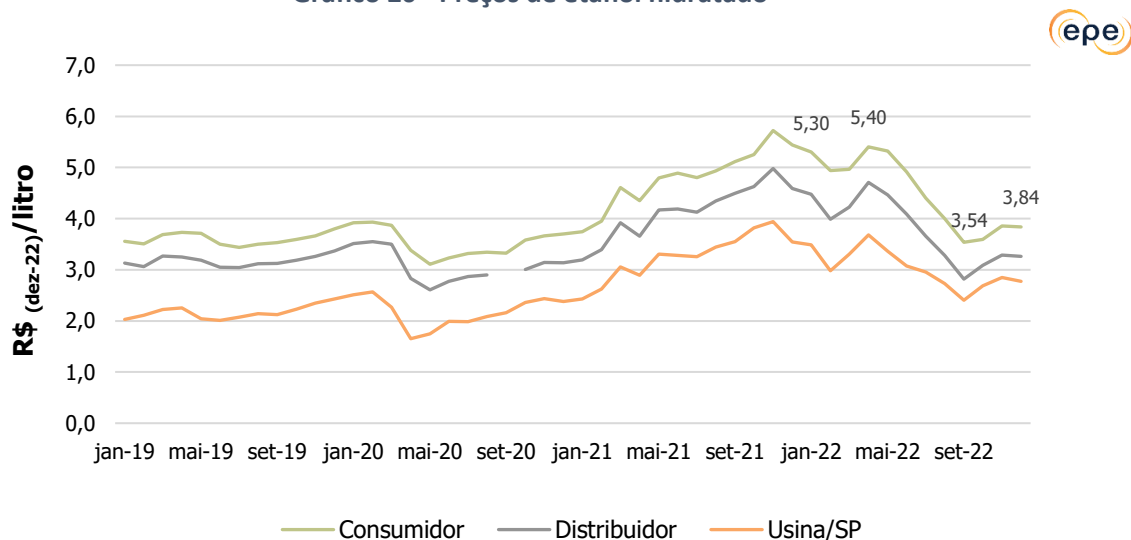
Em 2022, observou-se parcialmente a retomada da atividade econômica, após o sucesso das campanhas de vacinação contra a Covid-19, e a recuperação dos deslocamentos, o que impactou na demanda do setor de transporte, como indicado no item 2.2. A partir do segundo semestre de 2022, foram efetuadas mudanças tributárias que zeraram o PIS/Pasep, Cofins e CIDE e limitaram o ICMS para a gasolina entre 17% e 18% em 21 estados da federação (FECOMBUSTÍVEIS, 2022). Em decorrência, os preços médios dos combustíveis apresentaram queda, sendo que para a gasolina C, foi de 13,3% (ANP, 2023c). O preço do etanol hidratado apresentou um decréscimo de 12,2%, em valores constantes de dezembro de 2022, como será detalhado adiante.

Conforme descrito no Item 1, ocorreu a recuperação da produção das usinas sucroenergéticas e manutenção do crescimento para o etanol de milho. O açúcar vem mantendo sua atratividade no mercado internacional, o que, juntamente com a redução do preço do etanol no mercado interno, acarretou um aumento em sua participação no mix de produção. Em relação à gasolina, o preço na refinaria passou por diversos reajustes, em função da manutenção da política de paridade de preços internacionais da Petrobras, associados à variação dos preços internacionais dos derivados, também influenciada pelo conflito na Ucrânia, e à flutuação cambial.

Dessa forma, para uma demanda de combustíveis¹⁸ do ciclo Otto 6,6% superior à observada no ano anterior, o consumo de etanol hidratado apresentou uma redução de 3,5%, enquanto o consumo da gasolina C aumentou 9,8% (EPE, 2023a).

O Gráfico 20 apresenta um comparativo dos preços médios de etanol hidratado para o consumidor (Brasil), no distribuidor (Brasil) e nas usinas (São Paulo).

Gráfico 20 - Preços de etanol hidratado



Nota: Preços deflacionados pelo IPCA, em valores constantes de dezembro de 2022.

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2023c) e (CEPEA/ESALQ, 2023).

Em 2022, a diferença entre os preços máximo e mínimo do etanol hidratado ao consumidor (registros de abril e setembro, respectivamente) foi de R\$ 1,87/litro. Esta diferença foi menor do que a observada em 2021 (R\$1,98/litro), porém expressivamente maior do que aquela observada em 2020 (R\$ 0,83/litro) (em valores constantes de dezembro de 2022).

O preço do etanol apresentou um comportamento diferente de anos anteriores, exibindo uma queda no início do ano, elevando-se após o início do conflito na Ucrânia e caindo fortemente após a desoneração tributária. Realizando-se a comparação mês a mês entre 2022 e 2021, a diferença máxima de margem de revenda ocorreu em fevereiro, chegando a R\$ 0,95 por litro (12% superior a 2021). Destaca-se que a margem média anual na revenda de etanol hidratado em 2022¹⁹, de R\$ 0,73/litro, ficou 10,4% acima da média observada em 2021 (R\$ 0,66/litro). Por outro lado, as margens na distribuição atingiram R\$ 0,75/litro, redução de 14% em relação a 2021.

Os preços médios anuais do etanol hidratado e da gasolina C, para o consumidor, são mostrados na Tabela 2, bem como o preço médio relativo (PE/PG) e suas respectivas variações.

¹⁸ O PIS/COFINS incidente sobre a importação e a comercialização do etanol é de R\$ 241,81/m³ e, para a gasolina, de R\$ 792,5/m³ desde julho de 2017 (BRASIL, 2017a) (BRASIL, 2017b).

Conforme é praxe, 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.

¹⁹ idem.

Tabela 2 - Preços médios anuais de etanol hidratado, gasolina C e relativo (PE/PG)

Ano	Hidratado (R\$dez22/l)	Var. (% a.a.)	Gasolina C (R\$dez21/l)	Var. (% a.a.)	PE/PG	Var. (% a.a.)
2013	3,39	-4,3	4,97	-1,7	0,68	-2,6
2014	3,35	-1,1	4,88	-1,9	0,69	0,8
2015	3,36	0,1	5,03	3,2	0,67	-2,8
2016	3,62	8,0	5,10	1,3	0,71	6,3
2017	3,55	-2,0	5,02	-1,4	0,71	-0,4
2018	3,73	5,0	5,66	12,7	0,66	-6,7
2019	3,61	-3,3	5,43	6,12	0,66	0,6
2020	3,24	-10,3	4,71	-13,2	0,69	4,2
2021	5,13	58,4	7,06	49,8	0,71	1,9
2022	4,50	-12,2	6,12	-13,3	0,735	4,2

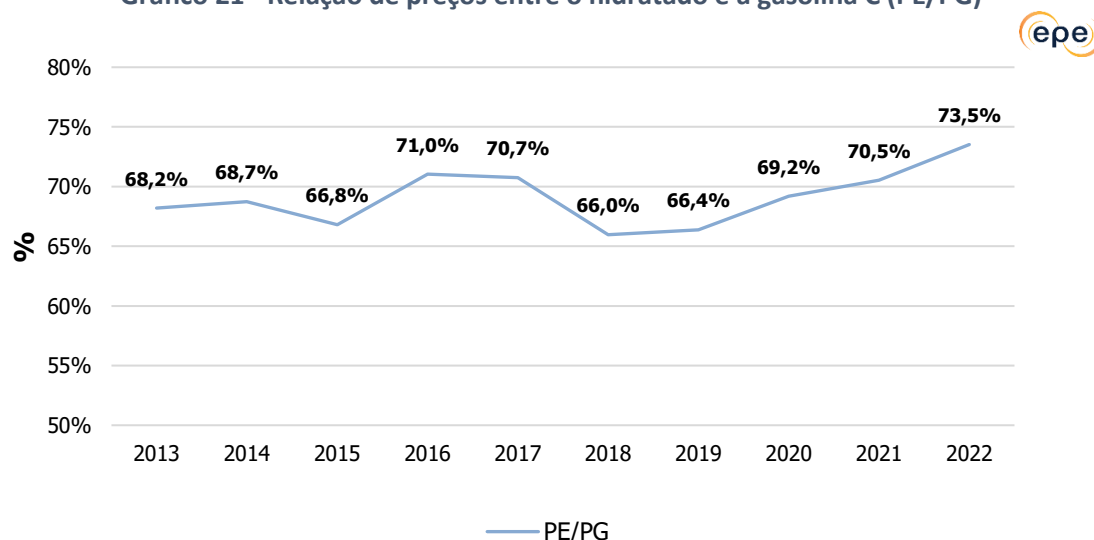
Nota: Os preços foram deflacionados pelo IPCA, em relação a dezembro de 2022.

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2023c) e (BC, 2023).

Ao longo dos meses de 2022, o preço do etanol hidratado acompanhou o comportamento observado para o preço da gasolina C, analogamente a anos anteriores. O seu valor médio na bomba foi de R\$ 4,50/litro, um decréscimo de 12,2% comparado com 2021, enquanto a gasolina C reduziu 13,3%, atingindo R\$ 6,12/litro. O preço do biocombustível decresceu em menor intensidade que o da gasolina C, resultando na elevação do preço relativo médio (PE/PG) de 2022, que alcançou 0,735, acima do valor limite (0,70), menos favorável para o consumo do etanol hidratado.

O Gráfico 21 ilustra a variação do preço médio anual relativo (PE/PG) desde 2013.

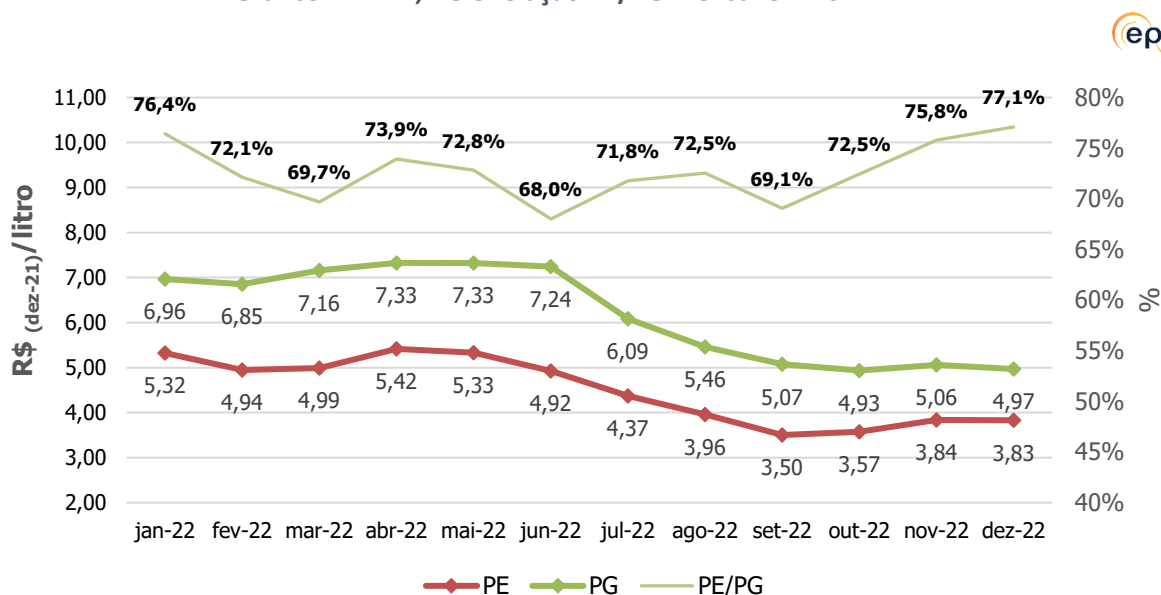
Gráfico 21 - Relação de preços entre o hidratado e a gasolina C (PE/PG)



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2023c).

Somente em três meses do ano (março, junho e setembro), o etanol hidratado mostrou-se competitivo, vide Gráfico 22. Especificamente, apenas os estados de São Paulo, Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais, representando, respectivamente, 41%, 17%, 12% e 9,8% da produção total de etanol no país, apresentaram meses com relação PE/PG média favorável ao consumo do biocombustível em 2022. Mato Grosso do Sul, apesar de ter sido o 3º maior produtor nacional (10,4%) neste mesmo ano, não apresentou nenhum mês com PE/PG favorável.

Gráfico 22 – PE, PG e relação PE/PG mensal em 2021



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2023c).

3.2. ICMS nos combustíveis do ciclo Otto

Desde junho de 2022, os combustíveis passaram a ser classificados como itens essenciais (junto com a energia elétrica, as comunicações e o transporte coletivo), conforme a Lei Complementar nº 194 de 23 de junho de 2022 (BRASIL, 2022c). Com isso, a cobrança do ICMS sobre produtos e serviços essenciais passou a limitar-se à alíquota mínima de cada estado, que variava entre 17% e 18%.

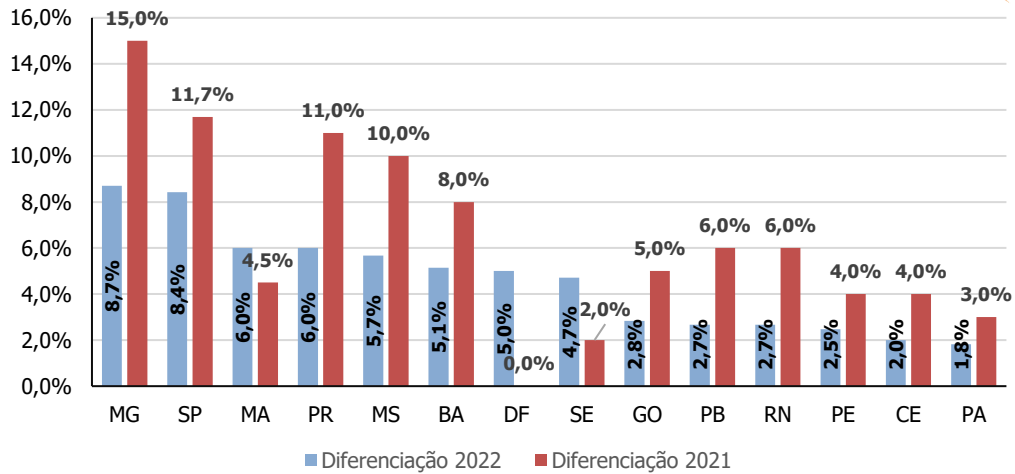
No ano, todas as Unidades da Federação (UF) reduziram as alíquotas do ICMS sobre a gasolina e o etanol, estabelecido pela Lei Complementar nº 194 (BRASIL, 2022c), acompanhando medidas de cortes de tributos federais, implementados pela União, com compensação de receitas para os estados. A alíquota média de ICMS sobre a gasolina comum passou de 28,2% em 2021 para 17,8% em 2022. Já a alíquota média do etanol hidratado decresceu de 24,3% em 2021 para 15,5% em 2022.

Das 16 UF que, em 2021, praticavam a diferenciação entre as alíquotas de ICMS do etanol hidratado e da gasolina C, três deixaram de fazê-lo em 2022, zerando essa diferença: Alagoas, Piauí e Rio de Janeiro. Das 13 restantes, onze reduziram, sendo que Ceará, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte apresentaram a maior redução relativa (50%). Maranhão e Sergipe aumentaram essa diferença e no Distrito Federal, onde as alíquotas eram equivalentes, a diferenciação foi estabelecida em 5%.

As maiores reduções na alíquota de ICMS sobre o etanol hidratado observadas em 2022 foram no Distrito Federal, de 28% para 13% (15 pontos percentuais) e no Maranhão e no Rio de Janeiro, de 14 pontos percentuais, fixando-as em 12% e 18%, respectivamente.

Com essas mudanças, 14 unidades federativas definiram uma diferenciação entre as alíquotas de ICMS do hidratado e da gasolina C (Gráfico 23), o que favorece o consumo do biocombustível.

Gráfico 23 - Diferenciação Tributária - ICMS (gasolina C x etanol hidratado) 2022 e 2021

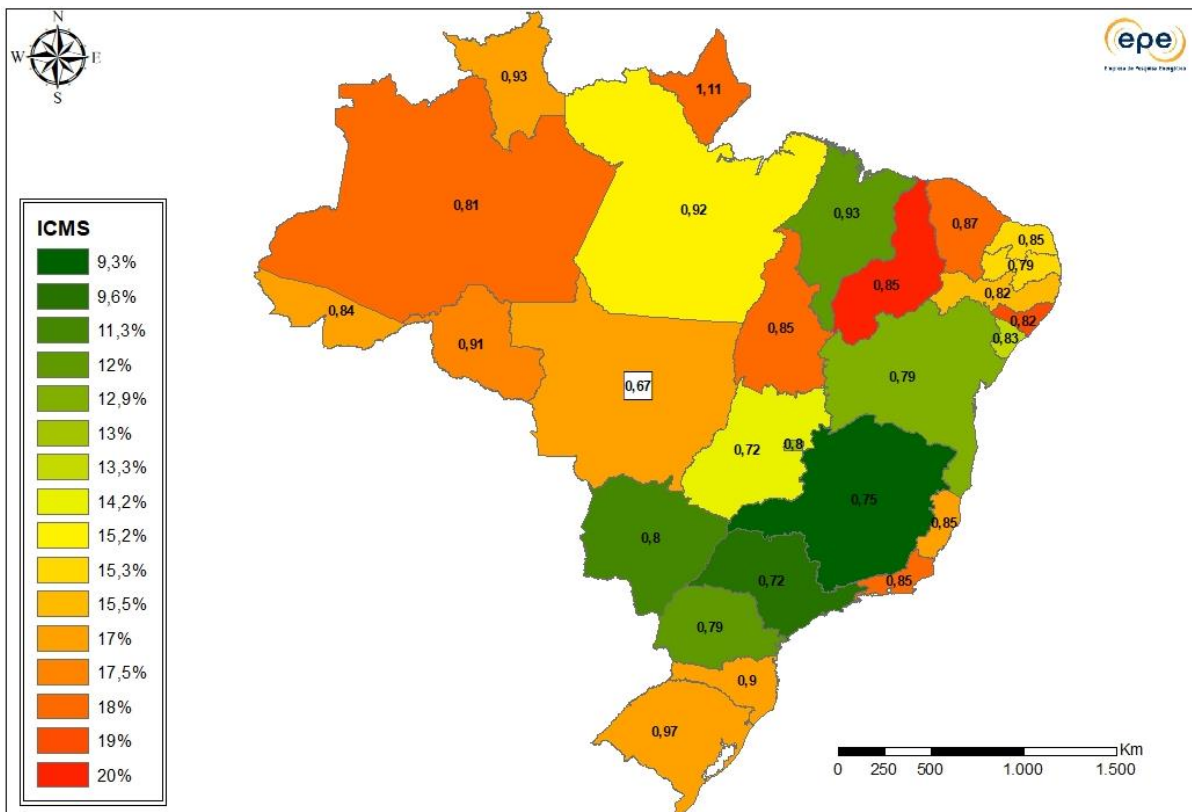


Fonte: EPE a partir de (CONFAZ/MF, 2022a) e (FECOMBUSTÍVEIS, 2022).

Minas Gerais e São Paulo mantiveram a maior diferença entre as alíquotas dos dois combustíveis, 8,7% e 8,4%, respectivamente. Note-se que São Paulo (9,6%) e Minas Gerais (9,3%) se mantêm como os estados com menor alíquota para o etanol hidratado.

A periodicidade das alterações do PMPF (Preço Médio Ponderado ao Consumidor Final), apesar de não ter sido oficialmente alterada, passou a se manter por períodos mais longos do que a quinzena, conforme (CONFAZ/MF, 2022b).

A Figura 1 ilustra a relação entre a taxa de ICMS e a competitividade do etanol hidratado nos estados brasileiros em 2022.



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2023c), (CONFAZ/MF, 2022a) e (FECOMBUSTÍVEIS, 2022)

Figura 1 - Alíquota de ICMS do etanol e relação PE/PG por estado em 2022

Em 2022, a relação média PE/PG para o Brasil foi de 73,5%. O estado de Mato Grosso apresentou uma razão média anual de 67%, a menor do país. Em São Paulo, maior produtor e consumidor²⁰, a relação média foi de 72% (a alíquota de ICMS para o etanol foi a segunda menor em âmbito nacional, 9,6%). Os estados menos competitivos foram Amapá e Rio Grande do Sul, onde o preço do etanol hidratado atingiu, em média, 111% e 97% do preço da gasolina C, respectivamente. No Amapá, o preço do derivado fóssil se manteve abaixo daquele registrado pelo biocombustível em todos os meses do ano.

Mais recentemente, em março de 2023, o Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz) estabeleceu o convênio ICMS nº 12 que dispôs sobre o regime de tributação monofásica²¹, a ser aplicado nas operações com gasolina A e etanol anidro combustível. A incidência será *ad rem*, no valor de 1,22 real por litro em todo o território nacional, sobre qualquer que seja a finalidade das operações, ainda que iniciadas no exterior (CONFAZ/MF, 2023).

3.3. Análise Financeira Agregada do Setor Sucreenergético

Esta seção apresenta a evolução financeira agregada do setor sucreenergético, visando identificar aspectos relacionados a oportunidades e desafios para o setor.

Do total de 387 usinas de açúcar e etanol em pleno funcionamento em 2022, 358 estavam autorizadas pela ANP a produzir etanol combustível. Deste total, 127 publicam regularmente suas Demonstrações Financeiras e 85 destas têm suas ações listadas na Bolsa de Valores do Brasil – B3 (B3, 2023).

Os dados financeiros das maiores companhias do setor podem ser acessados em diversas fontes, seja por meio dos balanços financeiros das próprias empresas, seja de avaliações secundárias, sendo esta última adotada para as análises aqui apresentadas para a análise patrimonial, entre 2017 e 2021, e para a análise do endividamento, entre 2016 e 2019. Registra-se que as 20 maiores companhias do setor sucreenergético possuem faturamento médio anual superior a R\$ 400 milhões (EXAME, 2023).

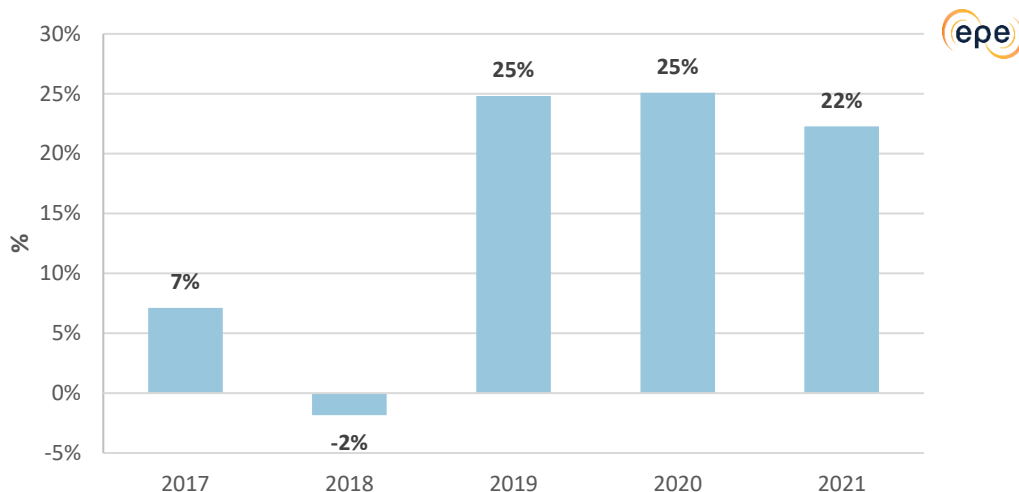
O balanço patrimonial envolve a avaliação de variáveis das contas de ativos, passivos e patrimônio líquido. Em especial, nesta análise, são destacadas variáveis financeiras que envolvem: faturamento líquido, lucro líquido, ativo total e patrimônio líquido²². A partir dessas variáveis, calculou-se o indicador financeiro Retorno sobre o Patrimônio Líquido (ou ROE, no acrônimo em inglês, calculado como o lucro líquido sobre o patrimônio líquido), que pode ser usado para avaliar a eficiência na gestão das companhias, além de permitir uma avaliação da rentabilidade do setor sucreenergético, bem como antecipar o potencial de crescimento das companhias do setor. Nota-se que ROE tem permanecido estável entre 2019 e 2021, como apresentado no Gráfico 24.

²⁰ São Paulo representou 41% da produção nacional do etanol (anidro e hidratado) e 37,7% do consumo brasileiro de anidro e hidratado em 2022 (MAPA, 2023).

²¹ Monofasia tributária: incidência do tributo em uma única etapa da cadeia de combustíveis.

²² Breves definições: (1) Faturamento líquido - corresponde ao Faturamento Bruto (todas as vendas), do qual se deduzem todos os tributos e devolução de vendas; (2) Lucro Líquido - corresponde ao Faturamento Bruto deduzidas todas as despesas da empresa (p.e., com salários, tributos e outros custos fixos e variáveis); (3) Ativo total corresponde à soma de todos os bens e direitos de uma empresa; e (4) Patrimônio Líquido constitui a diferença entre o ativo e o passivo (obrigações) da organização, ou seja, entre os bens e direitos que ela possui e suas obrigações. Genericamente, o conceito de patrimônio líquido corresponde à riqueza de uma organização, o que ela possui, descontadas despesas/obrigações a pagar.

Gráfico 24 - ROE das 20 maiores companhias do setor sucroenergético



Fonte: Elaboração própria, a partir de (EXAME, 2023).

Para ter uma visão mais completa sobre a situação financeira do setor, é importante avaliar também o endividamento das empresas. A Tabela 3 apresenta um resumo do endividamento geral²³ em reais²⁴ das maiores companhias do setor, de 2016 a 2019.

Tabela 3– Endividamento Geral das companhias do setor sucroenergético

	2016	2017	2018	2019
Grupo 20-Maiores	71,6%	71,0%	66,3%	66,8%

Fonte: Elaboração própria, a partir de EXAME (2022).

Observa-se que a média de endividamento geral reduziu ao longo do período analisado. Dentre as possíveis razões para esse comportamento, citam-se: a queda das taxas de juros no período, tanto no mercado doméstico quanto no internacional, reduzindo o custo de crédito; o alongamento dos prazos; uma situação mais favorável tanto para as empresas quanto para seus fornecedores.

Note-se que em 2018, as 20 maiores companhias apresentaram os menores ROE do período. De fato, duas dentre as maiores 20 companhias apresentaram resultados contábeis altamente negativos nesse biênio, o que puxou para baixo a resultante desse subgrupo. Em anos subsequentes, essas duas companhias continuaram enfrentando resultados financeiros e operacionais desafiadores, o que colocou em risco suas próprias autonomias corporativas. Em 2021 e 2022, ambas acabaram sendo alvos de aquisições, sendo uma por um fundo de investimento norte-americano e, no fim de 2022, por um fundo dos Emirados Árabes (ESTADÃO, 2022). Já o outro grupo, teve seu controle acionário adquirido por um grupo nacional do setor sucroenergético em 2022 (CADE, 2021). Esses dois casos de aquisições de empresas revelam o quanto o mercado sucroenergético mantém-se desafiador, porém atrativo e propenso a mudanças de controle corporativo.

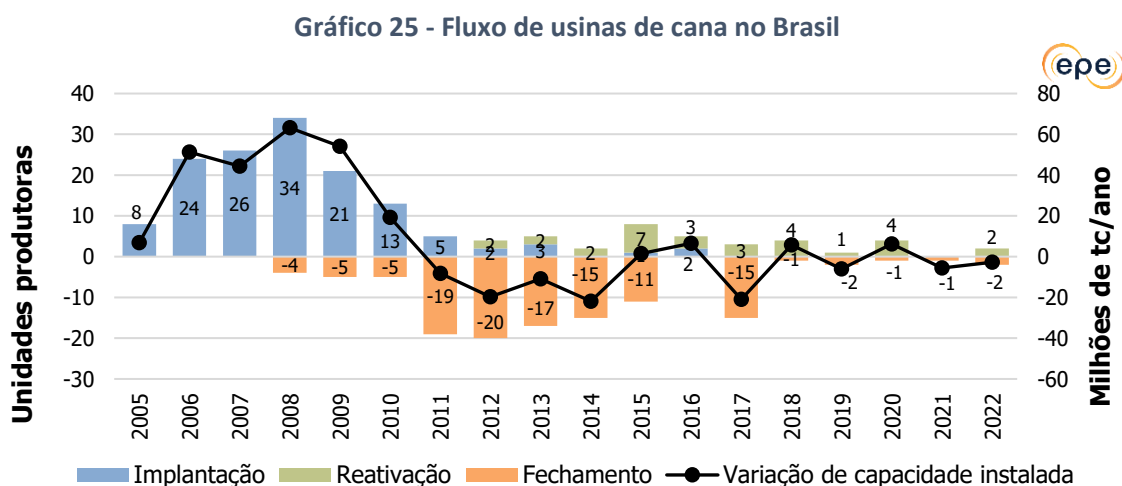
²³ Calculado como a relação entre endividamento total (ou todas as dívidas) e o total do ativo.

²⁴ Note-se que a maior parte do endividamento total foi contraída em reais e apenas cerca de 7% em dólares.

4. Capacidade de produção e infraestrutura de etanol

4.1. Capacidade produtiva

Em 2022, houve a paralisação de duas usinas sucroenergéticas, duas reativações²⁵ e não ocorreram implantações. O Gráfico 25 mostra o fluxo de unidades entre 2005 e 2022. Estima-se que a capacidade nominal de moagem de cana tenha aumentado cerca de 162 milhões de toneladas ao longo do período, considerando as unidades implantadas, desativadas e reativadas.



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2023) e (UNICA, 2014).

O número de unidades sucroenergéticas em operação em dezembro de 2022 era 358²⁶, correspondendo a uma capacidade de moagem efetiva de cerca de 730 milhões de toneladas (MAPA, 2023). Portanto, com a moagem realizada no ano de 2022, de 595 milhões de toneladas, a taxa de ocupação da indústria sucroenergética foi de 82% da capacidade efetiva.

Em 2022, havia 21 unidades de etanol de milho em operação (sendo 12 *full* e 9 *flex*). A capacidade total de processamento foi de 12,6 milhões de toneladas por ano e a de produção de etanol de 5,2 bilhões de litros/ano. Ocorreram duas implantações no período.

Nesse ano, uma unidade de produção de etanol a partir de cereais iniciou suas operações, totalizando duas desse tipo.

Segundo a ANP, em dezembro de 2022, 358 unidades estavam aptas a comercializar etanol anidro e hidratado²⁷, cujas capacidades de produção eram de 136 mil m³/dia e 251 mil m³/dia, respectivamente. Adicionalmente, havia 21 solicitações²⁸ para construção de novas usinas, que adicionarão uma capacidade de 3,8 mil m³/dia de anidro e 6,1 mil m³/dia de hidratado. Existiam, ainda, 51 unidades com indicação de ampliação da capacidade de produção desses biocombustíveis (ANP, 2022a). O Gráfico 26 apresenta a evolução da capacidade instalada de produção de etanol no Brasil desde 2013, onde se pode observar um incremento de 46 mil m³/dia para o hidratado e 32 mil m³/dia para o anidro.

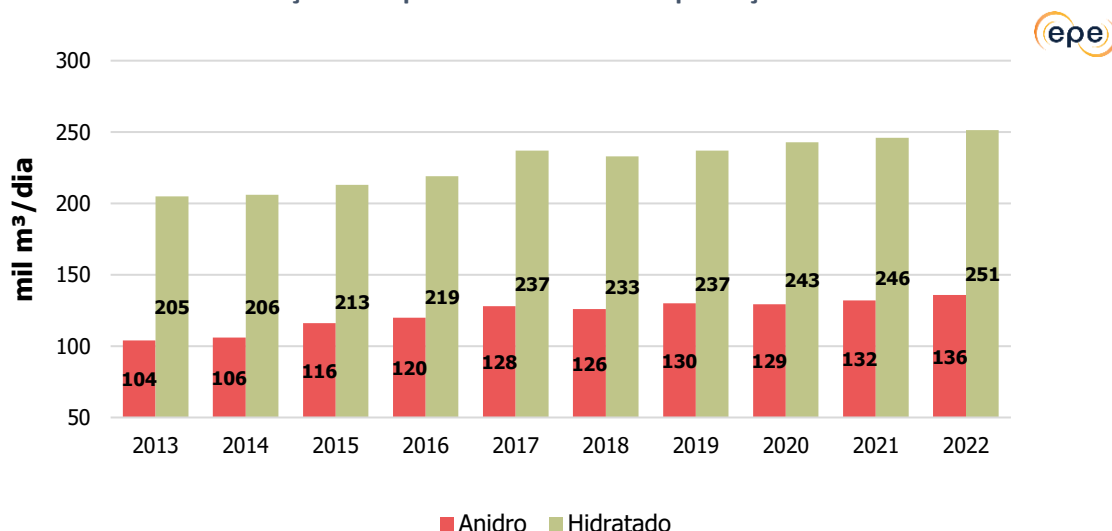
²⁵ Na contabilidade atual não são consideradas as unidades produtoras de etanol não derivados de cana, de aguardente e aquelas que paralisaram e retornaram no mesmo ano civil.

²⁶ Nesse total, estão incluídas as unidades de etanol de milho flex.

²⁷ O relatório não caracteriza se a unidade está operando ou se está parada e não constam as unidades produtoras exclusivamente de açúcar.

²⁸ As autorizações contemplam unidades de etanol de cana (nove), milho (nove), soja (uma) e cereais (duas). Desse total, duas usinas não informaram a capacidade de produção de etanol.

Gráfico 26 - Evolução da capacidade instalada de produção de etanol no Brasil



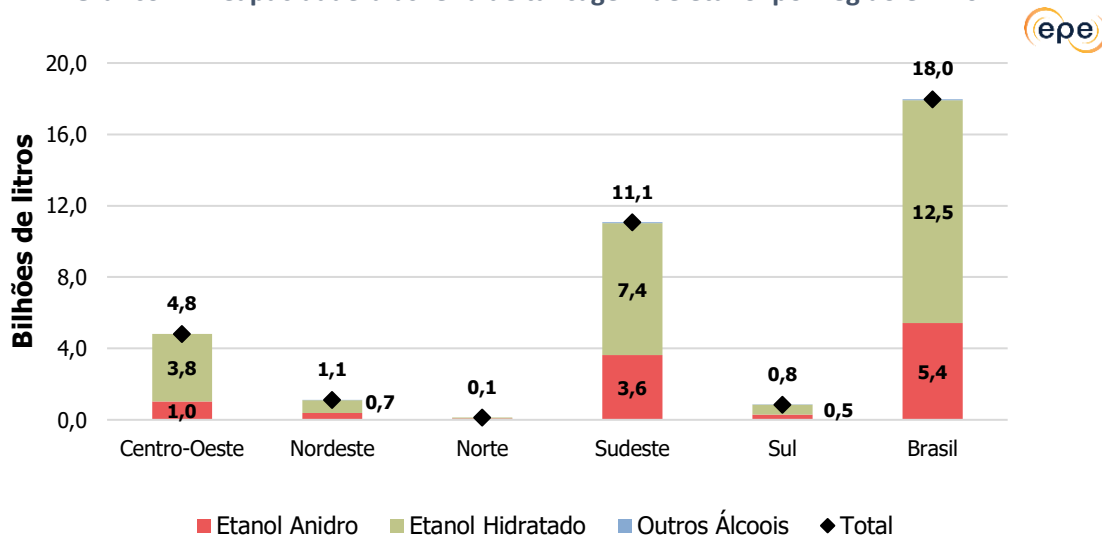
Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022a).

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 2022, o Brasil registrou uma capacidade de tancagem de etanol de 18,0 bilhões de litros, sendo 12,5 bilhões para o hidratado, 5,4 bilhões para o anidro e 65 milhões para outros álcoois. Dentre as regiões, destaca-se a Sudeste com 11,1 bilhões de litros (62%), o que mostra conformidade com os maiores volumes consumidos por ela. O Gráfico 27 apresenta a capacidade brasileira de tancagem por tipo de etanol e por região.

Gráfico 27 - Capacidade brasileira de tancagem de etanol por região em 2022



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022a).

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 2 apresenta o sistema integrado de logística para o etanol da Logum, que consiste em polidutos próprios e a utilização de existentes, cuja extensão é de 1.114 km, com capacidade anual máxima de transporte de até 9 bilhões de litros de etanol (LOGUM, 2023b).



Fonte: (LOGUM, 2023b)

Figura 2 - Sistema integrado de logística para o etanol

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);
- ii. Subcontratados: Paulínia (SP) – Barueri (SP); Paulínia (SP) – Rio de Janeiro (RJ), Guararema (SP) – Guarulhos (SP).

A capacidade de armazenamento dos tanques (volume útil) nos terminais operacionais do sistema é de 617 milhões de litros. Em 2022, o volume de etanol movimentado foi de 3,4 bilhões de litros, 48% a mais do que no ano anterior (LOGUM, 2023a).

A Logum concluiu em setembro de 2022 a principal etapa de expansão para a Grande São Paulo (Guararema – São Caetano do Sul) e já abastece 50% da demanda da região. A próxima etapa de expansão será a entrega do Terminal de São José dos Campos, que atenderá ao Vale do Paraíba e ao litoral norte de São Paulo. Com esta etapa prevista para concluir em 2023, a companhia espera movimentar até 5 bilhões de litros de etanol ao ano, o que representa cerca de 15% da oferta nacional de biocombustível (UDOP, 2022).

4.4. Portos

Em 2022, as transações internacionais de etanol brasileiro se deram majoritariamente por via marítima (99,8% do exportado e 100% do importado). O Porto de Santos – SP representou 82,6% dos volumes exportados, seguido pelo de Paranaguá – PR, com 10,9%, e Rio de Janeiro – RJ, 5,7%. O Porto

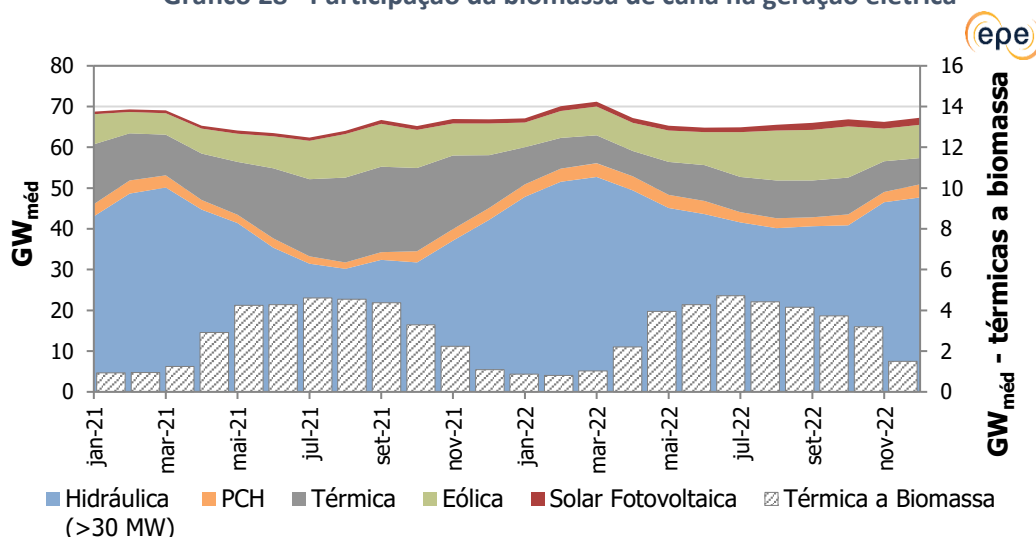
de Suape – PE (48,4%) foi a principal porta de entrada do etanol importado seguido pelos Portos de São Luís – MA (46,6%) (ME, 2023).

5. Bioeletricidade

A geração térmica a biomassa ocupa papel importante no panorama energético nacional. Em 2022, verificou-se a manutenção do montante ofertado em comparação a 2021, com leve declínio de 0,1%. O bagaço de cana continua sendo o combustível mais utilizado, com 72%, enquanto a parcela de outras biomassas na exportação de energia para o Sistema Interligado Nacional (SIN) tem se mantido estável, conforme será descrito no item 5.2.

Em 2022, a participação da energia exportada da cana-de-açúcar na matriz elétrica nacional foi de 2,7%. As usinas sucroenergéticas injetaram no SIN 2,1 GW_{méd}, 8,2% inferior ao verificado em 2021, registrando a segunda queda seguida. O Gráfico 28 apresenta a participação sazonal da biomassa de cana na geração elétrica em 2021/2022. 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, 2023a).

Gráfico 28 - Participação da biomassa de cana na geração elétrica



Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2023a).

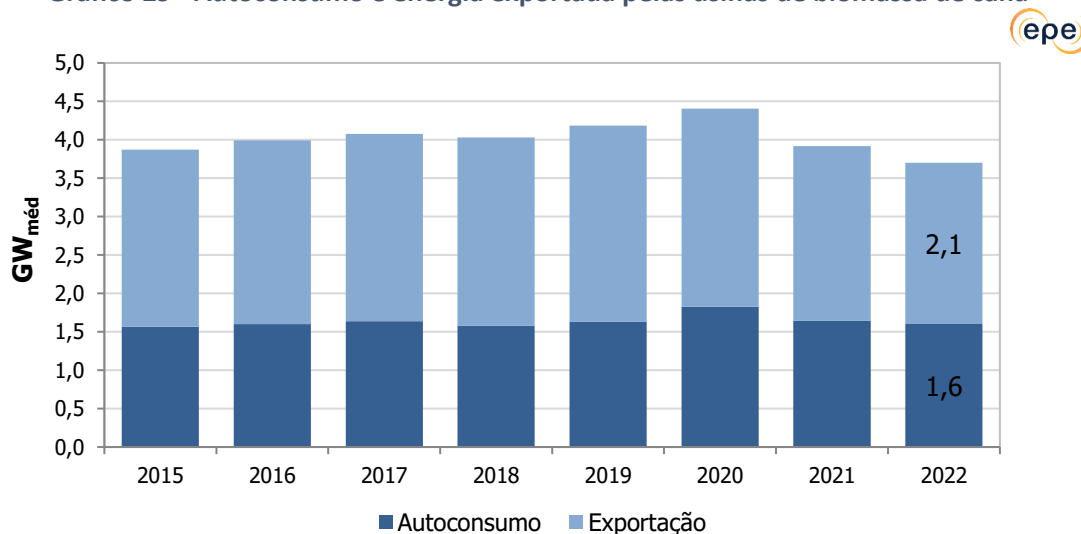
5.1. Exportação e comercialização de energia

Além da autossuficiência energética, as usinas de biomassa de cana se caracterizam pela oferta de energia ao SIN²⁹.

²⁹ 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 a Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), criado em 2004 (CCEE, 2023a) (ELETROBRÁS, 2018).

De acordo com o Gráfico 29, foi observado no período 2015-2022 um crescimento em 2019 e 2020 e o retorno ao patamar anterior, nos dois últimos anos na geração de energia elétrica com esta fonte, tendo a parcela relativa ao autoconsumo se mantido estável.

Gráfico 29 - Autoconsumo e energia exportada pelas usinas de biomassa de cana



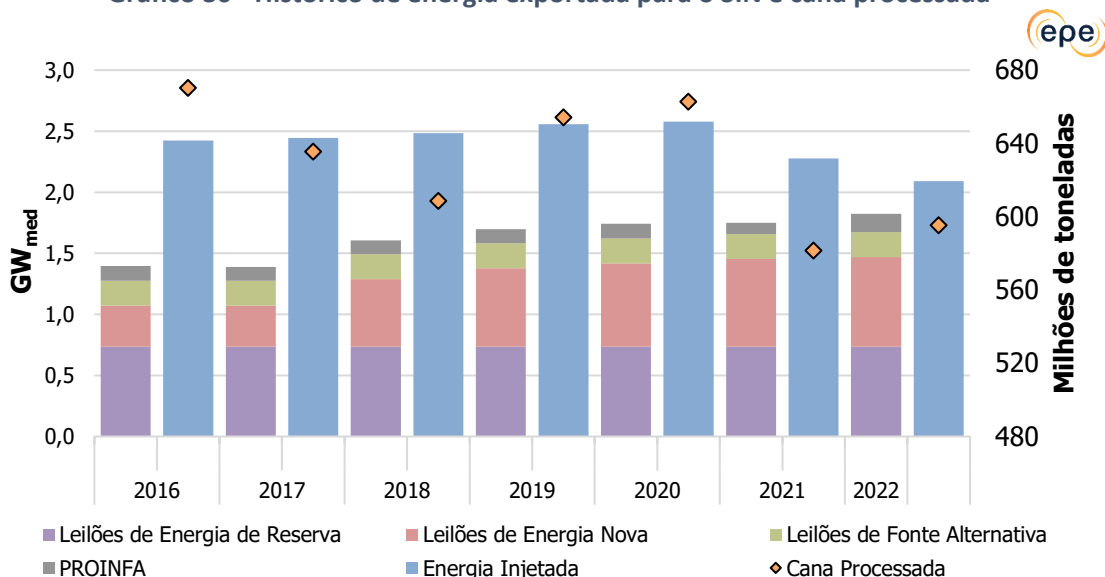
Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2023a) e (EPE, 2023a).

Dentre as 358 usinas a biomassa de cana-de-açúcar em operação em 2022, 244 comercializaram eletricidade, oito usinas a mais do que no ano anterior. Das que exportam energia para o SIN, parte atua exclusivamente no ACL (64%) ou no ACR (8%) e o restante (29%) vende em ambos os ambientes de contratação. Mais uma vez se observa a crescente preferência pela comercialização da energia das usinas no ACL, assim como na expansão das fontes renováveis, como eólica e fotovoltaica. Assim como nos últimos anos, observou-se reduzida demanda nos leilões do ACR, especialmente pela baixa demanda das distribuidoras. Um dos principais fatores que podem explicar este movimento é o aumento na geração distribuída 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 2022, 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 (CCEE, 2023a). O Gráfico 30 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 2022, houve aumento de 2,4% da quantidade de cana processada. Ocorreu também a redução de 8,2% da injeção no SIN, o que refletiu na menor participação da biomassa na matriz elétrica.

Gráfico 30 - Histórico de energia exportada para o SIN e cana processada



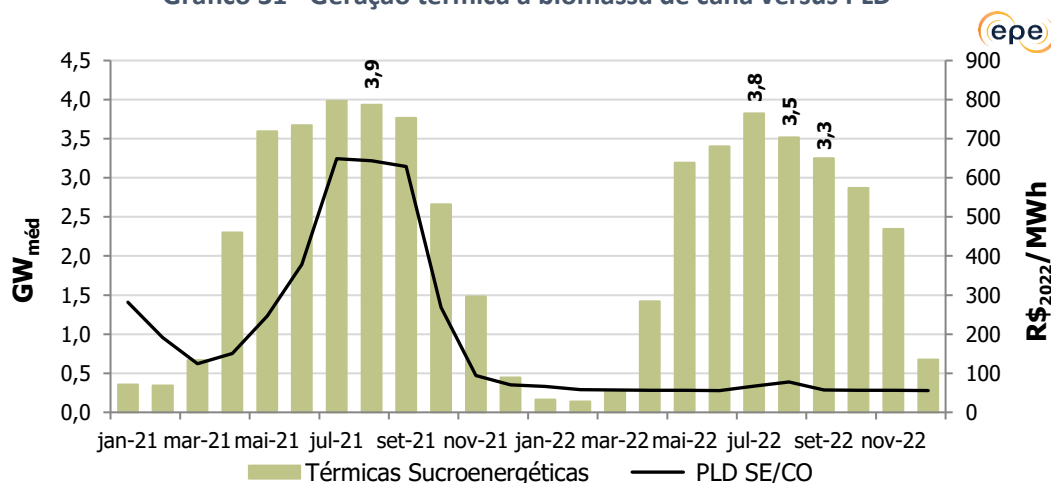
Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2023a) e (MAPA, 2023).

Em 2022, comparado com 2021, foi possível observar significativa redução da participação das térmicas no atendimento da carga (CCEE, 2023a), principalmente pelo retorno dos níveis de energia armazenada nos reservatórios hídricos ao longo do ano, recuperado pela melhora dos índices hidrológicos. O Gráfico 31 ilustra a injeção mensal de energia no SIN pelas térmicas a biomassa de cana versus o preço do PLD (Preço de Liquidação das Diferenças³⁰), em valores constantes de 2022, nos dois últimos anos. No período observado, o PLD manteve-se próximo do valor mínimo por todo o ano, impactado por diversos fatores, tais como: as mudanças observadas no mercado elétrico, as inclusões crescentes de mini e micro GD, o aumento das contratações bilaterais no ambiente de contratação livre (ACL), a estabilidade da demanda elétrica e o excedente de água nos reservatórios. Este movimento destoa do observado em 2021, quando houve maior aderência do valor do PLD com o período da safra, visto que em 2021 foi observada menor contribuição das hidrelétricas devido à escassez hídrica, o que aumentou a demanda da energia térmica. Os valores estipulados pela CCEE para o PLD no ano de 2022 foram de R\$646,6/MWh como limite superior e R\$55,7/MWh para o valor inferior (aumento de 10,7% e de 11,9%, respectivamente)³¹ (CCEE, 2023b).

³⁰ 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.

³¹ Os valores limítrofes para o PLD definidos para o ano de 2023 foram de R\$678,3/MWh e R\$69,04/MWh, um aumento de 4,9% e de 23,0%, respectivamente, em relação ao ano anterior. Registra-se o PLD máximo horário de R\$1.391,56/MWh, 499% superior ao registrado em 2021.

Gráfico 31 - 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, 2023a).

As unidades apresentavam um movimento de eficiência 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 à trajetória dos incentivos federais, a exemplo das linhas de financiamento do BNDES. Os montantes financiados por este banco para incentivar a bioeletricidade têm variado bastante nos últimos anos, apresentando em 2022 um valor ínfimo de investimento de R\$34,1 mil reais. Acrescenta-se que o aporte financeiro neste segmento já havia apresentado contração expressiva em 2021, quando foi registrado o menor montante histórico até então, de R\$5,9 milhões. Este valor representou retração de 91% em relação a 2020 e é 72% inferior ao menor montante registrado à época, de R\$21,3 milhões em 2017. Os registros anteriores foram de R\$94 milhões, em 2018, para R\$143 milhões em 2019 e alcançaram R\$66 milhões em 2020, queda de 54% em relação ao ano anterior (BNDES, 2023d).

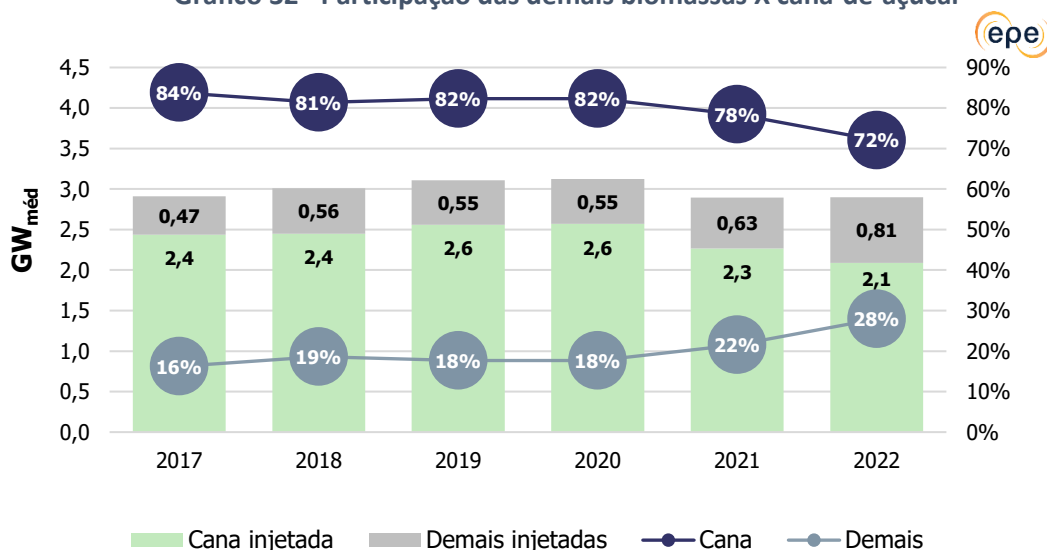
5.2. Bioeletricidade de outras biomassas

O último triênio, apresentou uma contração da exportação de energia elétrica proveniente da biomassa, impactada principalmente pela queda de exportação do setor sucroenergético. Em 2022, além dos já mencionados subprodutos da cana-de-açúcar, foram injetados 810 MW_{méd} gerados em empreendimentos que utilizam como combustível insumos provenientes de matéria orgânica animal ou vegetal, o que correspondeu a um aumento expressivo de 30% comparativamente ao ano anterior.

A geração através destas outras biomassas (exclusive cana) representou 1,0% da matriz elétrica em 2022, o mesmo registrado no ano anterior. Destacam-se mais uma vez a maior participação do licor negro (66,5%), em grande parte impulsionado pelo crescimento de produção do setor de celulose nos cinco últimos anos, o biogás (16%) e os resíduos florestais (13,4%). Com menor participação, contribuem o capim elefante, carvão vegetal, casca de arroz, gás de auto forno e lenha.

A participação dessas fontes na composição total da energia exportada pelas biomassas no SIN se manteve em torno de 18% entre 2018 e 2020. Contudo, a retração observada da geração com produtos da cana fez com que este percentual alcançasse 28% em 2022. Embora sua contribuição tenha permanecido no mesmo patamar, foram adicionados cerca de 200 MW_{méd} nos últimos 5 anos, conforme ilustra o Gráfico 32.

Gráfico 32 - Participação das demais biomassas X cana-de-açúcar



Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2023a)

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 combustível. 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.

6. Biodiesel

Em 2022, foram consumidos 6,3 bilhões de litros de biodiesel no Brasil, queda de 7,5 % em relação a 2021 (ANP, 2023b). O percentual de adição obrigatória do biodiesel à mistura com o diesel fóssil permaneceu fixado em 10% em volume (B10) ao longo de todo o ano, em função de alguns fatores que serão explicados a seguir. Este percentual foi elevado para 12% (B12) no mês de abril de 2023 (CNPE, 2023b) e mantido neste patamar até a data de publicação deste documento.

Desde o início do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) em 2005, já foram produzidos, até dezembro de 2022, mais de 60 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 2022, mantendo a concentração nas regiões Centro-Oeste e Sul do país (ANP, 2023b).

6.1. Evolução do marco regulatório do biodiesel

Desde que foi instituído o uso obrigatório do biodiesel na mistura com o diesel fóssil, através da Lei nº 11.097/2005 (BRASIL, 2005), observou-se uma rápida evolução para a adição do biocombustível em maiores teores. 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 2021, o CNPE (Resolução nº 25) decidiu pela manutenção do teor de 10% de biodiesel no diesel B, para todo o ano de 2022, harmonizando-se com os interesses da sociedade, conciliando medidas para a contenção do preço do diesel B com a manutenção da Política Nacional de

Biocombustíveis, conferindo previsibilidade, transparência, segurança jurídica e regulatória ao setor. Tal percentual foi mantido até 31 de março de 2023, por meio da Resolução CNPE nº 12 de novembro de 2022 (CNPE, 2021b) (CNPE, 2022b). A evolução dos teores de adição obrigatória de biodiesel ao diesel fóssil está detalhada na Figura 3.

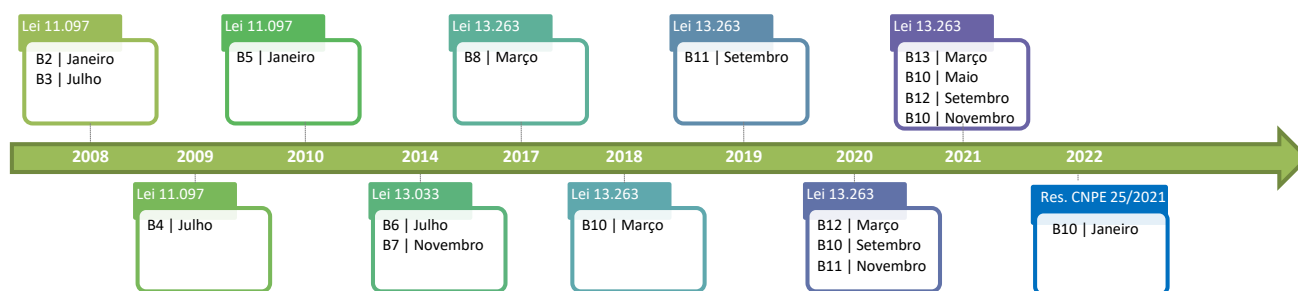


Figura 3 - Evolução do marco legal do biodiesel

Fonte: Elaboração própria a partir de (EPE, 2020).

A Lei nº 13.263/2016 autorizou o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) a elevar o percentual de biodiesel na mistura até o patamar de 15%, desde que obedecidas as condicionantes de aprovação de testes nos motores para esse teor (BRASIL, 2016).

A Lei nº 11.097/2005 (BRASIL, 2005) apresenta uma definição ampla para o biodiesel, como sendo qualquer combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores do ciclo Diesel. Atualmente, encontra-se em vigor a Resolução ANP nº 45/2014 (ANP, 2014), que define a especificação do biocombustível como sendo composto por uma mistura de ésteres de ácidos graxos.

Com o amadurecimento de novas tecnologias, mostrou-se necessário que a regulamentação permitisse incorporar tais avanços, possibilitando o uso de outros combustíveis renováveis oriundos da biomassa em motores de ciclo Diesel, que podem ser adicionados ao diesel fóssil para compor a mistura do diesel B. Assim, a Resolução ANP nº 842/2021 de 14 de maio de 2021 (ANP, 2021a) estabelece a especificação do diesel verde, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que o comercializem em território nacional, o que abre a possibilidade de novos biocombustíveis comporem a mistura com o diesel A.

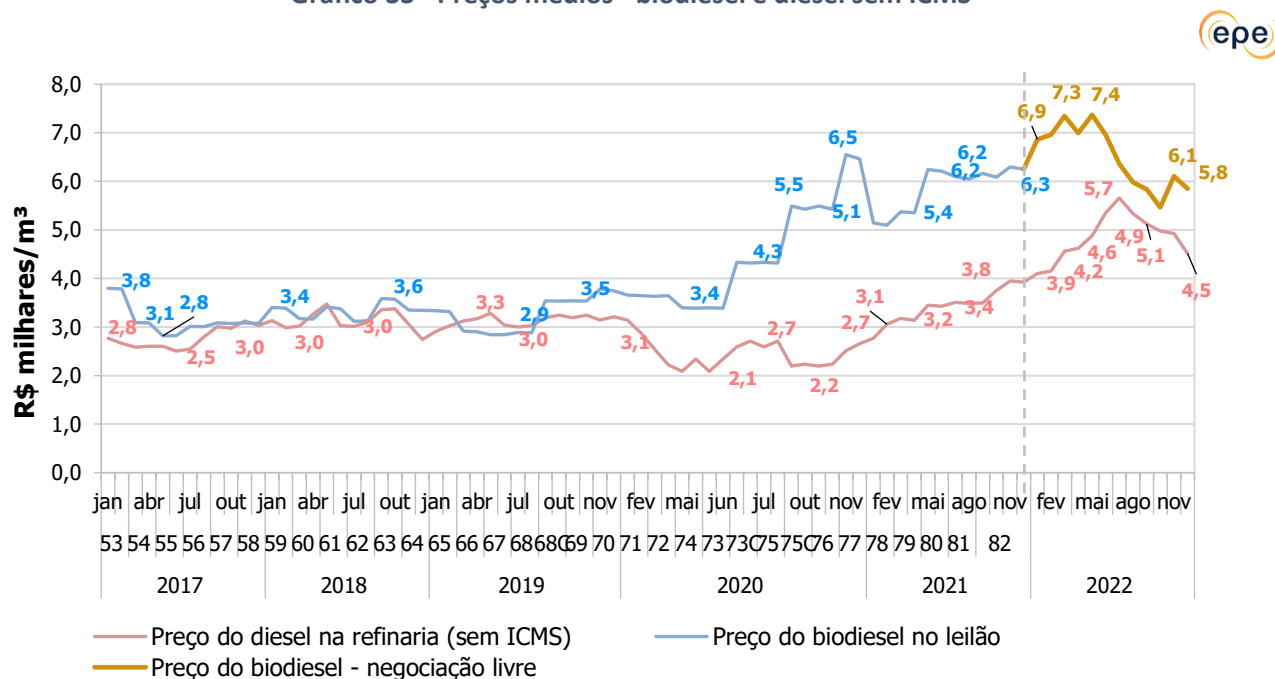
Segundo a recente Resolução CNPE nº 3, de 20 de março de 2023 (CNPE, 2023a), o percentual de biodiesel deve crescer da seguinte forma: em 01 de abril de 2023, o percentual mínimo de adição do biodiesel no diesel deve ser de 12% (B12); em abril de 2024, este percentual deve ser de 13% (B13), bem como deve crescer para 14% em abril de 2025 e 15% em abril de 2026.

Desde 2007 até o fim do ano de 2021 a comercialização do biodiesel ocorreu por meio de leilões públicos organizados pela ANP, observando as diretrizes gerais estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Os leilões visavam à aquisição de biodiesel pelas refinarias e importadores de óleo diesel para atendimento ao percentual mínimo obrigatório de adição do biocombustível ao óleo diesel e para fins de uso voluntário, cujo volume deve ser entregue pelas unidades produtoras de biodiesel.

A partir de janeiro de 2022 a sistemática de comercialização do biodiesel no mercado nacional foi alterada, por meio da Resolução CNPE nº 14, de dezembro de 2020. O normativo definiu que não haveria mais leilões de biodiesel, sendo que a comercialização se daria diretamente entre produtores e distribuidores (CNPE, 2014), cuja relação está regulamentada na Resolução ANP n.º 857/21 (ANP, 2021c).

Com o novo arranjo de comercialização, os produtores de biodiesel ficam obrigados a apresentar à ANP informações de preços praticados na comercialização como prescrito na Resolução ANP n.º 857/21 (ANP, 2021c). O Gráfico 33 apresenta os preços médios do biodiesel e do diesel A.

Gráfico 33 - Preços médios - biodiesel e diesel sem ICMS



Nota 1: Os preços do diesel e biodiesel são apresentados em valores constantes de dezembro de 2022

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2021c).

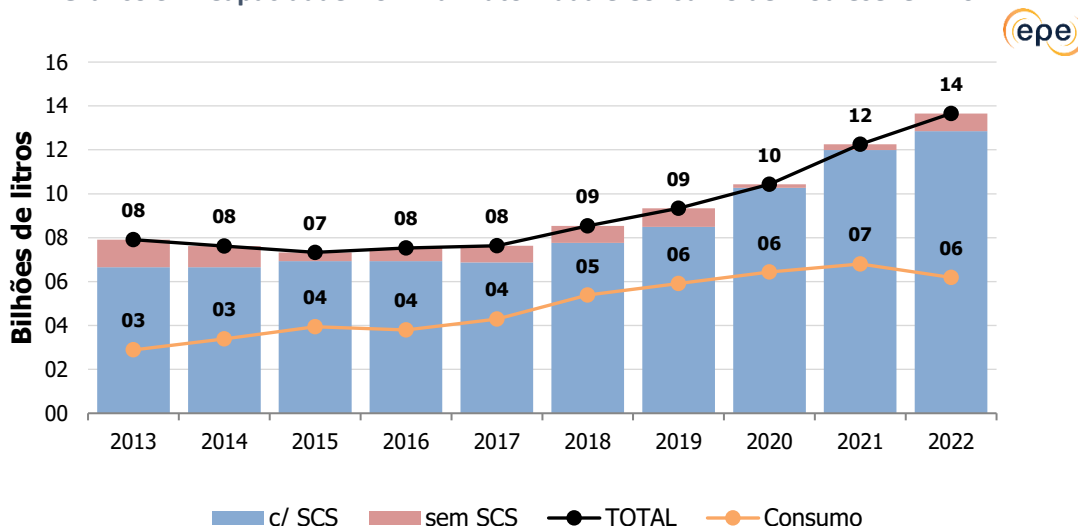
A Resolução CNPE n.º3, publicada em outubro de 2015 (CNPE, 2015), definiu as diretrizes para autorizar a comercialização e o uso voluntário de biodiesel, em quantidade superior ao percentual de sua adição obrigatória ao óleo diesel³². Essas regras para o biodiesel autorizativo, têm como objetivo aproveitar 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.

6.2. Capacidade instalada e produção regional

Segundo dados da ANP, em dezembro de 2022, a capacidade instalada correspondeu a 14 bilhões de litros, dividida entre as 58 usinas produtoras autorizadas, das quais 50 detinham o Selo Biocombustível Social (SBS). O Gráfico 34 apresenta a capacidade autorizada anual, com distinção para as usinas que possuem o SBS, assim como o consumo anual, demonstrando o efeito de sobrecapacidade desde 2008 (ANP, 2023b). Observa-se que a produção deste biocombustível, em 2022, correspondeu a 45,3 % da capacidade instalada no país.

³² 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).

Gráfico 34 - Capacidade Nominal Autorizada e Consumo de Biodiesel em 2022

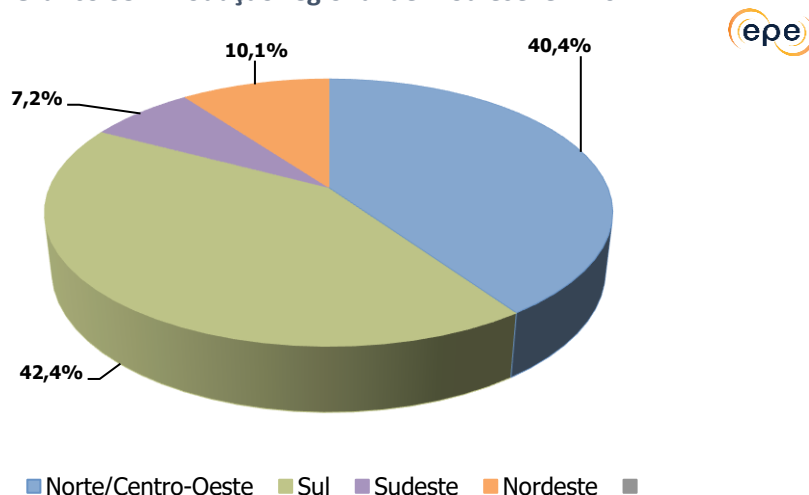


Nota: O Selo Biocombustível Social (SBS) é uma distinção conferida às empresas produtoras de biodiesel que utilizam, em sua cadeia produtiva, produtos oriundos da agricultura familiar. O objetivo é a garantia de renda e estímulo à inclusão social das famílias produtoras. As empresas produtoras de biodiesel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

Fonte: EPE a partir de (EPE, 2023a) e (ANP, 2023b).

No quadro nacional, a produção de biodiesel nas regiões Sul e Centro-Oeste sempre se destacou em função da abundante disponibilidade das principais matérias-primas (soja e sebo bovino), embora o maior volume de vendas/consumo se concentre na Região Sudeste. O Gráfico 35 apresenta a produção regionalizada de biodiesel em 2022, com maior concentração da produção nas regiões Sul (42,4 %) e Centro-Oeste -Norte (40,4 %) do país.

Gráfico 35 - Produção regional de Biodiesel em 2022

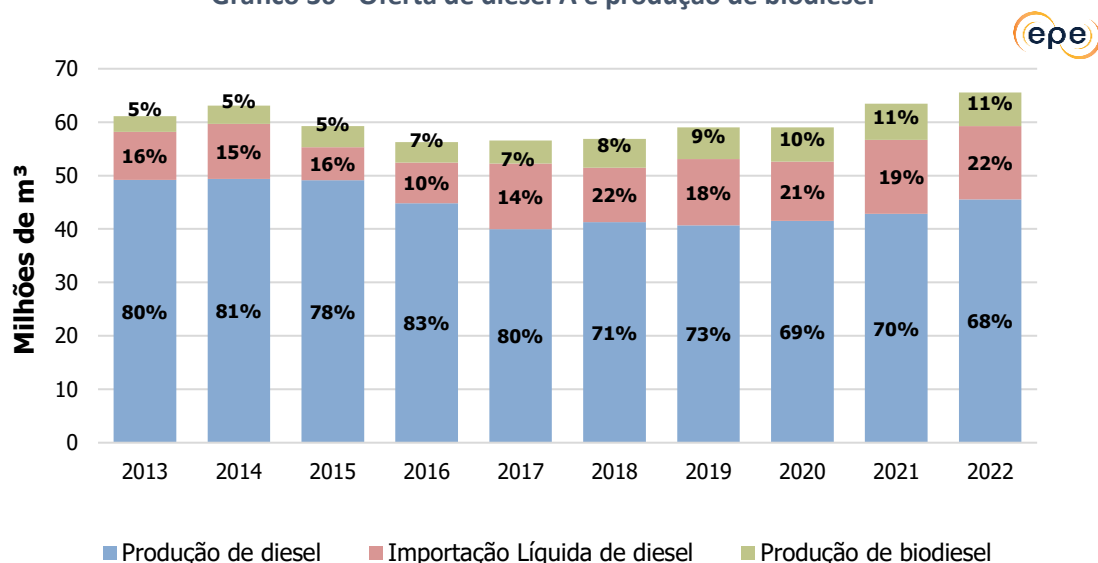


Fonte: EPE a partir de (ANP, 2023b).

O panorama observado acima pode sofrer alterações nos próximos anos em função das mudanças propostas pela Resolução CNPE 03/2023 (CNPE, 2023a), que estabelece que as aquisições de biodiesel a partir do Programa Selo Biocombustível Social, oriundas das regiões Norte, Nordeste e do Semiárido, sejam no somatório de, pelo menos, 10% em 2024, 15% em 2025 e 20% em 2026. O Gráfico 36 mostra a evolução da produção e importação de diesel A e a oferta de biodiesel. Em relação a 2021, observa-se que a produção de diesel A pelo parque nacional de refino em 2022 teve um aumento de 6,2%, crescimento superior ao do consumo, de 3,3%, o que resultou na queda da

importação líquida em 0,8%. Verifica-se, ainda, que a produção do biocombustível teve queda de 7,5% em relação ao ano anterior, em consequência da manutenção do teor de mistura BX ao longo do ano no percentual de 10%. A participação do biodiesel no ciclo Diesel tem atenuado as necessidades de importação de diesel fóssil desde o início do PNPB.

Gráfico 36 - Oferta de diesel A e produção de biodiesel



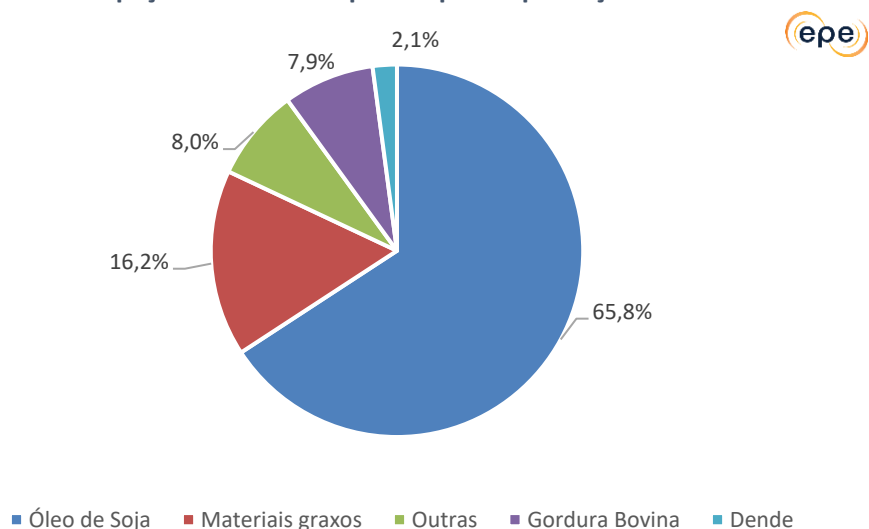
Fonte: EPE, a partir de (EPE, 2023a).

6.3. Matéria-prima para o biodiesel

De todo o biodiesel consumido em 2022, 4,2 bilhões de litros foram produzidos a partir do óleo de soja, o que equivale a um decréscimo de 16,7%, comparado a 2021 (ANP, 2023b).

Conforme pode ser visto pelo Gráfico 37, o óleo de soja figurou como o insumo mais importante para a produção de biodiesel no ano 2022, correspondente a 65,8%, seguido diretamente por outros materiais graxos com 16,2%. O sebo bovino aparece com 7,9%, o óleo de palma com 2,1% e insumos variados representando 8,0%. Dentre esses últimos, aparecem óleo de fritura usado, gordura de frango, gordura de porco e outros.

Gráfico 37 - Participação de matérias-primas para a produção de biodiesel em 2022



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2023b).

Dada a trajetória apresentada ao longo dos últimos anos, a tendência é que a soja permaneça por um longo período em destaque entre os insumos usados na produção do biodiesel, embora já se observe outras matérias-primas emergindo neste mercado. Tal como ocorreu com o sebo bovino, acredita-se que a variedade de materiais graxos, como o óleo de dendê e os óleos residuais, também possa ter destaque no longo prazo. Em face da necessidade de atendimento aos aumentos previstos de mandatórios, verifica-se a necessidade de diversificação do *mix* de insumos (ANP, 2023b) (EPE, 2023a).

A safra de soja em grãos no Brasil foi de 129,9 milhões de toneladas em 2022 (138,9 milhões em 2021), representando um decréscimo de 6,4 % comparado ao ano anterior. Já a produção de óleo de soja foi de 9,9 milhões de toneladas, expressando um acréscimo de 3,6%. O processamento doméstico cresceu 7,0% em comparação a 2021 (ABIOVE, 2023).

A capacidade de processamento de soja foi 66,0 milhões de toneladas anuais, com um ligeiro acréscimo de 3,1 %, segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2023). Pelo fato de a legislação em vigor privilegiar a exportação do grão, essa indústria opera com ociosidade. A Tabela 4 resume a situação do complexo da soja nos anos 2021 e 2022.

Tabela 4 - Complexo soja³³

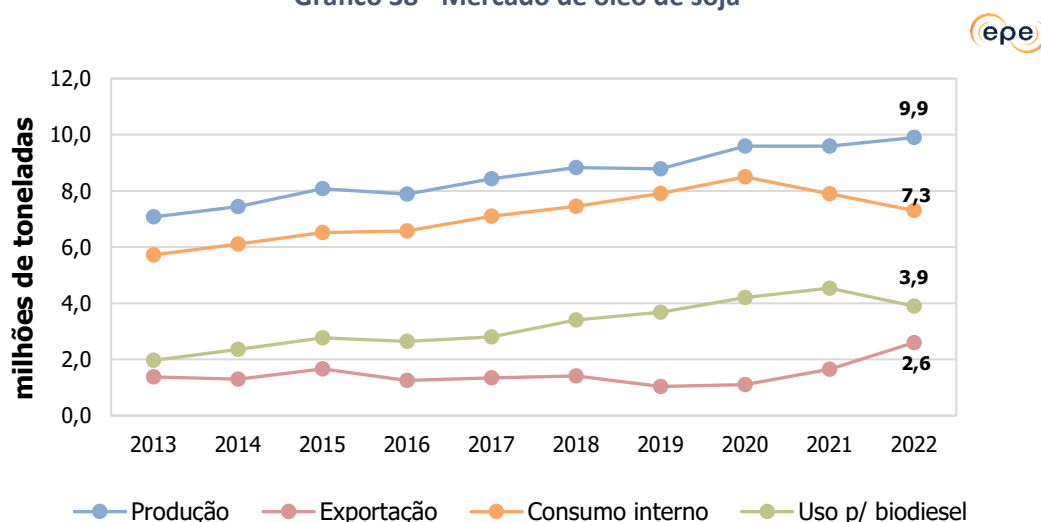
Milhões de toneladas	2021	2022	Δ % (2021-2022)
Produção de soja	138,9	129,9	-6,4%
Capacidade Instalada de processamento de soja	64,0	66,0	3,1%
Exportação de soja em grão	86,1	78,7	-8,7%
Soja processada	47,6	50,9	7,0%
Farelo de soja produzido	36,6	39,0	6,7%
Óleo de soja produzido	9,6	9,9	3,1%
Exportação de óleo de soja	1,7	2,6	52,9%
Consumo de óleo alimentício e outros	7,9	7,3	-7,6
Consumo de óleo de soja para biodiesel	4,5	3,9	13,3%

Nota: A densidade considerada para o óleo de soja foi 0,92 kg/l.

Fonte: (ABIOVE, 2023) e (ANP, 2023b).

O Gráfico 38 ilustra o comportamento do mercado de óleo de soja brasileiro desde 2013.

Gráfico 38 - Mercado de óleo de soja



³³ Os valores referentes ao consumo interno de “soja semente” e outros fins não foram considerados.

Nota 1: O consumo interno compreende o óleo para biodiesel, alimentício e outros usos.

Fonte: EPE a partir de (ABIOVE, 2023).

Segundo a ABIOVE, a produção de óleo de soja entre 2013 e 2022 aumentou 40%. Este crescimento é muito inferior à do volume que é destinado à obtenção do biodiesel, que, em valores absolutos, saiu de 2 milhões para 3,9 milhões de toneladas, aumento de 98% neste mesmo período. Excepcionalmente no ano de 2022 houve uma queda no uso de óleo de soja para biodiesel devido à redução do mandatório para 10% durante todo o ano. As exportações de óleo de soja apresentaram no ano de 2022 uma alta considerável de 57,3% em relação a 2021 devido aos preços dessa commodity no mercado internacional. O volume exportado em 2022 manteve a tendência de alta observada desde 2020, 84% no período (ABIOVE, 2023).

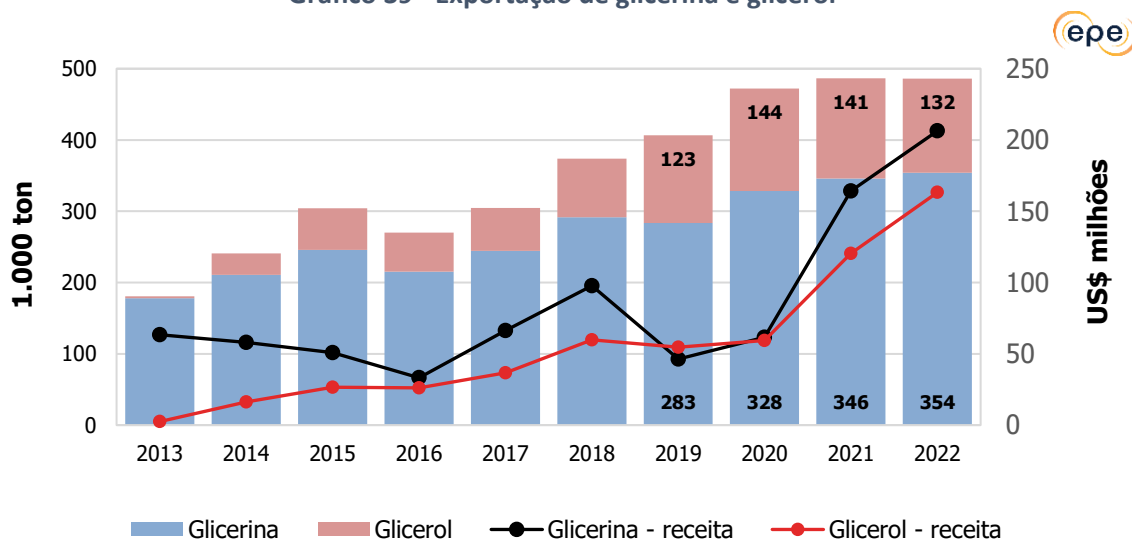
6.4. Coprodutos do biodiesel

A glicerina bruta é um coproduto da cadeia do biodiesel, que corresponde a aproximadamente 10% em massa do biocombustível produzido. Em 2022, estima-se que tenham sido produzidas 630 mil toneladas. Já a sua exportação total foi de 354 mil toneladas, ligeiramente superior (2,3%) ao ano anterior, conforme mostra o Gráfico 39. Já a receita obtida com a exportação de glicerina bruta foi de 206,4 milhões de dólares, 25,6% maior do que foi obtido em 2021, devido ao crescimento da demanda no mercado, o que provocou aumento no preço internacional deste produto.

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. A exportação de glicerol que vinha crescendo desde 2013, decresceu 6,2% em 2022, totalizando 132,1 mil toneladas. A receita somou 163,2 milhões de dólares, 36% superior a 2021 (ME, 2023).

A China continua como o maior destino das exportações, sendo 87 % da glicerina bruta e 31% do glicerol (ME, 2023).

Gráfico 39 - Exportação de glicerina e glicerol



Fonte: (ME, 2023).

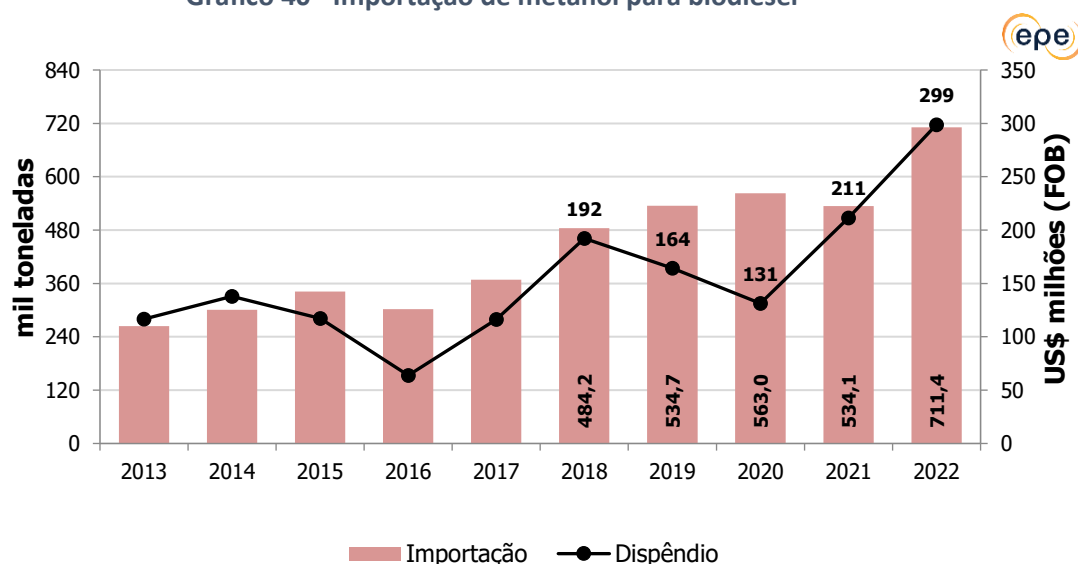
6.5. Metanol

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 para a sua produção. O Brasil importou 711,4 mil

toneladas deste insumo em 2022 para a produção de biodiesel, sendo a maior parte oriunda do Chile, Trinidad e Tobago, Venezuela e Estados Unidos. O Gráfico 40 mostra a quantidade de metanol importado exclusivamente para a produção de biodiesel e o dispêndio resultante. O total em 2022 foi 33,2% maior que em 2021 e o desembolso totalizou 299 milhões de dólares (41,4% maior que 2021) (ANP, 2023b) (ME, 2023).

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 (EPE, 2020c).

Gráfico 40 - Importação de metanol para biodiesel



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2023b) e (ME, 2023).

7. Biogás

Cada vez mais relevante no cenário energético nacional, o biogás apresentou mais uma vez aumento na sua participação. De 2021 para 2022, a contribuição do biogás para a oferta interna de energia passou de 376 mil toneladas equivalentes de petróleo (tep) para 438 mil tep, tendo partido de apenas 14 mil tep em 2010 (EPE, 2023a). Por sua vez, as perspectivas positivas para a fonte se fundamentam nos avanços regulatórios, na visibilidade em políticas públicas e em estratégias comerciais de empresas do setor energético que possuem recursos para a sua produção.

O biogás também pode dar origem a um biocombustível padronizado, análogo ao gás natural fóssil, denominado biometano. O biometano é definido como o “biocombustível gasoso constituído essencialmente de metano, derivado da purificação do biogás”, cuja qualidade é regulada pela ANP (ANP, 2022a). Cumprindo os requisitos para ser caracterizado como biometano, ele passa a ser intercambiável com o gás natural – o que significa que pode substituir ou ser misturado ao combustível fóssil em quaisquer proporções. Essa possibilidade abre um mercado amplo a ser explorado pelo biocombustível, além de permitir seu escoamento pela malha de gasodutos e outras soluções de entrega vinculadas originalmente ao gás de origem fóssil. Particularmente, o biometano, de forma análoga a outros biocombustíveis analisados neste documento, pode ser utilizado como combustível no setor de transportes.

Em particular para esta série, interessam principalmente o biometano e o biogás produzidos internamente ao processo de produção de outros biocombustíveis, como no setor sucoenergético.

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 2022, havia 104,9 MW de potência instalada a biogás em 435 unidades geradoras, somando as diferentes matérias-primas – resíduos animais, resíduos urbanos, agroindústria e floresta. Em relação a 2021, foram adicionadas 60 novas unidades com capacidade total de 22,2 MW (ANEEL, 2023b).

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 2022, segundo o Sistema de Informações de Geração da ANEEL – SIGA, o biogás terminou o ano com 47 usinas com registro ou autorização³⁴, totalizando 236 MW de capacidade fiscalizada. A maior parte destas usinas, correspondente a 193,1 MW, usa biogás de resíduos sólidos urbanos como combustível. Nesse ano, entraram em operação três usinas com um total de 3,1 MW de capacidade (ANEEL, 2023a).

7.2. Biometano

Ao longo do ano de 2022, duas usinas adquiriram autorização da ANP para produzir biometano adicionando 57.113 Nm³ por dia à capacidade nacional (ANP, 2022a). Ao final do ano atingiu-se cinco usinas detentoras de autorização da Agência³⁵, correspondendo a uma capacidade total de produção de 387.113 Nm³ por dia. Cerca de 80% dessa capacidade estava concentrada em duas usinas, ambas com produção a partir de resíduos urbanos.

Outras nove usinas estavam com o processo de autorização em andamento, todas elas categorizadas como construção de nova instalação. Caso efetivadas, essas usinas somariam 349.099 Nm³ à capacidade nacional de produção de biometano (ANP, 2022a).

Das cinco plantas autorizadas pela ANP até o final de 2022, três haviam sido certificadas no RenovaBio, representando 85% da capacidade. Um dos certificados foi obtido em 2020, enquanto os outros dois se concretizaram em 2021 (ANP, 2023e).

Durante toda a vigência do RenovaBio, o biometano gerou lastro para a emissão de 286.234 CBIO, representando 0,35% de todos os biocombustíveis. Se considerado apenas o ano de 2022, o biometano gerou lastro para 140.889 CBIO, correspondendo a 0,45% do total (ANP, 2023e).

Ainda no RenovaBio, na média, o biometano detém a melhor nota de eficiência energético-ambiental, rendendo mais CBios por megajoule (MJ) comercializado que o etanol ou o biodiesel. A nota média dos três certificados é de 77,38 gCO₂e/MJ, ou, ponderada pela capacidade das unidades,

³⁴ As unidades cadastradas na ANEEL, somam 482 plantas de biogás para a geração de energia elétrica no Brasil, com 340,9 MW de capacidade instalada. Cabe notar que o CIBiogás (CIBIOGAS, 2022) realiza levantamento próprio das plantas de biogás no país. Referente ao ano de 2021, o Centro apontou a 656 unidades com 372 MW instalados em operação, reunindo também plantas que têm operação isolada da geração elétrica. Além destas plantas e das de biometano, são registradas outras 83 plantas que utilizam o biogás como fonte de energia térmica.

³⁵ Os registros do CIBiogás (CIBIOGAS, 2022), referentes a 2021, apontavam 10 plantas de biometano, estando 4 delas com autorização da ANP e contempla a produção do biocombustível para autoconsumo ou comercialização.

de 75,48 gCO₂e/MJ. Todas as plantas têm 100% de volume elegível para a geração de CBIO, característica única entre os biocombustíveis que participam deste programa.

Adotando a nota média de 77,38 gCO₂e/MJ, calcula-se que o RenovaBio pode gerar uma receita adicional de cerca de R\$ 0,30 por Nm³ de biometano, considerando o preço do CBIO em R\$ 111,60³⁶.

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 da cana-de-açúcar e da colheita. Nas usinas de cana podem ser instaladas plantas de grande porte, com diferentes modelos de negócio para o aproveitamento do biogás. Isso se deve a sua flexibilidade intrínseca, bem como às opções disponíveis no contexto de uma usina. Um dos usos energéticos que poderiam trazer benefícios ambientais e financeiros seria a utilização desta fonte em substituição ao diesel consumido neste segmento. A produção local de biometano e fabricação de tratores e caminhões com essa possibilidade de uso favoreceriam a verticalização da cadeia, trazendo maior competitividade.

Inaugurada em 2012, uma unidade no Paraná é divulgada como a primeira planta comercial em larga escala no Brasil a processar torta de filtro, vinhaça e palha para a produção de biogás. Atualmente, a planta tem capacidade de 10 MW de geração elétrica e de 1.500 m³/dia de biometano, em processo de ampliação para 25.000 m³/dia (GEO BIOGÁS & TECH, 2023b). A empresa prevê a instalação de duas plantas-piloto no estado que testarão a produção de hidrogênio de bioquerosene de aviação, ambas a partir do biogás (EPBR, 2022b) (GEO BIOGÁS & TECH, 2023a).

Em 2021, teve início a operação comercial da primeira planta de biogás a ser contratada para geração de energia elétrica por meio de leilões no país. O projeto, localizado no interior de São Paulo e com capacidade instalada de 21 MW, foi vencedor do certame A-5 de 2016.

O mesmo grupo empresarial também avançou na direção do biometano. Em seu segundo projeto de biogás, igualmente em uma usina do interior de São Paulo, será priorizada a produção do biocombustível com injeção na rede de gasodutos da concessionária local. Foram anunciados contratos via mercado livre de gás para a comercialização do biometano com clientes industriais, multinacionais dos setores automotivo e de fertilizantes (RAÍZEN, 2021a) (RAÍZEN, 2022). Conforme reportado na imprensa e em documentos oficiais do grupo, a expansão do biogás para outras usinas faz parte da estratégia de crescimento e diversificação do portfólio de produtos para os próximos anos (RAÍZEN, 2021b). Dentre as soluções de aproveitamento energético do biogás em estudo, há informações sobre o uso de caminhões a gás como teste para futuro abastecimento com biometano (EPBR, 2022a).

Outra planta no interior de São Paulo teve o início das operações anunciado em 2021. Esta unidade contempla tanto a geração de energia elétrica com biogás quanto a produção de biometano. O diferencial do projeto é o transporte do biometano por gasoduto exclusivo até um centro de consumo previamente sem acesso à rede de gás natural. O empreendimento foi conduzido em parceria com a concessionária de gás da região, tendo sido reportado ao menos um cliente industrial que reconhece a contribuição na redução de emissões de GEE proveniente do uso do biometano. A operação do gasoduto começou posteriormente, nos primeiros meses de 2023 (JORNALCANA, 2021) (NOVACANA, 2023).

A região Centro-Oeste também terá projetos de biogás em escala comercial junto ao setor sucroenergético. No estado do Mato Grosso, foi anunciada uma planta que combinará a geração de

³⁶ Assumiu-se o preço do CBIO em R\$ 111,60, que foi o valor médio registrado em 2022, e uma concentração de CH₄ no biometano de 96,5% (MATSUURA, 2018). Foram desconsiderados impostos e outros custos para o produtor.

energia elétrica e a produção de biometano (NOVACANA, 2022f). Investimentos no estado de Goiás se somam ao desenvolvimento da atividade na região (BNDES, 2023a).

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. Esta seção busca apontar marcos e acontecimentos relevantes para o desenvolvimento do biogás nesses âmbitos, sem a pretensão de ser exaustiva.

A ANP estabeleceu a primeira resolução para especificação do biometano em 2015, restrita a insumos de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais. Em 2017, foi regulada a especificação do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto, com especificidades no controle de siloxanos e halogenados. Ambas foram substituídas, respectivamente, pelas resoluções ANP nº 906 e nº 886 de 2022. Com as mudanças, foi concedida permissão para se movimentar e comercializar biometano de especificação diferente da norma nos casos de comercialização direta para consumidor industrial ou de consumo próprio, sujeita a respeitar as condições acordadas entre as partes e os limites de emissão de poluentes fixados pelo órgão ambiental (ANP, 2022b) (ANP, 2022c).

Permanecendo no âmbito federal, a Lei 14.134/2021, ou Nova Lei do Gás, reconheceu tratamento equivalente entre o gás natural e o gás aderente às especificações estabelecidas pela ANP. O Decreto 10.712/2021, que regulamenta a lei, reforça a equivalência para fins regulatórios, menciona o biometano, e faz referência a “outros gases intercambiáveis” (BRASIL, 2021a) (BRASIL, 2021b).

O Decreto nº 11.003, de 21 de março de 2022, instituiu a Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano. Além de fomentar o uso de ambos, a iniciativa busca reduzir emissões de metano e contribuir com o cumprimento de compromissos assumidos pelo país. O texto introduz o conceito de crédito de metano, posteriormente redefinido pelo Decreto nº 11.075/2022 como ativo “representativo de redução ou remoção de uma tonelada de metano, que tenha sido reconhecido e emitido no mercado voluntário ou regulado” (BRASIL, 2022a). No âmbito da Estratégia Federal mencionada, por meio de portaria do Ministério do Meio Ambiente, foi criado o Programa Nacional de Redução de Emissões de Metano - Metano Zero (MMA, 2022).

Na esfera estadual, há iniciativas legislativas e executivas específicas para o biogás e o biometano já a partir de 2012, quando foram aprovados marcos nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro. Desde então, ao menos três estados diferentes instituíram legislações para o setor. As agências reguladoras dos serviços de distribuição de gás, bem como as próprias concessionárias reguladas, também têm buscado soluções para incorporar o biometano ao suprimento de gás.

Nesse contexto, uma das funções das agências seria disciplinar a injeção do biocombustível nas redes de gás, estabelecendo regras claras para a celebração de contratos e oferecendo previsões sobre a alocação de riscos e responsabilidades. Algumas agências já avançaram nessa direção, e existem iniciativas com o objetivo de levar boas práticas aos órgãos de outros estados (INSTITUTO 17).

Entre as concessionárias, o instrumento mais utilizado para viabilizar a contratação de biometano tem sido a chamada pública. Ao menos seis empresas de distribuição de gás, de três regiões diferentes do país, haviam lançado editais até o início de 2023.

O setor de biogás também teve garantidos incentivos econômico-financeiros nos últimos anos. Nesse âmbito, destaca-se a já mencionada participação do biometano no RenovaBio, bem como isenções de impostos e a disponibilização de crédito.

Na frente tributária, uma das conquistas recentes foi a inclusão do biometano no Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura – REIDI, que desonera a implantação de projetos ao suspender a incidência de PIS e COFINS sobre receitas decorrentes de determinadas aquisições destinadas à realização das obras. Após a medida, já houve registro de um projeto de biometano no interior de São Paulo que solicitou o benefício com sucesso (MME, 2022c) (MME, 2022b).

Em termos de financiamento, o setor tem conseguido enquadramento em linhas com condições vantajosas. Por meio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, diversos projetos de biogás no setor sucroenergético tiveram acesso a recursos do Fundo Clima. O banco também oferece descontos nas taxas de juros no âmbito do Programa BNDES de Incentivo à Redução de Emissões de CO₂ no Setor de Combustíveis (RenovaBio), que contempla usinas de biogás e biometano (BNDES, 2023b). O projeto de demonstração de biocombustíveis avançados a partir de biogás no Paraná, citado anteriormente, recebeu apoio da Finep (EPBR, 2022b).

Na Figura 4 são apresentados marcos relevantes para o biogás em termos de regulação e políticas públicas a partir do ano de 2010. Os acontecimentos foram selecionados sob os critérios de maior atenção aos anos recentes e particularmente a 2022, bem como com maior foco para o desenvolvimento do biometano.

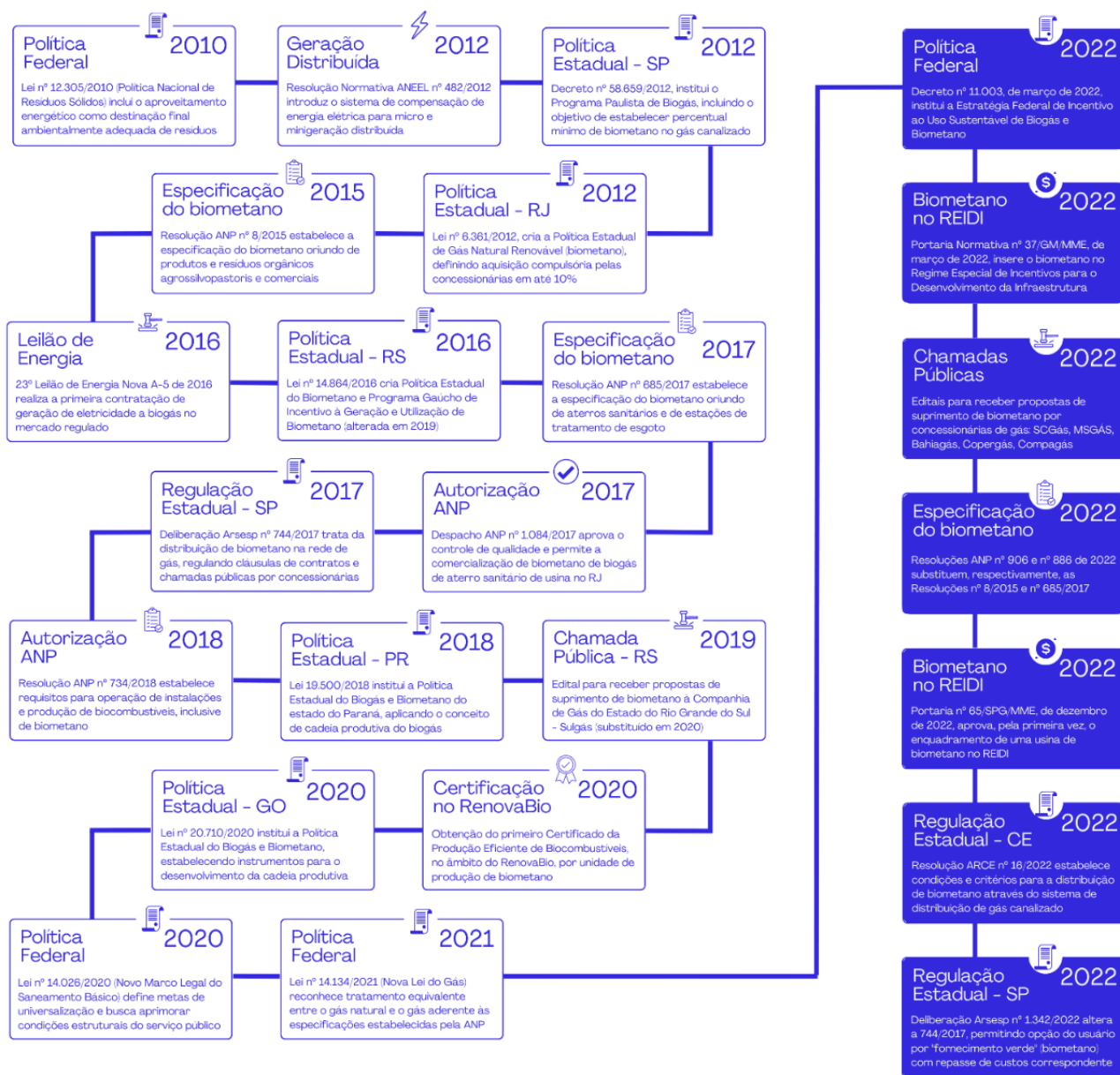


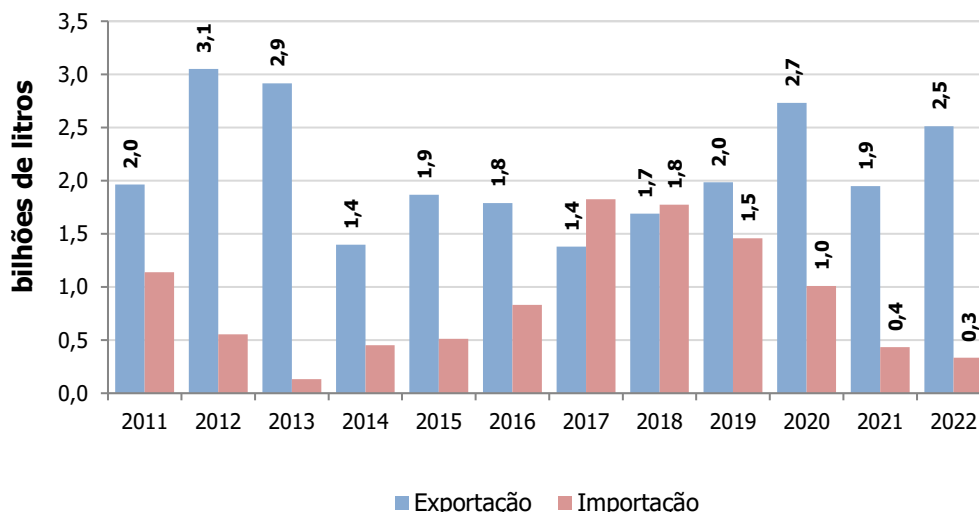
Figura 4 - Avanços regulatórios e de políticas públicas relacionados ao biogás e biometano.

8. Mercado internacional de biocombustíveis

Em 2022, a produção global de etanol combustível permaneceu praticamente inalterada em 107 bilhões de litros. Os dois principais atores do mercado, Brasil e Estados Unidos, continuaram com alta participação, com 81% da produção mundial do biocombustível (EIA, 2023b) (MAPA, 2023) (RFA, 2023).

Neste ano, o Brasil exportou 2,5 bilhões de litros (28,9% a mais do que em 2021) enquanto as importações foram de 0,3 bilhão de litros (22,5% a menos do que em 2021) (Gráfico 41), resultando em uma exportação líquida de 2,2 bilhões de litros. Os principais destinos do etanol exportado foram: Países Baixos (755,1 milhões de litros – 30,1%), Coreia do Sul (754,9 milhões – 30,1%), Estados Unidos (476 milhões – 18,9%) e Reino Unido (113 milhões – 4,5%). (ME, 2023).

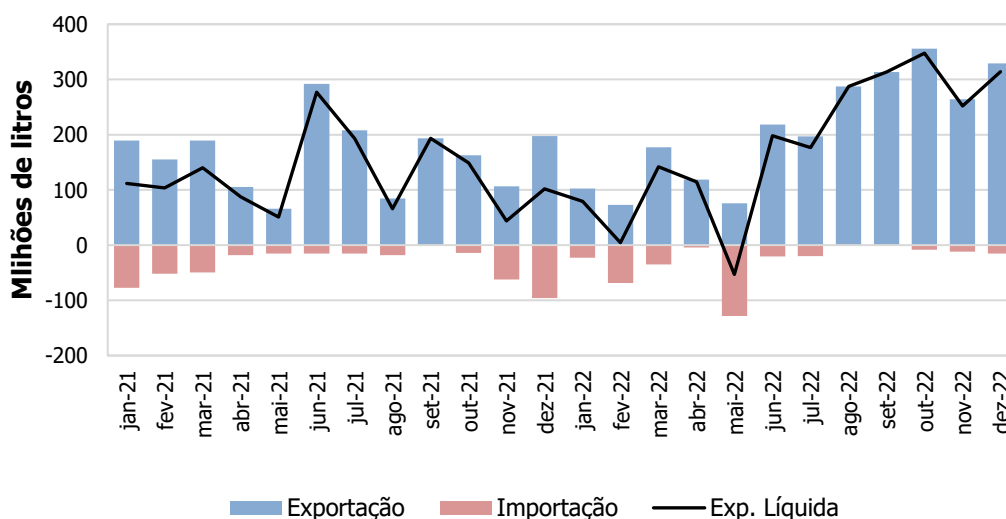
Gráfico 41 - Exportações e importações brasileiras de etanol – 2010 a 2021



Fonte: EPE a partir de (ME, 2023).

Desde agosto de 2017, por meio da Resolução CAMEX nº 72 (ME, 2017) e da Portaria nº 547 (ME, 2019), os volumes importados de etanol combustível estavam sujeitos a uma isenção na cota de importação, cujo prazo de término, originalmente marcado para agosto de 2020, foi estendido para dezembro (NOVACANA, 2020). Ao final de 2020, os volumes importados voltaram a receber a cota de 20%, permanecendo até 31 de dezembro do mesmo ano. Em 22 de março de 2022, o governo, por meio da Resolução GECEX Nº 317, voltou a zerar a alíquota do etanol importado, medida vigente até 31 de dezembro do mesmo ano³⁷ (ME, 2022).

Gráfico 42 - Exportações e importações mensais de etanol – 2020 a 2022



Fonte: EPE a partir de (ME, 2023)

³⁷ Ao final de dezembro de 2022, a Câmara de Comércio decidiu não renovar a prorrogação da isenção do imposto de importação. Portanto, a partir de 1º de janeiro de 2023, a tarifa de importação do etanol passa a ser 16%, conforme a Resolução Gecex Nº 353, de 23 de maio de 2022, mantendo-se até o dia 31 de dezembro de 2023. Após essa data, a alíquota passa para 18% (DIÁRIO DO COMÉRCIO, 2023).

Em relação ao biodiesel, o comércio mundial manteve-se concentrado entre a Europa, Argentina e Estados Unidos, sem participação relevante do Brasil nos volumes transacionados³⁸.

8.1. Estados Unidos

Em 2022, o país produziu 58,2 bilhões de litros de etanol combustível (aumento de 2,3% em relação a 2021), 53,0 bilhões destinados ao mercado interno (igual ao ano anterior) (EIA, 2023b). Sua demanda, vinculada à de gasolina pela mistura E10, tem se mantido estável, em torno dos 50 bilhões de litros, com os excedentes sendo destinados ao mercado externo (EIA, 2023c).

Em 2022, as exportações de etanol dos Estados Unidos totalizaram 5,1 bilhões de litros, aumento de 9% em relação a 2021. Os principais destinos foram: Canadá (37,1%), Coreia do Sul (7,1%), Países Baixos (4,8%) e Índia (4,6%). O Brasil representou 3,5% das exportações estadunidense (EIA, 2023c).

Praticamente a totalidade do etanol importado veio do Brasil, 475 milhões de litros em 2022, aumento de 2,3% em relação a 2021 (ME, 2023).

Os Estados Unidos utilizam o biodiesel majoritariamente na mistura B20³⁹. Em 2022, foram produzidos e consumidos cerca de 6 bilhões de litros (EIA, 2023b).

A EPA (*Environment Protection Agency* - Agência de Proteção Ambiental) é responsável por determinar os volumes obrigatórios da RFS a cada ano, alterando-os em relação aos valores originais. Em 03 de junho de 2022, foram acertados os valores referentes a 2020, 2021 e 2022, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Volumes originais e revisados da RFS (bilhões de litros)

Combustíveis	Originais*			Revisados		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Biocombustíveis celulósicos	39,8	51,1	60,6	1,9	2,1	2,4
Diesel de biomassa	3,8	3,8	3,8	9,2	9,2	10,5
Biocombustíveis avançados	56,8	68,1	79,5	17,5	19,2	21,3
Combustíveis renováveis	113,6	124,9	136,6	64,0	71,3	79,0

* Volumes originais estabelecidos no Ato de Independência e Segurança Energética de 2007.

Fonte: (EPA, 2021) e (EUA, 2007).

Em agosto de 2022, foi sancionado o Ato de Redução da Inflação (*Inflation Reduction Act* – IRA) que visa reduzir o déficit orçamentário do Governo Americano 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. 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).

Em 1º de dezembro de 2022, a EPA divulgou uma proposta de alteração dos volumes da RFS para os anos de 2023, 2024 e 2025⁴⁰. Além disso, a proposta queria incluir uma categoria nova de

³⁸ Em 2022, o Brasil exportou 48 mil m³ e importou 10 mil m³ de biodiesel (ME, 2023).

³⁹ 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 a falta de incentivos regulatórios e exigência de equipamentos especiais tanto no armazenamento quanto nos próprios motores carburantes (EERE, 2023).

⁴⁰ Pela EISA, os volumes originais da RFS no ano de 2022, permaneceriam inalterados para os anos seguintes.

Renewable Identification Number (RIN) gerado a partir da eletricidade renovável que é utilizada em veículos elétricos. Segundo a proposta, a geração de e-RINs seria baseada na quantidade de eletricidade renovável que é consumida pelos veículos elétricos novos e já em circulação. Os fabricantes de veículos elétricos seriam os responsáveis pela geração de e-RINs, através de contratos de geração e inserção de eletricidade produzida de biogás, com produtores qualificados⁴¹ (EPA, 2021) (ETHANOL PRODUCER, 2022).

Em 21 de junho de 2023, a proposta de alteração de volumes de 2023 a 2025 foi oficializada na regra final, segundo a Tabela 6.

Tabela 6 - Volumes 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	<u>80,2</u>	<u>82,8</u>	<u>85,9</u>

Fonte: (EPA, 2023).

8.2. União Europeia

A União Europeia está compromissada com os objetivos de mitigação de gases de efeito estufa (GEE) e segurança energética e tem estabelecido planos de ação com metas anuais para os anos de 2020, 2030 e 2050. A Diretiva das Energias Renováveis – RED II (CE, 2009), lançada em 2009, estabelecia um conjunto de metas para 2020, o chamado Triplo 20, as quais eram: 20% de redução nas emissões de GEE, comparado a 1990, 20% de participação de fontes renováveis no consumo energético, 10% de participação de renováveis no consumo automotivo e 20% de aumento na eficiência energética, comparados a 1990. O bloco havia conseguido atingir e ultrapassar estas metas em 2020, em grande parte devido aos esforços de contenção da pandemia de Covid-19, que estabeleceram restrições de locomoção e agrupamento. Para 2050, permanece o plano de se atingir uma sociedade neutra em relação ao clima, ou seja, com zero emissões líquidas de GEE (CE, 2023).

8.3. Ásia

A China é o terceiro maior produtor de etanol no mundo, 3,8 bilhões de litros em 2022, cujo destino é exclusivamente interno. O país tem um programa de mistura E10 facultativa em 10 províncias. Os planos de expansão para todo o país foram suspensos em virtude das limitações de aumento de capacidade de produção de etanol e baixos estoques, frente ao aumento no consumo de gasolina dos últimos anos (USDA, 2022).

Em 2022, a Indonésia permaneceu como um dos grandes produtores mundiais de biodiesel, com uma produção estimada de 11 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. O programa indonésio de biodiesel é financiado por fundos de impostos sobre exportações de óleo de palma (USDA, 2023). O país exportou cerca de 500 milhões de litros em 2022, tendo principal destino a China (300 milhões de litros), seguido da Europa (100 milhões) (ARGUS, 2023).

A Coreia do Sul importou 754 milhões de litros do Brasil em 2022, segundo maior destino (30% dos volumes exportados) (ME, 2023). O país usa o etanol exclusivamente na indústria e no setor

⁴¹ Em 18 de maio de 2023, fora introduzida uma proposta de lei que visava justamente alterar as regras associadas aos e-RINs, fazendo com que os créditos e-RINs não fossem gerados pelos produtores de autopeças de veículos elétricos, mas sim pelos produtores de bioeletricidade (ETHANOL PRODUCER, 2023).

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.

A Índia é o terceiro maior produtor de etanol do mundo, com uma produção de 4,1 bilhões de litros em 2022 (RFA, 2023), oriundo principalmente da conversão de melaço. O Programa de Mistura de Etanol, lançado em 2003, permite a aquisição e conversão do subproduto da indústria açucareira em biocombustível, o qual é usado em uma mistura não mandatária de 2% em todo o território. O governo indiano tem planos de estabelecer mandatos obrigatórios de E20 até 2025 e B5 até 2030, apesar das dificuldades em ultrapassar o nível atual de demanda de biocombustíveis (USDA, 2023).

A Índia assinou um Memorando de Entendimento com o Brasil, em dezembro de 2019, para apoio mútuo no desenvolvimento e promoção da produção e uso dos biocombustíveis, bem como no aproveitamento dos coprodutos e subprodutos, com base na troca da experiência acumulada de ambos os países no setor (BRASIL, ÍNDIA, 2019). Este acordo permite à Índia atualizar suas instalações de produção de etanol e assim desenvolver a tecnologia para a mistura de etanol, promovendo a flexibilidade do setor ao alternar o uso da cana entre açúcar e etanol (USDA, 2020). Potencialmente, o acordo permitiria aos países o desenvolvimento de biorrefinarias baseadas em etanol de cana⁴².

9. Novos biocombustíveis

O Programa Combustível do Futuro, instituído pela Resolução CNPE nº 7, de 20 de abril de 2021, objetiva aumentar a participação de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono, integrando diversas políticas públicas, como o RenovaBio, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, o Programa Nacional de Etiquetagem Veicular e o Rota 2030. O uso do bioquerosene de aviação e de alternativas sustentáveis no setor marítimo também serão contemplados. Medidas para a captura de carbono na produção de biocombustíveis e hidrogênio, assim como o etanol de 2ª geração também são propostas desse programa (CASA CIVIL, 2021) (CNPE, 2021).

Dentre os novos biocombustíveis, citam-se o diesel verde, que inclui o HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*, ou óleo vegetal hidrotratado), os combustíveis sustentáveis de aviação (*Sustainable Aviation Fuel* - SAF) e o hidrogênio de biomassa. A seguir, apresenta-se o panorama destes biocombustíveis e elencadas algumas ações para o seu desenvolvimento e disseminação.

9.1. Etanol de Lignocelulose (E2G)

Atualmente, no Brasil existem as plantas comerciais Bioflex-I da GranBio, em São Miguel dos Campos (AL), com capacidade nominal de 30 milhões de litros/ano, e a da Raízen, em Piracicaba (SP), de 42 milhões de litros/ano (GRANBIO, 2023a) (RAÍZEN, 2018).

A Bioflex-I encontra-se em operação desde 2017 e a empresa anunciou planos de ampliar a sua capacidade de produção para 60 milhões de litros até 2025. Em 2022, essa planta não produziu o etanol lignocelulósico e priorizou a geração de energia. (GRANBIO, 2023b). Foi anunciada também, a validação de patente de produção por países europeus, obtendo assim o direito de licenciamento da tecnologia e o desenvolvimento e projeto de plantas (NOVACANA, 2022d). A companhia já havia obtido, em abril de 2021, a certificação *Roundtable of Sustainable Materials* - RSM, para as diretrizes

⁴² Um avanço no acordo é a parceria entre a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA) e a Associação dos Fabricantes dos Automóveis Indianos (SIAM) para a criação de um Centro Virtual de Excelência (CoE). Estabelecido em um memorando assinado em 22 de abril de 2022, o CoE pretende ser um portal de conhecimento reunindo informações sobre avanços tecnológicos, normas técnicas, regulamentos, políticas públicas e sustentabilidade relacionados à biomassa e bioenergia (UNICA, 2022).

da diretiva europeia RED II e, com isso, já está autorizada a exportar etanol 2G para a União Europeia (NOVACANA, 2022c).

Atualmente, a Raízen possui cinco novos projetos de E2G em construção, todos com capacidade de 82 milhões de litros por ano. O anexo à Usina Bonfim, em Guariba (SP) deve operar no 2º semestre de 2023 e os outros quatro estão planejados para 2024 e 2025, conforme Tabela 7. Adicionalmente, a empresa possui mais três projetos sem localização definida para implementação em 2026 e 2027. A Raízen pretende comercializar o etanol de lignocelulose para o mercado externo, onde já possui contratos de longo prazo (NOVACANA, 2022e) (UDOP, 2023).

Tabela 7 – Unidades e projetos de E2G da Raízen

Anexa à usina	Cidade	UF	Status	Capacidade anual (milhões de litros)	Início de operação
Costa Pinto	Piracicaba	SP	operando	42	2015
Bonfim	Guariba	SP	construção	82	2023*
Barra	Barra Bonita	SP	construção	82	2024
Univalem	Valparaíso	SP	construção	82	2024
Gasa	Andradina	SP	construção	82	2025
Vale do Rosário	Morro Agudo	SP	construção	82	2025

* Conclusão planejada para o 2º semestre de 2023

Fonte: (NOVACANA, 2022e) (UDOP, 2023).

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.

9.2. Óleo Vegetal Hidrotratado (HVO)

O diesel verde, que inclui o HVO, é um combustível renovável formado por uma mistura de hidrocarbonetos com composição química análoga à do combustível fóssil (*drop in*⁴³), podendo ser produzido a partir de diferentes rotas, como o hidrotratamento de óleo vegetal e animal, também através da síntese de Fischer-Tropsch proveniente de fontes renováveis, bem como a partir de processos fermentativos, hidrotermólise catalítica de óleo vegetal (*in natura* ou residual), gordura animal e ácidos graxos de biomassa; e ainda oligomerização de álcoois (ANP, 2021a). Concomitantemente à produção do HVO, podem também ser produzidos: SAF, bionafta e biopropano (EPE, 2020).

Dois projetos tanto para a produção de HVO quanto de SAF foram anunciados (ver item 9.3). Conforme mencionado, a tendência é que, no Brasil, tal como nos demais países, as unidades pioneiras deste produto, sejam oriundas da conversão de refinarias convencionais em biorrefinarias processando óleo vegetal (EPE, 2020). A Petrobras, através do Programa BioRefino⁴⁴, pretende ampliar a produção de Diesel R⁴⁵ na Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), no Paraná, e iniciar o coprocessamento para produção do biocombustível nas refinarias Presidente Bernardes, em Cubatão (RPBC) e Refinaria de Paulínia (REPLAN), ambas em São Paulo, e na Refinaria Duque de Caxias (REDUC), no Rio de Janeiro (PETROBRAS, 2022).

⁴³ Os biocombustíveis *drop-in* são hidrocarbonetos, funcionalmente equivalentes aos de origem petroquímica e totalmente compatíveis com a infraestrutura de petróleo existente (EPE, 2020).

⁴⁴ O Programa BioRefino 2030 é uma iniciativa da Petrobras para fomentar a produção de biocombustíveis sustentáveis de última geração, como o Diesel R e o SAF, com um investimento de R\$ 600 milhões (PETROBRAS, 2022a).

⁴⁵ O Diesel R é um biocombustível *drop-in* obtido através do coprocessamento na refinaria da mistura do óleo vegetal com o diesel mineral na etapa de hidrotratamento (hidrogenação catalítica), obtendo-se um combustível com menor pegada de carbono. Na nomenclatura Diesel Rx, o “x” refere-se à porcentagem de óleo vegetal usado na mistura original (Diesel R5 = 5% de óleo vegetal em mistura com o diesel mineral).

9.3. Combustíveis Sustentáveis de Aviação

Para os Combustíveis Sustentáveis de Aviação (*Sustainable Aviation Fuel – SAF*), 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, tendo como ano base 2020 (ICAO, 2018).

Além de instrumentos de compensação de emissões e de promoção de eficiência energética, o CORSIA prevê a utilização de combustíveis alternativos de aviação que sejam *drop-in*, em particular aqueles com processos certificados na ASTM Internacional (*American Society for Testing and Materials International*), conforme Tabela 8. As matérias-primas empregadas são definidas conforme as tecnologias passem pelo processo de aprovação do subcomitê “*Aviation Fuels*” da ASTM Internacional (ASTM, 2018).

Tabela 8 - Rotas tecnológicas aprovadas para a produção de Querosene de Aviação Alternativo

Nome da Rota	Matéria –Prima	Principal produto	Mistura máxima	Empresas produtoras
HEFA-SPK	gorduras, óleos e graxas	Iso- e N-parafinas	50%;	UOP, Neste e Syntroleum
FT-SPK	resíduos agrícolas e florestais, madeira, e resíduos sólidos	Iso- e N-parafinas	50%;	SASOL, Shell e Syntroleum,
FT-SPK/A	resíduos agrícolas e florestais, madeira, e resíduos sólidos	Iso- , N-parafinas e aromáticos	50%;	SASOL, Shell e Syntroleum,
ATJ-SPK	matérias-primas renováveis (cana-de-açúcar, milho ou resíduos florestais)	Iso- e N-parafinas	50%	GEVO, Cobalt e Lanzatech
SIP	açúcares	Parafinas	10%	Amyris
CHJ	Óleos e gorduras	Iso, N- e cicloparafinas e aromáticos	50%	ARA, Chevron

Fonte: (ASTM, 2015) (ASTM, 2018) (ANP, 2021)

Observados os processos tecnológicos certificados pela ASTM Internacional e autorizados para aplicação no Brasil, regulamentados pela ANP, as seguintes matérias-primas disponíveis no país podem ser utilizadas de forma mais promissora (em ordem alfabética): babaçu, cana-de-açúcar, macaúba, palma, recursos florestais (eucalipto) e soja.

Existem desafios industriais e econômicos para que o SAF possa ser competitivo em relação ao querosene de aviação de origem fóssil, no Brasil e no mundo. De forma análoga aos biocombustíveis que irão compor o ciclo Diesel, também foi instituído um subcomitê, dentro do Programa Combustível do Futuro, para avaliar a inclusão deste biocombustível no mercado de aviação brasileiro. Um dos produtos obtidos neste trabalho é a proposta de criação de arcabouço legal para os Combustíveis Sustentáveis de Aviação e demais hidrocarbonetos sustentáveis.

Embora não haja projeção de produção significativa de SAF para o horizonte decenal (EPE, 2023a), projetos têm sido anunciados, em face da necessidade de atendimento aos acordos firmados internacionalmente, sendo dois de maior escala.

Em 2022, a Petrobras anunciou um projeto de implantação de uma unidade de produção de SAF, a ser instalada na Refinaria Presidente Bernardes (RPBC), em Cubatão (SP), com capacidade de produção de 2,2 milhões barris por ano (350 mil m³/ano) de SAF e igual valor para diesel 100%

renovável, a partir do processamento de até 790 mil toneladas por ano de matéria-prima (PETROBRAS, 2022). No mesmo ano, foi anunciado o projeto da BBF para uma biorrefinaria para a produção consorciada de SAF e HVO, a partir do óleo de palma, localizada em Manaus e com capacidade de produção de 500 mil m³/ano, a ser partilhada entre ambos os combustíveis. A estimativa é que esteja em funcionamento em 2025 e custe cerca de R\$ 2 bilhões para ficar pronta (BRASIL BIOFUELS, 2022).

Adicionalmente, há dois projetos-piloto resultados de parceria entre Brasil e Alemanha. O primeiro, uma iniciativa entre o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI e a Agência Alemã de Cooperação Internacional – GIZ, para a produção de SAF, a ser instalado no Instituto Senai de Inovação em Energias Renováveis – ISI-ER, em Fortaleza. Este projeto está orçado em R\$4,5 milhões com duração de dois anos e utilizará como insumo a glicerina (APROBIO, 2022). O segundo, uma parceria entre governos (alemão e brasileiro), academia e iniciativa privada para estudar a instalação de uma planta-piloto no Ceará. Esta utilizará geração de energia elétrica renovável (eólica ou solar), para produzir hidrogênio e SAF. Dentre seus diferenciais, destaca-se que será uma planta móvel, podendo ser transportada para aeroportos com dificuldade de abastecimento (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2020).

9.4. Hidrogênio Renovável

Em abril de 2021, a Resolução CNPE nº 6 determinou a realização de estudo para proposição de diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂). O estudo contou com a participação de instituições e agentes dos setores público e privado, incluindo a equipe técnica da EPE. A proposta para o programa de hidrogênio se assenta em três pilares: políticas públicas, tecnologia e mercado, visando introduzir o hidrogênio na matriz energética brasileira e disponibilizá-lo para outros usos, tal como para produção de fertilizantes (CNPE, 2021a) (MME, 2021).

O PNH₂ foi oficialmente lançado em 03 de agosto de 2022, através da Resolução nº 6, de 23 de junho de 2022, junto com o comitê gestor - COGES-PNH₂. O programa é assentado em seis eixos: (1) fortalecimento das bases científico-tecnológicas, (2) capacitação de recursos humanos, (3) planejamento energético, (4) arcabouço legal, (5) abertura e crescimento do mercado e competitividade e, (6) cooperação internacional. O COGES-PNH₂ tem a função de coordenar e supervisionar o planejamento e a implementação do programa (CNPE, 2022a).

Vários projetos para produção de hidrogênio estão sendo desenvolvidos, principalmente no estado do Ceará, em parcerias público-privadas. Visando a produção de hidrogênio para a produção de SAF, exportação e outros usos (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2021) (TRENDSCE, 2021). Além destes, outros hubs de produção similares são previstos para os portos em Suape (PE) e no Rio Grande (RS).

Em abril de 2021, a Eletrobras, a Siemens Energy e o CEPEL assinaram um memorando para a realização conjunta de estudos em escala de planta piloto para domínio do ciclo do hidrogênio de biomassa (H₂) no Brasil, desde sua produção até o consumo (ELETROBRAS, 2021).

Em maio de 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 vinhaça. Segundo a Associação Brasileira do Biogás - ABIOGÁS, o Brasil tem potencial para produção de 20 mil toneladas por dia de hidrogênio a partir de biometano (NOVACANA, 2022b).

Em janeiro de 2023, anunciou-se o início da produção de hidrogênio no país, no projeto piloto de H₂V no Complexo Termelétrico do Pecém (UTE Pecém), no Ceará. Com investimento de R\$ 42 milhões, a unidade é a primeira da América Latina em escala acima de 1 MW (PECEM, 2023).

Existe ainda o Projeto de Lei 725/2022 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 — de fontes energéticas como solar, eólica, biomassas, biogás e hidráulica — no primeiro período. A partir de 2050, a participação do hidrogênio limpo deve ser de 80%. Este mesmo documento insere o hidrogênio na lei 9.478, de 1997, a Lei do Petróleo, e o que permite que este novo combustível passe a ser regulado pela ANP (SF, 2022).

10. Emissões de gases de efeito estufa

O Brasil desempenha papel de destaque internacional no que se refere a discussões e negociações acerca das mudanças climáticas. Foi construído no país todo um arcabouço legal cujo objetivo é fomentar a utilização de fontes renováveis, com destaque aos biocombustíveis. Mais um passo importante para este fim foi dado em dezembro de 2017, com o estabelecimento da Política Nacional de Biocombustíveis, tema que será abordado no item 11 desse documento.

A elevada participação de renováveis na matriz energética nacional proporciona uma significativa redução nas emissões de GEE. Quanto aos biocombustíveis líquidos, as emissões evitadas pelo uso de etanol (anidro e hidratado de cana de 1ª geração) e biodiesel, em comparação aos equivalentes fósseis (gasolina e diesel), somaram 71,1 MtCO₂ em 2022.

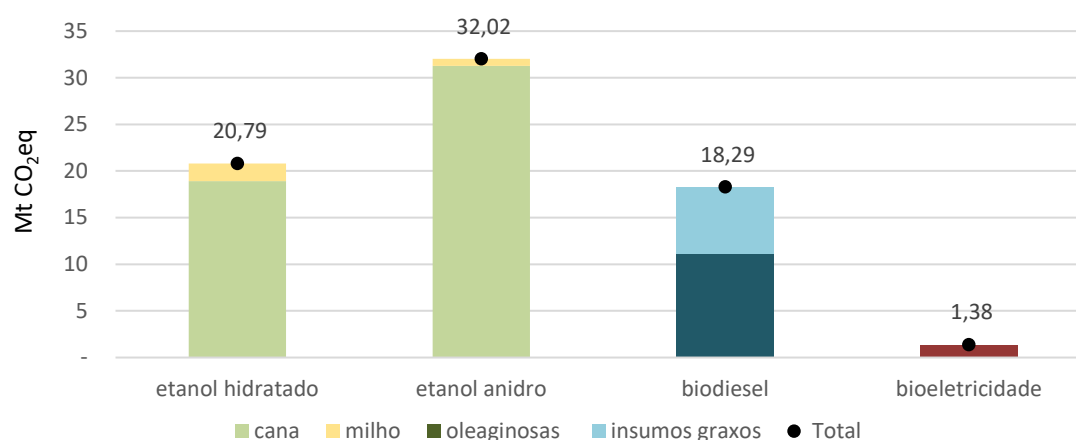
Além dos biocombustíveis líquidos, a bioeletricidade da cana também contribui para a redução das emissões de CO₂. A matriz elétrica brasileira é hidrotérmica, e a hidroeletricidade apresenta participação significativa na geração elétrica, sendo afetada pelos regimes hidrológicos. A presença crescente de fontes não controláveis, adicionada aos últimos registros de estresse hídrico, indica a relevância que pode ser atribuída à complementariedade obtida pelo acionamento das térmicas, quando necessário. Para estimar as emissões evitadas, foi utilizado o fator de emissão de tCO₂ por MWh gerado, calculado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2022). Este indicador tem oscilado nos últimos anos, tanto em virtude da maior participação de térmicas de diversas fontes de combustíveis fósseis na geração de eletricidade nos momentos de escassez hídrica, como na maior contribuição das outras fontes renováveis, como a eólica que apresenta injeção crescente.

Com a regulação da afluência em 2022, houve redução significativa da geração térmica fóssil (-49,2%), com retração da participação das térmicas que utilizam gás natural (-68,2%), óleo combustível (-93,8%) e carvão mineral (-58,8%), crescimento das hídricas e PCHs (16,9%), solar fotovoltaica (65,9%) e eólica (13,3%), e manutenção das térmicas a biomassa (0,5%). Essas alterações somadas impactaram neste fator, passando de 0,1264 tCO₂/MWh para 0,0426 tCO₂/MWh em 2022, cerca de um terço do valor, e ainda menor que o valor observado em 2020, 0,0617 tCO₂/MWh. Em relação à energia exportada e ao autoconsumo das unidades sucroenergéticas, observou-se pequena variação da quantidade de energia gerada pelas usinas de biomassa de cana em 2022. Com a redução do fator de emissão da matriz em virtude da menor geração com térmicas fósseis, o total de GEE foi inferior ao registrado em 2021. Assim, a quantidade das emissões evitadas em 2022 foi 67,9 % menor (4,3 MtCO₂), somando 1,4 MtCO₂, sendo 0,6 MtCO₂ advindas do autoconsumo e 0,8 MtCO₂ da energia exportada. O Gráfico 43 ilustra as emissões evitadas decorrentes do uso de biocombustíveis (etanol anidro e hidratado e biodiesel) e da bioeletricidade da cana.

Note-se que as emissões globais cresceram cerca de 1% no ano de 2022. Em fevereiro daquele ano foi deflagrado o conflito na Ucrânia, influenciando diretamente o preço dos combustíveis. Foi registrada uma redução de 13,5% das emissões decorrentes do consumo de gás natural na Europa (118 Mton CO₂). Por sua vez, as emissões relacionadas ao consumo de carvão (243 Mton CO₂) superaram as evitadas pela redução das associadas ao gás natural. Nesse cenário, a redução do fator

de emissão brasileiro configura-se como uma demonstração do benefício da renovabilidade e segurança da matriz energética nacional.

Gráfico 43 - Emissões Evitadas com Biocombustíveis em 2022 – Brasil



Fonte: EPE a partir de (EPE; FBDS, 2009); (EPE, 2023a); (IPCC, 2006); (MCTI, 2022) e (ROSA, OLIVEIRA, COSTA, PIMENTEIRA, & MATTOS, 2003).

11. RenovaBio

A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) concluiu seu terceiro ano de funcionamento. Sendo assim, considerando que ainda é uma política pública recente, bem como sua complexidade, seus múltiplos instrumentos e atores envolvidos, é esperado que ainda existam ajustes de percurso de forma a minimizar as eventuais falhas, conforme será apresentado a seguir.

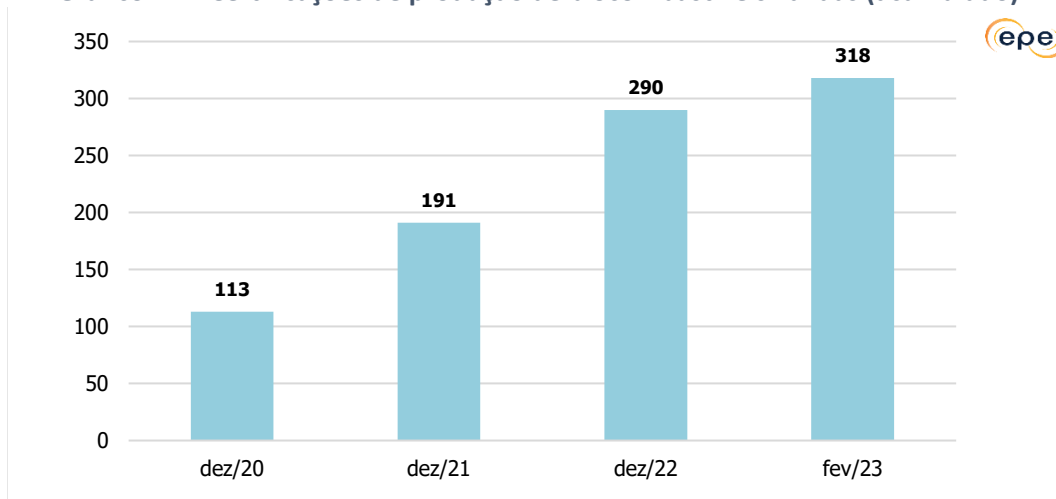
Em sua maturidade, o RenovaBio pode se consolidar como mais um elemento para garantir a sustentabilidade e a previsibilidade da matriz de transportes no Brasil, conforme previsto em sua criação na Lei nº 13.576/2017 (BRASIL, 2017c).

11.1. Certificações

Entre 2019 e fevereiro de 2023, 128 certificações de produtores de biocombustíveis foram renovadas, nove mudaram de titularidade, outras seis certificações expiraram a validade e duas foram anuladas. Assim, conforme Gráfico 44, em fevereiro de 2023, 318 certificados de produtores de biocombustíveis estavam válidos⁴⁶ e 11 Firms Inspetoras estavam credenciadas para realizar o processo de certificação no RenovaBio (ANP, 2023e).

⁴⁶ Em fevereiro de 2023 existiam 123 processos administrativos de renovação de certificação.

Gráfico 44 – Certificações de produção de biocombustíveis válidas (acumulado)

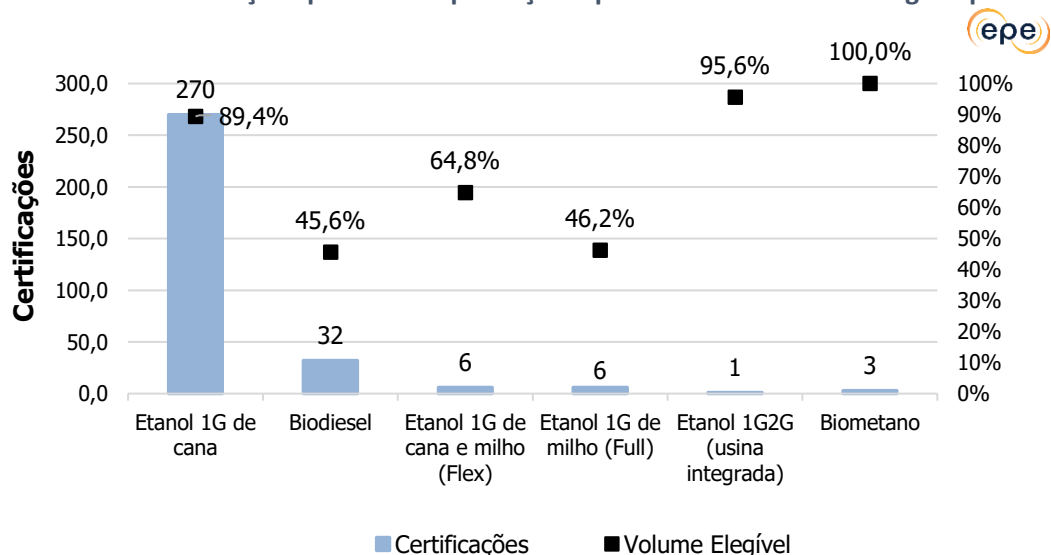


Fonte: (ANP, 2023e).

O perfil das unidades certificadas por rota de produção e volume elegível, até fevereiro de 2023, é apresentado no Gráfico 45, no qual se verifica que usinas de etanol de cana de primeira geração representam 87% do total e as de biodiesel, 10%. Nesse último caso, o volume elegível apresenta grande variação, principalmente pela dificuldade de rastreamento das culturas de soja e milho, devido à grande diversidade de produtores e forma de aquisição destas matérias-primas⁴⁷.

As rotas de produção que possuem maiores volumes elegíveis são o etanol de cana de 1ª geração (89,4%), 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) não alterou seu volume elegível e o proveniente de unidades *full* de milho apresentou um pequeno aumento em relação ao ano anterior, variando de 43,1% para 46,2%. Os produtores de biodiesel também apresentaram o mesmo movimento, colocando em elegibilidade 45,6% de sua produção, quando em 2022 era de 44,4%.

Gráfico 45 - Certificações por rota de produção e percentual do volume elegível por rota



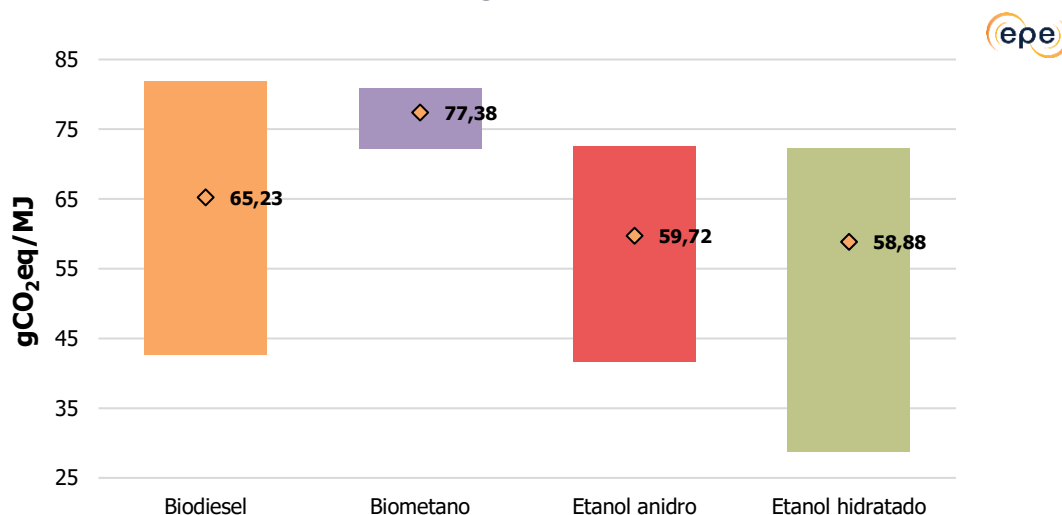
Fonte: (ANP, 2023e)

⁴⁷ 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, 2023e).

Considerando o número de unidades autorizadas a comercializar biocombustíveis pela ANP até fevereiro de 2023, já foram certificadas 283 usinas de etanol de um total de 357 (79%), 32 de 57 plantas de biodiesel (57%) e três das cinco plantas de biometano.

O Gráfico 46 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 fevereiro de 2023. O biodiesel⁴⁸ e o biometano se mantêm com as notas mais elevadas, ressaltando-se o percentual do volume elegível do primeiro.

Gráfico 46 - Nota de Eficiência Energético-Ambiental das unidades certificadas



Fonte: EPE a partir de ANP (ANP, 2023e).

11.2. Metas compulsórias de redução de emissões de GEE

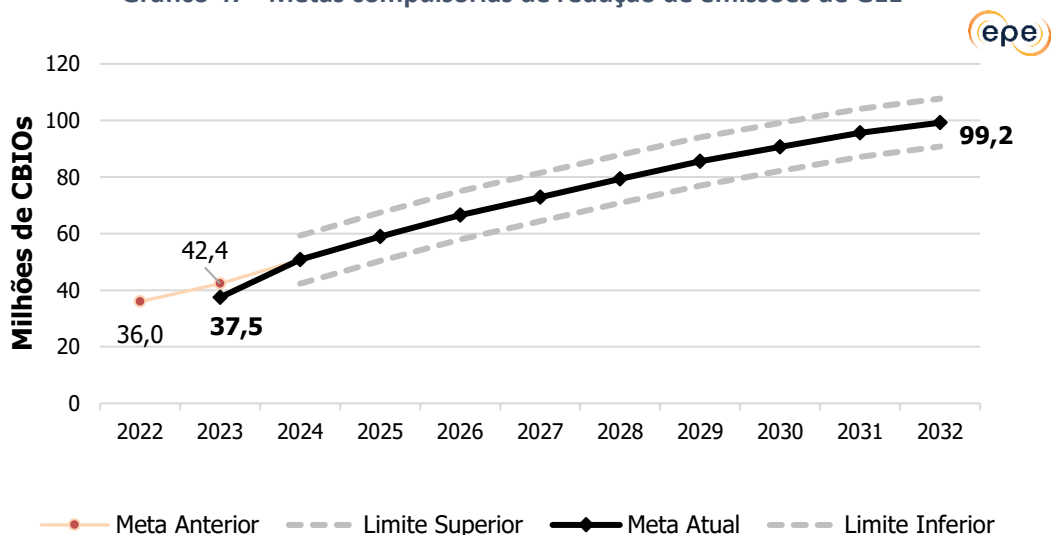
Em 24 de março de 2022, a ANP publicou as metas individuais compulsórias de redução de emissões de GEE para esse ano⁴⁹ (ANP, 2023e), aplicáveis aos distribuidores que comercializaram combustíveis fósseis tendo as três principais empresas do setor, Vibra, Raízen e Ipiranga uma participação de 65% do total. O Decreto Presidencial nº 11.141, de 21 de julho de 2022, alterou o prazo para comprovação destas metas, o qual deverá ocorrer até 31 de março do ano subsequente. Excepcionalmente, a comprovação de atendimento à meta individual referente a 2022 deverá ocorrer até 30 de setembro de 2023. Em 2023, o Decreto nº 11.499 de 26 de abril retornou ao definido originalmente, ou seja, cumprimento das metas até 31 de dezembro do ano corrente a partir de 2024 (BRASIL, 2022b) (BRASIL, 2023).

Em dezembro de 2022, o CNPE definiu as metas compulsórias anuais de redução de emissões de GEE para a comercialização de combustíveis para o decênio seguinte, por intermédio da Resolução CNPE nº 13, ratificando o ano de 2022, ajustando o valor para 2023 e incluindo o ano de 2032. As metas anuais de descarbonização podem ser observadas no Gráfico 47.

⁴⁸ 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.

⁴⁹ De acordo com a Resolução ANP nº 791/2019, as distribuidoras que não comprovaram o cumprimento integral de suas metas, referentes ao exercício de 2021, tiveram acréscimo proporcional nas respectivas metas de 2022. Conforme disposto no § 2º do artigo 5º desta mesma Resolução, a meta anual estabelecida pelo CNPE para 2022, foi reduzida em 1.392 CBIO, os quais foram retirados definitivamente de circulação do mercado por partes não obrigadas no ano anterior (ANP, 2019).

Gráfico 47 - Metas compulsórias de redução de emissões de GEE



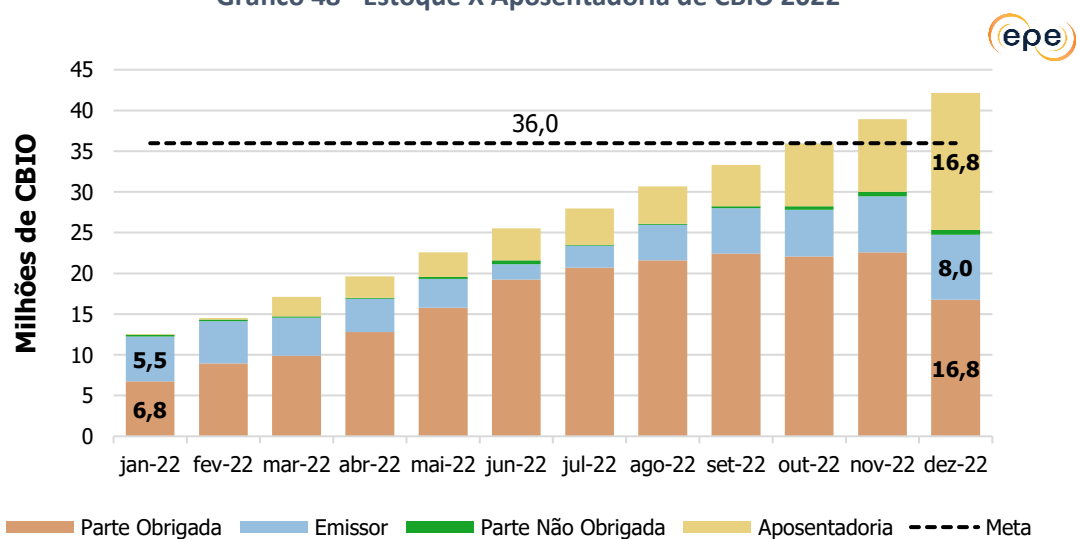
Fonte: (CNPE, 2022c).

11.3. Estoque e Aposentadoria do CBIO

Em função do novo prazo para comprovação destas metas individuais, conforme mencionado, as distribuidoras de combustíveis aposentaram 16,82 milhões de CBIOs, até 31 de dezembro de 2022, uma quantidade que representa 47% da meta global estabelecida. Não houve aposentadoria por parte não obrigada. Ao fim do ano, os CBIO disponíveis para comercialização (emitidos + em estoque) totalizaram 25,3 milhões, sendo: 8 milhões na posse dos emissores primários (31%), 16,7 milhões com a parte obrigada (66%) e 580 mil com partes não obrigadas (2%). Com relação à geração de lastro para emissão de CBIO, a ANP registrou um saldo inicial de 5,2 milhões em janeiro de 2023. O saldo de 2022 e o lastro, após conversão em CBIO, poderão ser adquiridos e/ou utilizados para comprovação das metas até o fim de setembro de 2023.

O Gráfico 48 apresenta o estoque de CBIO ao longo do ano em posse de cada agente deste mercado, assim como a evolução das aposentadorias.

Gráfico 48 - Estoque X Aposentadoria de CBIO 2022



Fonte: EPE a partir de (B3, 2023)

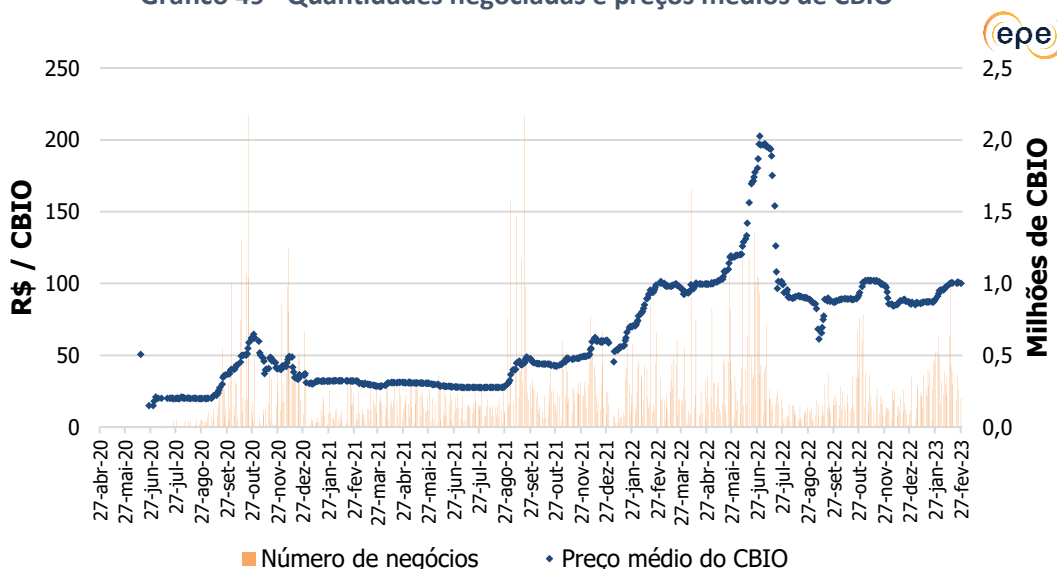
Em 2022 foram emitidos 31,2 milhões de C BIO, que adicionados ao estoque de 2021, 10,4 milhões, totalizam cerca de 42 milhões de créditos disponibilizados para comercialização na B3. Ao todo, foram negociados 28,8 milhões de C BIO, considerando-se o saldo entre estoque final e inicial das partes obrigadas e não obrigadas e a quantidade aposentada. O estoque de passagem ao final do ano foi de 6,2 milhões de C BIO, considerando o total disponível e a meta de 2022.

11.4. Preço do C BIO

Tendo fechado o ano de 2021 com um preço médio de R\$ 39, o C BIO apresentou rápida evolução no início de 2022, atingindo um patamar de R\$ 100 entre fevereiro e maio e chegou ao nível de R\$ 200 entre as segundas quinzenas de junho e de julho. Um dos motivadores aventados para esta subida de preços foi a percepção de uma eventual escassez de C BIO em relação às metas de 2022, pelas partes obrigadas da política pública (NOVACANA, 2022a). Outro ponto relevante foi a solicitação por parte do Ministério de Minas e Energia ao Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade) para que averiguasse as negociações do C BIO (MME, 2022a).

Com a alteração do prazo para a comprovação de atendimento às metas individuais referentes a 2022, de 31 de dezembro deste ano para 30 de setembro de 2023 (BRASIL, 2022b), o preço do C BIO apresentou uma queda substancial, retomando o patamar de R\$ 100, no qual permaneceu até o fim do ano, com pequenas oscilações. Com isso a média anual de 2022 foi de R\$ 111,6. O Gráfico 49 apresenta a quantidade de créditos de descarbonização negociada e os respectivos preços médios desde o início do funcionamento do mercado, até fevereiro de 2023.

Gráfico 49 - Quantidades negociadas e preços médios de C BIO



Fonte: (B3, 2023).

Estima-se que os produtores de biocombustíveis⁵⁰ tenham recebido uma receita de R\$ 3,2 bilhões proveniente dos 28,8 milhões de C BIO comercializados (aposentados e saldo entre o estoque final e inicial em posse das partes obrigadas e não obrigadas).

⁵⁰ O valor cobrado ao produtor de biocombustível por nota fiscal para a emissão de 1 C BIO caiu de R\$ 15,57 no período 2019/2020 para R\$ 4,00 em dezembro de 2022. A Plataforma C BIO 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 C BIO.

11.5. Outros pontos relevantes

Ao fim de 2022, com a Portaria MME nº 56/2022, objetivou-se aprimorar a regulamentação do mercado de Créditos de Descarbonização. O ponto de destaque está no Art. 7º que coloca que o CBIO deve ser negociado em ambiente que garanta a não identificação das contrapartes. Tal situação não se aplica a instituições financeiras em suas negociações diretas com emissores primários e compradores, nas seguintes condições: contratação de operações de derivativos de balcão que tenham como ativo objeto o CBIO; e sua compra ou venda futura, excluída qualquer possibilidade de negociação no mercado à vista com identificação das contrapartes (MME, 2022d).

A Comissão de Valores Mobiliários (CVM), por meio da Resolução nº 175 de 23 de dezembro de 2022 (CVM, 2022), publicou o novo marco regulatório para os fundos de investimentos, que entrará em vigor a partir de outubro de 2023. Dentre as diversas mudanças, a Resolução classifica o CBIO como ativo financeiro (vide trecho abaixo), o que possibilitará sua aquisição por fundos de investimentos (CVM, 2022).

*ANEXO NORMATIVO I – FUNDOS DE INVESTIMENTO FINANCEIRO
CAPÍTULO II – DEFINIÇÕES*

Art. 2º Para os efeitos deste Anexo Normativo I, entende-se por:

I – ativos financeiros, por natureza ou equiparação:

c) créditos de descarbonização – CBIO e créditos de carbono, desde que registrados em sistema de registro e de liquidação financeira de ativos autorizado pela CVM ou pelo Banco Central do Brasil ou negociados em mercado administrado por entidade administradora de mercado organizado autorizado pela CVM;

Em 29 de março de 2023, a ANP aprovou a Resolução nº 921 (ANP, 2023), que altera a RANP nº 791/2019, para incluir dispositivos que tratarão da sistemática de redução das metas individuais dos distribuidores, relativa à aquisição de biocombustíveis por meio de contratos de fornecimento de longo prazo. Entre as principais alterações da Resolução, encontram-se:

- fixação de prazos mínimos contratuais, para aplicação da redução, iguais para todos os biocombustíveis;
- possibilidade do contrato ser firmado com a matriz do produtor de biocombustível ou cooperativa de produtores;
- o volume de biocombustível contratado será multiplicado pelo fator de emissão de CBIO correspondente de cada unidade produtora;
- limitação da redução da meta individual do distribuidor a 20%, em respeito ao disposto no Decreto nº 9.888/2019, independentemente do quantitativo de contratos e volume;
- apuração anual do cumprimento do contrato, para fins de abatimento da meta.

Espera-se que essas alterações fomentem a realização de contratos de longo prazo com produtores de biocombustíveis de maior NEEA e o aumento da previsibilidade do mercado de CBIO.

12. Vinte anos do veículo flexfuel

12.1. Contextualização

O Brasil é pioneiro na produção e consumo de biocombustíveis, em especial do etanol produzido a partir da cana-de-açúcar. O país tem uma longa tradição no seu uso em veículos, com a mistura obrigatória do etanol anidro à gasolina registrada desde a década de 1930⁵¹ (BNDES, CGEE, 2008).

Historicamente, o principal marco para a expansão do etanol combustível foi o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), criado como resposta às crises do petróleo da década de 1970. O programa contemplou uma série de medidas e culminou no lançamento dos veículos movidos a “álcool” em 1979, que permitiu que o biocombustível na forma hidratada passasse a ser utilizado diretamente nos veículos. O sucesso do programa foi de tal magnitude que, em 1985, atingiu o pico de 95,8% das vendas totais de veículos de ciclo Otto para o mercado interno.

A relevante participação dos veículos a etanol nas vendas persistiu até o final da década de 1980, quando uma combinação entre preços baixos de petróleo e preços altos de açúcar no mercado internacional, além da redução do estímulo governamental para a produção de etanol, provocaram um ambiente desfavorável, reduzindo sua oferta. A perda de confiança do consumidor, então dependente apenas do etanol, foi decisiva para o retorno momentâneo da preferência aos veículos a gasolina. Como consequência, o consumo de etanol hidratado passou a se reduzir na década de 1990.

A tendência negativa de produção e uso do etanol hidratado se reverte a partir de 2003, quando foram lançados no Brasil os veículos *flex fuel*. Projetados para funcionar com uma mistura de etanol hidratado e gasolina C, em qualquer proporção, tais veículos permitem que os motoristas escolham o combustível que desejam usar, dependendo do preço e da disponibilidade de cada um. Resolvia-se, portanto, o receio do consumidor de uma possível escassez do biocombustível como a enfrentada no período anterior.

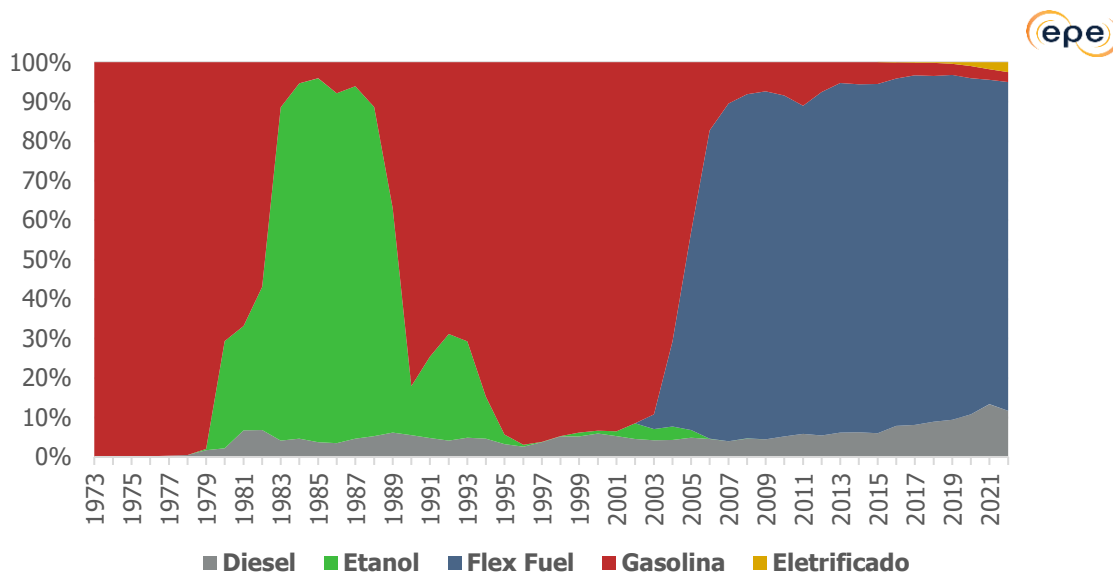
O primeiro veículo *flex fuel* foi resultado de uma parceria entre a Volkswagen e a Bosch. O Gol 1.6 Total Flex foi lançado de forma exitosa em março de 2003, com mais de 33 mil unidades vendidas neste ano, o que representou 3% das vendas totais. A partir de então, outras montadoras passaram a investir nessa tecnologia, que em pouco tempo se tornou muito popular no país.

Apenas dois anos após o início das vendas, em 2005, os modelos *flex fuel* já correspondiam a mais da metade dos licenciamentos de novos veículos no país. Desde 2006, a participação da categoria nos licenciamentos se manteve em patamares superiores a 75%, sendo responsável por cerca de 85% dos licenciamentos em 2022 (ANFAVEA, 2023).

O Gráfico 50, que apresenta os dados de licenciamento de veículos novos nos últimos cinquenta anos, permite visualizar os três principais movimentos de mudança descritos anteriormente. Nota-se, em primeiro lugar, a rápida e dominante entrada dos veículos a etanol, que durou cerca de uma década. Na sequência, o consumidor volta a preferência para os movidos a gasolina. A partir do lançamento do *flex fuel* em 2003, esta tecnologia se torna dominante, se mantendo nessa condição até hoje.

⁵¹ O percentual de adição de anidro à gasolina variou ao longo do tempo. A legislação vigente define os limites da mistura entre 18% e 27,5%, e atualmente vigora a composição de 27% de anidro na gasolina comum (gasolina C) e de 25% na gasolina premium (MAPA, 2023).

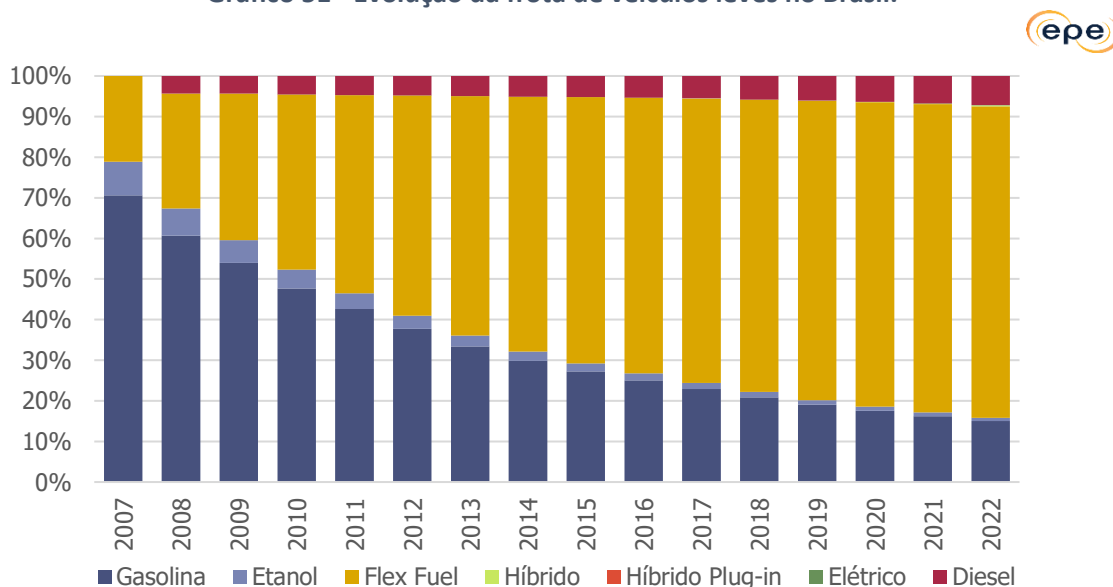
Gráfico 50 - Licenciamento de novos veículos leves por tipo de combustível, de 1973 a 2022.



Fonte: EPE a partir de (ANFAVEA, 2023).

À medida que os veículos *flex fuel* passaram a dominar o licenciamento, a frota foi se modificando na mesma direção. O Gráfico 51 permite verificar que essa tecnologia está presente na maior parte dos veículos leves atualmente em circulação no território nacional.

Gráfico 51 - Evolução da frota de veículos leves no Brasil.



Fonte: (EPE, 2023b)

Na sequência, se buscará evidenciar que os veículos *flex fuel* se consolidaram como um dos pilares do sistema que torna o Brasil um dos maiores produtores e consumidores de etanol do mundo. Esses veículos são um complemento essencial à indústria de biocombustíveis, que gera empregos e contribui para o desenvolvimento econômico nacional, ao passo que oferece uma alternativa aos combustíveis fósseis para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

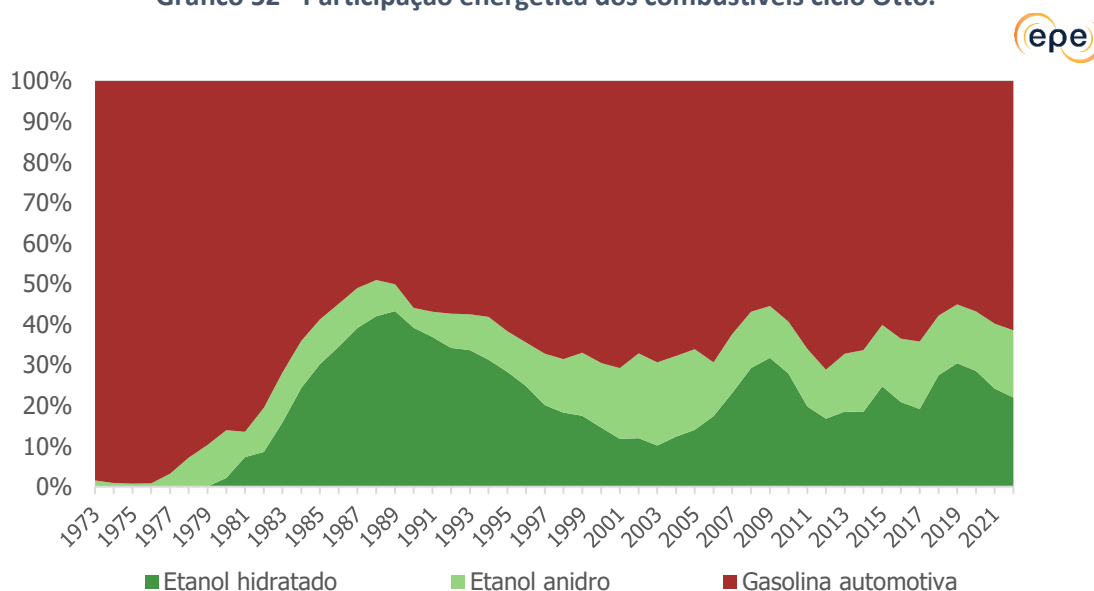
12.2. Veículos flex: a sustentação de uma das matrizes de transportes rodoviários mais limpas do mundo

Nos últimos anos, o Brasil tem mantido a mistura obrigatória de etanol anidro à gasolina A em 27% em volume⁵², compondo a gasolina C (MAPA, 2023). Dado que a gasolina C pode abastecer também os veículos movidos exclusivamente a gasolina em operação no território nacional, se poderia admitir que esse percentual estabeleceria o nível de consumo de etanol, mesmo na ausência do veículo *flex fuel*.

No entanto, a maior parte do etanol consumido no país tem sido aquele comercializado como etanol hidratado, que só é possível pela presença de veículos *flex fuel*. Isso ocorre porque as características técnicas dos veículos dedicados a gasolina impõem limites à mistura de etanol no combustível que os abastece e porque os veículos dedicados a etanol atualmente não possuem representatividade na frota.

Ou seja, o etanol hidratado consumido pelos veículos *flex fuel* proporciona uma participação muito maior de renováveis no consumo de combustíveis por veículos leves do Brasil do que seria possível na ausência deles. O Gráfico 52 mostra, em termos de conteúdo energético, a contribuição de cada um dos combustíveis do ciclo Otto no abastecimento dos veículos. No ano de 2022, 21,9% foi referente ao etanol hidratado, sendo que uma participação de 30,4% foi atingida em 2019.

Gráfico 52 - Participação energética dos combustíveis ciclo Otto.

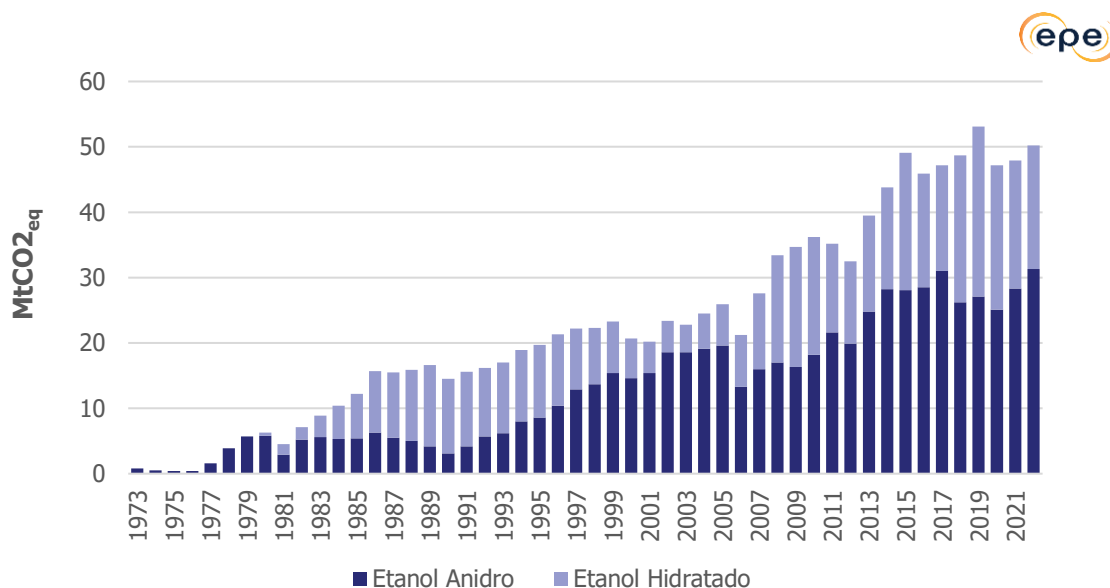


Fonte: EPE a partir de (EPE, 2023a).

Como o etanol tem uma intensidade de carbono menor que a da gasolina, os veículos *flex fuel* também viabilizam a redução de emissões de GEE da matriz de transporte. Considerando as intensidades de carbono médias atuais dos combustíveis, pode-se estimar as emissões evitadas pelo uso do etanol hidratado, que exigem veículos *flex fuel* ou dedicado a etanol para consumi-lo, como ilustrado no Gráfico 53.

⁵² Para a gasolina premium o percentual de etanol anidro é de 25%

Gráfico 53 - Emissões evitadas pelo uso de etanol anidro e hidratado.



Fonte: EPE a partir de (EPE; FBDS, 2009), (EPE, 2023a), (IPCC, 2006) e (ROSA, OLIVEIRA, COSTA, PIMENTEIRA, & MATTOS, 2003).

Nesse contexto, cabe comparar o Brasil com o caso dos Estados Unidos, que são o maior produtor de etanol do mundo. No país norte-americano, o principal insumo é o milho e o instrumento para garantir a produção e o consumo de etanol é o mandato volumétrico de biocombustíveis, definido pela agência ambiental federal (EPA), que se converte majoritariamente em misturas de etanol à gasolina. Desde o início dessa medida, no entanto, sabe-se de seu limite: a “blend wall”, uma barreira ao aumento da mistura em níveis entre 10% (E10) e 15% (E15), devido às características da infraestrutura de abastecimento e da frota veicular do país. Composta por cerca de 20 milhões de veículos, mas relativamente pequena frente ao total de mais de 260 milhões de veículos leves (EIA, 2023a), a frota *flex fuel* dos Estados Unidos concentra os veículos capazes de absorver o combustível composto por até 83% de etanol (chamado de E85), alternativa à gasolina oferecida em certas localidades do país, principalmente na sua região produtora de etanol e em estados como Texas e Califórnia (Brown, Erickson, & White, 2023).

Para comparação do caráter renovável da matriz brasileira com o mundo ou com outros países, esbarra-se na limitação de dados abertos específicos para o suprimento de veículos leves. Por isso, cabe comparar dados da matriz de combustíveis do setor de transportes como um todo, o que inclui o tráfego rodoviário pesado e outros meios de transporte, como o ferroviário e aéreo.

Em 2022, a matriz energética brasileira do setor de transportes teve 21,5% de participação de biocombustíveis, sendo 9,6% do etanol hidratado, 7,3% do etanol anidro e os restantes 4,6% do biodiesel. São majoritários nessa matriz os combustíveis fósseis óleo diesel, com 44,6%, e a gasolina automotiva, com 27,1%. Desde a introdução dos veículos flex fuel, o ano de 2019 foi o que apresentou a maior participação de renováveis no setor de transportes, com os biocombustíveis somados superando 25% de contribuição. Observando-se a matriz de transportes rodoviário, essa participação chegou a 22,8% (EPE, 2023a).

No mundo, os dados mais recentes, referentes a 2019, revelam que a participação de fontes renováveis na matriz de transportes se limitou a 3,7%, sendo 3,3% de biocombustíveis e 0,4% de eletricidade renovável (REN21, 2022).

Em levantamento realizado pela *IEA Bioenergy* sobre seus países membros, o Brasil é o líder nesse quesito. Entre os 25 países selecionados, apenas a matriz de transportes da Suécia se aproxima da brasileira em participação de renováveis, em grande parte pelo biodiesel utilizado no país escandinavo. Apenas outros dois países, Noruega e Finlândia, superam os 10% (IEA, 2021). Cabe ressaltar que o consumo absoluto de renováveis no setor de transportes pelo Brasil supera em muito o volume dos países citados. Em relação à Suécia, por exemplo, trata-se de uma demanda energética mais de dez vezes superior.

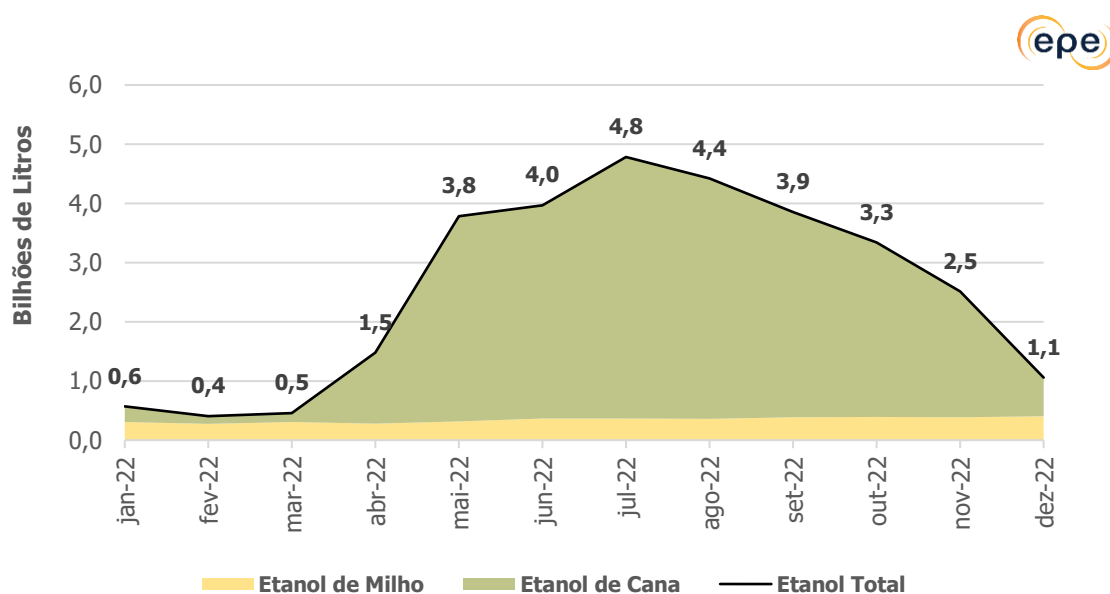
12.3. Acomodação das flutuações na oferta e mapa de combustíveis líquidos

O sistema brasileiro de abastecimento de veículos leves, com participação relevante do etanol hidratado suportada pela tecnologia *flex fuel*, é também ideal para acomodar flutuações e sazonalidades da sua oferta.

A produção nacional do biocombustível pode variar ano a ano em função de diversos fatores, por exemplo: condições climáticas, que alteram a produtividade da safra; preços internacionais do açúcar e do petróleo, que podem mudar a decisão pelo *mix* de produção das usinas com destilarias anexas; e condições estruturais e financeiras do setor sucroenergético, bem como o cenário de incentivos e políticas públicas.

De forma similar à variação da oferta de etanol entre as safras, verifica-se flutuações também ao longo do ano em função da sazonalidade na produção da principal matéria-prima. A cana-de-açúcar da região Centro-Sul, responsável por cerca de 80% da oferta de etanol do país, tem sua colheita e moagem nas usinas concentrada no período entre março e novembro. Por outro lado, a crescente produção de etanol a partir do milho não apresenta sazonalidade, com base na viabilidade de armazenamento do grão e a possibilidade de colheita de mais de uma safra no mesmo ano. O Gráfico 54 apresenta a produção mensal do etanol de cana e de milho ao longo de 2022.

Gráfico 54 - Produção mensal do etanol de cana (1G e 2G) e de milho em 2022

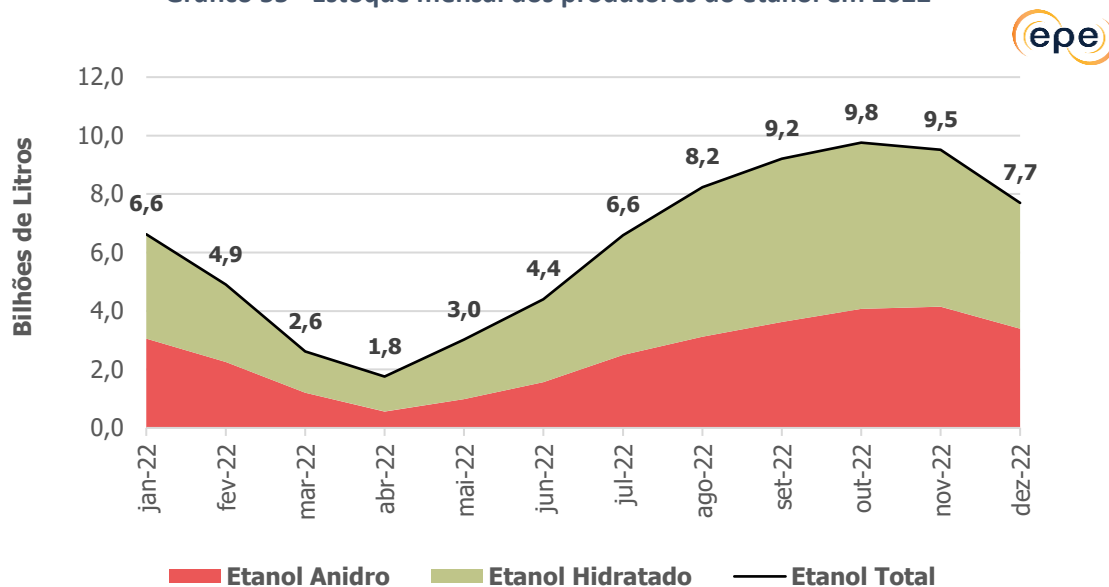


Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2023) e (UNICA, 2023).

As flutuações na oferta do etanol guardam relação com seus preços, afetando a escolha do consumidor e a demanda pelo biocombustível. Nos períodos em que a oferta se reduz, gera-se tendência de aumento dos preços relativos do etanol, e a robusta frota de veículos *flex fuel* permite que os consumidores optem pela gasolina. No caso inverso, ou seja, de períodos com elevada produção e preços menores do etanol, a opção pelo hidratado pode prevalecer.

Há, no entanto, outros elementos que exercem influência sobre essa dinâmica. Por exemplo, a capacidade de estocagem dos agentes pode prevenir excessos de oferta de etanol, suavizando a variação de preços e, finalmente, do consumo de hidratado. O Gráfico 55 apresenta os estoques físicos de etanol no país em 2022, evidenciando uma variação que acompanha as safras da cana-de-açúcar da região Centro-Sul.

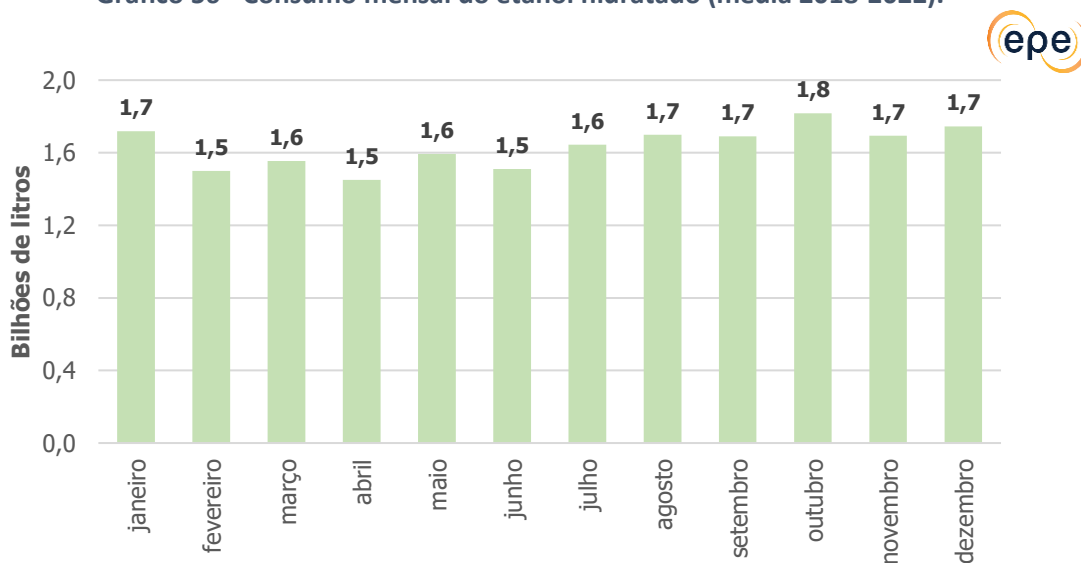
Gráfico 55 - Estoque mensal dos produtores do etanol em 2022



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2023).

Além da capacidade de estoque, o veículo *flex fuel* é capaz de absorver essas variações residuais na oferta de etanol, o que garante uma menor vulnerabilidade na segurança do abastecimento de combustível e maior confiança do usuário de veículo flex. Para ilustrar a sazonalidade e a absorção viabilizada pelo veículo *flex fuel*, pode-se verificar os extremos do consumo mensal de etanol hidratado. No período entre 2018 e 2022, o valor médio máximo foi de 1,82 bilhão de litros, atingido no mês de outubro. Em abril, o mês de mínimo, o consumo foi de 1,45 bilhão de litros, correspondente a 80% do patamar atingido em outubro. O consumo médio mensal do etanol hidratado entre 2018 e 2022, indicando a sazonalidade, é apresentado no Gráfico 56.

Gráfico 56 - Consumo mensal do etanol hidratado (média 2018-2022).



Fonte: EPE a partir de (EPE, 2023a) e (MAPA, 2023).

Em 2017 foi promulgada no Brasil a Lei da Política Nacional de Biocombustíveis – RenovaBio (BRASIL, 2017c), que determina metas de redução de emissões de GEE para a matriz de combustíveis em um horizonte de dez anos. Conforme apontado no Capítulo 11 deste documento, a ambição é que, dos 37,5 milhões de CBIO definidos para 2023, atinjam-se 99,2 milhões de CBIO em 2032. Apesar de haver muitas formas de elevar a geração de CBIO, incluindo a melhoria da intensidade de carbono, o cumprimento das metas exigirá o aumento da oferta de biocombustíveis. Para atingir este objetivo, o crescimento do etanol hidratado ao longo dos anos será essencial, e seu consumo é viabilizado pelos veículos *flex fuel*. O protagonismo do etanol hidratado é esperado, pois o etanol anidro e o biodiesel se limitam basicamente às misturas obrigatórias. Outros biocombustíveis, como o biometano e o diesel verde, por exemplo, também devem contribuir para o cumprimento das metas.

Além das flutuações no tempo, intra e interanuais, a associação dos veículos *flex fuel* com o etanol hidratado garante a acomodação de diferenças regionais na produção e de seu consumo do Brasil.

Na safra 2022/2023, quatro estados concentraram 80% da produção de etanol. Em primeiro lugar, o estado de São Paulo foi responsável por 38%, seguido dos três estados da região Centro-Oeste, Goiás (15%), Mato Grosso (14%) e Mato Grosso do Sul (13%). Com essa característica regional de produção, a absorção local do etanol hidratado reduz os custos logísticos do abastecimento de combustíveis. A partir da existência do veículo *flex fuel*, os consumidores das regiões produtoras podem ter um consumo de etanol hidratado elevado em relação ao do restante do país, tendo em vista que há grande probabilidade de haver maior atração do biocombustível frente à gasolina.

A vantagem logística é ainda mais proeminente devido ao fato de as refinarias nacionais, onde há a produção de gasolina, estarem concentradas na costa, distante da região Centro-Oeste. Graças à frota *flex fuel*, é possível que os estados produtores de etanol incrementem a participação do hidratado no abastecimento de seus veículos, minimizando o transporte do combustível fóssil à região e do etanol na direção de outros estados. Para a região Centro-Oeste, na qual o escoamento da safra de grãos é altamente dependente do transporte rodoviário, o fato do etanol e da gasolina requererem menor uso das rodovias e ferrovias da região traz uma maior eficiência logística, favorecendo o transporte das *commodities* agrícolas.

Ainda sobre a região Centro-Oeste, cabe notar que a franca expansão atual do etanol de milho, baseada na disponibilidade de matéria-prima local, a consolida como grande polo produtor do biocombustível. Pode-se esperar, sob esta lógica, que amplie seu papel também como polo consumidor de etanol, com razões entre o consumo de etanol hidratado e de gasolina C mais elevadas que no restante do país.

Um instrumento importante para a competitividade do etanol é a diferenciação tributária, particularmente no que se refere ao ICMS. Conforme apontado no Capítulo 3, o imposto tem peso relevante na composição dos preços dos combustíveis, e atualmente os estados têm autonomia na definição das alíquotas até o limite superior estabelecido (BRASIL, 2022c).

A implementação de alíquotas menores para o etanol em relação às da gasolina, que pode ter múltiplas motivações, caracteriza um incentivo ao consumo do hidratado – sustentado pela frota *flex fuel*, favorecendo a indústria local e efetivando uma vantagem logística ao evitar o transporte do biocombustível a longas distâncias, como mencionado anteriormente. O estado de São Paulo, maior produtor de etanol do país, é um exemplo do uso desse instrumento e vem consistentemente praticando alíquotas menores para o etanol hidratado. Ao final de 2022, esta era de 9,6%, enquanto sobre a gasolina C incidia a alíquota de 18%. Contudo, a maior diferenciação tributária era praticada em Minas Gerais, de 8,7 p.p. (18% sobre a gasolina C e 9,3% sobre o hidratado).

12.4. Considerações finais

Neste artigo, buscou-se demonstrar que a frota de veículos *flex fuel* contribui para a segurança do abastecimento nacional e para que o Brasil tenha uma das matrizes de transportes rodoviário mais limpas do mundo. Isso ocorre porque esses veículos viabilizam o uso de etanol hidratado e a acomodação de variações na oferta nacional do biocombustível, tanto temporais quanto geográficas, promovendo a redução dos custos logísticos.

Pelos mesmos princípios, a frota *flex fuel* também seria fundamental para a consolidação de uma eventual estratégia de descarbonização dos veículos leves centrada nos biocombustíveis, considerando os objetivos mundiais da neutralidade de carbono na segunda metade do século XXI (MCTI, 2021).

Caso venha a ser executada, tal estratégia exigiria um expressivo crescimento da participação do etanol na matriz de combustíveis. Trata-se de um desafio que envolve uma série de ações, particularmente relacionadas a aumentar a oferta de etanol de forma sustentável. Nesse sentido, o país dispõe do RenovaBio, que oferece previsibilidade à expansão dos biocombustíveis no país e estimula a eficiência energético-ambiental da sua produção. O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), considera em suas estimativas os desdobramentos positivos indicados das políticas relacionadas aos biocombustíveis (43 bilhões de litros de etanol combustível em 2032, 55% da demanda energética ciclo Otto).

Do lado da demanda, por sua vez, o Brasil já estaria preparado. Os veículos *flex fuel* permitiriam a assimilação de níveis de penetração muito elevados de etanol hidratado, bem como uma transição progressiva até atingi-los.

Isso não significa que a frota atual, ou mesmo a grande maioria dos veículos novos, já seja ideal para a construção de um sistema neutro em carbono. Há soluções disponíveis que podem melhorar o rendimento do uso de combustíveis nos veículos, como a combinação com motores elétricos em veículos híbridos *flex fuel*. Aprimorando a eficiência energética, pode-se reduzir a demanda futura por combustíveis, viabilizando maior participação do etanol sem exigir uma ampliação excessiva da oferta. Para garantir avanços nessa frente, o Rota 2030 é um dos principais instrumentos.

Cabe lembrar que um sistema de mobilidade realmente sustentável reconhecerá os ganhos sinérgicos da integração modal, com a priorização do transporte público, como ônibus, trens e metrô, e dos deslocamentos de bicicleta e a pé. O espaço que caberá ao transporte individual motorizado, e particularmente aos veículos, exigirá um suprimento crescentemente renovável. Para viabilizá-lo, o Brasil conta com os veículos *flex fuel*.

13. Referências

- ABIOGÁS. (2020). *O Potencial Brasileiro do Biogás. Nota Técnica*. Associação Brasileira do Biogás, São Paulo. Acesso em 24 de fevereiro de 2023, disponível em https://uploads-ssl.webflow.com/632ab10950c5e334290bfadf/6390e394c734a95f3032a2da_NOTA-TECNICA_POTENCIAL_ABIOGAS.pdf
- ABIOVE. (2023). *Estatísticas*. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais, São Paulo. Acesso em 13 de abril de 2023, disponível em www.abiove.org.br/estatisticas
- ALSP. (2002). *Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas*. Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo, São Paulo. Acesso em 16 de outubro de 2020, disponível em <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11241-19.09.2002.html>
- ANEEL. (2023a). *Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA*. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllWjlyMmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYtNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>
- ANEEL. (2023b). *Unidades com Geração Distribuída*. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiY2VmMmUwN2QtYWFiOS00ZDE3LWI3NDMtZDk0NGI4MGU2NTkxliwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYtNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>
- ANFAVEA. (2023). *Dados Estatísticos para Download*. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, São Paulo. Acesso em 31 de janeiro de 2023, disponível em <https://anfavea.com.br/site/edicoes-em-excel/>
- ANP. (2014). *Resolução ANP nº 45, de 25 de agosto de 2014. Dispõe sobre a especificação do biodiesel contida no Regulamento Técnico ANP nº 3 de 2014 e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível. Rio de Janeiro: Diário Oficial da União. Acesso em 25 de Junho de 2020, disponível em <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-2014>
- ANP. (2018). *Resolução ANP nº 719, de 22 de fevereiro de 2018*. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 11 de maio de 2021, disponível em <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-719-de-21-de-fevereiro-de-2018-4055024>
- ANP. (2019). *Resolução ANP nº 791, de 12 de junho de 2019. Dispõe sobre a individualização das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Fonte: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-791-de-12-de-junho-de-2019-163598743>
- ANP. (2021a). *Resolução ANP nº 842, de 14 de maio de 2021. Estabelece a Especificação do Diesel Verde*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: Diário Oficial da União. Acesso em 27 de abril de 2021, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-842-de-14-de-maio-de-2021-320059616>
- ANP. (2021b). *Resolução ANP nº 855, de 08 de outubro de 2021. Altera resoluções para modificar as regras de comercialização do etanol hidratado combustível*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: Diário Oficial da União. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-855-de-8-de-outubro-de-2021-351938618>
- ANP. (2021c). *Resolução ANP nº 857, de 25 de outubro de 2021. Dispõe sobre as regras de comercialização de biodiesel para atendimento da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro.
- ANP. (2021d). *Resolução ANP nº 858, de 05 de novembro de 2021. Altera resoluções, permitindo a venda direta de gasolina C e etanol fora dos postos de combustível e dá outras providências*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: Diário Oficial da União. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-858-de-5-de-novembro-de-2021-357364148>
- ANP. (2021e). *Resolução ANP nº 863, de 20 de dezembro de 2021. Altera a Resolução ANP nº 802, de 5 de dezembro de 2019, para incluir operações de comercialização de etanol hidratado*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural

e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: Diário Oficial da União. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-anp-n-863-de-20-de-dezembro-de-2021-368984445>

- ANP. (2022a). *Relatório Dinâmico de Autorizações. Produtores de Biocombustíveis*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 20 de dezembro de 2022, disponível em <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZWZDI4YjEtOTliMi00NDY5LWJjZDktMTA0MTEzOGYzOGJjliwidCI6ljQ0OTlmNGZmLTl0YTtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzkyZkxMyJ9&pageName=ReportSection>
- ANP. (2022b). *Resolução ANP nº 886, de 29 de setembro de 2022. Estabelece a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: Diário Oficial da União. Acesso em 28 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-886-de-29-de-setembro-de-2022-432620215>
- ANP. (2022c). *Resolução ANP nº 906, de 18 de novembro de 2022. Dispõe sobre as especificações do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: Diário Oficial da União. Acesso em 28 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-906-de-18-de-novembro-de-2022-445749990>
- ANP. (2023a). *Dados Estatísticos*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Fonte: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>
- ANP. (2023b). *Informações de Mercado. Biodiesel*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 13 de fevereiro de 2023, disponível em <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>
- ANP. (2023c). *Levantamento de preços*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 31 de Janeiro de 2023, disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br>
- ANP. (2023d). *Painel Dinâmico de Produtores de Etanol*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 04 de julho de 2023, disponível em <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZWU1MTc0ZjYtMjVhYi00YTEwLWJhODMtODQ0MDdhNmJiMwYwliwidCI6ljQ0OTlmNGZmLTl0YTtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzkyZkxMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22>
- ANP. (2023e). *RenovaBio*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 28 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>
- ANP. (2023f). *Resolução ANP nº 921, de 04 de abril de 2023. 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 causadores do efeito estufa*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro: Diário Oficial da União. Acesso em 07 de julho de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-921-de-4-de-abril-de-2023-475212705>
- APROBIO. (2022). *Projeto piloto prevê produção de combustível sustentável de aviação no RN*. Associação dos Produtores de Biocombustíveis do Brasil, São Paulo. Acesso em 27 de junho de 2022, disponível em <https://aprobio.com.br/noticia/pprojeto-piloto-prevecirc-produccedilatildeo-de-combustiacutevel-sustentaacutivel-de-aviaccedilatildeo-no-rnp>
- ARGUS. (2023). *Indonesia's biodiesel exports up, UCO down in 2022*. Argus Media, Londres. Acesso em 27 de março de 2023, disponível em <https://www.argusmedia.com/en/news/2416036-indonesias-biodiesel-exports-up-ucodown-in-2022>
- ASTM. (2015). *Standard Specification for Jet B Wide-Cut Aviation Turbine Fuel. ASTM D6615 - 15*. American Standarts Testing Materials, Filadélfia, US.
- ASTM. (2018). *Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons. ASTM D7566 - 18*. American Standarts Testing Materials, Filadélfia, US.
- B3. (2023). *Renda Fixa, Série Histórica, Dados por Ativos. Brasil, Bolsa Balcão*. B3 S.A, São Paulo. Acesso em 28 de fevereiro de 2023, disponível em http://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/historico/renda-fixa/

- BC. (2023). *Sistema Gerenciador de Séries Temporais*. Banco Central do Brasil, Brasília. Acesso em 13 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>
- BNDES. (2023a). *BNDES apoia produção de biogás em Goiás*. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro. Acesso em 16 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-apoia-producao-de-biogas-em-goias/>
- BNDES. (2023b). *BNDES Prorenova*. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro. Acesso em 23 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-prorenova>
- BNDES. (2023c). *BNDES RenovaBio*. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-renovabio>
- BNDES. (2023d). *Comunicação Pessoal*. Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro.
- BNDES. (2023e). *Navegador de Financiamentos*. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro. Acesso em 23 de fevereiro de 2023, disponível em www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/navegador#!/
- BNDES, CGEE. (2008). *Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável*. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Rio de Janeiro. Acesso em 08 de maio de 2023, disponível em https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/6305?&locale=pt_BR
- BRASIL. (2005). *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. Fonte: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=8&data=14/01/2005>
- BRASIL. (2016). *Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 13 de março de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-no-13-263-de-23-de-marco-de-2016-21173394>
- BRASIL. (2017a). *Decreto nº 9.101, de 21 de julho de 2017. Altera o Decreto nº 5.059, de 30 de abril de 2004, e o Decreto nº 6.573, de 19 de setembro de 2008, que reduzem as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 24 de maio de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-9-101-de-20-de-julho-de-2017-19187604>
- BRASIL. (2017b). *Decreto nº 9.112, de 28 de julho de 2017. Reduz as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a importação e a comercialização de álcool*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 24 de maio de 2017, disponível em <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1000&pagina=3&data=28/07/2017>
- BRASIL. (2017c). *Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 12 de março de 2023, disponível em <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=4&data=27/12/2017>
- BRASIL. (2021a). *Decreto nº 10.712, de 02 de junho de 2021. Regulamenta a Lei nº 14.134, de 8 de abril de 2021, que dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição, e dá outras providências*. Governo Federal, Brasília. Acesso em 28 de fevereiro de 2023, disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/decreto/D10712.htm
- BRASIL. (2021b). *Lei nº 14.134, de 08 de abril de 2021. Dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição Federal, e dá outras providências*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 28 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14-134-de-8-de-abril-de-2021-312904769>
- BRASIL. (2021c). *Medida Provisória nº 1.063, de 11 de agosto de 2021. Altera a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e a Lei nº 9.718, de 27 de novembro de 1998, para dispor sobre as operações de compra e venda de álcool e outras*

providências. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/medida-provisoria-n-1.063-de-11-de-agosto-de-2021-337790293>

- BRASIL. (2021d). *Medida Provisória nº 1.069, de 13 de setembro de 2021. Altera a Medida Provisória nº 1.063, de 11 de agosto de 2021 e outras, para dispor sobre a comercialização de combustíveis por revendedor varejista*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/medida-provisoria-n-1.069-de-13-de-setembro-de-2021-344462682>
- BRASIL. (2022a). *Decreto nº 11.003, de 21 de março de 2022. Institui a Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano*. Governo Federal, Brasília. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11003.htm
- BRASIL. (2022b). *Decreto nº 11.141, de 21 de julho de 2022. Altera o Decreto nº 9.888, de 27 de junho de 2019, para dispor sobre o prazo para comprovação do atendimento à meta anual individual de redução de emissões*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 28 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-11.141-de-21-de-julho-de-2022-417054252>
- BRASIL. (2022c). *Lei Complementar nº 194, de 23 de junho de 2022. Altera a Lei nº 5.172/1966, e a Lei Complementar nº 87/1996 para considerar bens e serviços essenciais os relativos aos combustíveis, à energia elétrica, às comunicações e ao transporte coletivo*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 01 de junho de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-complementar-n-194-de-23-de-junho-de-2022-410028232>
- BRASIL. (2022d). *Lei nº 14.292, de 3 de janeiro de 2022. Altera a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e a Lei nº 9.718, de 27 de novembro de 1998, para dispor sobre as operações de compra e venda de álcool, a comercialização de combustíveis por revendedor varejista e a*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 22 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.292-de-3-de-janeiro-de-2022-371717581>
- BRASIL. (2022e). *Medida Provisória nº 1.100, de 14 de fevereiro de 2022. Altera a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e a Lei nº 9.718, de 27 de novembro de 1998*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/medida-provisoria-n-1.100-de-14-de-fevereiro-de-2022-380129177>
- BRASIL. (2022f). *Medida Provisória nº 1.118, de 11 de maio de 2022. Altera a Lei Complementar nº 192, de 11 de março de 2022*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 19 de maio de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/medida-provisoria-n-1.118-de-17-de-maio-de-2022-401063743>
- BRASIL. (2023). *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. Acesso em 02 de junho de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-11.499-de-25-de-abril-de-2023-479448324>
- BRASIL BIOFUELS. (2022). *BBf e Vibra, Ex-BR, vão produzir combustível para aviação com óleo de palma do Amazonas*. Brasil Biofuels, São Paulo. Acesso em 27 de junho de 2022, disponível em <https://www.brasilbiofuels.com.br/bbf-e-vibra-ex-br-vaio-produzir-combustivel-para-aviacao-com-oleo-de-palma-no-amazonas/>
- BRASIL, ÍNDIA. (2019). *Memorando de Entendimento entre a República Federativa do Brasil e a República da Índia sobre Cooperação em Bioenergia*. Acesso em 13 de abril de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/web/dou/-/memorando-de-entendimento-entre-a-republica-federativa-do-brasil-e-a-republica-da-india-sobre-cooperacao-em-bioenergia-272979713>
- Brown, A., Erickson, H., & White, E. (2023). *E85 Fueling Infrastructure Trends: A Decade in Review*. National Renewable Energy Laboratory, Washington DC. Fonte: <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/83610.pdf>
- CADE. (2021). *Parecer nº 65/2021/CGAA5/SGA1/SG, Processo nº 08700.000471/2021-75, Requerentes: BIOSEV S.A., Raízen Energia S.A. E Raízen Combustíveis S.A.* Conselho Administrativo de Defesa Econômica, Brasília. Acesso em 10 de maio de 2023, disponível em https://sei.cade.gov.br/sei/modulos/pesquisa/md_pesq_documento_consulta_externa.php?DZ2uWeaYicbuRZEFhBt-n3BfPLlu9u7akQAh8mpB9yPpnEfCA4DcqXMPXiGriX_2bMXYel_NEhk05hirBddpgfaPztOtZH_DYx5x3S1iiQ0cWelUcXxYV1onsC-5gHoX

- CASA CIVIL. (2021). *Aprovada a criação do Programa Combustível do Futuro*. Casa Civil, Brasília. Acesso em 01 de junho de 2021, disponível em <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2021/abril/aprovada-a-criacao-do-programa-combustivel-do-futuro#:~:text=O%20Programa%20Combust%C3%ADvel%20do%20Futuro%2C%20que%20tem%20como,um%20passo%20na%20lideran%C3%A7a%20da%20transi%C3%A7%C3%A3o%20>
- CCEE. (2023a). *InfoMercado: Dados Individuais*. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, São Paulo. Acesso em 31 de março de 2023, disponível em www.ccee.org.br
- CCEE. (2023b). *Metodologia de Preços - PLD*. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, São Paulo. Acesso em 31 de março de 2023, disponível em www.ccee.org.br
- CE. (2009). *Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 2001/77/CE e 2003/30/CE*. Comissão Europeia. Bruxelas: Jornal Oficial da União Europeia. Acesso em 04 de Julho de 2009, disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=SK>
- CE. (2023). *Clean Energy for All Europeans*. Comissão Europeia, Bruxelas. Acesso em 26 de março de 2023, disponível em https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en
- CEPEA/ESALQ. (2023). *Preços Agropecuários. Etanol*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, Piracicaba, SP. Acesso em 24 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/etanol.aspx>
- CIBIOGAS. (2022). *Panorama do Biogás no Brasil 2021*. Centro Internacional de Energias Renováveis, Foz do Iguaçu. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://materiais.cibiogas.org/download-panorama-do-biogas-no-brasil-2021>
- CNPE. (2014). *Resolução nº 14, de 09 de dezembro de 2020. Estabelece as diretrizes para a comercialização de biodiesel em todo território nacional, e dá outras providências*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 16 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-296859038>
- CNPE. (2015). *Resolução nº 03, de 21 de setembro de 2015. Autoriza e define diretrizes para comercialização e uso voluntário de biodiesel*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 14 de outubro de 2015, disponível em https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/arquivos/2015/resolucao_3_cnpe_biodiesel.pdf
- CNPE. (2021). *Resolução nº 07, de 20 de abril de 2021. Institui o Programa Combustível do Futuro*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 14 de maio de 2021, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021/ResCNPE72021.pdf>
- CNPE. (2021a). *Resolução nº 06, de 20 de abril de 2021. Determina a realização de estudo para proposição de diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 24 de maio de 2021, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-320051164>
- CNPE. (2021b). *Resolução nº 25, de 22 de novembro de 2021. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a fixação do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil em 10% (dez por cento), para o ano de 2022*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 02 de maio de 2022, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021/ResCNPE252021revogada.pdf>
- CNPE. (2022a). *Resolução nº 06, de 23 de junho de 2022. Institui o Programa Nacional do Hidrogênio*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 18 de maio de 2023, disponível em <https://in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-419972141>
- CNPE. (2022b). *Resolução nº 12, de 21 de novembro de 2022. Estabelece a fixação do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil em 10%, no período de 1º de janeiro a 31 de março de 2023; e dá outras providências*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 23 de março de 2023, disponível em https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2022/ResCNPE122022_revogada.pdf

- CNPE. (2022c). *Resolução nº 13, de 12 de dezembro de 2022. Define as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 28 de fevereiro de 2023, disponível em endereço
- CNPE. (2023a). *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; e dá outras providências*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 12 de abril de 2023, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2023/ResCNPE32023.pdf>
- CNPE. (2023b). *Resolução nº 17, de 20 de março de 2023. Altera a Resolução CNPE nº 16/2018, que dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, e dá outras providências*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 07 de abril de 2023, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2023/ResCNPE32023.pdf>
- CONAB. (2023a). *Acompanhamento da Safra Brasileira. Séries Históricas. Milho*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Acesso em 19 de maio de 2023, disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra-serie-historica-das-safra/itemlist/category/910-Milho>
- CONAB. (2023b). *Comunicação Pessoal*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília.
- CONAB. (2023c). *Levantamentos de Safra: cana-de-açúcar. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Acesso em 19 de maio de 2022, disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra>
- CONFAZ/MF. (2022a). *Alíquotas e reduções de base de cálculo nas operações internas dos Estados e do Distrito Federal*. Ministério da Fazenda, Conselho Nacional de Política Fazendária, Brasília. Acesso em 13 de março de 2023, disponível em www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais
- CONFAZ/MF. (2022b). *Atos CONTEPE/PMPF*. Ministério da Fazenda, Conselho Nacional de Política Fazendária, Brasília. Acesso em 13 de março de 2023, disponível em www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/atos-pmpf/2022
- CONFAZ/MF. (2023). *Protocolo ICMS nº 12, de 02 de maio de 2023. Dispõe sobre a exclusão do Estado de Sergipe e altera o Protocolo ICMS nº 85/11*. Ministério da Fazenda, Conselho Nacional de Política Fazendária, Brasília. Acesso em 23 de junho de 2023, disponível em https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/protocolos/2023/pt012_23
- CONSECANA. (2022). *Circulares CONSECANA*. Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo, São Paulo. Acesso em 11 de maio de 2022, disponível em www.orplana.com.br
- CTC. (2023). *Comunicação Pessoal*. Centro de Tecnologia Canavieira, Piracicaba, SP.
- CVM. (2022). *Resolução CVM nº 175, de 23 de dezembro de 2022. Dispõe sobre a constituição, o funcionamento e a divulgação de informações dos fundos de Investimento e dá outras providências*. Comissão de Valores Mobiliários, Rio de Janeiro. Acesso em 21 de junho de 2023, disponível em <https://conteudo.cvm.gov.br/export/sites/cvm/legislacao/resolucoes/anexos/100/resol175consolid.pdf>
- DATAGRO. (2023a). *Balanço Mundial de Açúcar. Edição 195-23*. DATAGRO Consultoria LDTA, Barueri, SP. Acesso em 25 de julho de 2023, disponível em www.datagro.com
- DATAGRO. (2023b). *Estimativa Balanço Oferta/Demanda*. DATAGRO Consultoria LDTA, Barueri, SP. Acesso em 25 de julho de 2023, disponível em www.datagro.com
- DIÁRIO DO COMÉRCIO. (2023). *Taxa de importação de etanol volta a ser aplicada em todo o País*. Diário do Comércio, Belo Horizonte. Acesso em 03 de março de 2023, disponível em <https://diariodocomercio.com.br/agronegocio/taxa-de-importacao-de-etanol-volta-a-ser-aplicada-em-todo-o-pais/>
- EERE. (2023). *Alternative Fuels Data Center: Biodiesel Blends*. Departamento de Energia dos Estados Unidos, Escritório de Eficiência Energética e Energia Renovável, Washington DC. Acesso em 08 de agosto de 2023, disponível em https://afdc.energy.gov/fuels/biodiesel_blends.html
- EIA. (2023a). *Annual Energy Outlook 2023 – Table 39: Light-Duty Vehicle Stock by Technology Type*. Departamento de Energia dos Estados Unidos, Agência de Informações de Energia, Washington DC. Fonte: https://www.eia.gov/outlooks/aeo/tables_ref.php

- EIA. (2023b). *Monthly Energy Review: Renewable Energy. Total Energy Data*. Departamento de Energia dos Estados Unidos, Agência de Informações de Energia, Washington DC. Acesso em 29 de março de 2023, disponível em www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.cfm
- EIA. (2023c). *Petroleum and Other Liquids*. Departamento de Energia dos Estados Unidos, Agência de Informações de Energia, Washington DC. Acesso em 29 de Março de 2023, disponível em www.eia.gov/petroleum/data.php
- ELETROBRÁS. (2018). *Dados de geração e consumo das CGEE participantes do PROINFA*. Centrais Elétricas Brasileiras S.A., Rio de Janeiro. Fonte: <http://eletrobras.com/pt/Paginas/Proinfa.aspx>
- ELETROBRAS. (2021). *Eletrobras, Cepel e Siemens Energy assinam memorando sobre hidrogênio verde*. Centrais Elétricas Brasileiras S.A., Rio de Janeiro. Acesso em 27 de junho de 2022, disponível em <https://eletrobras.com/pt/Lists/noticias/ExibeNoticias.aspx?ID=1174>
- EMBRAPA. (2022). *Viabilidade do uso de DDGS e DDG de milho na alimentação de frangos e suínos em Santa Catarina*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília. Acesso em 19 de maio de 2023, disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1149447/viabilidade-do-uso-de-ddgs-e-ddg-de-milho-na-alimentacao-de-frangos-e-suinos-em-santa-catarina>
- EPA. (2021). *Final Volume Standards for 2020, 2021, and 2022*. Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, Washington DC. Acesso em 20 de junho de 2022, disponível em <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-volume-standards-2020-2021-and-2022>
- EPA. (2023). *Final Renewable Fuels Standards Rule for 2023, 2024, and 2025*. Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, Washington DC. Acesso em 27 de junho de 2023, disponível em <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-renewable-fuels-standards-rule-2023-2024-and-2025>
- EPBR. (2022a). *Raízen prepara terreno para biometano em frotas agrícolas*. Agência EPBR, Rio de Janeiro. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://epbr.com.br/raizen-prepara-terreno-para-biometano-em-frotas-agricolas/>
- EPBR. (2022b). *Raízen quer produzir biogás em todas suas usinas de etanol em dez anos*. Agência EPBR, Rio de Janeiro. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://epbr.com.br/raizen-quer-produzir-biogas-em-todas-suas-usinas-de-etanol-em-dez-anos/>
- EPE. (2020). *Combustíveis renováveis para uso em motores do ciclo diesel*. Empresa de Pesquisa Energética, Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 24 de Maio de 2020, disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-467/NT_Combustiveis_renovaveis_em_%20motores_ciclo_Diesel.pdf
- EPE. (2023a). *Balanco Energético Nacional 2023: Ano-base 2022*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Acesso em 26 de junho de 2023, disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>
- EPE. (2023b). *Modelo Demanda de Energia de Veículos Leves - Dado Interno*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Acesso em 2023
- EPE; FBDS. (2009). *Guia de referência para encaminhamento de projetos de produção e uso de biodiesel e etanol ao mecanismo de desenvolvimento limpo - MDL. Relatório interno*. Empresa de Pesquisa Energética, Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis.
- ESTADÃO. (2022). *Credores aprovam e o Fundo Mubadala é o novo controlador da Atvos*. O Estado de São Paulo, São Paulo. Acesso em 26 de abril de 2023, disponível em <https://www.estadao.com.br/economia/negocios/fundo-mubadala-atvos-controle/>
- ETHANOL PRODUCER. (2022). *EPA's RFS 'set' rule boosts RVOs through 2025, addresses eRINs*. Ethanol Producer Magazine, Grand Forks, US. Acesso em 27 de março de 2023, disponível em <https://ethanolproducer.com/articles/19794/epaundefineds-rfs-undefinedsetundefined-rule-boosts-rvos-through-2025-addresses-erins>
- ETHANOL PRODUCER. (2023). *Grassley introduces bill to withdraw EPA's proposed eRIN program*. Ethanol Producer Magazine, Grand Forks, US. Acesso em 29 de maio de 2023, disponível em <https://ethanolproducer.com/articles/20218/grassley-introduces-bill-to-withdraw-epaundefineds-proposed-erin-program>

- EUA. (2007). *Ato de Independência e Segurança Energética de 2007*. Congresso dos Estados Unidos da América. Washington DC: United States Government Publishing Office. Acesso em 21 de dezembro de 2007, disponível em <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>
- EXAME. (2023). *Edição Melhores e Maiores*. Revista Exame, São Paulo. Acesso em 12 de abril de 2023, disponível em <https://exame.com/revista-exame/>
- FECOMBUSTÍVEIS. (2022). *Os preços dos combustíveis voltaram a cair e a gasolina tem menor valor desde setembro*. Federação Nacional de Comércio de Combustíveis e de Lubrificantes, Rio de Janeiro. Acesso em 04 de maio de 2022, disponível em <https://www.fecombustiveis.org.br/noticia/os-precos-dos-combustiveis-voltaram-a-cair-e-a-gasolina-tem-menor-valor-desde-setembro/250437>
- FENAUTO. (2023). *Dados de mercado*. Federação Nacional das Associações dos Revendedores de Veículos Automotores, São Paulo. Acesso em 20 de junho de 2023, disponível em <https://www.fenauto.org.br/news/categoria/dados-de-mercado>
- GEO BIOGÁS & TECH. (2023a). *Geo Biogás investe R\$ 600 milhões com demanda por combustível sustentável*. Geo Biogás & Tech, Londrina, PR. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://www.geobiogas.tech/noticias/geobiogas-investe-r-600-milhoes-com-demanda-por-combustivel-sustentavel>
- GEO BIOGÁS & TECH. (2023b). *Nossas Plantas - Geo Elétrica Tamboara*. Geo Biogás & Tech, Londrina, PR. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://geobiogas.tech/projeto/geo-eletrica-tamboara/>
- GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. (2020). *Ceará deve produzir combustível sustentável para aviação*. Governo do Ceará, Fortaleza. Acesso em 22 de março de 2021, disponível em <https://www.ceara.gov.br/2020/02/07/seminario-discute-producao-de-combustiveis-alternativos-para-aviacao-no-ceara/>
- GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. (2021). *Governo do Ceará e instituições parceiras lançam HUB de Hidrogênio Verde*. Governo do Estado do Ceará, Fortaleza. Acesso em 03 de fevereiro de 2021, disponível em <https://www.ceara.gov.br/2021/02/19/governo-do-ceara-e-instituicoes-parceiras-lancam-hub-de-hidrogenio-verde/>
- GRANBIO. (2023a). *BioFlex I: Produção de Biocombustível*. Granbio, São Paulo. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em <http://www.granbio.com.br/conteudos/bioflex-biocombustiveis/>
- GRANBIO. (2023b). *GranBio faz ajustes e volta a ter lucro*. Granbio, São Paulo. Acesso em 31 de maio de 2023, disponível em <https://www.granbio.com.br/centro-de-midia/noticias/granbio-faz-ajustes-e-volta-a-ter-lucro/>
- ICAO. (2018). *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)*. Organização da Aviação Civil Internacional, Quebec. Acesso em 03 de janeiro de 2023, disponível em <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/market-based-measures.aspx>
- IEA. (2021). *IEA Bioenergy Countries' Report - Update 2021: Implementation of Bioenergy in the IEA Bioenergy Member Countries*. Agência Internacional de Energia, Paris. Fonte: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/CountriesReport2021_final.pdf
- IEA-SP. (2014). *Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético Paulista: Dados consolidados das safras 2007/08 a 2013/14*. Instituto de Economia Agrícola - SP, São Paulo. Acesso em 20 de março de 2016, disponível em <http://www.iea.sp.gov.br/Relat%C3%B3rioConsolidado1512.pdf>
- INSTITUTO 17. (s.d.). *Guia de regulação estadual para a distribuição canalizada de biometano. Programa de Energia para o Brasil – BEP (Brasil). Relatório Técnico 03-2022*. São Paulo/SP.
- IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: volume 2, Energy*. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, Genebra. Fonte: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>
- JORNALCANA. (2021). *Grupo Cocal inicia produção de biogás em Narandiba - SP*. Procana Brasil. Ribeirão Preto: JornalCana. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://jornalcana.com.br/grupo-cocal-inicia-producao-de-biogas-em-narandiba-sp/>
- LOGUM. (2023a). *Informações ANP*. Logum Logística S.A, Rio de Janeiro. Acesso em 28 de março de 2023, disponível em <http://www.logum.com.br/php/informacoes-anp.php>
- LOGUM. (2023b). *O Sistema Logum*. Logum Logística S.A, Rio de Janeiro. Acesso em 28 de março de 2023, disponível em <http://www.logum.com.br/php/o-sistema-logum.php>

- MAPA. (2023). *Sustentabilidade/Agroenergia*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília. Acesso em 26 de junho de 2023, disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia>
- MATSUURA, M. e. (2018). *RenovaCalcMD: Método e ferramenta para a contabilidade da Intensidade de Carbono de Biocombustíveis no Programa RenovaBio*. Nota Técnica, Ministério das Minas e Energia. Acesso em 28 de fevereiro de 2023, disponível em https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-audiencia-publica/arquivos-consultas-e-audiencias-publicas-2018/cap-10-2018/cp10-2018_nota-tecnica-renova-calc.pdf
- MCKINSEY&COMPANY. (2022). *The Inflation Reduction Act: Here's what's in it*. McKinsey & Company, Nova Iorque. Acesso em 14 de junho de 2023, disponível em <https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/the-inflation-reduction-act-heres-whats-in-it#/>
- MCTI. (2021). *Acordo de Paris*. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Sistema de Registro Nacional de Emissões - SIRENE, Brasília. Acesso em 26 de junho de 2023, disponível em https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf
- MCTI. (2022). *Fatores de emissão de CO2 para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional*. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília. Acesso em 15 de maio de 2023, disponível em https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_despacho.html
- ME. (2017). *Resolução nº 72, de 29 de agosto de 2017. Altera a Lista Brasileira de Exceções à Tarifa Externa Comum do Mercosul referente aos produtos Com um teor de água igual ou inferior a 1% vol (Álcool Etilíco)*. Ministério da Economia, Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais, Brasília. Acesso em 1 de Setembro de 2017, disponível em <http://www.camex.gov.br/resolucoes-camex-e-outros-normativos/58-resolucoes-da-camex/1916-resolucao-no-72-de-29-de-agosto-de-2017>
- ME. (2019). *Portaria nº 547, de 31 de agosto de 2019. Altera o Anexo II da Resolução nº 125, de 15 de dezembro de 2016*. Ministério da Economia, Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais, Brasília. Acesso em 24 de Março de 2020, disponível em <http://www.camex.gov.br/resolucoes-camex-e-outros-normativos/124-portarias-secint/2316-portaria-secint-n-547-de-31-de-agosto-de-2019>
- ME. (2022). *Resolução GECEX Nº 317, de 22 de março DE 2022. Altera o Anexo II da Resolução nº 125, de 15 de dezembro de 2016, da Câmara de Comércio Exterior*. Ministério da Economia, Câmara de Comércio Exterior. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 23 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-gecex-n-317-de-22-de-marco-de-2022-387969852>
- ME. (2023). *Estatísticas de Comércio Exterior*. Ministério da Economia, Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais, Brasília. Acesso em 26 de março de 2023, disponível em <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>
- MMA. (2022). *Portaria MMA nº 71, de 21 de março de 2022*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. Acesso em 20 de junho de 2023, disponível em <https://in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-71-de-21-de-marco-de-2022-387378473>
- MME. (2019b). *Ministro assina portaria que autoriza utilização de debêntures incentivadas pelo setor de petróleo, gás e biocombustível*. Ministério das Minas e Energia, Brasília. Acesso em 14 de maio de 2020, 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-1>
- MME. (2021). *Programa Nacional do Hidrogênio. Proposta de Diretrizes*. Ministério das Minas e Energia, Brasília. Acesso em 17 de maio de 2022, 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/HidrogenioRelatriodiretrizes.pdf>
- MME. (2022a). *Comitê da Política Nacional de Biocombustíveis Comitê RenovaBio - CRBIO*. Ministério das Minas e Energia, Brasília. Acesso em 28 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/crbio>
- MME. (2022b). *Portaria nº 65/SPG/MME, de 06 de dezembro de 2022*. Ministério das Minas e Energia, Brasília. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/reidi/portarias/2022/12-dezembro-1/portaria-n-65-spg-mme-2022.pdf>

- MME. (2022c). *Portaria Normativa nº 37/GM/MME, de 20 de março de 2022*. Ministério das Minas e Energia, Brasília. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias/2022/portaria-normativa-n-37-gm-mme-2022.pdf/view>
- MME. (2022d). *Portaria Normativa nº 56/GM/MME, de 21 de dezembro de 2022. Estabelece diretrizes para implementação do mercado de Créditos de Descarbonização (CBIOS)*. Ministério das Minas e Energia. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 28 de fevereiro de 2023, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-normativa-n-56/gm/mme-de-21-de-dezembro-de-2022-452754677>
- MME. (2022e). *Projetos Prioritários*. Ministério das Minas e Energia, Brasília. Acesso em 04 de maio de 2022, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/secretaria-executiva/projetos-prioritarios-1>
- MS. (2018). *Brasil assume meta para reduzir 144 mil toneladas de açúcar até 2022*. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção Primária à Saúde, Brasília. Acesso em 27 de fevereiro de 2019, disponível em <https://aps.saude.gov.br/noticia/4854>
- NOVACANA. (2020). *Governo renova cota de importação do etanol livre de tarifas por três meses*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 23 de junho de 2022, disponível em <https://www.novacana.com/n/etanol/mercado/importacao/governo-renova-cota-importacao-etanol-livre-tarifas-tres-meses-140920>
- NOVACANA. (2022a). *A disponibilidade de CBIOS para 2022 preocupa as distribuidoras*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 02 de março de 2023, disponível em <https://www.novacana.com/noticias/abel-leitao-brasilcom-disponibilidade-cbios-2022-preocupa-distribuidoras-260722>
- NOVACANA. (2022b). *Brasil produz hidrogênio verde a partir da cana-de-açúcar em feito inédito*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 27 de junho de 2022, disponível em <https://www.novacana.com/n/industria/pesquisa/brasil-hidrogenio-verde-cana-de-acucar-feito-inedito-240522>
- NOVACANA. (2022c). *GranBio certifica etanol celulósico para exportação à Europa*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/granbio-certifica-etanol-celulosico-exportacao-europa-260421>
- NOVACANA. (2022d). *GranBio prevê dobrar capacidade de etanol 2G em Alagoas; avalia combustível de aviação*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/granbio-preve-dobrar-capacidade-etanol-2g-alagoas-avalia-combustivel-aviacao-030622>
- NOVACANA. (2022e). *Raízen investirá R\$ 2 bilhões em duas novas plantas de etanol 2G*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em <https://www.novacana.com/n/industria/investimento/raizen-investira-r-2-bilhoes-duas-novas-plantas-etanol-2g-120522>
- NOVACANA. (2022f). *Uisa e Geo Biogás investem R\$ 220 milhões em unidade de biogás no Mato Grosso*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://www.novacana.com/noticias/uisa-geo-biogas-investem-r-220-milhoes-unidade-biogas-mato-grosso-010222>
- NOVACANA. (2023). *GasBrasiliiano e usina Cocal iniciam operação do primeiro gasoduto de biometano do Brasil*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://www.novacana.com/noticias/gasbrasiliiano-usina-cocal-iniciam-operacao-primeiro-gasoduto-biometano-brasil-030223>
- PECEM. (2023). *Primeira molécula de Hidrogênio Verde produzida no Brasil é lançada no Ceará*. Complexo Industrial e Portuário de Pecém, São Gonçalo do Amarante. Acesso em 20 de janeiro de 2023, disponível em <https://www.complexodopecem.com.br/primeira-molecula-de-hidrogenio-verde-produzida-no-brasil-e-lancada-no-ceara/>
- PETROBRAS. (2022a). *Novo Plano Estratégico (2023-2027) prevê investimentos de US\$ 78 bilhões nos próximos cinco anos*. Petrobras S.A, Rio de Janeiro. Acesso em 02 de maio de 2023, disponível em https://petrobras.com.br/en_us/fatos-e-dados/novo-plano-estrategico-2023-2027-preve-investimentos-de-us-78-bilhoes-nos-proximos-cinco-anos.htm
- PETROBRAS. (2022b). *Petrobras terá unidade dedicada à produção de BioQAV e diesel 100% renovável*. Petrobras S.A, Rio de Janeiro. Acesso em 03 de maio de 2023, disponível em <https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/petrobras-tera-unidade-dedicada-a-producao-de-bioqav-e-diesel-100-renovavel.htm>

- RAÍZEN. (2018). *Tecnologia em Energia Renovável. Etanol de Segunda Geração*. Raízen S.A, São Paulo. Fonte: https://www.google.com/search?q=sede+da+raizen&rlz=1C1GCEA_en&oq=sede+da+raizen&aqs=chrome..69i57.2976j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8&safe=active&ssui=on
- RAÍZEN. (2021a). *Comunicação ao Mercado - Contrato Biometano*. Raízen Energia S.A, São Paulo. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/c016735f-1711-48ce-919f-a8c701b83c19/b957789e-8ebd-3892-44e1-d79e6c67135f?origin=1>
- RAÍZEN. (2021b). *Prospecto definitivo da oferta pública de distribuição primária de ações preferenciais de emissão da Raízen S.A.* Raízen Energia S.A., São Paulo. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/c016735f-1711-48ce-919f-a8c701b83c19/37b57678-9dd0-55f8-9255-0e1de152e072?origin=1>
- RAÍZEN. (2022). *Comunicação ao Mercado - Início da Construção da Segunda Planta de Biometano*. Raízen Energia S.A., São Paulo. Acesso em 15 de março de 2023, disponível em <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/c016735f-1711-48ce-919f-a8c701b83c19/f80c273d-407c-7d92-c4c2-e53d73720e48?origin=1>
- REN21. (2022). *Renewable 2022 Global Status Report*. Rede de Políticas de Energias Renováveis para o século 21, Paris. Acesso em 10 de Abril de 2022, disponível em <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- RFA. (2023). *Ethanol Industry Outlook*. Associação de Combustíveis Renováveis, Missouri - USA. Acesso em 15 de junho de 2023, disponível em <https://ethanolrfa.org/resources/annual-industry-outlook>
- ROSA, L. P., OLIVEIRA, L. B., COSTA, A. O., PIMENTEIRA, C. A., & MATTOS, L. B. (2003). Geração de Energia a partir de resíduos sólidos. *Proceedings of TOLMASQUIM, M.T (Coord) Fontes Alternativas*, 515.
- SF. (2022). *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*. Senado Federal, Brasília. Acesso em 17 de maio de 2022, disponível em <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/152413>
- TRENDSCE. (2021). *Hub de Hidrogênio Verde no Ceará promete fortalecer economia e meio ambiente*. TrendsCE, Fortaleza/CE. Acesso em 18 de junho de 2021, disponível em <https://www.trendsce.com.br/2021/02/19/hub-de-hidrogenio-verde-no-ceara-promete-fortalecer-economia-e-meio-ambiente/>
- UDOP. (2019). *Plantio mecanizado de cana recua*. União Nacional da Bioenergia, Araçatuba/SP. Acesso em 26 de fevereiro de 2019, disponível em <https://www.udop.com.br/noticia/2019/02/26/plantio-mecanizado-de-cana-recua.html>
- UDOP. (2022). *Etanolduto da Logum ganha musculatura no Sudeste do país*. União Nacional da Bioenergia, Araçatuba/SP. Acesso em 28 de março de 2023, disponível em <https://www.udop.com.br/noticia/2022/11/14/etanolduto-da-logum-ganha-musculatura-no-sudeste-do-pais.html>
- UDOP. (2023). *Raízen inicia construção de mais duas plantas de E2G*. União Nacional da Bioenergia, Araçatuba/SP. Acesso em 02 de maio de 2023, disponível em <https://www.udop.com.br/noticia/2023/03/21/raizen-inicia-construcao-de-mais-duas-plantas-de-e2g.html>
- UNICA. (2013). *Coletiva de Imprensa: análise da safra 2013/14*. União da Indústria da Cana-de-Açúcar, São Paulo. Acesso em 17 de dezembro de 2013, disponível em <http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=6288236>
- UNICA. (2014). *Comunicação pessoal*. União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia, São Paulo.
- UNICA. (2017). *Comunicação pessoal*. União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia, São Paulo.
- UNICA. (2022). *Brasil e Índia vão criar Centro de Excelência em bioenergia*. União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia, São Paulo. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em <https://unica.com.br/noticias/brasil-e-india-va-criar-centro-de-excelencia-em-bioenergia/>
- UNICA. (2023). *UNICADATA*. União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia, São Paulo. Acesso em 26 de junho de 2023, disponível em <https://observatoriocana.com.br/>
- USDA. (2020). *Biofuels Annual: India*. United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, Washington DC. Acesso em 12 de junho de 2021, disponível em <https://www.fas.usda.gov/data/india-biofuels-annual-5>
- USDA. (2022). *Biofuels Annual: China*. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço de Agricultura Estrangeira, Washington DC. Acesso em 01 de junho de 2023, disponível em https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Beijing_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_CH2022-0089

- USDA. (2022c). *Sugar and Sweeteners Yearbook Tables*. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço de Agricultura Estrangeira, Washington DC. Acesso em 13 de maio de 2022, disponível em www.ers.usda.gov/data-products/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables.aspx
- USDA. (2023). *Biofuels Annual: India*. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço de Agricultura Estrangeira, Washington DC. Acesso em 08 de agosto de 2023, disponível em https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_New%20Delhi_India_IN2023-0039
- USDA. (2023). *Indonesia to Implement Biodiesel B35 in February 2023*. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço Agrícola Estrangeiro, Washington DC, US. Acesso em 27 de março de 2023, disponível em https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Indonesia%20to%20Implement%20Biodiesel%20B35%20in%20February%202023_Jakarta_Indonesia_ID2023-0001
- WHO. (2015). *Guideline: Sugars Intake for Adults and Children*. Organização Mundial de Saúde, Genebra. Acesso em 23 de fevereiro de 2017, disponível em http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars_intake/en/