



NOTA TÉCNICA

Cenários de oferta de etanol e demanda de ciclo Otto 2023-2032

DEZEMBRO DE 2022

Ministério de
Minas e Energia



Diretora

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

Euler João Geraldo da Silva

Leônidas Bially Olegário dos Santos

Marina Damião Besteti Ribeiro

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Suporte Administrativo

Sergio Augusto Melo de Castro

Imagens da Capa

1. Divulgação livre.
2. Divulgação livre. Obtido em [Freepik](#)
3. Divulgação livre. Obtido em [Freepik](#)
4. Reprodução própria.

Ministério de
Minas e Energia 

Ministro de Estado

Adolfo Sachsida

Secretário-Executivo

Hailton Madureira de Almeida

**Secretário de Planejamento e Desenvolvimento
Energético**

José Guilherme de Lara Resende

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Rafael Bastos da Silva

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



Presidente

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira

**Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e
Ambientais**

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira (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

Cenários de oferta de etanol e demanda de Ciclo Otto 2023-2032

Revisão	Data de emissão	Descrição
r0	09/12/2022	Publicação no site da EPE

■ Sumário

Introdução	1
1. Contextualização	1
2. Premissas dos cenários	3
2.1. Premissas comuns (Condicionantes)	3
2.2. Premissas específicas	4
2.2.1. Fluxo de Unidades Produtoras de Cana-de-Açúcar e de Milho	5
2.2.2. Açúcar	8
2.2.3. Etanol de Segunda Geração	9
3. Resultados – Estudos da Expansão da Oferta	10
4. Resultados – Demanda Carburante	17
5. Conclusão	22
Referências bibliográficas	24

■ Gráficos

Gráfico 1 – Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Médio	6
Gráfico 2 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Alto	7
Gráfico 3 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Baixo	7
Gráfico 4 – Produção de Açúcar	9
Gráfico 5 - Área de Cana Processada	10
Gráfico 6 – Produtividade da Cana	11
Gráfico 7 – Cana Processada	11
Gráfico 8 - Quantidade de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR)	12
Gráfico 9 – Oferta Total de Etanol por matéria-prima	13
Gráfico 10 - Projeção de bioeletricidade a partir do histórico (curva de conversão)	13
Gráfico 11 - Projeção de bioeletricidade a partir do potencial técnico	14
Gráfico 12 - Potencial de Produção de Biogás	15
Gráfico 13 - Emissões evitadas de GEE pelo uso do etanol e bioeletricidade	16
Gráfico 14 - Demanda de Ciclo Otto (sem GNV)	17
Gráfico 15 - Demanda de Etanol Carburante	18
Gráfico 16 - Demanda de Gasolina A	19
Gráfico 17 - <i>Market Share</i> do Etanol Hidratado no <i>Flex Fuel</i> (em volume)	19
Gráfico 18 - Balanço Nacional de Gasolina A (em volume)	20

■ Tabelas

Tabela 1 – Saldo do fluxo de unidades e capacidade instalada nominal de moagem de cana	8
Tabela 2 – Etanol de Milho em 2032	8
Tabela 3 - Taxa de crescimento e variação de área de cana processada	10
Tabela 4 - Taxa de crescimento e variação de produtividade	10
Tabela 5 - Taxa de crescimento e variação de cana processada	11
Tabela 6 - Taxa de crescimento e variação de ATR	12
Tabela 7 - Taxa de crescimento e variação da Oferta Total de Etanol	12
Tabela 8 - Investimento estimado para novos projetos e expansões	16
Tabela 9 - Taxa de crescimento e variação da Demanda de Etanol Carburante	18
Tabela 10 - Taxa de crescimento e variação da Demanda de Gasolina A	18

Introdução

A Empresa de Pesquisa Energética divulga sua sétima edição dos Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto. Com o presente estudo, a EPE visa contribuir para a identificação das oportunidades e ameaças ao abastecimento nacional dos veículos leves de ciclo Otto (etanol e gasolina automotiva). Para a demanda de transporte de referência da EPE, são apresentados **cenários de oferta de etanol** e seus desdobramentos para a demanda dos combustíveis e sobre o **balanço nacional de gasolina A** até o horizonte de 2032. O documento também contempla a oferta da bioeletricidade da cana-de-açúcar exportada ao Sistema Interligado Nacional, o potencial de produção de biogás e uma avaliação dos investimentos associados a cada um dos cenários. Além disso, estima-se a contribuição do setor sucroenergético para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

1. Contextualização

O Brasil é um dos principais produtores de biocombustíveis no mundo e essa posição é fruto de diversas ações e políticas públicas ao longo do tempo, de forma a incentivar o aumento de sua participação na matriz energética. Dentre essas, estão os mandatos de adição obrigatória de biocombustíveis (etanol e biodiesel) aos derivados de petróleo, os mecanismos de diferenciação tributária entre renováveis e fósseis, as linhas de financiamento específicas e, mais recentemente, a Política Nacional dos Biocombustíveis (RenovaBio) e o Programa Combustível do Futuro (BRASIL, 2017; CNPE, 2021, EPE, 2016, 2022a).

Nos biocombustíveis nacionais destaca-se o etanol, cuja produção é oriunda majoritariamente da cana-de-açúcar e, nos últimos anos, do milho, que tem apresentado crescimento relevante. Em relação à cana, observa-se o reflexo da variação dos preços do açúcar no mercado internacional, com o setor sucroenergético se ajustando a essas flutuações para maximizar receitas ou minimizar perdas. A bioeletricidade é um terceiro ativo deste segmento, contribuindo para o aumento de sua receita. A produção de biogás utilizando a vinhaça, a torta de filtro e as palhas e pontas, tem apresentado avanços. Mais recentemente, o C BIO¹ figura como outro produto relevante neste segmento.

A produção de etanol a partir do milho vem apresentando um crescimento expressivo, principalmente na região Centro-Oeste, e atingiu 3,3 bilhões de litros em 2021 (MAPA, 2022; UNICA, 2022). Esta vem sendo favorecida pelo aumento da produção do cereal, além de se beneficiar da geração de coprodutos como o óleo de milho, destinado ao consumo humano, e do DDGS (*distiller's dried grains with solubles*), para nutrição animal, adicionando mais dois ativos no *pool* de receitas das usinas (IMEA, 2017; MILANEZ *et al.*, 2014).

¹ Instrumento da Política Nacional de Biocombustíveis registrado sob a forma escritural, para fins de comprovação da meta individual do distribuidor de combustíveis de que trata o art. 7º da Lei nº 13.576/2017 (BRASIL, 2017).

Em 2022, o consumo do ciclo Otto apresentou uma recuperação, entretanto não deve alcançar os níveis observados no período pré-pandemia. No segundo semestre, as mudanças tributárias² federal (PIS/COFINS e Cide) e estadual (ICMS) provocaram uma redução nos preços dos combustíveis, ocasionando um aumento do consumo do ciclo Otto (BRASIL, 2022a, 2022b). A safra 2022/23 de cana-de-açúcar vem sendo impactada pelos efeitos do severo *déficit* hídrico ocorrido no período anterior e os fatores de produção devem se manter nos mesmos patamares. Por outro lado, o etanol de milho apresentou um crescimento consistente. Nesse cenário, a relação de preços entre o etanol e a gasolina está menos favorável ao biocombustível, reduzindo a sua competitividade (CONAB, 2022a; EPE, 2022a, 2022b; MAPA, 2022) e os preços internacionais de açúcar continuaram atrativos³ (USDA, 2022). Até outubro de 2022, o consumo de etanol hidratado foi de 13,7 bilhões de litros, uma queda de 8%, em relação ao mesmo período de 2021 (MAPA, 2022). Enquanto para a gasolina C, houve um aumento de 10% (ANP, 2022a).

Para a elaboração desse estudo, faz-se uma análise de dados históricos e de aspectos relacionados ao clima, situação financeira das empresas do setor, políticas públicas, custos de produção, dentre outros. O Anexo apresenta os principais parâmetros de produção do setor e consumo de etanol hidratado e gasolina C, entre 2017 e 2021. Para melhor compreensão, sugere-se ainda consultar o documento Análise de Conjuntura – ano 2021 (EPE, 2022a).

² A Lei Complementar 194/2022 limita a cobrança do ICMS de combustíveis, energia elétrica, comunicações e transporte coletivo à alíquota mínima de cada estado, que varia entre 17% e 18%, e zera os tributos federais (PIS/Pasep, Cofins e CIDE) sobre gasolina e etanol, até 31 de dezembro de 2022, enquanto a EC nº 123/2022 estabelece um diferencial das alíquotas, para proporcionar competitividade aos biocombustíveis (BRASIL, 2022a, 2022b).

³ A produção de açúcar está em 32,8 milhões de toneladas em setembro de 2022, 3% inferior ao mesmo período de 2021 (MAPA, 2022).

2. Premissas dos cenários

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

Primeiramente, serão colocadas as premissas comuns desses cenários e, em seguida, as premissas específicas. Ressalta-se, ainda, que alguns desses pontos referem-se apenas à cultura da cana e, quando pertinente, serão feitas as devidas considerações para o milho.

2.1. Premissas comuns (Condicionantes)

Ajustes nos fatores do ano base

Para o ano de 2021, a área e as produtividades agrícola e industrial referentes à cultura da cana foram ajustadas de acordo com o quarto levantamento da safra de cana 2021/22 da CONAB (2022a).

Capacidade instalada atual

Fator de capacidade de moagem e de produção de etanol de 90%, para as unidades consideradas (cana e milho). Foi considerada como referência a posição de julho de 2022 para as plantas produtoras de biocombustíveis em operação e com autorizações de ampliação e construção pela ANP (2022b).

a) Cana

- A capacidade instalada nominal de moagem se situa em torno de 810 milhões de toneladas de cana⁴ (correspondente a 730 Mtc em capacidade efetiva), com 358 unidades em funcionamento (sem contabilizar as produtoras de aguardente) (ANP, 2022b; MAPA, 2022).
- Ampliação da capacidade de 47 usinas em operação, em cerca de 24 milhões de toneladas (ANP, 2022b).
- Implantação de quatro unidades produtoras de etanol de cana, com autorização de construção pela ANP (2022b).

b) Milho

- A capacidade de processamento de milho é de 16,3 milhões de toneladas e a referente à produção de etanol se situa em 4,6 bilhões de litros, a partir de 24 unidades (10 *flex*⁵, 12 *full* e duas de soja/cereais⁶) (ANP, 2022b; MAPA, 2022; UNEM, 2022).
- Ampliação da capacidade de sete usinas em operação em cerca de 1 bilhão de litros (ANP, 2022b).
- Implantação de 12 unidades de etanol a partir de milho, incluindo uma de soja e duas de cereais (ANP, 2022b).

⁴ A análise considerou o fechamento, a reativação e as expansões em unidades existentes que ocorreram até o período indicado.

⁵ Unidades *flex* são aquelas que produzem etanol a partir da cana e do milho. Unidades *full* usam apenas o grão.

⁶ De forma a simplificar as análises conduzidas nesse documento, por ora, as produções de etanol a partir de soja e cereais são contabilizadas juntos com a de milho.

Rendimento

O rendimento industrial (qualidade da cana) é definido pela quantidade de ATR (Açúcares Totais Recuperáveis) por tonelada de cana e está relacionado com a sua variedade (mais rica em açúcar ou fibra), sua adequação ao ambiente de produção e ao corte mecanizado, idade do canavial (renovação no tempo correto), impurezas vegetais e minerais, tratamentos culturais e aspectos climáticos (EPE, 2022a).

Esse indicador oscilou consideravelmente ao longo das safras passadas, entretanto, nos últimos anos, vem apresentando uma trajetória de recuperação (EPE, 2022a). Para o horizonte deste estudo, considera-se que o rendimento médio da cana será de cerca de 142 kg ATR/tc.

Exportação e Importação de Etanol

O mercado internacional de biocombustíveis deverá manter suas características atuais, com baixos volumes comercializados até o final do período. Os principais motivos para a manutenção dessa tendência são a perspectiva de redução do consumo mundial de energia por veículo, a busca generalizada de independência energética e a manutenção de certo grau de protecionismo por parte dos principais países consumidores.

Como resultado, estima-se que as exportações brasileiras de etanol serão de 2,3 bilhões de litros em 2032. A projeção de exportação considera, principalmente, a participação do etanol de cana no atendimento das metas da RFS (*Renewable Fuel Standard*)⁷ dos Estados Unidos (EPA, 2021), com os mercados dos EUA, Coreia do Sul, Japão e União Europeia permanecendo como principais importadores de etanol do Brasil, conforme descrito em EPE (2022a).

Estimou-se que os volumes importados de etanol sejam em média de 1 bilhão de litros por ano em todo o período.

Etanol para Outros Usos (Não Energético)

No Brasil, projeta-se que a demanda de etanol para uso não energético, concentrada basicamente na produção de bebidas, cosméticos, produtos farmacêuticos, petroquímicos e compostos oxigenados (ácido acético, acetato de etila e butanol), será de 1,2 bilhão de litros em 2032. Desde 2020, o consumo de etanol para este segmento aumentou, alcançando uma média de 1,4 bilhão de litros, devido ao uso como agente antisséptico, como uma medida preventiva à disseminação da pandemia de Covid-19. Entretanto, estima-se que essa tendência não será mantida no período decenal.

2.2. Premissas específicas

Os cenários elaborados diferenciam-se basicamente quanto ao grau de atratividade econômica da produção do etanol e de competitividade do hidratado frente à gasolina C. Para tal, distinguem-se os esforços direcionados pelo setor com vistas à melhoria dos fatores de produção e a intensidade dos incentivos governamentais, incluindo o empenho para a expansão da produção dos biocombustíveis e as contribuições para o atendimento às metas da 21ª Conferência das Partes (COP 21), pelo Acordo de Paris e, mais recentemente, do Pacto Climático de Glasgow, assinado na COP 26 (BRASIL, 2009, 2022c).

⁷ De acordo com esse programa, os biocombustíveis são classificados em função da quantidade de GEE emitida no ciclo de vida: renováveis (etanol e biobutanol de milho), avançados (etanol de cana-de-açúcar), diesel de biomassa (éster ou HVO – óleo vegetal hidratado) e celulósicos (etanol e bioetanol celulósico) (EPA, 2021).

A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) possui três instrumentos principais de funcionamento: (a) metas anuais de redução de intensidade de carbono (gCO_2/MJ) para um período mínimo de dez anos; (b) Certificação de Biocombustíveis; e (c) Crédito de Descarbonização – CBIO (BRASIL, 2017). A quantidade de CBIO varia em função da Nota de Eficiência Energética-Ambiental (NEEA) de cada emissor primário e do volume elegível comercializado com os distribuidores de combustíveis. Assim, quanto menor a emissão de GEE para produção de biocombustíveis, melhor qualificada será a unidade, maior será a sua nota e, conseqüentemente, maior será a geração de CBIO a partir de um mesmo volume vendido para os distribuidores de combustíveis. Desta forma, com as metas de descarbonização definidas, haverá um estímulo para a produção e o consumo de biocombustíveis. Com tal sinalização econômica, espera-se que as usinas se sintam impulsionadas a produzir mais biocombustíveis e de forma mais eficiente, aumentando a oferta deste certificado e refletindo em seu preço no mercado, onde ele será comercializado. Esse mecanismo deverá garantir a segurança necessária para investimentos em novas usinas, uma vez que o CBIO irá oferecer receita adicional para os produtores.

Dessa forma, cada um dos cenários apresentará uma atratividade maior ou menor para o etanol, que se refletirá no fluxo de entrada e saída de unidades, nos diferentes fatores de produção e em inovações tecnológicas para esse setor. Admitiu-se a continuidade de políticas de incentivo ao etanol como, por exemplo, diferenciações na CIDE, no PIS/COFINS e no ICMS⁸ incidentes sobre o etanol e a gasolina em alguns estados, bem como a disponibilização de linhas de financiamento.

Em todos os cenários, considerou-se o alinhamento do preço de realização da gasolina às cotações internacionais, ressaltando que este tem apresentado um patamar mais elevado de oscilação e percorrerá uma trajetória de preços crescentes no próximo decênio, conforme o Caderno de Preços de Derivados de Petróleo do PDE 2032 (EPE, 2022c). O percentual obrigatório de adição de etanol anidro na gasolina C foi mantido em 27% em todo o período.

A seguir, são descritas as premissas específicas de cada um dos três cenários, que são os fluxos de entrada e saída de unidades de cana e milho e as trajetórias de crescimento de açúcar e de etanol de segunda geração.

2.2.1. Fluxo de Unidades Produtoras de Cana-de-Açúcar e de Milho

No início dos anos 2000, houve a entrada de diversas unidades produtoras de cana-de-açúcar, devido tanto ao crescimento da demanda de etanol pelos veículos *flex fuel* quanto pelo maior consumo de açúcar. Nos anos seguintes, pelo elevado endividamento de grupos do setor, os investimentos foram reduzidos e diversas unidades paralisaram as suas atividades. Em um período mais recente, observou-se a reativação de algumas usinas e poucos projetos em *greenfields* (EPE, 2022a). O Anexo apresenta o histórico desse fluxo de unidades.

Desde 2018, diversas unidades de etanol a partir de milho entraram em operação e a produção vem apresentando um crescimento expressivo (MAPA, 2022; UNICA, 2022). O tempo para implantação dessas usinas é de cerca de dois anos, o que é relativamente menor que o da cana, além da matéria-prima ser adquirida diretamente dos produtores do grão, sem a necessidade da usina possuir área própria. Diferentemente da cultura da cana, o milho possui duas safras anuais, podendo ser a segunda em rotação com a soja.

⁸ Em 2021, 16 estados apresentaram diferenciação tributária entre etanol hidratado e gasolina C (CONFAZ/MF, 2022; EPE, 2022a).

Para cada cenário, considerou-se a variação do fluxo de entrada e saída de unidades, com base em ações dos agentes do setor e incentivos governamentais. Os gráficos e tabelas a seguir resumem as hipóteses de expansão da capacidade de produção adotadas.

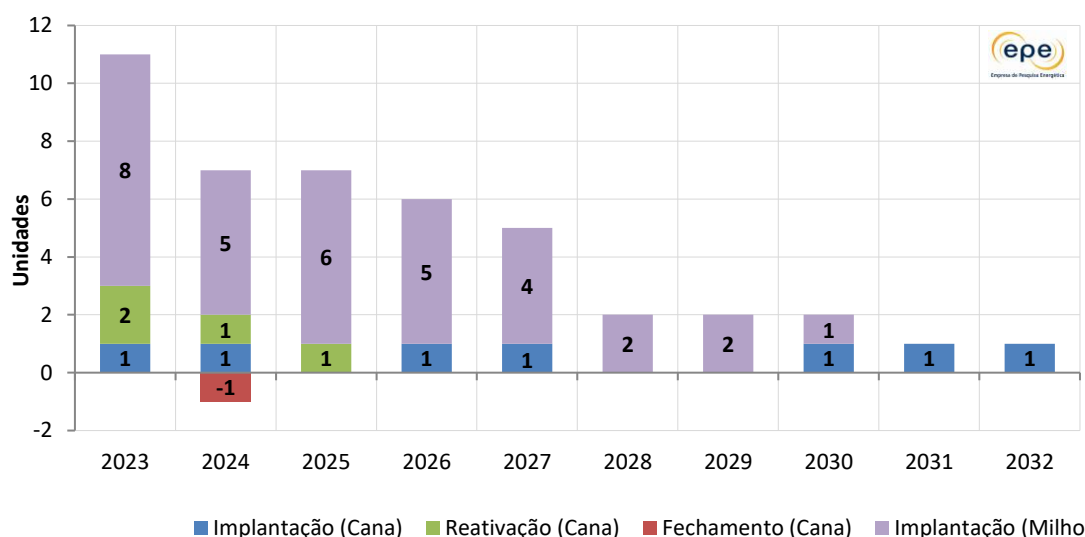
Como colocado no item 2.1, foram consideradas para todos os cenários, a entrada das unidades com autorização de construção e ampliações indicadas pela ANP (2022b).

Em relação às unidades indicativas de cana (*greenfields*), foi adotado um perfil médio com capacidade nominal de moagem de 4,0 Mtc (LNBR, 2022). No caso do milho, fez-se uma análise locacional e financeira para possíveis novos investimentos, tendo o Mato Grosso como principal centro de produção (*full*) e, ainda, usinas de cana localizadas nas principais regiões produtoras do grão e pertencentes a grupos com boa situação financeira, que poderiam se tornar *flex*.

Cenário de Crescimento Médio

O cenário de crescimento médio considera a entrada de sete novas unidades de cana que aumentam a capacidade nominal de moagem em 18 milhões de toneladas de cana e o saldo das reativações e dos fechamentos proporcionará o acréscimo de 6 milhões de toneladas. Para o milho, haverá a implantação de 33 unidades (oito *flex* e 25 *full*). O fluxo das unidades produtoras pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Médio

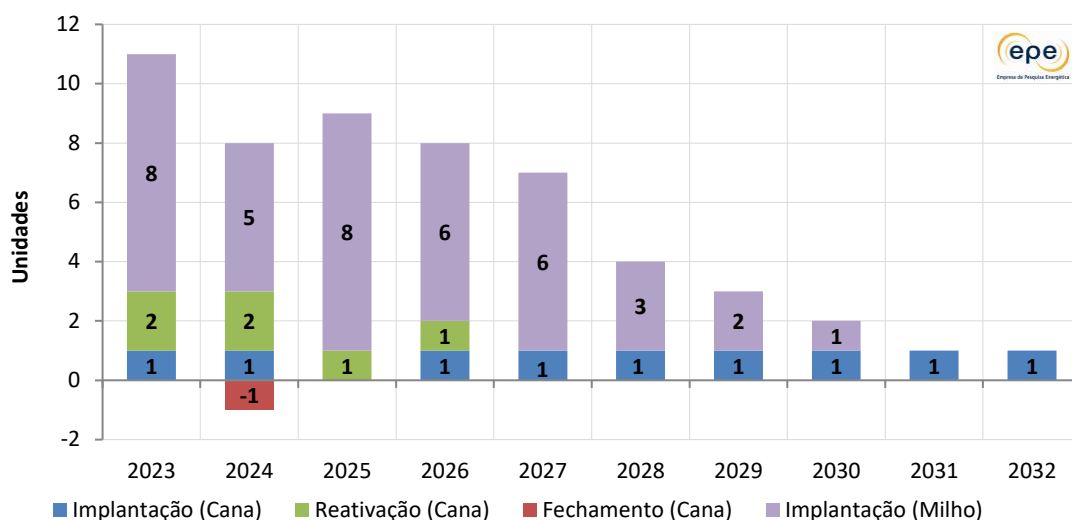


Fonte: Elaboração própria

Cenário de Crescimento Alto

O cenário de crescimento alto considera a entrada de nove novas unidades de cana que aumentam a capacidade nominal de moagem em cerca de 26 milhões de toneladas de cana e o saldo das reativações e dos fechamentos será a adição de 10 milhões de toneladas. Para o milho, projeta-se a implantação de 39 usinas (11 *flex* e 28 *full*). O fluxo das unidades produtoras é apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Alto

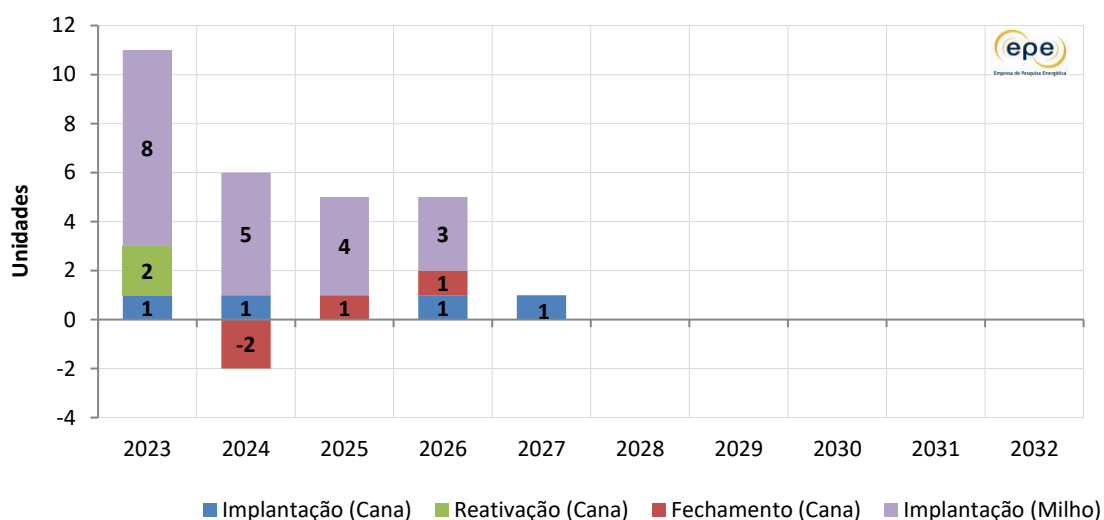


Fonte: Elaboração própria

Cenário de Crescimento Baixo

O cenário de crescimento baixo considera a entrada de quatro novas unidades de cana que aumentam a capacidade nominal de moagem em cerca de 6 milhões de toneladas de cana e o saldo das reativações e dos fechamentos proporcionará um aumento de 300 mil toneladas. No caso do milho, haveria 20 usinas (duas *flex* e 18 *full*). O fluxo das unidades produtoras de cana é ilustrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Baixo



Fonte: Elaboração própria

A Tabela 1 apresenta o saldo do fluxo de unidades, a capacidade instalada de moagem de cana e sua variação, no meio e ao fim do período de análise com relação a julho de 2022, correspondentes às novas unidades, às reativações, àquelas em operação que encerraram suas atividades, assim como às expansões.

Tabela 1 – Saldo do fluxo de unidades e capacidade instalada nominal de moagem de cana

Cenários	Fluxo de Unidades		Capacidade (Mtc)		Variação (Mtc)	
	2027	2032	2027	2032	2027	2032
Crescimento Baixo	2	2	843	843	30	30
Crescimento Médio	7	10	848	860	35	47
Crescimento Alto	9	14	852	872	39	59

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 2 apresenta o número de unidades, a capacidade de processamento de milho e de produção de etanol, bem como a produção estimada desse biocombustível em 2032.

Tabela 2 – Etanol de Milho em 2032

Cenários	Total de unidades	Capacidade Processamento de Milho (Mt)	Capacidade Produção de Etanol (Bi litros)
Crescimento Baixo	45	24,9	7,9
Crescimento Médio	58	30,2	10,1
Crescimento Alto	64	36,6	13,1

Nota: Considera a entrada de uma unidade em 2022, com construção autorizada pela ANP (2022d).

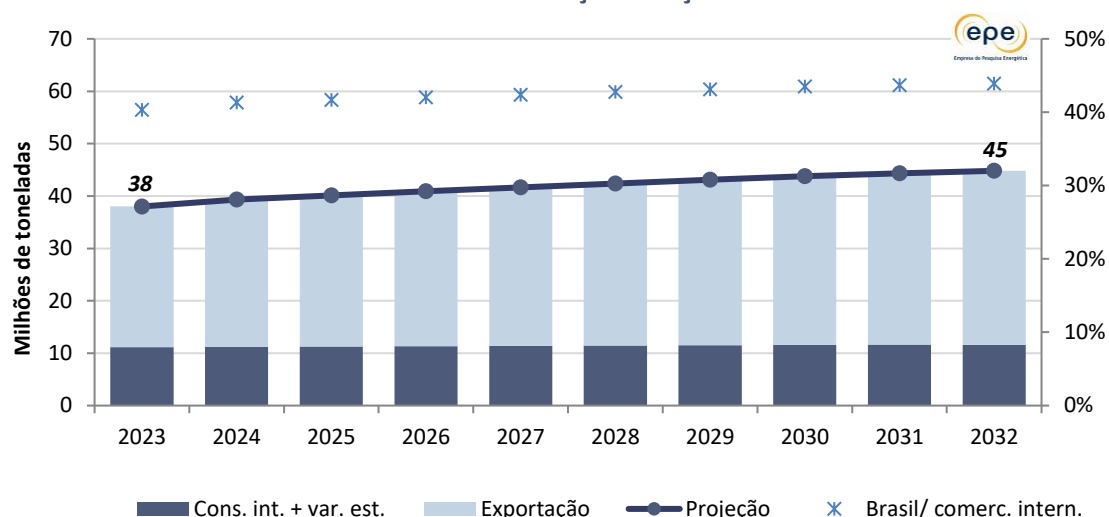
Fonte: Elaboração própria

2.2.2. Açúcar

A projeção da produção brasileira de açúcar compreende duas componentes: consumo interno e exportação. O consumo interno considera a evolução do consumo *per capita* brasileiro (kg/hab./ano) e está relacionado aos aspectos de renda, envelhecimento da população e mudanças de hábitos alimentares. Em relação ao mercado internacional, o Brasil figura como o principal *player*, responsável por mais de 40% das exportações, seguido de Índia, Tailândia e UE (FAO, 2012, 2021; ISO, 2022).

Para os cenários de crescimento médio e baixo, a projeção do consumo interno de açúcar considerou que o consumo *per capita* (kg/hab/ano) permanecerá em torno de 50 kg/hab/ano em todo o período (FAO, 2012, 2021; ISO, 2022, MAPA, 2022). A projeção de exportação da *commodity* foi estimada a partir da premissa de que a participação do Brasil no fluxo de comércio mundial será crescente e atingirá 44% em 2032 (FAO, 2021). Como resultado, a taxa de crescimento da produção de açúcar no período 2021-2032 é de 2,2% a.a., alcançando 44,8 milhões de toneladas em 2032, conforme Gráfico 4 a seguir.

Gráfico 4 – Produção de Açúcar



Fonte: Elaboração própria

Para o cenário de crescimento alto, a produção de açúcar atinge 47,7 milhões de toneladas em 2032, sendo que a participação do Brasil no fluxo de comércio mundial alcança 46%.

2.2.3. Etanol de Segunda Geração

No Brasil, existem duas plantas comerciais de etanol de segunda geração (E2G)⁹ (Granbio e Raízen), com capacidade de produção nominal de 60 e 42 milhões de litros por ano, respectivamente (GRANBIO, 2021; RAÍZEN, 2021a).

A unidade Costa Pinto da Raízen produziu 24 milhões de litros em 2021 e a empresa já anunciou a construção de mais três plantas, todas com capacidade de 82 milhões de litros. A usina localizada em Guariba (SP) deverá iniciar suas atividades em 2023 (COSAN, 2021; NOVACANA, 2022a; RAÍZEN, 2021, 2022). A companhia comunicou acordos de venda de 460 milhões de litros de E2G, ao longo de nove anos, e tem planos de construção de outras unidades e licenciamento da tecnologia. No início de novembro, a Raízen divulgou a assinatura de contrato para comercialização de E2G até 2037 para a Shell, a partir da construção de 5 novas plantas de E2G (RAÍZEN, 2022).

Com base na valoração desse biocombustível avançado no mercado internacional e com a instituição do RenovaBio, projeta-se que a produção de E2G alcançará 819, 563 e 315 milhões de litros em 2032, para os cenários alto, médio e baixo, a partir de um total de 12, 10 e 5 unidades produtoras, respectivamente.

⁹ Existe a planta experimental do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), com capacidade de 3 milhões de litros/ano.

3. Resultados – Estudos da Expansão da Oferta

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

Área de Cana Processada

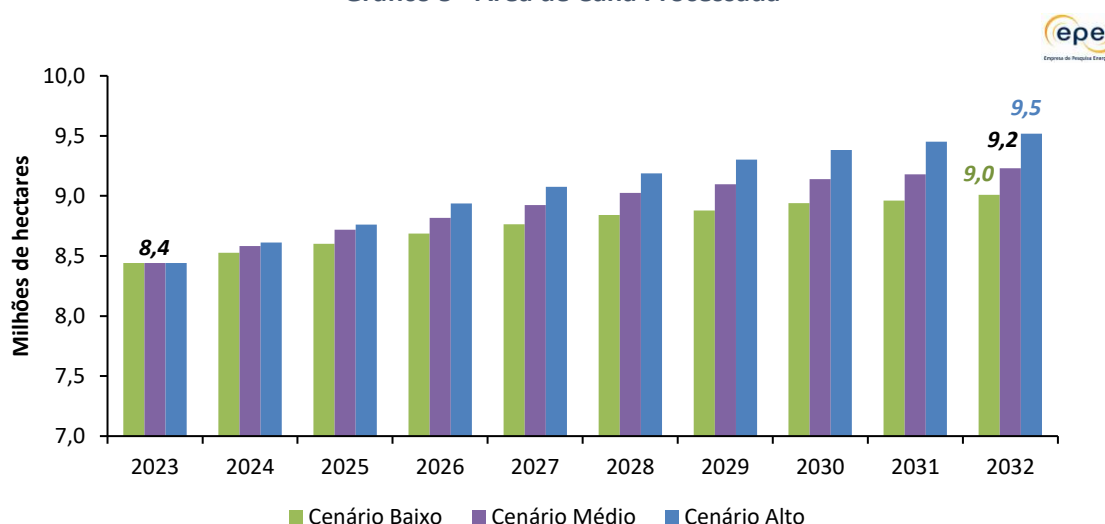
Com base nas premissas de capacidade instalada e implantação de novas unidades, as projeções para a área de cana processada apresentam as taxas de crescimento indicadas na Tabela 3 e no Gráfico 5.

Tabela 3 - Taxa de crescimento e variação de área de cana processada

Cenários	2021 – 2027		2021 – 2032	
	Taxa (%)	Variação (Mha)	Taxa (%)	Variação (Mha)
Crescimento Baixo	0,9	0,4	0,7	0,7
Crescimento Médio	1,2	0,6	1,0	0,9
Crescimento Alto	1,5	0,8	1,2	1,2

Fonte: CONAB (2022a, 2022b) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 5 - Área de Cana Processada



Nota: A participação da cana energia alcança 17 mil hectares em 2032 (0,2% do total).

Fonte: Elaboração própria

Produtividade

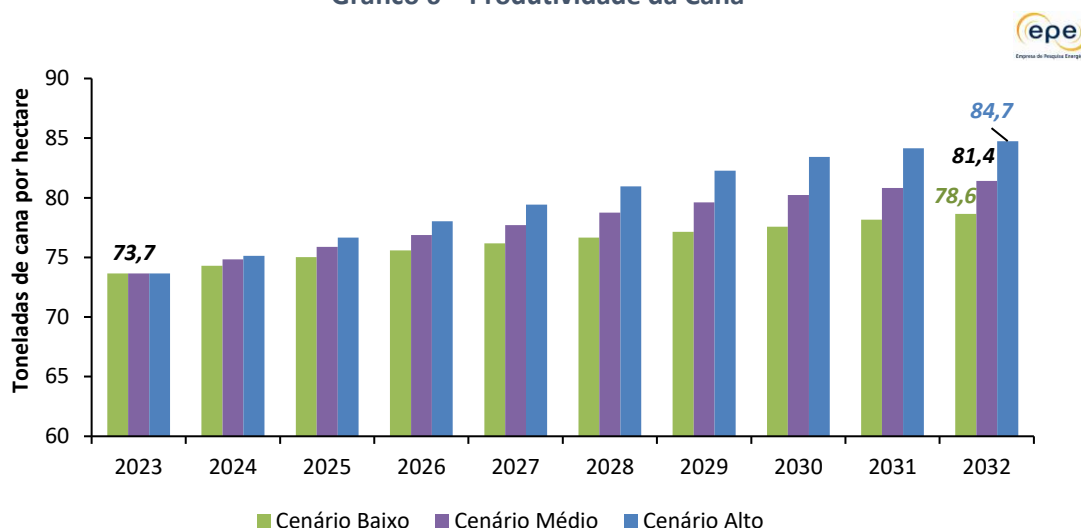
Para a projeção, de acordo com as premissas qualitativas descritas para cada cenário, os ganhos de produtividade obtidos são apresentados na Tabela 4 e no Gráfico 6 a seguir:

Tabela 4 - Taxa de crescimento e variação de produtividade

Cenários	2021- 2027		2021- 2032	
	Taxa (%)	Variação (tc/ha)	Taxa (%)	Variação (tc/ha)
Crescimento Baixo	1,3	5,8	1,0	8,3
Crescimento Médio	1,7	7,3	1,3	11,0
Crescimento Alto	2,0	9,1	1,7	14,4

Fonte: CONAB (2022a, 2022b) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 6 – Produtividade da Cana



Fonte: Elaboração própria

Cana Processada

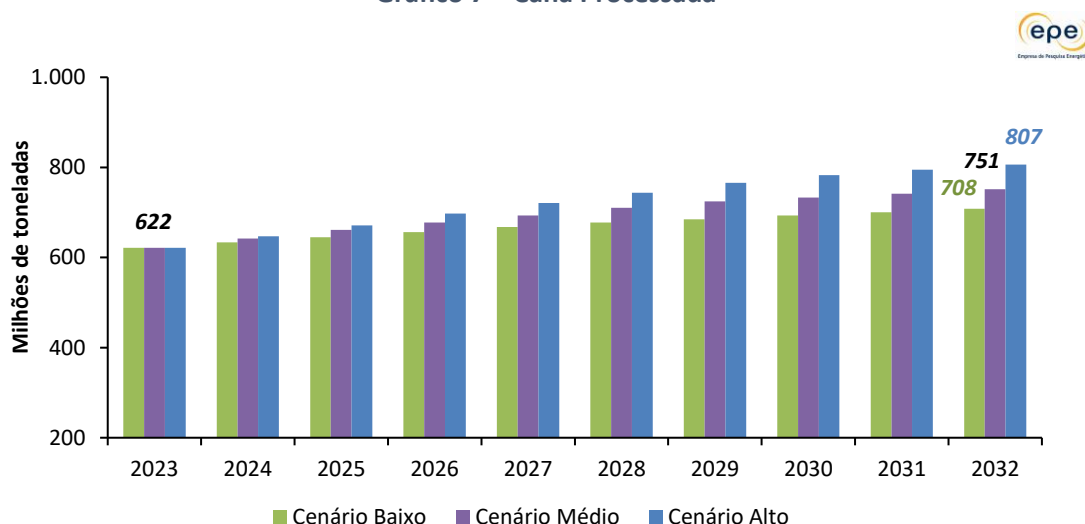
A partir das estimativas de área e produtividade, obtém-se a projeção da cana processada no horizonte de estudo. As projeções para cada um dos cenários são apresentadas na Tabela 5 e no Gráfico 7.

Tabela 5 - Taxa de crescimento e variação de cana processada

Cenários	2021 – 2027		2021 – 2032	
	Taxa (%)	Variação (Mtc)	Taxa	Variação (Mtc)
Crescimento Baixo	2,3	86	1,8	127
Crescimento Médio	3,0	112	2,4	170
Crescimento Alto	3,6	140	3,0	225

Fonte: MAPA (2022) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 7 – Cana Processada



Fonte: Elaboração própria

Em 2032, estima-se que 423 milhões de toneladas de cana serão destinadas para a produção do etanol no cenário médio (56%), 380 milhões no baixo (54%) e 457 milhões no alto (57%).

ATR Total

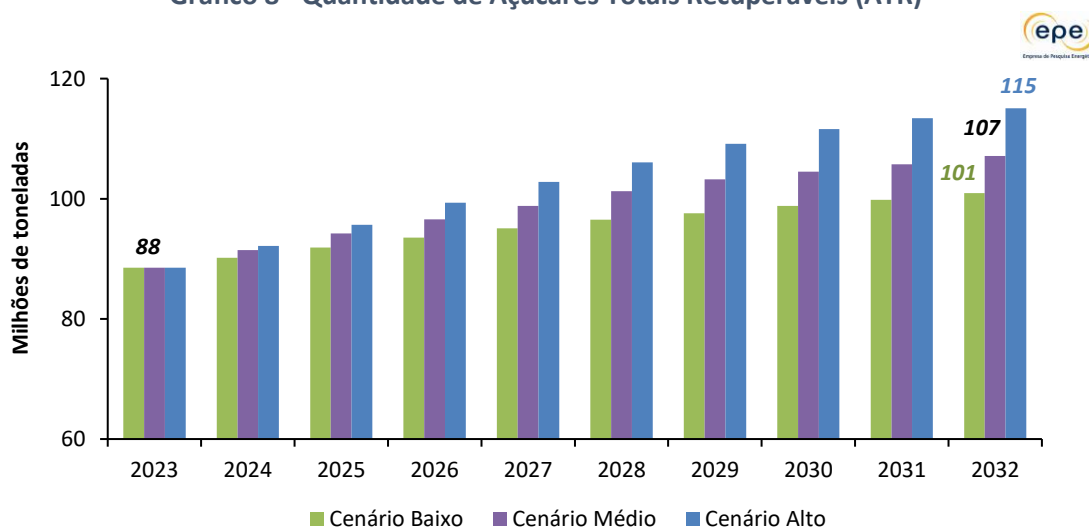
Como resultado da composição da área, produtividade e rendimento, obtém-se o ATR produzido, que irá variar para cada cenário, de acordo com as premissas para cada um desses fatores de produção. A Tabela 6 e o Gráfico 8 a seguir apresentam a taxa de crescimento e variação de ATR total entre 2021 e 2032.

Tabela 6 - Taxa de crescimento e variação de ATR

Cenários	2021 – 2027		2021 – 2032	
	Taxa (%)	Varição (Mt)	Taxa (%)	Varição (Mt)
Crescimento Baixo	2,3	12,2	1,8	18,1
Crescimento Médio	3,0	15,9	2,4	24,3
Crescimento Alto	3,7	19,9	3,0	32,2

Fonte: CONAB (2022a, 2022b), MAPA (2022) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 8 - Quantidade de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR)



Fonte: Elaboração própria

Oferta Total de Etanol

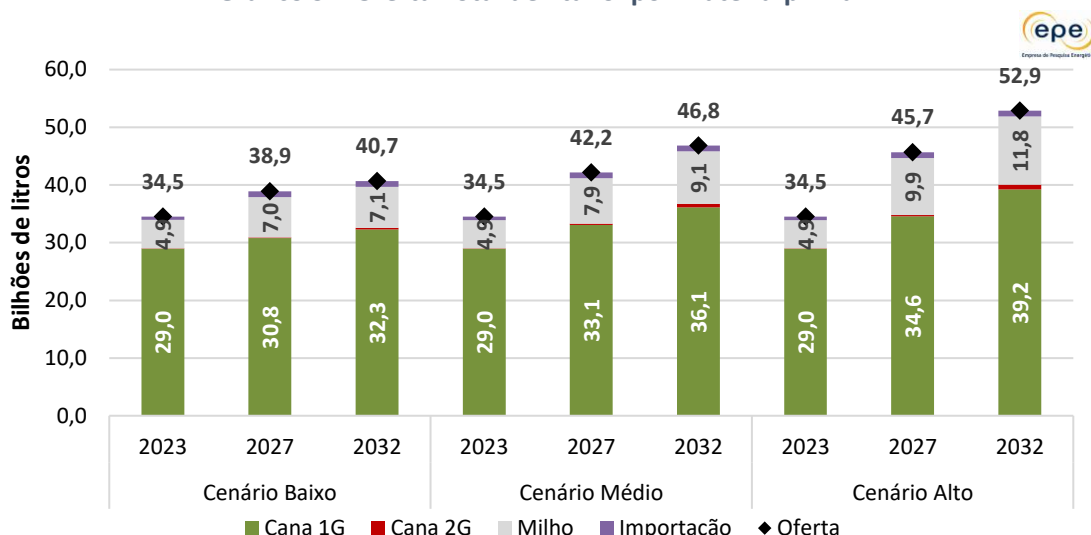
Por fim, do ATR produzido abate-se a parcela destinada ao açúcar, apresentada no Item 2.2.2, e inclui-se a produção de etanol a partir do milho e de segunda geração, obtendo-se a produção nacional de etanol. Desse total, com a soma do etanol importado, resulta a oferta total de etanol. A Tabela 7 e o Gráfico 9 apresentam as taxas de crescimento e variação da oferta de etanol.

Tabela 7 - Taxa de crescimento e variação da Oferta Total de Etanol

Cenários	2021 – 2027		2021 – 2032	
	Taxa (%)	Varição (Bi litros)	Taxa (%)	Varição (Bi litros)
Crescimento Baixo	4,2	8,6	2,7	10,4
Crescimento Médio	5,7	11,8	4,0	16,5
Crescimento Alto	7,1	15,4	5,2	22,6

Fonte: CONAB (2022a, 2022b), MAPA (2022), ME (2022) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 9 – Oferta Total de Etanol por matéria-prima



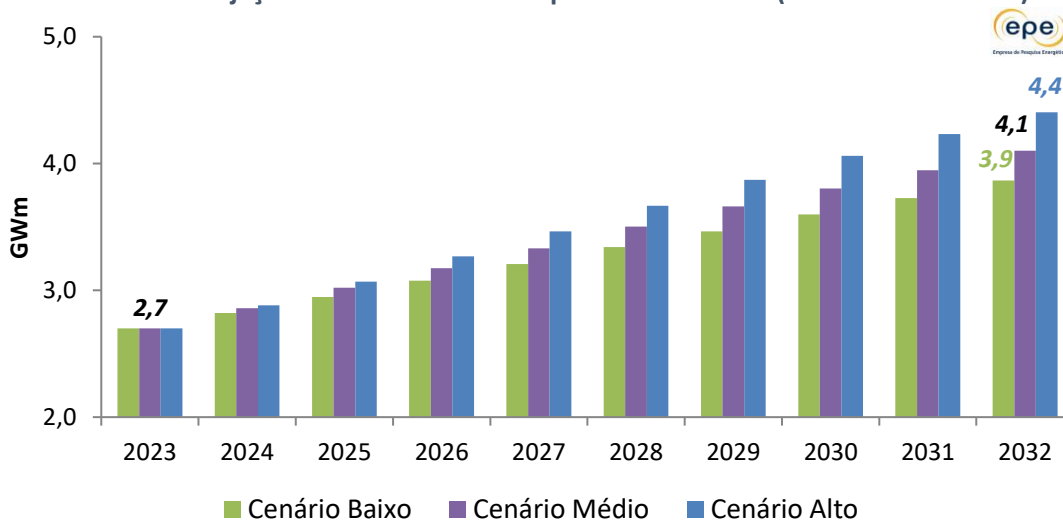
Fonte: Elaboração própria

Bioeletricidade

A partir da projeção de oferta de biomassa de cana-de-açúcar, o estudo realizou duas estimativas da oferta de bioeletricidade à rede: (1) a construção da curva de exportação de bioeletricidade, baseada no comportamento histórico do setor¹⁰ e (2) o cálculo do potencial técnico, com base nos dados das usinas vencedoras dos leilões de energia.

Com base no comportamento histórico do setor sucroenergético, o montante injetado ao SIN no ano de 2032 é de 4,4 GWm, 4,1 GWm e 3,9 GWm, respectivamente, para os cenários de crescimento alto, médio e baixo, conforme Gráfico 10 a seguir.

Gráfico 10 - Projeção de bioeletricidade a partir do histórico (curva de conversão)

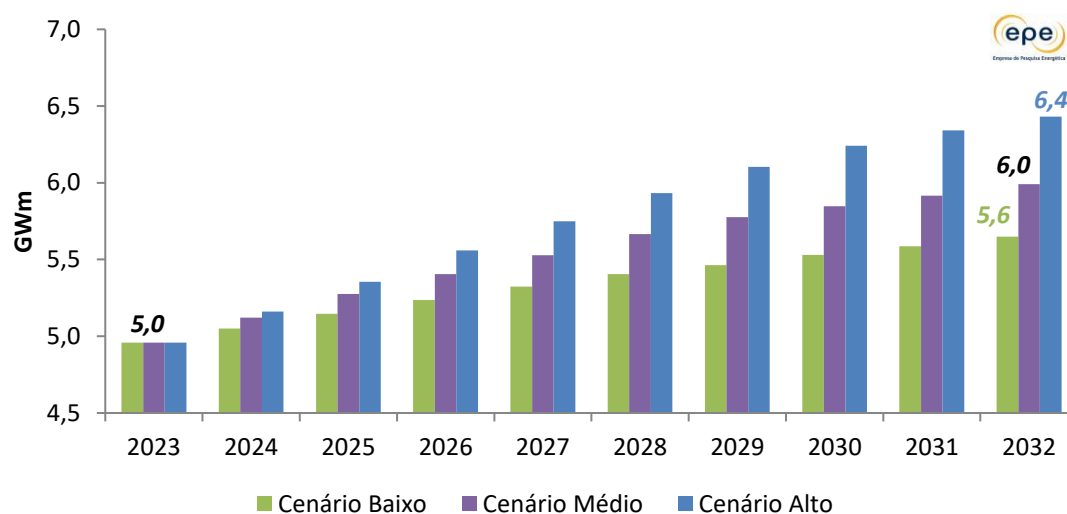


Fonte: Elaboração própria

¹⁰ Esta metodologia contabiliza todo o parque sucroenergético nacional, incluindo toda a cana processada no país e toda a energia exportada pelo setor. Os fatores de exportação utilizados foram 69,86 kWh/tc para o potencial técnico e uma variação de 38,02 kWh/tc a 47,82 kWh/tc, entre 2023 e 2032 respectivamente, para a curva de exportação de bioeletricidade baseada no comportamento histórico.

As projeções do potencial técnico apresentadas no Gráfico 11 ilustram que o total de energia advinda da bioeletricidade da cana injetado na rede no ano de 2032 poderá variar de 5,6 GWm a 6,4 GWm, representando os cenários de crescimento baixo e alto, respectivamente.

Gráfico 11 - Projeção de bioeletricidade a partir do potencial técnico



Fonte: Elaboração própria

Biogás/Biometano da biomassa de cana-de-açúcar

O processo produtivo de etanol e açúcar gera grande quantidade de resíduos na forma de vinhaça, torta de filtro e palhas e pontas, cujo aproveitamento pode ser otimizado, se direcionado para a produção de biogás.

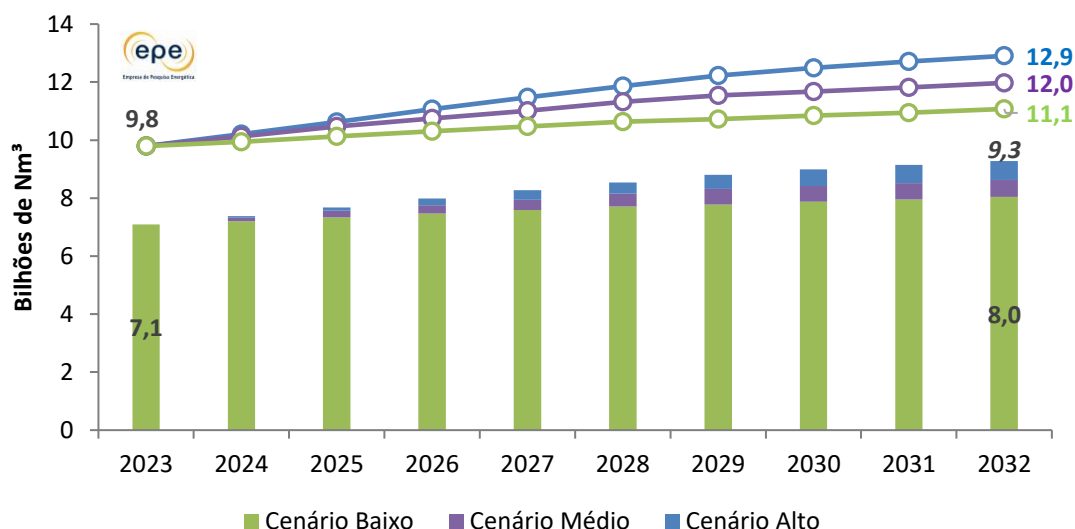
A fermentação destes resíduos origina o biogás¹¹, que é composto majoritariamente por gás metano (55 – 70% v/v), dióxido de carbono (30 – 45% v/v), e pequena quantidade de sulfeto de hidrogênio (H₂S – 200 – 4000 ppm/v).

A purificação do biogás dá origem ao biometano (metano contido no biogás), que pode ser utilizado como fonte geradora de energia elétrica ou em motores a combustão dos maquinários agrícolas ou, ainda, ser injetado nas malhas de gás natural. A oportunidade criada no contexto da iniciativa “Novo Mercado de Gás”, pode fomentar o uso deste biocombustível. As estimativas apresentadas neste documento consideram que toda a vinhaça e torta de filtro e uma fração das palhas e pontas¹² serão direcionadas para produção de biogás, e o volume total gerado poderá oscilar entre 12,9 bilhões de Nm³ para o cenário de crescimento alto e 11,1 bilhões de Nm³ no baixo, conforme ilustrado (linhas) no Gráfico 12. Pode-se observar também o potencial relativo às usinas que fazem parte do grupo mais eficiente economicamente do setor (ITAUBBA, 2019; NOVACANA, 2020), as quais estariam aptas a fazer investimentos na produção de biogás mais rapidamente. Neste caso, o potencial variaria de 8,0 bilhões de Nm³ a 9,3 bilhões de Nm³ (colunas).

¹¹ Parâmetros: 1 t torta de filtro = 90-120 Nm³ biogás; 1 m³ vinhaça = 12-25 Nm³ biogás e 1 t palhas e pontas = 240 Nm³ biogás

¹² A fração considerada foi de 20% das palhas e pontas e de somente parte do setor.

Gráfico 12 - Potencial de Produção de Biogás



Nota: No gráfico, as colunas se referem à análise do potencial relativo das usinas dos grupos mais eficientes economicamente do setor e as linhas, ao potencial total.

Fonte: Elaboração própria

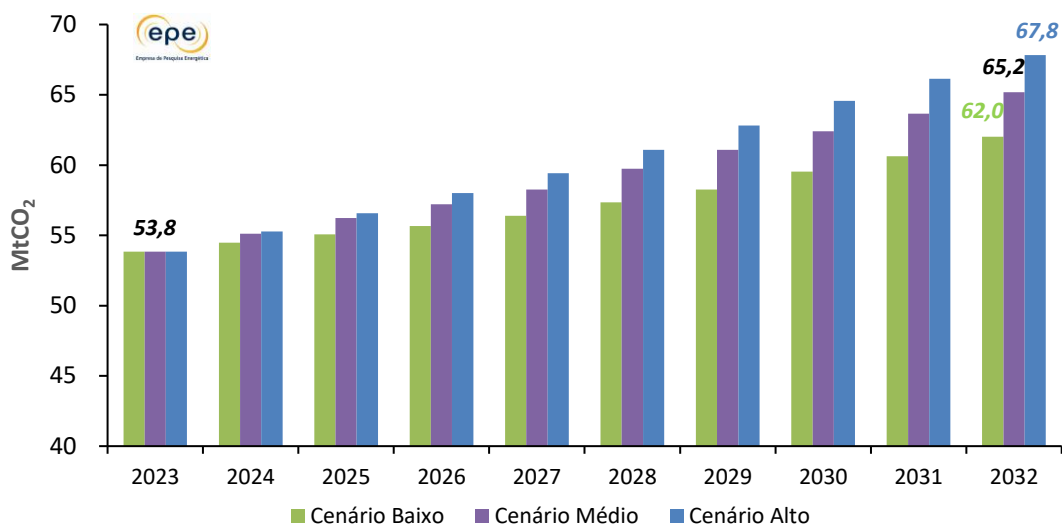
Emissões Evitadas de Gases de Efeito Estufa

Para estimar as emissões evitadas pela utilização do etanol (hidratado ou anidro) e a bioeletricidade da cana-de-açúcar, em substituição aos combustíveis fósseis, foram utilizados, respectivamente, os fatores de emissão determinados pelo IPCC (2006) e MCTI (2021). Para o etanol anidro e o hidratado, esses valores foram de 2,56 kgCO₂eq/litro e 1,17 kgCO₂eq/litro, respectivamente. No caso da bioeletricidade, o fator é variável em função da utilização das diversas fontes que compõe a matriz elétrica nacional. Em decorrência do severo estresse hídrico vivenciado em 2021, houve uma mudança significativa, passando de 0,062 CO₂/MWh em 2020 para 0,1264 tCO₂/MWh.

Adotando a abordagem mais conservadora para a bioeletricidade¹³ (Gráfico 10) e considerando a demanda carburante de etanol, poderiam ser evitadas até 67,8 MtCO₂ com o cenário alto e 62,0 MtCO₂ com o cenário baixo, conforme ilustrado no Gráfico 13 a seguir.

¹³ Para as projeções de emissões evitadas com a bioeletricidade o fator utilizado corresponde à média anual dos últimos dez anos.

Gráfico 13 - Emissões evitadas de GEE pelo uso do etanol e bioeletricidade



Fonte: Elaboração própria a partir de IPCC (2006) e MCTI (2021)

Investimentos

Para a avaliação dos investimentos necessários, consideraram-se unidades sucroenergéticas mistas (*greenfields*) de primeira geração, com perfil tecnológico otimizado e tamanho médio de 4 milhões de toneladas de capacidade nominal de processamento. Estima-se que o CAPEX médio para esse perfil seja de R\$ 561,1 / tc (LNBR, 2022). Adotou-se como valor do investimento específico para a expansão de unidades existentes R\$ 248,5 / tc (NOVACANA, 2022a).

A estimativa dos investimentos em novas plantas de etanol lignocelulósico considerou os valores referentes aos projetos anunciados recentemente no Brasil, estimados em R\$ 12,20 / litro (NOVACANA, 2022b; RAÍZEN, 2021b).

Para o etanol de milho, estima-se que o CAPEX para a implantação de uma usina *flex* será de R\$ 1,18 / litro, enquanto para uma usina *full*, o valor é de R\$ 2,13 / litro (LNBR, 2022 e NOVACANA, 2022c).

Com isso, foi realizada uma estimativa dos investimentos necessários em novas unidades, para os cenários considerados, conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Investimento estimado para novos projetos e expansões

Capex (R\$ bilhões)	Baixo	Médio	Alto
E1G Cana	12,3	19,0	29,5
E2G Cana	3,0	8,0	10
Milho	7,5	11,6	15,9
Total	22,9	38,6	55,4

Fonte: EPE com base em LNBR (2022) e NOVACANA (2022a, 2022b, 2022c)

Para maiores detalhes, acessar a publicação Informe de Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis (EPE, 2022f).

4. Resultados – Demanda Carburante

Neste item, será apresentada a evolução da demanda total de combustíveis para a frota de veículos leves (automóveis e comerciais leves) do ciclo Otto, para os três cenários de oferta de etanol elaborados, considerando um percentual de mistura de etanol anidro na gasolina C de 27% em todo o período.

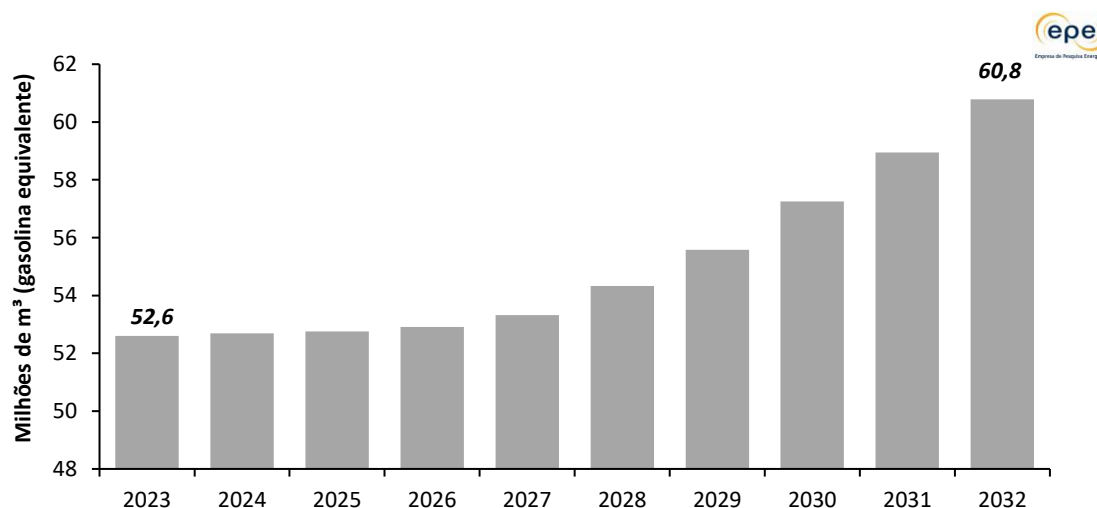
A demanda total de combustíveis é projetada através de um modelo contábil desenvolvido pela EPE (2010), que considera, além do cenário econômico (EPE, 2022c), diversos outros aspectos, como o licenciamento de veículos leves, a oferta interna de etanol, o preço doméstico da gasolina e a preferência do consumidor entre gasolina e etanol, no abastecimento de veículos *flex fuel*. Maiores detalhes sobre a demanda de combustíveis do ciclo Otto, podem ser encontrados no Informe de Demanda de Energia dos Veículos Leves (EPE, 2022g).

A trajetória de licenciamento considerada resulta em um incremento da frota nacional circulante ciclo Otto, que cresce de 2021 a 2032, a uma taxa média anual de 2,2%, atingindo a marca de 47,3 milhões de unidades em 2032. Ao final desse período, os veículos *flex fuel*, a combustão interna, representarão 89% desta frota.

Assim, para o período de 2021 a 2032, a taxa de crescimento estimada para a demanda de combustíveis da frota total de veículos leves do ciclo Otto (sem GNV) é de 1,7% a.a., conforme o Gráfico 14.

Observa-se que ainda não é possível avaliar plenamente os desdobramentos relativos à pandemia de Covid-19 sobre o deslocamento de veículos leves, em virtude das atividades virtuais, como o trabalho híbrido e a influência do crescimento do comércio digital e das entregas domiciliares EPE (2022b, 2022d).

Gráfico 14 - Demanda de Ciclo Otto (sem GNV)



Fonte: Elaboração própria

Etanol Carburante

A demanda de etanol carburante é obtida a partir da oferta total de etanol, retirando-se as parcelas do biocombustível exportado e a destinada a outros fins, apresentadas no item Premissas Comuns (2.1). A partir deste montante, estimou-se a demanda das frotas dedicadas, movidas a gasolina C e a etanol hidratado, bem como a parcela da demanda de veículos *flex fuel* que será atendida por etanol hidratado e por gasolina C (gasolina A + etanol anidro).

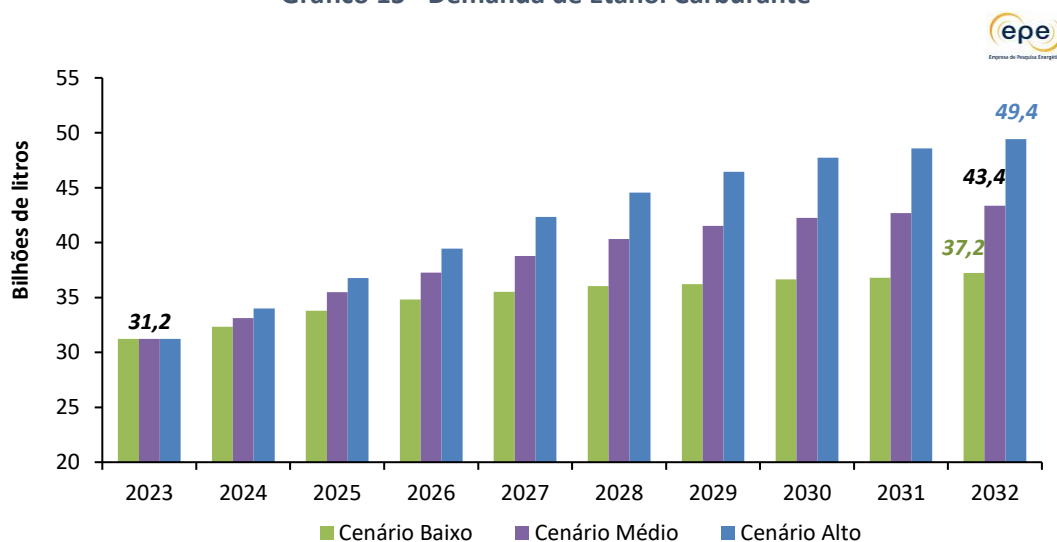
A Tabela 9 e o Gráfico 15 apresentam as taxas de crescimento e variações da demanda de etanol carburante entre 2021 e 2032.

Tabela 9 - Taxa de crescimento e variação da Demanda de Etanol Carburante

Cenários	2021 – 2027		2021 – 2032	
	Taxa (%)	Variação (Bi litros)	Taxa (%)	Variação (Bi litros)
Crescimento Baixo	4,0	7,4	2,6	9,1
Crescimento Médio	5,5	10,6	4,0	15,2
Crescimento Alto	7,0	14,2	5,2	21,3

Fonte: EPE (2022e) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 15 - Demanda de Etanol Carburante



Fonte: Elaboração própria

Gasolina A

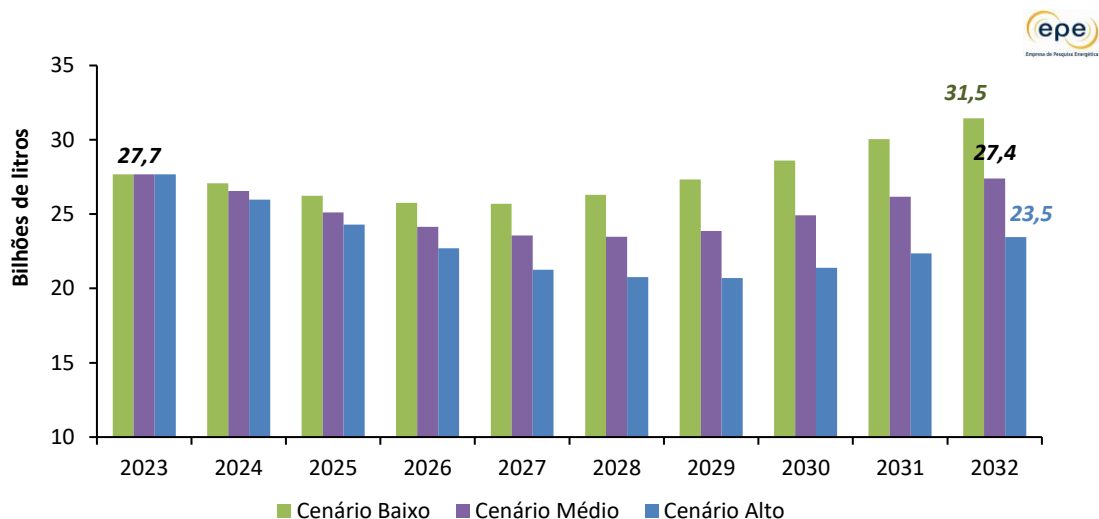
A gasolina A adicionada ao etanol anidro (gasolina C) se destina tanto ao atendimento da frota dedicada, quanto ao de uma parcela da frota *flex fuel*. Estima-se que, em 2032, o volume deste combustível atinja 27,4 bilhões de litros, para o cenário de crescimento médio, valor próximo ao ocorrido em 2018 e 2019. O recorde histórico de produção nacional desse derivado alcançou 31 bilhões de litros em 2014 (EPE, 2022d). A Tabela 10 e o Gráfico 16 apresentam as taxas de crescimento e variações da demanda de gasolina A entre 2021 e os anos de 2027 e 2032.

Tabela 10 - Taxa de crescimento e variação da Demanda de Gasolina A

Cenários	2021 – 2027		2021 – 2032	
	Taxa (%)	Variação (Bi litros)	Taxa (%)	Variação (Bi litros)
Crescimento Baixo	- 1,8	- 3,0	0,8	2,8
Crescimento Médio	- 3,2	- 5,1	-0,4	-1,3
Crescimento Alto	- 4,9	- 7,4	- 1,8	- 5,3

Fonte: EPE (2022e) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 16 - Demanda de Gasolina A

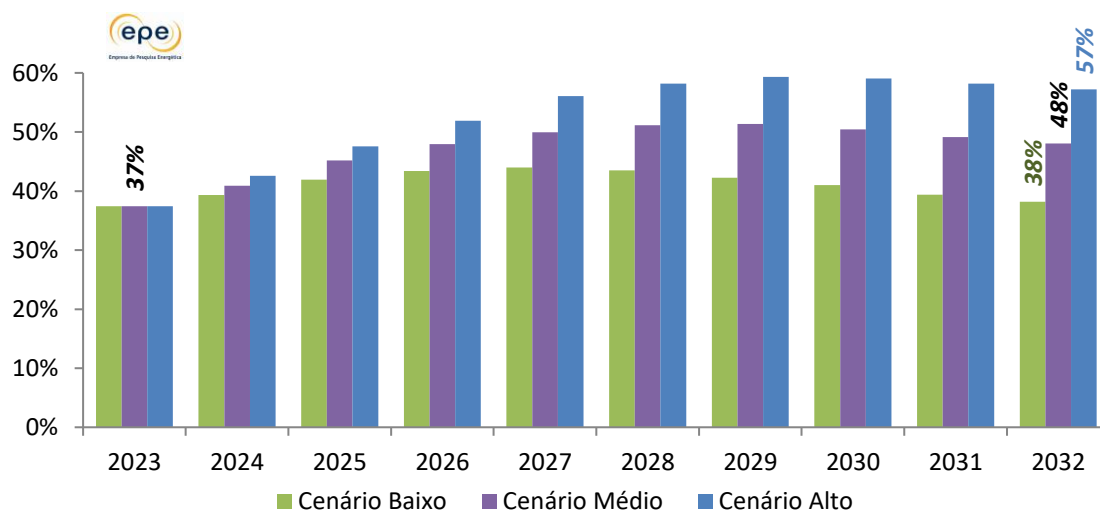


Fonte: Elaboração própria

Market Share do Hidratado no Flex Fuel

A partir da disponibilidade de etanol hidratado carburante, verifica-se a trajetória da sua participação na demanda dos veículos *flex fuel*. No Gráfico 17, observa-se que esse montante resultará no incremento de *market share* do etanol hidratado na frota *flex*. Essa participação representa, em 2032, 38% no cenário de crescimento baixo da oferta de etanol. Já para os de crescimento médio e de crescimento alto, alcança 48% e 57%, respectivamente.

Gráfico 17 - Market Share do Etanol Hidratado no Flex Fuel (em volume)



Fonte: Elaboração própria

Balanco Nacional de Gasolina A

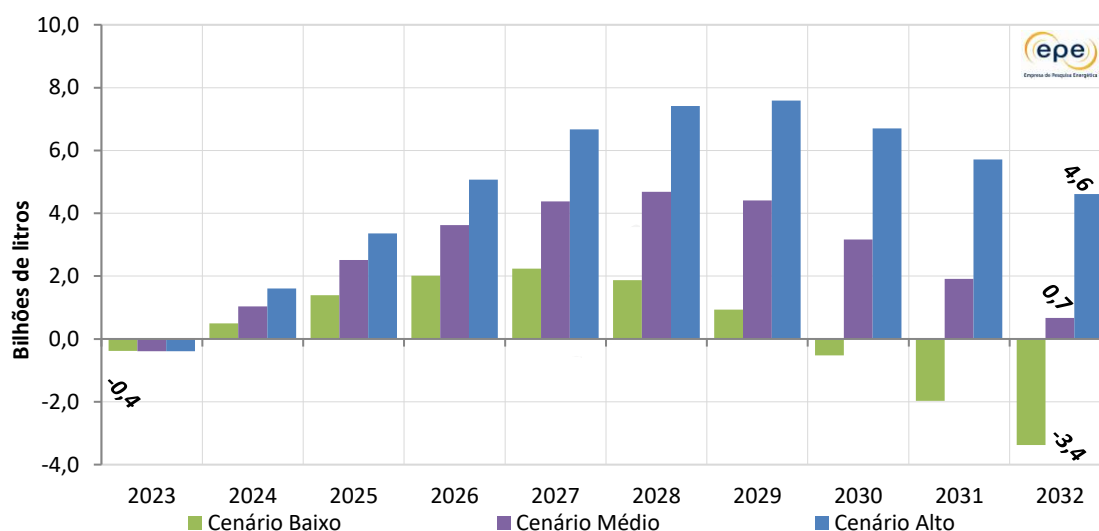
Para avaliação do balanço de gasolina A no horizonte de estudo, foram considerados a sua projeção de produção a partir do PDE 2031 (EPE, 2022d) e os cenários de oferta de etanol apresentados

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

Dessa forma, para estimar o impacto no abastecimento nacional dos veículos leves do ciclo Otto, o presente estudo realizou uma análise de sensibilidade considerando a produção de gasolina A do PDE 2031, que atinge 28,1 bilhões de litros em 2032 (EPE, 2022d), mantendo-se abaixo da produção máxima histórica de 31,0 bilhões de litros em 2014 (EPE, 2022e).

Como pode ser observado no Gráfico 18, tal exercício evidenciou que, para todos os cenários haverá necessidade de pequena importação em 2023. No caso do cenário baixo, também serão necessários volumes de importação de gasolina A entre 2030 e 2032, ano em que atinge 3,4 bilhões de litros, ainda abaixo do máximo histórico (4,9 bilhões de litros em 2020) (EPE, 2022e). Para o restante do período, nos cenários médio e alto, não haverá necessidade de importação.

Gráfico 18 - Balanço Nacional de Gasolina A (em volume)



Fonte: Elaboração própria

BOX – Análise de Sensibilidade

Este Box tem como objetivo apresentar uma análise de sensibilidade para a oferta de etanol e demanda do ciclo Otto, considerando um cenário mais desfavorável ao setor de biocombustíveis, com relação às políticas públicas, às ações das empresas na redução de custos de produção e à reestruturação financeira dos grupos endividados. Adicionalmente, os preços internacionais do petróleo se situarão em patamares moderados. Dessa forma, apesar do RenovaBio, a atratividade econômica do setor de etanol não seria suficiente para induzir investimentos relevantes.

Em termos de capacidade produtiva de esmagamento de cana, considera-se a entrada de duas unidades, identificadas pela ANP como em construção e em etapa de obtenção de autorização de operação (posição em julho de 2022) (ANP, 2022b). Adicionalmente, o saldo das reativações e dos fechamentos acarretará a diminuição de 4 unidades produtoras, resultando em uma perda de capacidade de processamento de 3,2 milhões de toneladas de cana. Haverá entrada de novas unidades em operação *flex* e *full* de milho, indicadas como em construção na ANP.

Nessa análise, foram adotados o rendimento, a área de cana energia, a exportação e o etanol para outros usos comuns a todos os cenários. Quanto à produção nacional de açúcar, foi considerada a mesma apresentada para os cenários de crescimento médio e baixo. Considerou-se que a produção de etanol de segunda geração será de 144 milhões de litros em 2032, 26% do valor exibido no cenário de crescimento médio, enquanto o etanol de milho alcança 5,4 bilhões de litros ao final do período.

A capacidade instalada estimada será de 810 Mtc (nominal) e 729 Mtc (efetiva) em 2032. A área de cana processada é de 8,7 Mha e a produtividade agrícola, de 74,7 tc/ha no mesmo ano. Como resultado, estima-se uma quantidade de 650 milhões de toneladas de cana moída ao final do período. A oferta de etanol chegará a 33,7 bilhões em 2032, similar ao valor registrado em 2020.

Deste volume, descontando-se as parcelas de etanol para outros fins e para exportação (Item 2.1), realiza-se o balanço do etanol disponível com a demanda do ciclo Otto e obtêm-se volumes de 29,2 bilhões de litros de gasolina A e de 30,3 bilhões de litros de etanol carburante em 2027. Em 2032, a gasolina A alcança 36,2 bilhões de litros e o etanol 30,2 bilhões de litros. Com isso, o *market share* do etanol hidratado no *flex fuel* será da ordem de 26% em 2032.

Por fim, ao analisar o balanço nacional de gasolina A, adotando-se a produção de gasolina A baseada no PDE 2031 (EPE, 2022d), torna-se necessário efetuar a importação de 8 bilhões de litros em 2032, o que corresponde a 22% da demanda do combustível fóssil. Coloca-se que a importação máxima histórico desse combustível fóssil foi de 4,9 bilhões de litros em 2020 (EPE, 2022e), sendo necessária uma avaliação posterior da capacidade da infraestrutura nacional de movimentação de combustíveis.

5. Conclusão

Este documento objetivou a apresentação dos cenários de oferta de etanol considerados para o período 2023-2032 e seus respectivos reflexos na demanda do ciclo Otto e no balanço nacional de gasolina A.

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

Como resultado dessas projeções, verifica-se que os volumes da oferta de etanol, em 2032, poderiam variar entre 40,7 e 52,9 bilhões de litros.

Com base na demanda de ciclo Otto estimada e na produção de combustíveis correspondentes, foi realizada análise de sensibilidade considerando a produção de gasolina A do PDE 2031. Para todos os cenários haverá necessidade de importação em 2023. No caso do cenário baixo, também serão requeridos volumes de importação de gasolina A entre 2030 e 2032, ano em que atinge 3,4 bilhões de litros.

O documento evidencia que a contribuição da biomassa de cana para o cenário energético nacional poderá se tornar ainda mais relevante. A participação da bioeletricidade, na avaliação mais conservadora, poderá injetar em 2032 até 6,4 GWm no cenário de crescimento alto, e 5,6 GWm no cenário de crescimento baixo. Acrescenta-se que a utilização da biomassa residual da cana para a produção de biogás, para este mesmo horizonte, possibilita que sejam gerados 12,9 bilhões de Nm³ e 11,1 bilhões de Nm³ para os cenários citados, respectivamente. Considerando uma análise mais conservadora, grupos mais eficientes e com melhor saúde financeira, os valores potenciais seriam de 8,0 bilhões de Nm³ e 9,3 bilhões de Nm³, respectivamente.

As emissões evitadas de GEE pelo uso dos produtos da cana são muito relevantes no cenário nacional. Considerando a demanda de etanol para fins carburantes e a participação da bioeletricidade, na análise mais conservadora, os valores evitados podem variar, em 2032, entre 67,8 MtCO₂ e 62,0 MtCO₂, para os cenários de crescimento alto e baixo, respectivamente.

Este estudo mostra-se relevante para contribuir no alcance das políticas públicas direcionadas ao abastecimento do mercado de veículos do ciclo Otto e ao atendimento dos compromissos internacionais do Brasil no âmbito do Acordo de Paris, sendo importante para o planejamento energético do país nos médio e longo prazos.

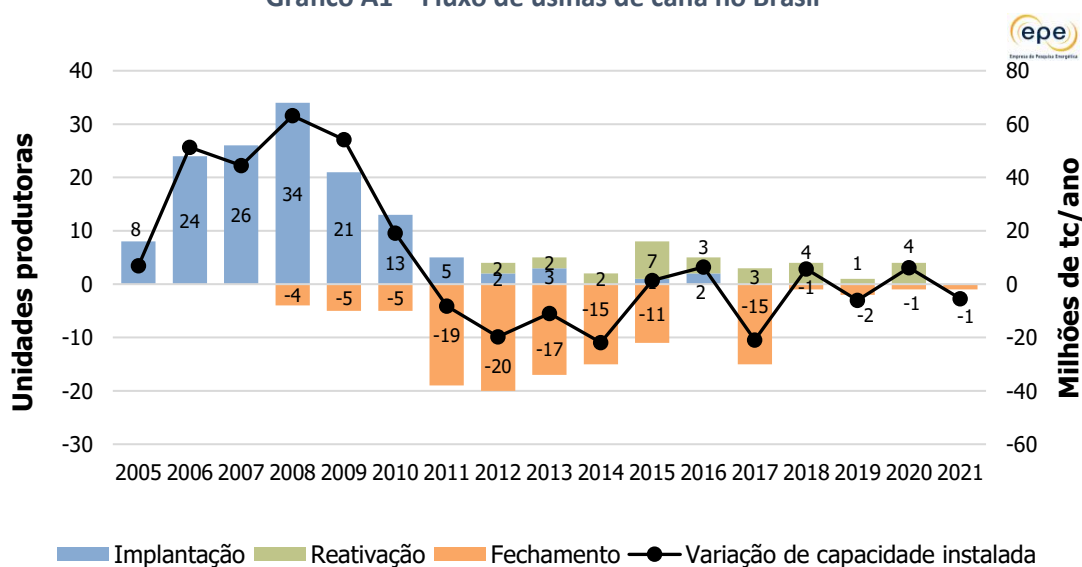
ANEXO

Tabela A1: Histórico

	2017	2018	2019	2020	2021
Área (milhões ha)	8,7	8,6	8,4	8,6	8,3
Produtividade (tc/ha)	72,5	72,2	76,1	76,0	70,4
Cana processada (milhões de toneladas)	635,7	608,5	654,1	662,7	581,4
Rendimento (kg ATR/tc)	136,8	138,4	139,3	144,1	141,6
ATR Total (milhões toneladas)	86,6	85,9	89,5	94,3	82,9
Produção interna de etanol (bilhões de litros)	27,7	32,3	36,0	32,6	29,9
E1G	27,3	31,6	34,7	30,2	26,6
E2G	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Milho	0,4	0,7	1,3	2,4	3,3
Importação de etanol (bilhões de litros)	1,8	1,8	1,5	1,0	0,4
Oferta com importação (bilhões de litros)	29,5	34,1	37,5	33,6	30,3
Açúcar (milhões de toneladas)	38,1	28,5	30,0	41,5	35,1
Exportação	28,7	21,4	18,4	31,6	27,7
Cons. Interno + Var. de Estoque	9,4	7,1	11,6	10,0	7,9
Market share Brasil no comércio mundial (%)	43,6%	34,7%	31,8%	46,5%	43,0%
Mix de produção (etanol) (%)	54,4%	64,5%	65,1%	54,1%	54,5%
Exportação de etanol (bilhões de litros)	1,4	1,7	2,0	2,7	1,9
Outros usos (bilhões de litros)	1,0	1,1	1,1	1,4	1,4
Consumo gasolina A (bilhões de litros)	32,2	28,0	27,9	26,2	28,7
Consumo etanol anidro (bilhões de litros)	12,1	10,2	10,6	9,8	10,6
Consumo gasolina C (bilhões de litros)	44,3	38,2	38,4	35,9	39,3
Consumo etanol hidratado (bilhões de litros)	14,5	20,1	23,2	19,8	17,5
Consumo etanol carburante (bilhões de litros)	26,6	30,3	33,8	29,6	28,2
Ciclo Otto sem GNV (bilhões de litros de gasolina equivalente)	54,5	52,3	54,7	49,8	51,6
Produção de gasolina (bilhões de litros)	28,3	26,0	25,4	23,5	28,1
Market share etanol hidratado nos veículos flex fuel (%)	28,3%	38,8%	41,7%	39,4%	32,5%
Importação de gasolina A (bilhões de litros)	4,49	3,24	4,89	4,94	2,75

Fonte: EPE a partir de ANP (2022a); EPE (2022a, 2022e); MAPA (2022)

Gráfico A1 – Fluxo de usinas de cana no Brasil



Fonte: EPE a partir de EPE (2022a); MAPA (2022), UNICA (2014a, 2014b)

Referências bibliográficas

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Dados estatísticos**, 2022a. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 18 ago. 2022.

_____. **Autorização para produção de biocombustíveis**, 2022b. Posição em julho/2022. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/autorizacao-para-producao-de-biocombustiveis>. Acesso em: 18 ago. 2022.

BRASIL. Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudanças Climáticas – PNMC e dá outras providências. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 02 set. 2022.

_____. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 de dezembro. 2017^a. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 02 set. 2022

_____. Lei Complementar nº 194, de 23 de junho de 2022a. Altera a Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966 (Código Tributário Nacional), e a Lei Complementar nº 87, de 13 de setembro de 1996 (Lei Kandir), para considerar bens e serviços essenciais os relativos aos combustíveis, à energia elétrica, às comunicações e ao transporte coletivo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 jun. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp194.htm. Acesso em: 24 out. 2022.

_____. Emenda constitucional nº 193, de 14 de julho de 2022b. Altera o art. 225 da Constituição Federal para estabelecer diferencial de competitividade para os biocombustíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 jul. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc123.htm. Acesso em: 24 out. 2022.

_____. Nationally Determined Contribution (NDC) – Paris Agreement, 2022c. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20%20FINAL%20-%20PDF.pdf>. Acesso em: 02 set. 2022.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Leilões**, 2022. Disponível em: www.ccee.org.br. Acesso em: 19 out. 2022.

CNPE. Conselho Nacional de Política Energética. Resolução CNPE nº 7, de 20 de abril de 2021. Institui o Programa Combustível do Futuro e dá outras providências. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 mai. 2021. Disponível em https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/arquivos/2021/ResolucoesCNPE7_2021.pdf. Acesso em: 02 set. 2022.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamentos de Safra: cana-de-açúcar**. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília: CONAB, 2022a. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 01 jun. 2022.

_____. **Comunicação Pessoal**, 2022b.

CONFAZ/MF. Conselho Nacional de Política Fazendária/Ministério da Fazenda. **Alíquotas e reduções de base de cálculo nas operações internas dos Estados e do Distrito Federal**, 2022. Disponível em: www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais. Acesso em: 01 jun. 2022.

COSAN. **Comunicado ao Mercado** - Nova planta e contrato para a comercialização de Etanol Celulósico - Raizen. COSAN, 2021. Disponível em: <https://www.cosan.com.br/>. Acesso em: 01 jun. 2022.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Final Volume Standards for 2020, 2021, and 2022**. Disponível em: <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-volume-standards-2020-2021-and-2022>. EPA, 2021. Acesso em: 20 jun. 2022.

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

_____. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**: ano 2015. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 04 out. 2022.

_____. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**: ano 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022a. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 04 out. 2022.

_____. **Balço Energético Nacional 2022**: ano base 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022e. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 04 out. 2022.

_____. **Informe de Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis: 2023 – 2032**. Rio de Janeiro: EPE, 2022f. Disponível em: www.epe.gov.br. No prelo.

_____. **Informe de Demanda de Energia dos Veículos Leves: 2023 – 2032**. Rio de Janeiro: EPE, 2022g. Disponível em: www.epe.gov.br. No prelo.

_____. **Perspectivas para o mercado brasileiro de combustíveis no curto prazo**. Rio de Janeiro: EPE, 2022b. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 18 out. 2022.

_____. **Plano Decenal de Expansão de Energia PDE 2031**. Rio de Janeiro: EPE, 2022d. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 27 out. 2022.

_____. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2032: Cadernos de Estudo**. Rio de Janeiro: EPE, 2022c. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 27 out. 2022.

FAO – Food and Agriculture Organization. **World agriculture towards 2030-2050: the 2012 revision**. OECD/FAO, 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2022.

_____. **Agricultural outlook 2021 – 2030**. Roma, 2021. OECD/FAO, 2021. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030_969526b0-en. Acesso em 08 mar. 2022.

GRANBIO. **Bioflex I: Produção de Biocombustível**. Granbio, 2021. Disponível em: <http://www.granbio.com.br/conteudos/bioflex-biocombustiveis/>. Acesso em: 08 out. 2022.

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

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: volume 2, Energy**, Genebra, 2006. Fonte: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>. Acesso em: 06 out. 2022.

ISO – International Sugar Organization. **Sugar Year Book 2022**. Londres: ISO, 2022.

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

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

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sustentabilidade/Agroenergia**, 2022. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 24 out. 2022.

ME – Ministério da Economia. **Estatísticas de Comércio Exterior**, 2022 Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Brasília: Secretária Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais/ME. Acesso em: 06 dez. 2021.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. **Fatores de emissão de CO₂ para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos**, 2022. Disponível em: www.mctic.gov.br. Acesso em: 24 out. 2022.

MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; VALENTE, M. S.; XAVIER, C. E. O.; KULAY, L.; DONKE, C. G.; MATSUURA, M. I. S. F.; RAMOS, N. P.; MORANDI, M. A. B.; BONOMI, A.; CAPITANI, D. H. D.; CHAGAS, M. F.; CAVALETT, Otávio; GOUVEIA, V. L. R.. A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. *Revista BNDES*, v. 41, p. 147-208, 2014. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/ispui/handle/1408/2496>. Acesso em: 06 out. 2022.

NOVACANA. **Levantamentos dos investimentos em brownfields de cana** (diversas reportagens), 2022a. Disponível em: <https://www.novacana.com/>. Acesso em: 06 out. 2022.

_____. **Raízen investirá R\$ 2 bilhões em duas novas plantas de etanol 2G**, 2022b. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/industria/investimento/raizen-investira-r-2-bilhoes-duas-novas-plantas-etanol-2g-120522>. Acesso em: 26 out. 2022.

_____. **Etanol de milho se torna mais rentável que o de cana, mas ainda tem desafios pela frente**, 2022c. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/milho/etanol-milho-mais-rentavel-cana-ainda-desafios-frente-201022>. Acesso em: 26 out. 2022.

RAÍZEN. **Prospecto definitivo da oferta pública de distribuição primária de ações preferenciais de emissão da Raízen S.A.**, 2021. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/c016735f-1711-48ce-919f-a8c701b83c19/37b57678-9dd0-55f8-9255-0e1de152e072?origin=1>. Acesso em: 05 out. 2022.

_____. **Avisos, Fatos Relevantes e Comunicados**, 2022. Disponível em: <https://ri.raizen.com.br/divulgacoes-e-documentos/avisos-comunicados-e-fatos-relevantes/>. Acesso em: 05 out. 2022.

UNEM. União Nacional do Etanol de Milho. **Comunicação pessoal**, 2022.

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

_____. **Comunicação pessoal**, 2014b.

_____. **UNICADATA**, 2022. Disponível em <http://unicadata.com.br/>. Acesso em: 26 out. 2022.

USDA. **Sugar and Sweeteners Yearbook Tables**, 2022. United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Services, Washington D.C. Disponível em <https://www.ers.usda.gov/data-products/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables.aspx>. Acesso em: 26 out. 2022.