

NOTA TÉCNICA

# Cenários de oferta de etanol e demanda de ciclo Otto 2024-2033

DEZEMBRO DE 2023

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

**epe**  
Empresa de Pesquisa Energética

**Coordenação Executiva**

Angela Oliveira da Costa

**Coordenação Técnica**

Angela Oliveira da Costa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

**Equipe Técnica**

Angela Oliveira da Costa

Danilo Percin

Euler João Geraldo da Silva

Leônidas Bially Olegário dos Santos

Marina Damião Besteti Ribeiro

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

**Técnica em Secretariado**

Raquel Lopes Couto

**Estagiários**

Miguel Angelo Alvarenga de Carvalho

Pedro Henrique Menegotto Weingartner

**Imagens da Capa**

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



**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>



**Presidente**

Thiago Guilherme Ferreira Prado

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

Thiago Ivanoski Teixeira

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**

Reinaldo da Cruz Garcia

**Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis**

Heloisa Borges Bastos Esteves

**Diretora de Gestão Corporativa**

Angela Regina Livino de Carvalho

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

## ■ Identificação da Publicação 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 2024-2033

---

Revisão	Data de emissão	Descrição
r0	21/12/2023	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 para cada cenário .....	5
2.2.1. Expansão da capacidade de produção de etanol de cana e de milho.....	6
2.2.2. Açúcar .....	10
3. Resultados – Estudos da Expansão da Oferta.....	11
4. Resultados – Demanda Carburante .....	19
5. Conclusão .....	26
Referências bibliográficas.....	28

## ■ Gráficos

Gráfico 1 – Saldo de capacidade instalada de produção de etanol – Cenário de Crescimento Médio .....	7
Gráfico 2 – Saldo de capacidade instalada de produção de etanol – Cenário de Crescimento Alto .....	8
Gráfico 3 - Saldo de capacidade instalada de produção de etanol – Cenário de Crescimento Baixo.....	9
Gráfico 4 - Capacidade nominal de processamento de cana e milho .....	9
Gráfico 5 - Capacidade de produção de etanol (cana e milho) .....	10
Gráfico 6 - Produção de Açúcar .....	11
Gráfico 7 - Área de Cana Processada.....	12
Gráfico 8 - Produtividade da Cana.....	12
Gráfico 9 - Cana Processada .....	13
Gráfico 10 - Quantidade de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR).....	14
Gráfico 11 – Processamento de milho para a produção de etanol.....	14
Gráfico 12 - Oferta Total de Etanol por matéria-prima.....	15
Gráfico 13 - Projeção de bioeletricidade a partir do histórico (curva de conversão) .....	16
Gráfico 14 - Projeção de bioeletricidade a partir do potencial técnico .....	16
Gráfico 15 - Potencial de Produção de Biogás.....	17
Gráfico 16 - Emissões evitadas de GEE pelo uso do etanol e bioeletricidade.....	18
Gráfico 17 - Demanda de Ciclo Otto (sem GNV) .....	20
Gráfico 18 - Demanda de Etanol Carburante .....	21
Gráfico 19 - Demanda de Gasolina A.....	21
Gráfico 20 - Evolução da Demanda ciclo Otto segmentada por combustível.....	22
Gráfico 21 - <i>Market Share</i> do Etanol Hidratado no <i>Flex Fuel</i> (em volume) .....	22
Gráfico 22 - Balanço Nacional de Gasolina A - Produção PDE 2032 (em volume) .....	23
Gráfico 23 - Balanço Nacional de Gasolina A – Máximo Histórico (em volume).....	24

## Tabelas

Tabela 1 - Taxa de crescimento e variação de área de cana processada.....	11
Tabela 2 - Taxa de crescimento e variação de produtividade .....	12
Tabela 3 - Taxa de crescimento e variação de cana processada.....	13
Tabela 4 - Taxa de crescimento e variação de ATR .....	13
Tabela 5 - Taxa de crescimento e variação do processamento de milho para produção de etanol.....	14
Tabela 6 - Taxa de crescimento e variação da Oferta Total de Etanol .....	15
Tabela 7 - Potencial de biometano das usinas mais eficientes [bilhões Nm <sup>3</sup> ] .....	17
Tabela 8 - Investimento estimado para novos projetos e expansões.....	19
Tabela 9 - Taxa de crescimento e variação da Demanda de Etanol Carburante.....	20
Tabela 10 - Taxa de crescimento e variação da Demanda de Gasolina A.....	21

## Introdução

---

A Empresa de Pesquisa Energética divulga sua oitava edição dos Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto. Com o presente estudo, a EPE visa contribuir para a identificação das oportunidades e ameaças ao abastecimento nacional dos veículos leves de ciclo Otto (etanol e gasolina automotiva). Considerando a demanda de transporte de referência da EPE, são apresentados **cenários de oferta de etanol** de cana-de-açúcar e de milho e seus desdobramentos para a demanda dos combustíveis e sobre o **balanço nacional de gasolina A** até o horizonte de 2033. O estudo também contempla a oferta da bioeletricidade da cana-de-açúcar exportada ao Sistema Interligado Nacional, o potencial de produção de biogás de resíduos da cana e uma avaliação dos investimentos associados a cada um dos cenários. Além disso, estima-se a contribuição do setor sucroenergético e do etanol de milho para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

## 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 Projeto de Lei Combustível do Futuro (BRASIL, 2017, 2023; EPE, 2016, 2023a).

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. O etanol é comercializado nas formas de hidratado e anidro, este em mistura com a gasolina A, compondo a gasolina C.

Em relação à cana observa-se, desde 2020, o reflexo da valorização dos preços do açúcar no mercado internacional, com o setor sucroenergético se ajustando a essas flutuações para maximizar receitas ou minimizar perdas. A bioeletricidade é um terceiro ativo deste segmento, contribuindo para o aumento de sua receita. A produção de biogás utilizando vinhaça, torta de filtro e, em menor escala, palhas e pontas, tem apresentado avanços. A partir de 2020, o CBI<sup>1</sup> se constituiu como outra fonte de receita neste segmento (EPE, 2023a).

A produção de etanol a partir do milho vem apresentando um crescimento expressivo, principalmente na região Centro-Oeste, e atingiu 4,1 bilhões de litros em 2022, cerca de 15% da produção nacional (MAPA, 2023; UNICA, 2023). Esta vem sendo favorecida pelo aumento da produção do cereal, que diferentemente da cana, é um cultivo do qual se pode obter uma segunda safra anual ou até, ocasionalmente, uma terceira, em combinação com outros cultivos, notadamente a soja. Além disso, se beneficia da geração de coprodutos como o óleo de milho, destinado ao consumo humano, e do DDGS (*distiller's dried grains with solubles*), para nutrição animal, adicionando assim mais dois ativos no *pool* de receitas das usinas (IMEA, 2017; MILANEZ *et al.*, 2014). Adicionalmente, o milho tem como vantagem a possibilidade de armazenamento do cereal, viabilizando que as usinas operem ao longo de todo o ano.

---

<sup>1</sup> 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).

No que se refere às questões tarifárias, a partir do segundo semestre de 2022, ocorreram mudanças tributárias, em que o PIS/Pasep, Cofins e CIDE foram zerados e o ICMS ficou limitado entre 17% e 18% para a gasolina C (BRASIL, 2022a, 2022b). O consumo do ciclo Otto (exceto GNV) alcançou o máximo histórico anual, de 55,5 bilhões de litros de gasolina equivalente, com o etanol hidratado perdendo participação (EPE, 2023e). Em 2023, mesmo com o retorno gradual dos tributos, o consumo dos combustíveis do ciclo Otto tem se mantido bastante elevado. A safra 2023/24 vem exibindo uma recuperação considerável da produtividade e da moagem de cana, quando comparadas ao período anterior. Com a manutenção de preços elevados do açúcar<sup>2</sup> no mercado internacional, esta *commodity* apresenta crescimento na destinação do *mix*. Como já mencionado, a produção do etanol de milho apresentou um aumento consistente. Nesse cenário, a relação de preços entre o etanol e a gasolina está favorável ao biocombustível, com crescimento do seu consumo a partir de agosto (CONAB, 2023a; EPE, 2023a, 2023b; MAPA, 2023; USDA, 2023). Até novembro de 2023, o consumo de etanol hidratado foi de 16,1 bilhões de litros, crescimento de 6%, em relação ao mesmo período de 2022 (MAPA, 2023). Enquanto para a gasolina C, houve um aumento de 9% (ANP, 2023a).

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 2018 e 2022. Sugere-se como leitura complementar a publicação Análise de Conjuntura – ano 2022 (EPE, 2023a).

---

<sup>2</sup> De janeiro a novembro de 2023, a produção nacional de açúcar foi de 44,2 milhões de toneladas, 22% superior ao mesmo período de 2022 (MAPA, 2023).

## 2. Premissas dos cenários

---

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

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

### 2.1. Premissas comuns (Condicionantes)

#### **Ajustes nos fatores do ano base**

Para os anos de 2022 e 2023, a área e as produtividades agrícola e industrial referentes à cultura da cana foram ajustadas de acordo com o terceiro levantamento da safra de cana 2023/24 da CONAB (2023a).

#### **Capacidade instalada atual**

Para as unidades que utilizam exclusivamente a cana-de-açúcar, o fator de capacidade de moagem e de produção de etanol foi de 90%. Para o processamento do milho, esse valor é de 95%. As plantas produtoras de biocombustíveis em operação e com autorizações de ampliação e construção pela ANP têm como referência a posição de outubro de 2023 (ANP, 2023b).

##### a) Cana

- A capacidade instalada nominal de moagem se situa em torno de 872 milhões de toneladas de cana<sup>3</sup> (correspondente a 785 Mtc em capacidade efetiva), com 362<sup>4</sup> unidades em funcionamento. A capacidade de produção de etanol anidro e hidratado é de cerca 49 bilhões de litros (200 dias de safra) (ANP, 2023b; MAPA, 2023).
- Ampliação<sup>5</sup> da capacidade de produção de etanol de 39 usinas em operação (ANP, 2023b).
- Implantação de uma unidade produtora de etanol de cana no médio prazo, com autorização de construção pela ANP. Ainda constam, na ANP, uma unidade com pequena capacidade de produção de etanol (3 m<sup>3</sup>/dia), duas unidades que são produtoras de aguardente e /ou etanol para outros usos e mais uma, que atualmente já produz açúcar. Todas essas usinas<sup>6</sup> foram contempladas nas projeções (ANP, 2023b).

##### b) Milho e Outros

- A capacidade de processamento de milho é de 16,5 milhões de toneladas e a referente à produção de etanol se situa em 6,4 bilhões de litros, a partir de 27 unidades (12 *flex*<sup>7</sup>, 12 *full* e três de soja/cereais<sup>8</sup>) (ANP, 2023b; MAPA, 2023; UNEM, 2023).

---

<sup>3</sup> A análise considerou o fechamento, a reativação e as expansões em unidades existentes que ocorreram até o período indicado.

<sup>4</sup> Nesse total, estão incluídas quatro produtoras de aguardente.

<sup>5</sup> O total ampliado foi dividido em quatro parcelas iguais, em função das informações disponíveis.

<sup>6</sup> Existe mais uma unidade, cujos dados de capacidade de produção de etanol não estavam disponíveis na ANP, até a publicação desse estudo (ANP, 2023b).

<sup>7</sup> Unidades *flex* são aquelas que produzem etanol a partir da cana e do milho. Unidades *full* usam apenas o grão.

<sup>8</sup> De forma a simplificar as análises conduzidas nesse estudo, por ora, as produções de etanol a partir de soja e cereais são contabilizadas juntos com a de milho.

- Ampliação da capacidade de 8 usinas em operação (5 *full* e 3 *flex*) (ANP, 2023b).
- Implantação de 11 unidades de etanol a partir de milho, mais uma de trigo e duas de cereais (ANP, 2023b).

### **Rendimento**

O rendimento industrial (qualidade da cana) é definido pela quantidade de ATR (Açúcares Totais Recuperáveis) por tonelada de cana e está relacionado com a sua variedade (mais rica em açúcar ou fibra), sua adequação ao ambiente de produção e ao corte mecanizado, idade do canavial (renovação no tempo ótimo), impurezas vegetais e minerais, tratamentos culturais e aspectos climáticos (EPE, 2023a).

Esse indicador vem oscilando ao longo das safras passadas (EPE, 2023a) e, para o horizonte deste estudo, considera-se que o rendimento médio da cana será de cerca de 142 kg ATR/tc.

### **Exportação e Importação de Etanol**

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

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

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

Como resultado, estima-se que a exportação brasileira de etanol será de 2,8 bilhões de litros em 2033. A projeção de exportação considera, principalmente, a participação do etanol de cana no atendimento das metas da RFS (*Renewable Fuel Standard*)<sup>9</sup> dos Estados Unidos (EPA, 2022), com os mercados dos EUA, Coreia do Sul, Japão e União Europeia permanecendo como principais importadores de etanol do Brasil, conforme descrito em EPE (2023a).

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

### **Etanol para Outros Usos (Não Energético)**

No Brasil, projeta-se que a demanda de etanol para uso não energético, concentrada basicamente na produção de bebidas, cosméticos, produtos farmacêuticos, petroquímicos e compostos oxigenados (ácido acético, acetato de etila e butanol), será de 1,2 bilhão de litros em 2033.

---

<sup>9</sup> 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).

## 2.2. Premissas específicas para cada cenário

Os cenários elaborados diferenciam-se basicamente quanto ao grau de atratividade econômica da produção do etanol e de competitividade do hidratado frente à gasolina C. Para tal, distinguem-se os esforços do setor direcionados à melhoria dos fatores de produção (produtividade e rendimento da cana, dentre outros) 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). Com o objetivo de expandir o uso dos biocombustíveis, reduzindo emissões de GEE com vistas a contribuir para o atendimento aos compromissos climáticos do país, foi aprovada, em 2017, a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) (BRASIL, 2017).

O RenovaBio possui três instrumentos principais de funcionamento: (a) metas anuais de redução de intensidade de carbono ( $gCO_2/MJ$ ) da matriz de combustíveis 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 na cadeia de 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 crédito e refletindo em seu preço no mercado, onde ele será comercializado. Esse mecanismo deverá contribuir para garantir a segurança necessária para investimentos em novas usinas e na adoção de novas tecnologias, visto 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 na variação de sua capacidade de produção, nos diferentes fatores de produção e em inovações tecnológicas para esse setor. Admitiu-se que as políticas de incentivo ao etanol adotadas em 2023 permaneçam durante todo o período, como, por exemplo, diferenciações na CIDE, no PIS/COFINS e no ICMS<sup>10</sup> 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, 2022). O percentual obrigatório de adição de etanol anidro na gasolina C foi mantido em 27% em todo o período<sup>11</sup>.

A seguir, são apresentados os diferenciais entre os três cenários, que foram construídos levando-se em conta os diversos fatores mencionados anteriormente, e se concretizam no fluxo de entrada e saída de unidades de cana e milho, apresentados na forma de capacidade de produção de etanol, e nas trajetórias de crescimento de açúcar.

---

<sup>10</sup> Em 2022, 14 estados apresentaram diferenciação tributária entre etanol hidratado e gasolina C (CONFAZ/MF, 2023; EPE, 2023a).

<sup>11</sup> O Projeto de Lei do Programa Combustível do Futuro, PL 4196/2023, propõe a elevação dos limites máximo e mínimo da mistura de etanol anidro à gasolina comercializada ao consumidor final, para 22% e 30%, respectivamente. Percentuais superiores ao limite vigente, de 27,5%, dependerão da constatação de sua viabilidade técnica (BRASIL, 2023).

### 2.2.1. Expansão da capacidade de produção de etanol de cana e de milho

No início dos anos 2000, houve a entrada de diversas unidades produtoras de cana-de-açúcar, devido tanto ao crescimento da demanda de etanol pelos veículos *flex fuel* quanto pela maior demanda por açúcar no mercado internacional. Nos anos seguintes, grupos do setor apresentaram elevado endividamento, os investimentos foram reduzidos e diversas unidades paralisaram as suas atividades. Em um período mais recente, observou-se a reativação de algumas usinas e poucos projetos *greenfields* (EPE, 2023a). O Anexo apresenta o histórico desse fluxo de unidades.

Com relação ao etanol a partir de milho, desde 2018, diversas unidades entraram em operação e sua produção vem apresentando um crescimento expressivo (MAPA, 2023; UNICA, 2023). O tempo necessário para implantação deste tipo de unidade é de cerca de dois anos, o que é relativamente menor que o estimado para as unidades de cana. A partir de 2021 esta tendência se intensificou, com diversas novas usinas iniciando a sua operação, além de ter ocorrido a ampliação de capacidade das existentes. Além disso, a matéria-prima é adquirida diretamente dos produtores do grão, sem a necessidade de a usina possuir área própria. Diferentemente da cultura da cana, o milho possui até três safras anuais, em rotação com a soja e/ou com outros grãos e cereais. Considerando a rápida expansão do processamento do milho para etanol, um ponto de atenção para os próximos anos está na disponibilidade de biomassa para a geração de energia.

As usinas de cana estão ajustando as suas condições financeiras e, nos últimos anos, vêm sendo impulsionadas pela atratividade do açúcar no mercado internacional, tendência que se manterá na safra vigente e na próxima (CONAB, 2023a, NOVACANA, 2023). Os investimentos a serem realizados visam a ampliação da capacidade de cristalização, melhorias nos canaviais, cogeração, produção de leveduras, biogás, etanol de segunda geração, captura de carbono e produção de SAF (*Sustainable Aviation Fuel*) pela rota ATJ (*Alcohol-to-Jet*), entre outros, de forma a aproveitar suas potencialidades. Entende-se que as oportunidades observadas para as usinas já em operação envolverão riscos e CAPEX relativamente baixos e podem concorrer, em termos de prioridade de investimentos dos grupos do setor, com projetos *greenfields*.

Quanto ao etanol de segunda geração (E2G)<sup>12</sup>, existem no Brasil três plantas comerciais, sendo uma da Granbio<sup>13</sup> e duas da Raízen, com capacidade anual de produção, em milhões de litros por ano, de 30, 42 e 82, respectivamente (GRANBIO, 2023; RAÍZEN, 2021a). A unidade Costa Pinto da Raízen produziu cerca de 30 milhões de litros em 2022 e a usina localizada em Guariba (SP) iniciou suas atividades no segundo semestre de 2023 (RAÍZEN, 2023). A empresa já anunciou a construção de mais quatro plantas, todas com capacidade de 82 milhões de litros, com estimativa de operação em 2024 e 2025. A empresa possui mais três projetos sem localização definida para implementação em 2026 e 2027 (NOVACANA, 2022b). 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. Em novembro de 2022, a Raízen divulgou a assinatura de contrato para comercialização de etanol lignocelulósico até 2037 para a Shell, a partir da construção de 5 novas plantas de E2G (RAÍZEN, 2022).

Para cada cenário, considerou-se uma 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 de etanol adotadas, tendo como base outubro de 2023. Como colocado no item 2.1, para todos os cenários, tem-se a entrada das unidades com autorização de construção e ampliação registradas pela ANP (2023b).

<sup>12</sup> Existe a planta experimental do Centro de Tecnologia Canavieira, com capacidade de 3 milhões de litros/ano.

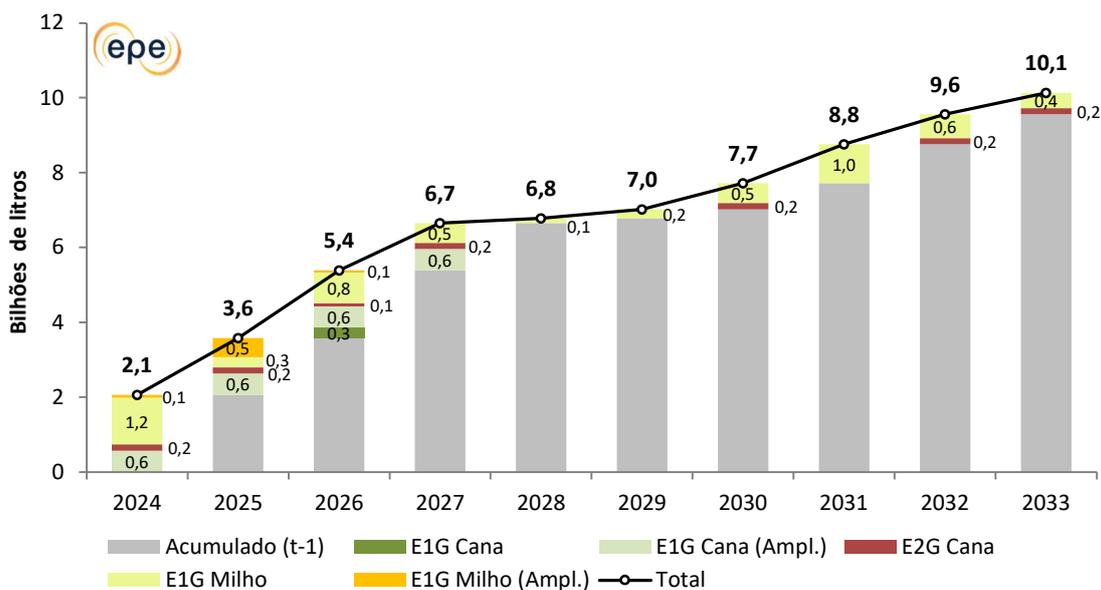
<sup>13</sup> A planta da Granbio não produziu etanol lignocelulósico em 2023, realizando apenas a cogeração.

Em relação às novas unidades indicativas (*greenfields*) a partir da cana-de-açúcar, foram estimadas apenas para o cenário alto, com um perfil médio de capacidade nominal de moagem de 4,0 Mtc (LNBR, 2022). No caso do etanol de milho, foi feita uma análise locacional e financeira para possíveis novos investimentos, apenas para os cenários médio e alto, 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*. Com base na valoração do E2G no mercado internacional e com a instituição do RenovaBio, projeta-se a entrada de unidades com capacidade específica média de 82 milhões de litros, de acordo com os condicionantes dos diferentes cenários.

### **Cenário de Crescimento Médio (Referência)**

O cenário de crescimento médio considera a entrada das unidades de cana com construção autorizada pela ANP, que aumentam a capacidade nominal de moagem em 3 milhões de toneladas (280 milhões de litros para a produção de etanol). Não há reativações e fechamentos. As ampliações (ANP) de produção de etanol totalizam 2,3 bilhões de litros. Para o milho, as implantações (autorizadas pela ANP e indicativas) e ampliações resultam em um aumento da capacidade de processamento de 17 milhões de toneladas e de produção de etanol de 6,5 bilhões de litros. A maioria dessas unidades será *full*. O aumento da capacidade de produção de E2G será de 0,9 bilhão de litros em 2033, a partir de 13 unidades produtoras. O saldo do fluxo das unidades produtoras de etanol de cana e de milho em termos de capacidade instalada de produção pode ser observado no Gráfico 1.

**Gráfico 1 – Saldo de capacidade instalada de produção de etanol – Cenário de Crescimento Médio**



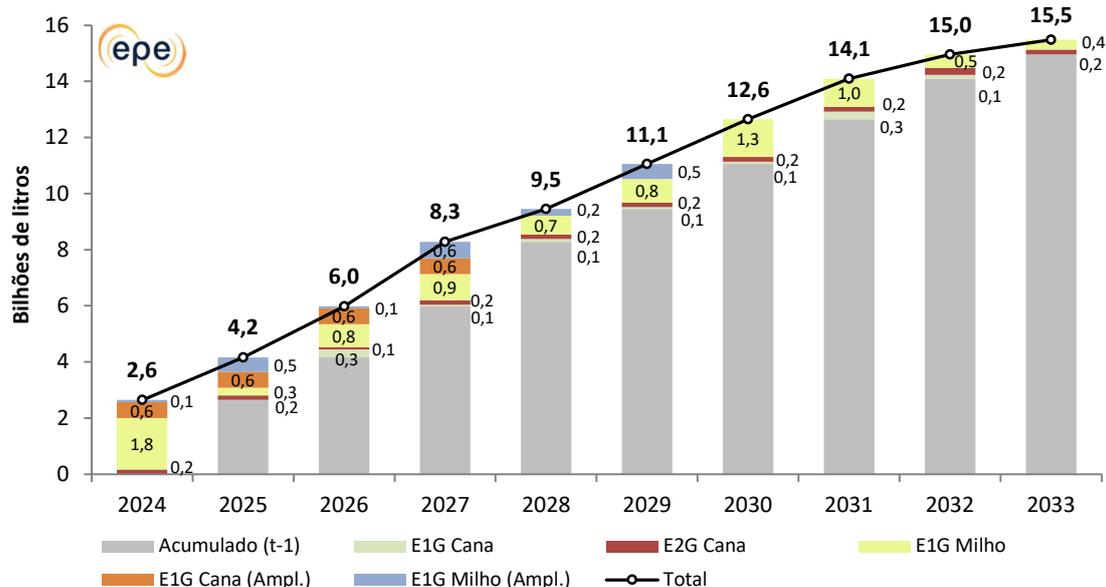
Nota: Para a cana, a relevância está na implantação de uma unidade. Das outras usinas com autorização de construção pela ANP, uma já produz açúcar e as outras três são de pequena capacidade.

Fonte: EPE (Elaboração própria)

## Cenário de Crescimento Alto

O cenário de crescimento alto considera a entrada de três novas unidades de cana, sendo uma com autorização de construção pela ANP e duas indicativas, que aumentam a capacidade nominal de moagem em 12 milhões de toneladas (560 milhões de litros de produção de etanol). O saldo das reativações será de 8,7 milhões de toneladas (450 milhões de litros). As ampliações (ANP) de produção de etanol totalizam 2,3 bilhões de litros. Para o milho, as implantações (com autorização e indicativas) e ampliações resultam em um aumento da capacidade de processamento de 23 milhões de toneladas e de 10,6 bilhões de litros para a produção de etanol. A maioria dessas unidades será *full*. O aumento da capacidade de produção de E2G será de 1,6 bilhão de litros em 2033, a partir de 20 unidades produtoras. O saldo do fluxo das unidades produtoras de etanol de cana e de milho em termos de capacidade instalada de produção é apresentado no Gráfico 2.

**Gráfico 2 – Saldo de capacidade instalada de produção de etanol – Cenário de Crescimento Alto**



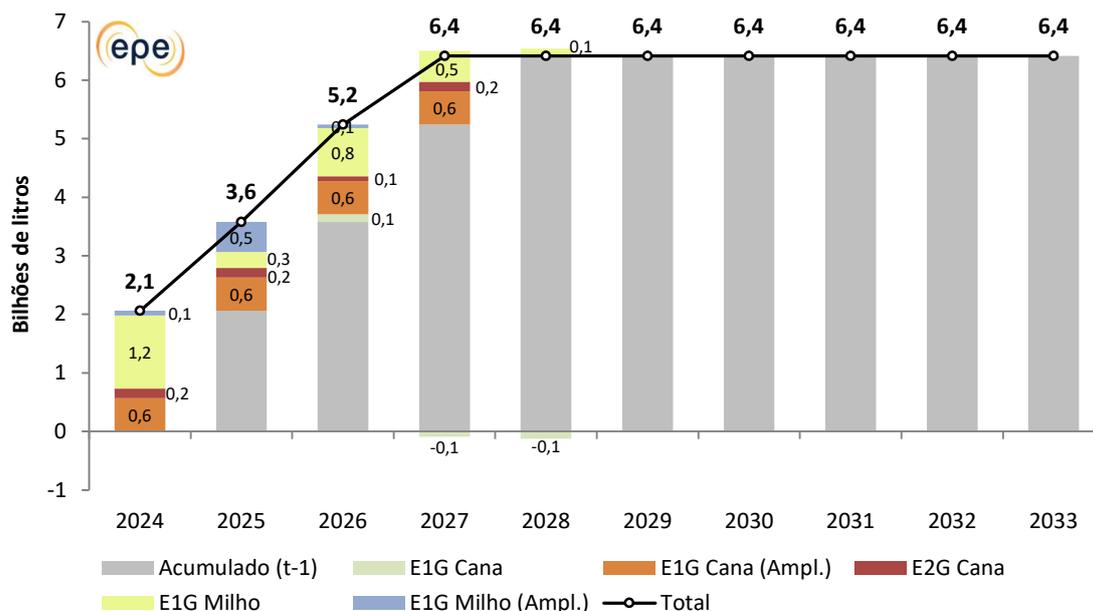
Nota: Para a cana, a relevância está na implantação de uma unidade. Das outras usinas com autorização de construção pela ANP, uma já produz açúcar e as outras três são de pequena capacidade.

Fonte: EPE (Elaboração própria)

## Cenário de Crescimento Baixo

O cenário de crescimento baixo considera a entrada de uma nova unidade de cana, com construção autorizada pela ANP, que aumenta a capacidade nominal de moagem em 3 milhões de toneladas (280 milhões de litros para a produção de etanol). O saldo dos fechamentos ocasionará uma diminuição de 5 milhões de toneladas (360 milhões de litros para o etanol). As ampliações (ANP) de produção de etanol totalizam 2,3 bilhões de litros. No caso do milho, as implantações e ampliações aumentam a capacidade de processamento em 11 milhões de toneladas e de 3,7 bilhões de litros para a produção de etanol (maioria do tipo *full*). O aumento da capacidade de produção de E2G será de 0,6 bilhão de litros em 2033, a partir de 7 unidades produtoras. O saldo do fluxo das unidades produtoras de etanol de cana e de milho em termos de capacidade instalada de produção é ilustrado no Gráfico 3.

**Gráfico 3 - Saldo de capacidade instalada de produção de etanol – Cenário de Crescimento Baixo**

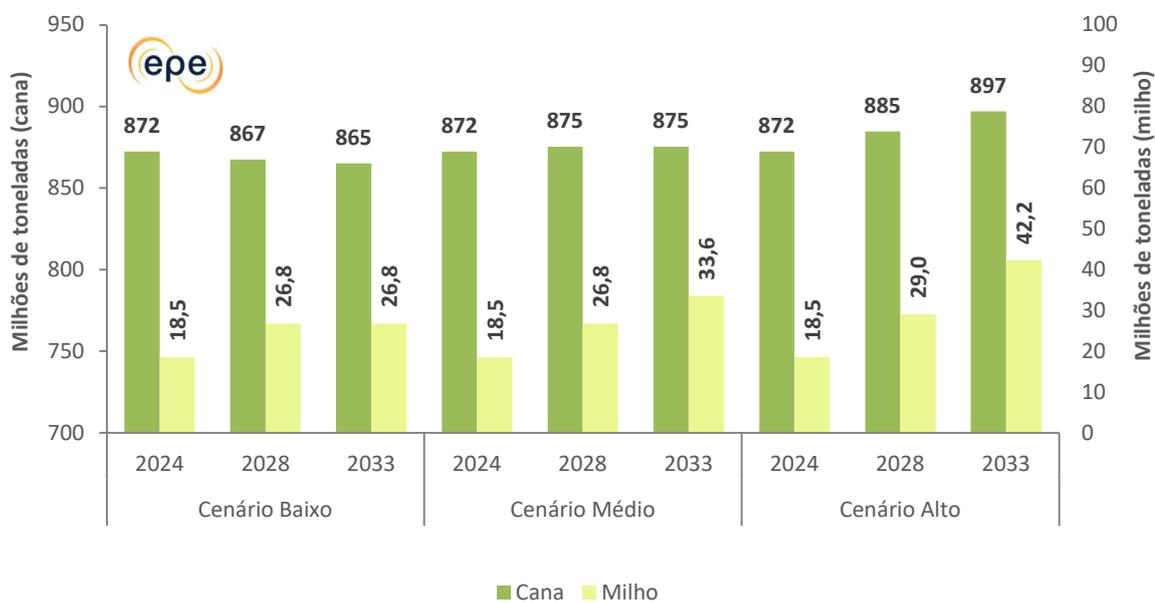


Nota: Para a cana, a relevância está na implantação de uma unidade. Das outras usinas com autorização de construção pela ANP, uma já produz açúcar e as outras três são de pequena capacidade.

Fonte: EPE (Elaboração própria)

O Gráfico 4 apresenta as capacidades nominais de processamento de cana e de milho, com base nas considerações feitas anteriormente, para os cenários de crescimento baixo, médio e alto.

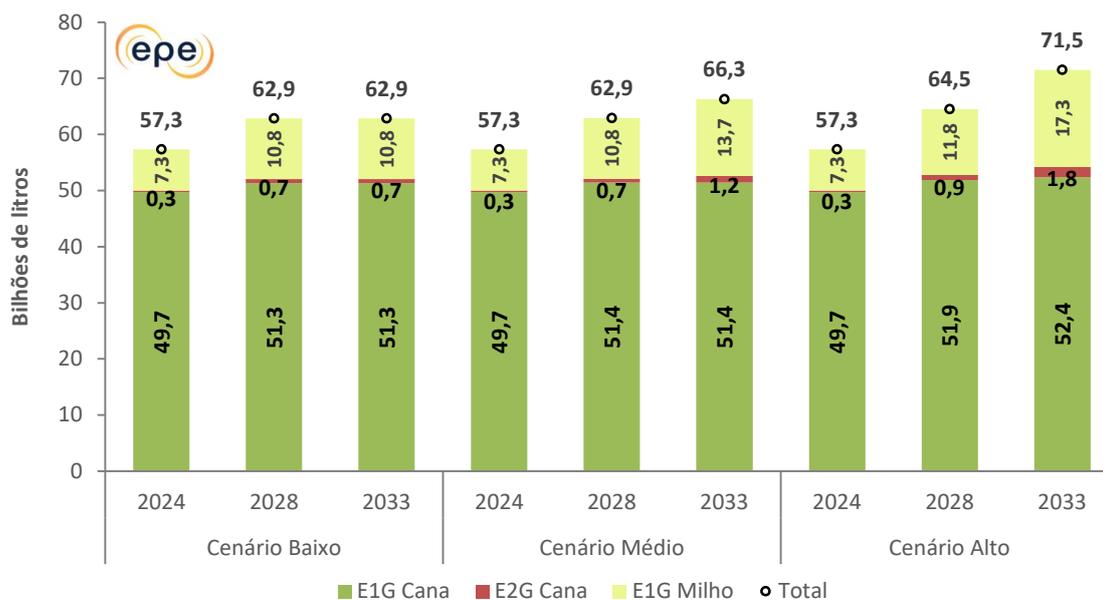
**Gráfico 4 - Capacidade nominal de processamento de cana e milho**



Fonte: EPE (Elaboração própria)

Por fim, o Gráfico 5 apresenta as capacidades nominais de produção de etanol cana (1G e 2G) de milho, com base nas considerações feitas anteriormente, para os cenários de crescimento baixo, médio e alto.

Gráfico 5 - Capacidade de produção de etanol (cana e milho)



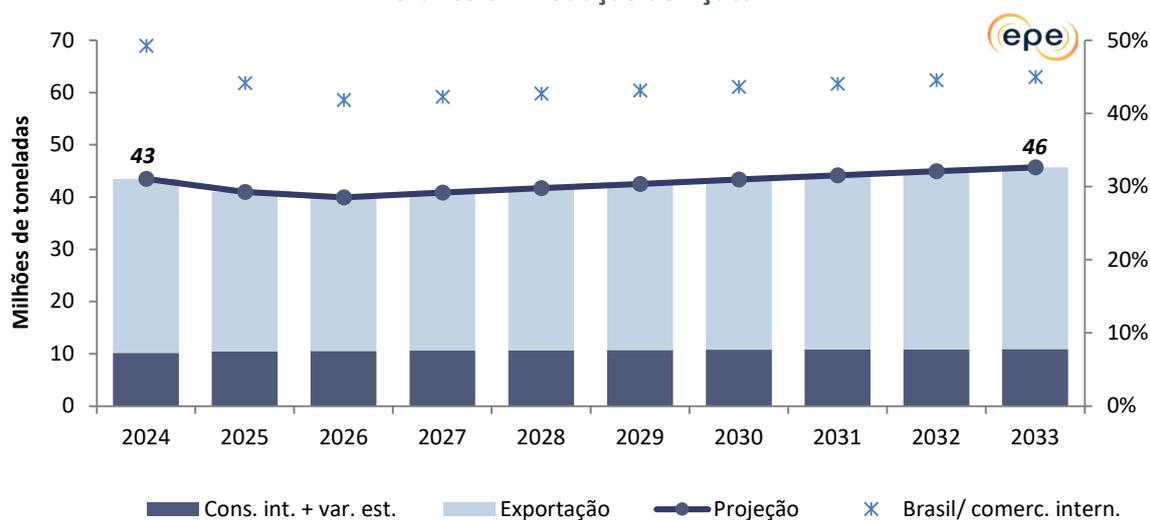
Fonte: EPE (Elaboração própria)

## 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% do mercado internacional desta *commodity*, seguido de Índia, Tailândia e UE (FAO, 2012, 2022; 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 48 kg/hab./ano em todo o período (FAO, 2012, 2022; ISO, 2022, MAPA, 2023). A projeção de exportação da *commodity* foi estimada a partir da premissa de que a participação do Brasil no fluxo de comércio mundial se manterá elevado, com 45% em 2033 (FAO, 2022). Como resultado, a taxa de crescimento da produção de açúcar no período 2022-2033 é de 2,1% a.a., alcançando 45,7 milhões de toneladas em 2033, conforme Gráfico 6 a seguir.

Gráfico 6 - Produção de Açúcar



Fonte: EPE (Elaboração própria)

Para o cenário de crescimento alto, a produção de açúcar atinge 49,1 milhões de toneladas em 2033, sendo que a participação do Brasil no fluxo de comércio mundial alcança 47%.

### 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

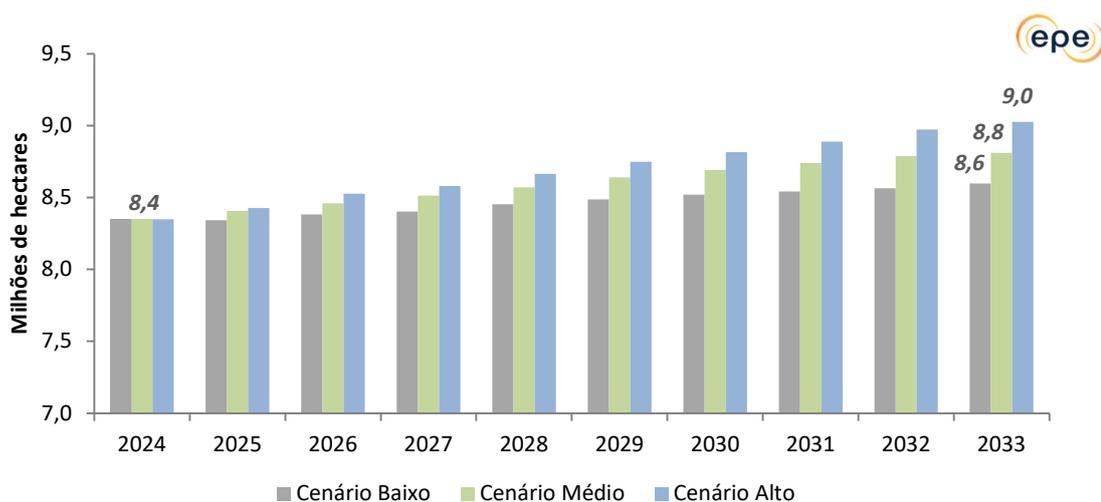
Com base nas premissas de capacidade instalada e implantação de novas unidades, as projeções para a área de cana processada apresentam as taxas de crescimento indicadas na Tabela 1 e no Gráfico 7.

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

Cenários	2022 – 2028		2022 – 2033	
	Taxa (%)	Variação (Mha)	Taxa (%)	Variação (Mha)
Crescimento Baixo	0,3	0,2	0,3	0,3
Crescimento Médio	0,6	0,3	0,6	0,5
Crescimento Alto	0,7	0,4	0,8	0,7

Fonte: CONAB (2023a, 2023b) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 7 - Área de Cana Processada



Fonte: EPE (Elaboração própria)

### Produtividade

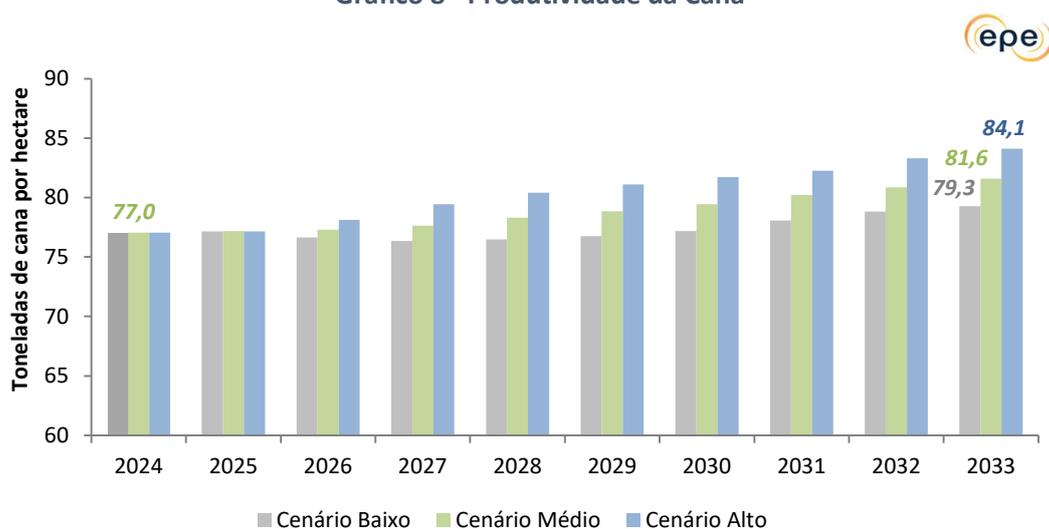
Para a projeção, de acordo com as premissas qualitativas descritas para cada cenário, os ganhos de produtividade obtidos são apresentados na Tabela 2 e no Gráfico 8 a seguir:

Tabela 2 - Taxa de crescimento e variação de produtividade

Cenários	2022- 2028		2022- 2033	
	Taxa (%)	Variação (tc/ha)	Taxa (%)	Variação (tc/ha)
Crescimento Baixo	0,6	2,9	0,7	5,7
Crescimento Médio	1,0	4,7	0,9	8,0
Crescimento Alto	1,5	6,8	1,2	10,5

Fonte: CONAB (2023a, 2023b) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 8 - Produtividade da Cana



Fonte: EPE (Elaboração própria)

## Cana Processada

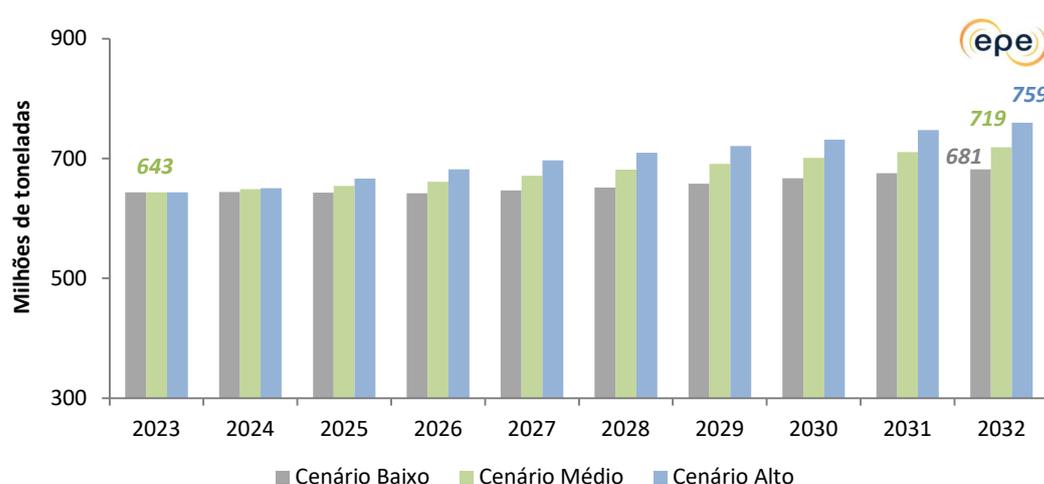
A partir das estimativas de área e produtividade, obtém-se a projeção da cana processada no horizonte de estudo. As projeções para cada um dos cenários são apresentadas na Tabela 3 e no Gráfico 9.

Tabela 3 - Taxa de crescimento e variação de cana processada

Cenários	2022 – 2028		2022 – 2033	
	Taxa (%)	Variação (Mtc)	Taxa	Variação (Mtc)
Crescimento Baixo	1,4	51	1,2	86
Crescimento Médio	2,0	76	1,7	123
Crescimento Alto	2,7	101	2,2	164

Fonte: MAPA (2023) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 9 - Cana Processada



Fonte: EPE (Elaboração própria)

Em 2033, estima-se que 382 milhões de toneladas de cana serão destinadas para a produção do etanol no cenário médio (53%), 345 milhões no baixo (51%) e 397 milhões no alto (52% - maior exportação de açúcar).

## ATR Total

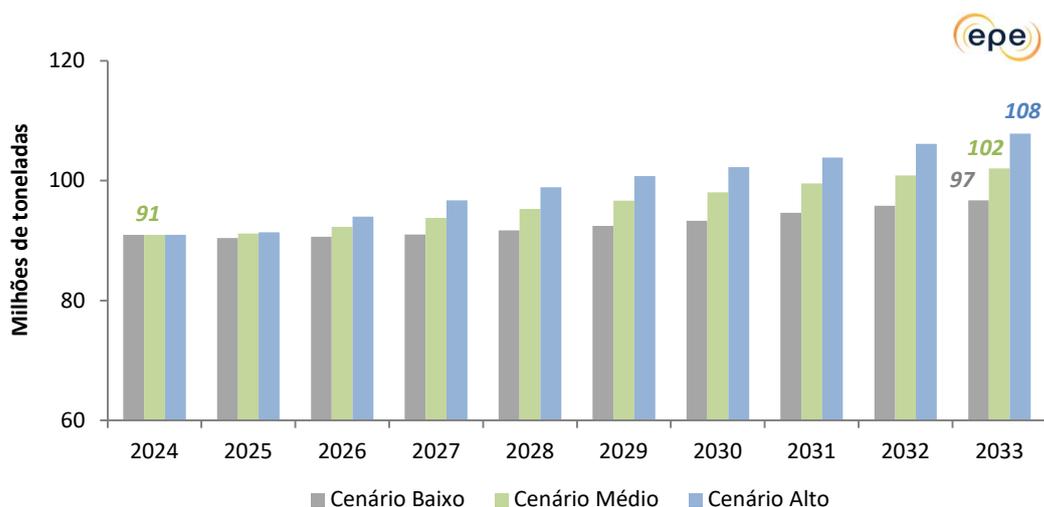
Como resultado da composição da área, produtividade e rendimento, obtém-se o ATR produzido, que irá variar para cada cenário, de acordo com as premissas para cada um desses fatores de produção. A Tabela 4 e o Gráfico 10 a seguir apresentam a taxa de crescimento e variação de ATR total entre 2022 e 2033.

Tabela 4 - Taxa de crescimento e variação de ATR

Cenários	2022 – 2028		2022 – 2033	
	Taxa (%)	Variação (Mt)	Taxa (%)	Variação (Mt)
Crescimento Baixo	1,3	7,1	1,2	12,1
Crescimento Médio	2,0	10,6	1,7	17,4
Crescimento Alto	2,6	14,2	2,2	23,2

Fonte: CONAB (2023a, 2023b), MAPA (2023) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 10 - Quantidade de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR)



Fonte: EPE (Elaboração própria)

### Processamento de Milho

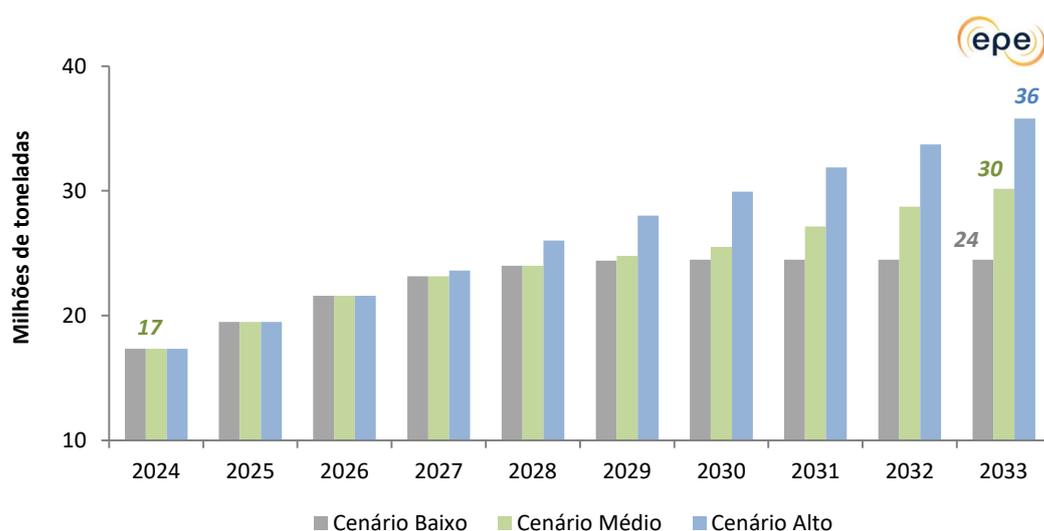
A projeção do processamento de milho<sup>14</sup> para a produção de etanol está sintetizada na Tabela 5 e no Gráfico 11, a seguir.

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

Cenários	2022 – 2028		2022 – 2033	
	Taxa (%)	Variação (Mt)	Taxa (%)	Variação (Mt)
Crescimento Baixo	16,0	14,1	8,6	14,6
Crescimento Médio	16,0	14,1	10,7	20,3
Crescimento Alto	17,5	16,2	12,4	25,9

Fonte: CONAB (2023a), MAPA (2023) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 11 – Processamento de milho para a produção de etanol



Fonte: EPE (Elaboração própria)

<sup>14</sup> Em 2033, para esse processamento de milho, o total de DDGS varia de 9,3 a 13,6 milhões de toneladas entre os cenários baixo e alto (fator de 380 kg DDGS/ton milho, conforme VIEIRA (2022) *apud* WYMAN (1996)). Para o óleo de milho, o valor fica entre 4,4 e 6,4 milhões de toneladas (fator de 18 kg/ton milho, de acordo com IMEA (2017)).

## 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 de cana, obtendo-se a produção nacional de etanol. Desse total, com a soma do etanol importado, resulta a oferta total de etanol. A Tabela 6 e o Gráfico 12 apresentam as taxas de crescimento e variação da oferta de etanol.

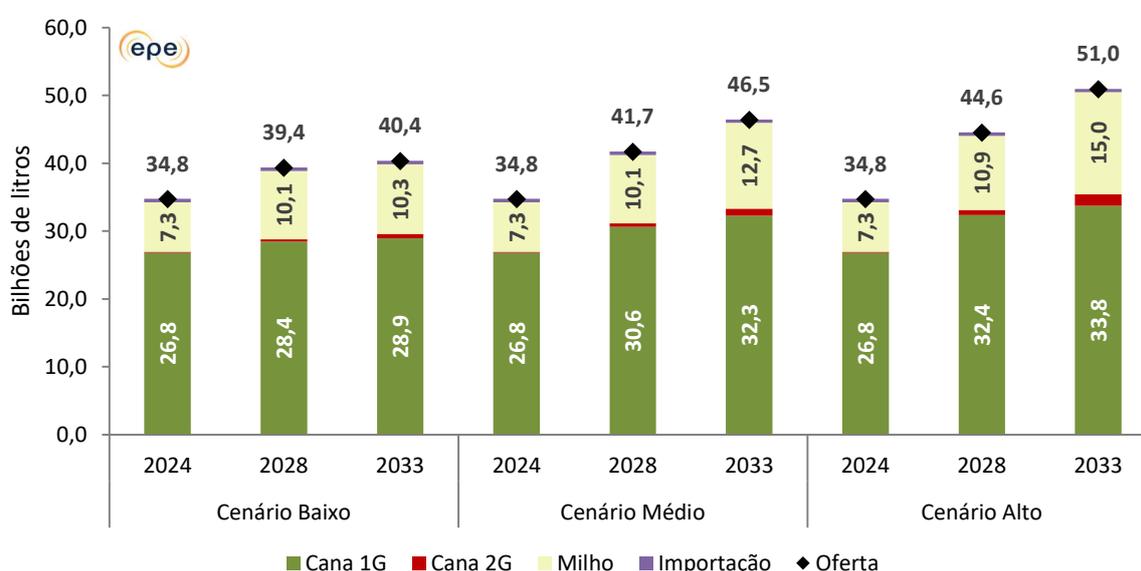
Tabela 6 - Taxa de crescimento e variação da Oferta Total de Etanol

Cenários	2022 – 2028		2022 – 2033	
	Taxa (%)	Variação (Bi litros)	Taxa (%)	Variação (Bi litros)
Crescimento Baixo	4,1	8,4	2,4	9,4
Crescimento Médio	5,1	10,7	3,8	15,5
Crescimento Alto	6,3	13,6	4,6	20,0

Nota: Para 2023, estima-se que a produção de etanol a partir do milho será de 6,0 bilhões de litros e da cana, de 27,8 bilhões de litros.

Fonte: CONAB (2023a, 2023b), MAPA (2023), ME (2023) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 12 - Oferta Total de Etanol por matéria-prima



Fonte: EPE (Elaboração própria)

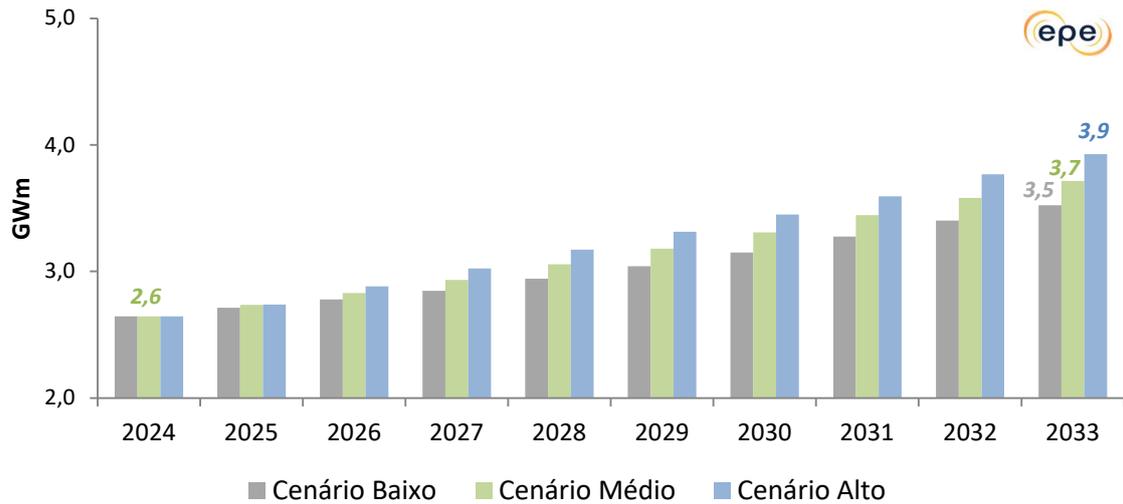
## Bioeletricidade

A partir da projeção de oferta de biomassa de cana-de-açúcar, o estudo realizou duas estimativas da oferta de bioeletricidade à rede: (1) a construção da curva de exportação de bioeletricidade, baseada no comportamento histórico do setor<sup>15</sup> 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 2033 é de 3,9 GWm, 3,7 GWm e 3,5 GWm, respectivamente, para os cenários de crescimento alto, médio e baixo, conforme Gráfico 13 a seguir.

<sup>15</sup> Esta metodologia contabiliza todo o parque sucroenergético nacional, incluindo toda a cana processada no país e toda a energia exportada pelo setor. Os fatores de exportação utilizados foram 69,86 kWh/tc para o potencial técnico e uma variação de 36,01 kWh/tc a 45,28 kWh/tc, entre 2024 e 2033 respectivamente, para a curva de exportação de bioeletricidade baseada no comportamento histórico.

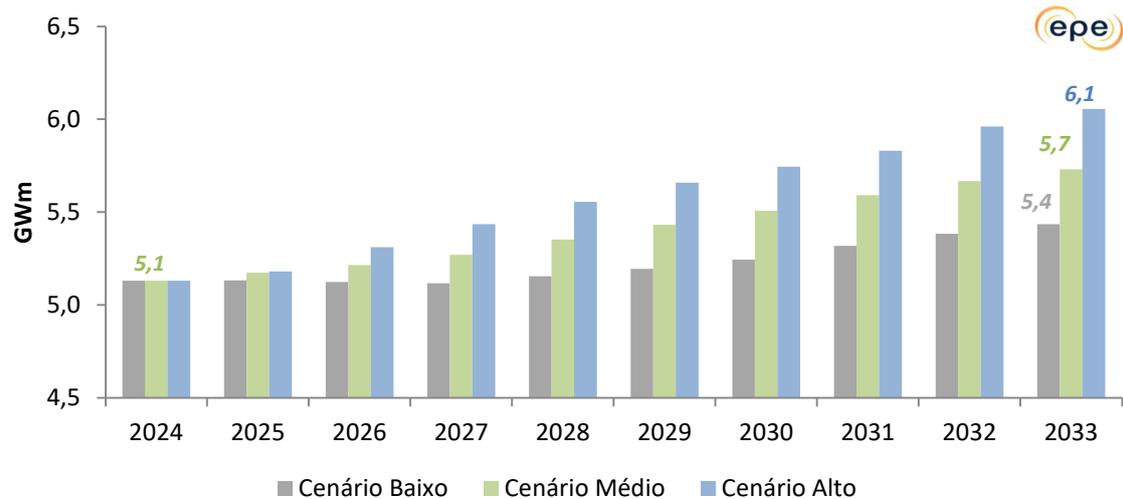
**Gráfico 13 - Projeção de bioeletricidade a partir do histórico (curva de conversão)**



Fonte: EPE (Elaboração própria)

As projeções do potencial técnico apresentadas no Gráfico 14 ilustram que o total de energia advinda da bioeletricidade da cana injetado na rede no ano de 2033 poderá variar de 5,4 GWm a 6,1 GWm, representando os cenários de crescimento baixo e alto, respectivamente.

**Gráfico 14 - Projeção de bioeletricidade a partir do potencial técnico**



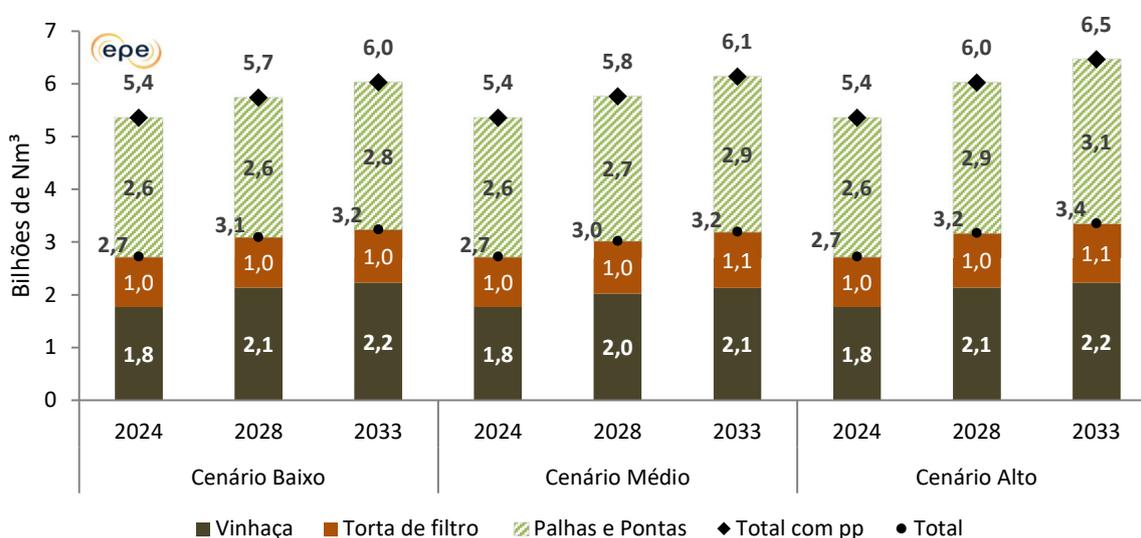
Fonte: EPE (Elaboração própria)

## **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 biogás<sup>16</sup>, 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 (H<sub>2</sub>S – 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 “Gás para Empregar”, pode fomentar o uso deste biocombustível, além de gerar emprego e renda. As estimativas apresentadas neste estudo consideram que toda a vinhaça e torta de filtro e uma fração das palhas e pontas<sup>17</sup> serão direcionadas para produção de biogás, e o volume total gerado poderá oscilar entre 11,8 bilhões de Nm<sup>3</sup> para o cenário de crescimento alto e 11,0 bilhões de Nm<sup>3</sup> no baixo. Este volume representaria entre 6,5 bilhões de Nm<sup>3</sup> e 6,0 bilhões de Nm<sup>3</sup> de biometano, para os respectivos cenários, conforme ilustrado no Gráfico 15.

**Gráfico 15 - Potencial de produção de biometano**



Fonte: EPE (Elaboração própria)

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 biometano mais rapidamente, utilizando todos os resíduos do setor sucroenergético (vinhaça, torta de filtro e palhas e pontas). Neste caso, o potencial variaria de 2,9 bilhões de Nm<sup>3</sup> a 3,3 bilhões de Nm<sup>3</sup>, conforme observa-se na Tabela 7.

**Tabela 7 - Potencial de biometano das usinas mais eficientes [bilhões Nm<sup>3</sup>]**

Cenários	2024	2028	2033
Crescimento Baixo	2,7	2,8	2,9
Crescimento Médio	2,7	2,9	3,1
Crescimento Alto	2,7	3,1	3,3

Fonte: EPE (Elaboração própria)

<sup>16</sup> Parâmetros: 1 t torta de filtro = 90-120 Nm<sup>3</sup> biogás; 1 m<sup>3</sup> vinhaça = 12-25 Nm<sup>3</sup> biogás e 1 t palhas e pontas = 240 Nm<sup>3</sup> biogás (ABIOGÁS, 2017)

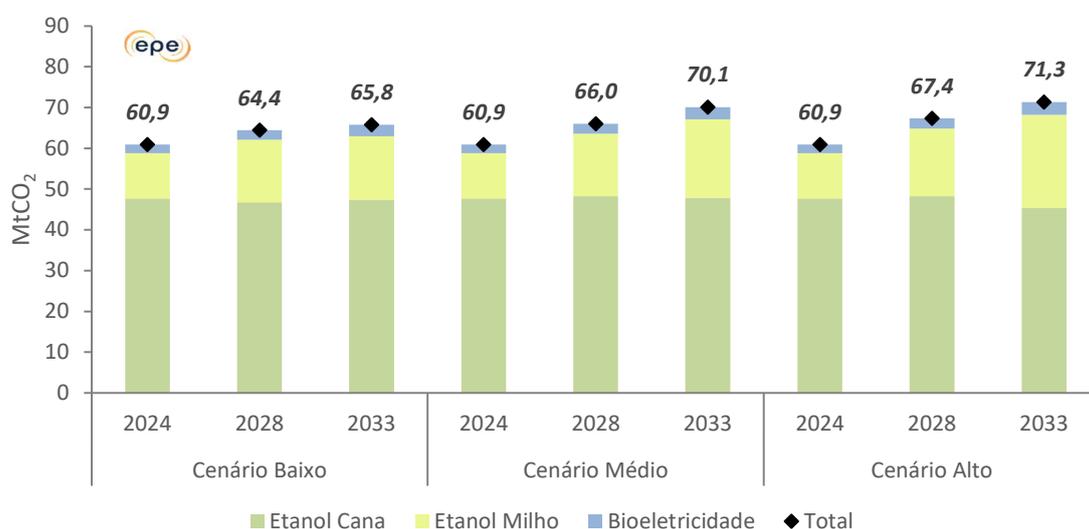
<sup>17</sup> A fração considerada foi de 20% das palhas e pontas e de somente parte do setor.

## Emissões Evitadas de Gases de Efeito Estufa

Para estimar as emissões evitadas pela utilização do etanol de cana e de milho (hidratado e anidro) e a bioeletricidade da cana-de-açúcar, em substituição aos combustíveis fósseis, foram utilizados parâmetros determinados pelo IPCC (2006), RenovaBio (2023c) e MCTI (2021). Para o etanol de cana, anidro e o hidratado, estimou-se as emissões evitadas em 2,56 kgCO<sub>2</sub>eq/litro e 1,12 kgCO<sub>2</sub>eq/litro, respectivamente. Já no caso do etanol de milho, os dados disponíveis no RenovaBio foram base para cálculo de substituição de gasolina A (anidro) e C (hidratado). Os fatores de emissão evitadas para este biocombustível foram 2,33 kgCO<sub>2</sub>eq/litro (anidro) e 1,2 kgCO<sub>2</sub>eq/litro (hidratado). No caso da bioeletricidade, considera-se que sua geração ocorra em substituição a energia elétrica gerada pelo do SIN (Sistema Interligado Nacional), cujo fator de emissão é variável em função da utilização das diversas fontes que compõem a matriz elétrica nacional a cada ano. Observou-se uma redução relevante deste fator em 2022, alcançando 0,0426 tCO<sub>2</sub>/MWh, cerca de 1/3 do observado em 2021, ano de severo estresse hídrico, quando o valor foi de 0,1264 CO<sub>2</sub>/MWh.

Adotando a abordagem mais conservadora para a bioeletricidade<sup>18</sup> (Gráfico 13) e considerando a demanda carburante de etanol, tanto de cana como de milho, poderiam ser evitadas até 71,3 MtCO<sub>2</sub> com o cenário alto e 65,8 MtCO<sub>2</sub> com o cenário baixo, conforme ilustrado no Gráfico 16.

**Gráfico 16 - Emissões evitadas de GEE pelo uso do etanol e bioeletricidade**



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

## Investimentos

Para a avaliação dos investimentos necessários (indicativos), consideraram-se unidades sucroenergéticas mistas (*greenfields*) de primeira geração, com perfil tecnológico otimizado e tamanho médio de 4 milhões de toneladas de capacidade nominal de processamento, que têm implantação apenas no cenário de crescimento alto. Estima-se que o CAPEX médio para esse perfil seja de R\$ 600,8 / tc (IBGE, 2023; LNBR, 2022; FGV, 2023). Adotou-se como valor do investimento específico para a expansão de unidades existentes R\$ 269,4 / tc (NOVACANA, 2022a; FGV, 2023).

A estimativa dos investimentos em novas plantas de etanol lignocelulósico considerou os valores referentes aos projetos anunciados recentemente no Brasil, estimados em R\$ 14,60 / litro (NOVACANA, 2022b; RAÍZEN, 2021b).

<sup>18</sup> Para as projeções de emissões evitadas com a bioeletricidade o fator utilizado corresponde à média anual dos últimos dez anos.

Para o etanol de milho, estima-se que o CAPEX para a implantação de uma usina *flex* será de R\$ 1,28 / litro, enquanto para uma usina *full*, o valor é de R\$ 2,53 / litro (LNBR, 2022 e NOVACANA, 2022c; FGV, 2023).

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
<b>E1G Cana</b>	10,0	11,5	13,9
<b>E2G Cana</b>	8,4	15,6	24,0
<b>Milho</b>	9,0	15,5	24,4
<b>Total</b>	27,4	42,6	62,3

Fonte: EPE com base em LNBR (2022); FGV (2023), IBGE (2023) e NOVACANA (2022a, 2022b, 2022c);

Para maiores detalhes, acessar a publicação Nota Técnica de Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis (EPE, 2023c).

## 4. Resultados – Demanda Carburante

Neste item, será apresentada a evolução da demanda total de combustíveis líquidos para a frota de veículos leves (automóveis e comerciais leves) do ciclo Otto, para os três cenários de oferta de etanol elaborados, considerando um percentual de mistura de etanol anidro na gasolina C de 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, 2022), diversos outros aspectos, como o licenciamento de veículos leves, a entrada de novas tecnologias veiculares como híbridos e elétricos, a oferta interna de etanol, o preço doméstico da gasolina e a preferência do consumidor entre gasolina e etanol, no abastecimento de veículos *flex fuel*. Maiores detalhes sobre a demanda de combustíveis do ciclo Otto, podem ser encontrados na Nota Técnica de Demanda de Energia dos Veículos Leves (EPE, 2023d).

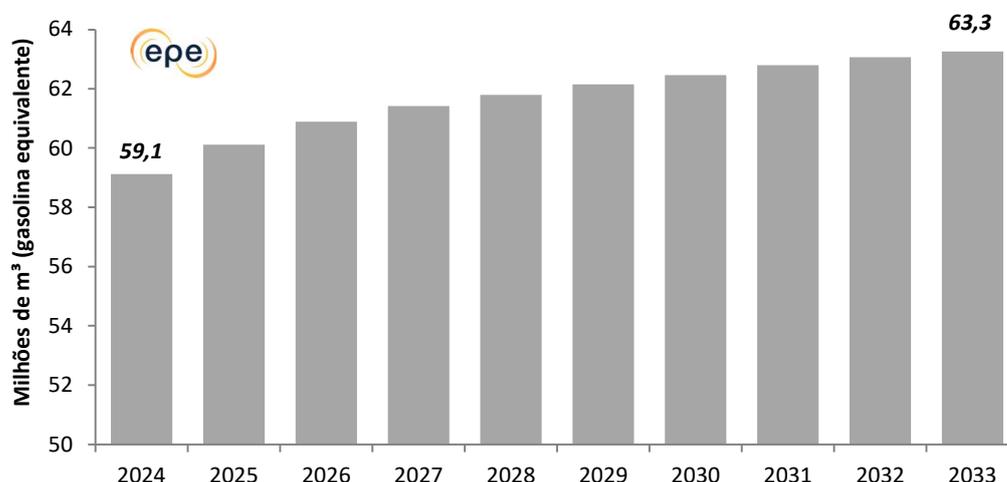
A trajetória de licenciamento considerada resulta em um incremento da frota nacional circulante ciclo Otto, que cresce de 2022 a 2033, a uma taxa média anual de 1,9%, atingindo a marca de 46,1 milhões de unidades em 2033. Ao final desse período, os veículos *flex fuel* a combustão interna representarão 86% desta frota; os dedicados à gasolina, 7,2%; os eletrificados, 6,4%; e os dedicados ao etanol, o valor residual.

Para o período de 2022 a 2033, a taxa de crescimento estimada para a demanda de combustíveis da frota total de veículos leves do ciclo Otto (sem GNV<sup>19</sup>) é de 1,2% a.a. e alcançará 63,3 bilhões de litros de gasolina equivalente, conforme o Gráfico 17.

<sup>19</sup> Estima-se que a demanda de GNV evolua de 3,1 bilhões para 3,5 bilhões de litros de gasolina equivalente entre 2022 e 2033.

Observa-se que o consumo de combustíveis do ciclo Otto tem apresentado um crescimento sustentado desde julho de 2022, início da isenção tributária para a gasolina e o etanol, mesmo após retorno em meados de 2023. Tal fato pode estar relacionado a mudanças no padrão de mobilidade, não sendo possível ainda avaliar plenamente as causas. Para mais informações, sugere-se acessar EPE (2023b).

**Gráfico 17 - Demanda de Ciclo Otto (sem GNV)**



Fonte: EPE (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).

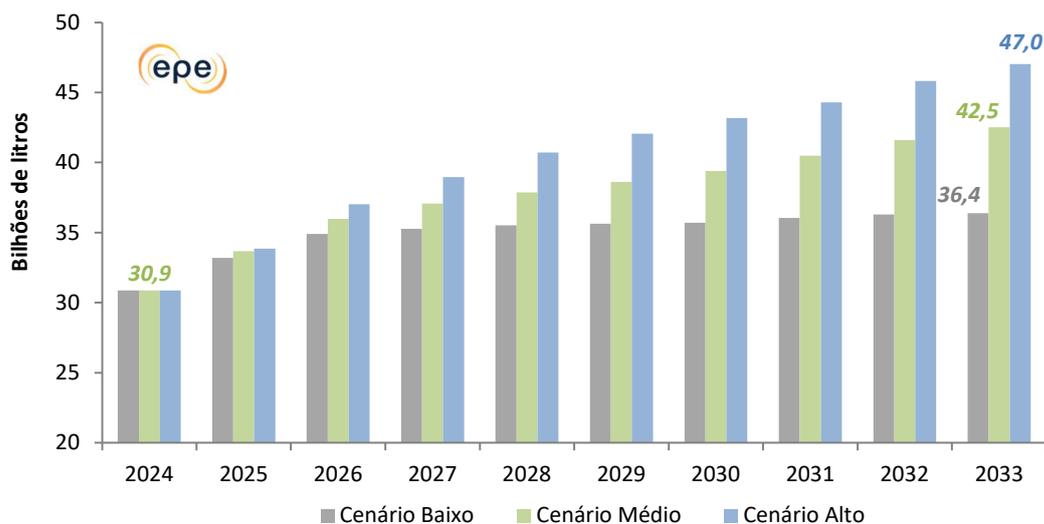
A Tabela 9 e o Gráfico 18 apresentam as taxas de crescimento e variações da demanda de etanol carburante entre 2022 e 2033.

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

Cenários	2022 – 2028		2022 – 2033	
	Taxa (%)	Variação (Bi litros)	Taxa (%)	Variação (Bi litros)
Crescimento Baixo	3,4	6,4	2,0	7,2
Crescimento Médio	4,5	8,7	3,5	13,4
Crescimento Alto	5,7	11,6	4,4	17,9

Fonte: EPE (2023e) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 18 - Demanda de Etanol Carburante



Fonte: EPE (Elaboração própria)

### Gasolina A

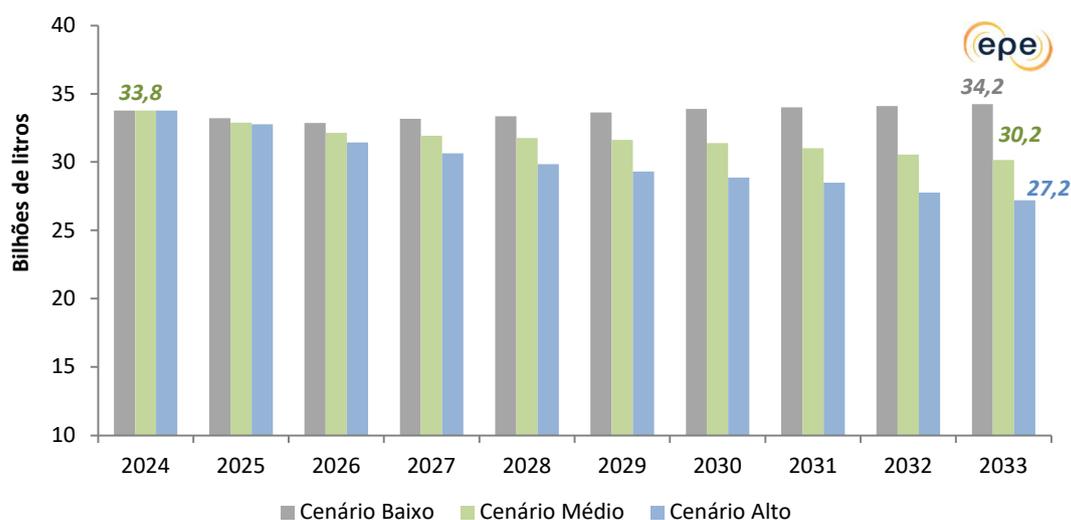
A gasolina A adicionada ao etanol anidro (gasolina C) se destina tanto ao atendimento da frota dedicada, quanto ao de uma parcela da frota *flex fuel*. Estima-se que, em 2033, o volume deste combustível atinja 30,2 bilhões de litros, para o cenário de crescimento médio, valor próximo ao ocorrido em 2015. A Tabela 10 e o Gráfico 19 apresentam as taxas de crescimento e variações da demanda de gasolina A entre 2022 e os anos de 2028 e 2033.

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

Cenários	2022 – 2028		2022 – 2033	
	Taxa (%)	Variação (Bi litros)	Taxa (%)	Variação (Bi litros)
Crescimento Baixo	1,0	1,9	0,8	2,8
Crescimento Médio	0,2	0,3	-0,4	-1,3
Crescimento Alto	-0,9	-1,6	-1,3	-4,2

Fonte: EPE (2023e) (histórico) e EPE (projeções)

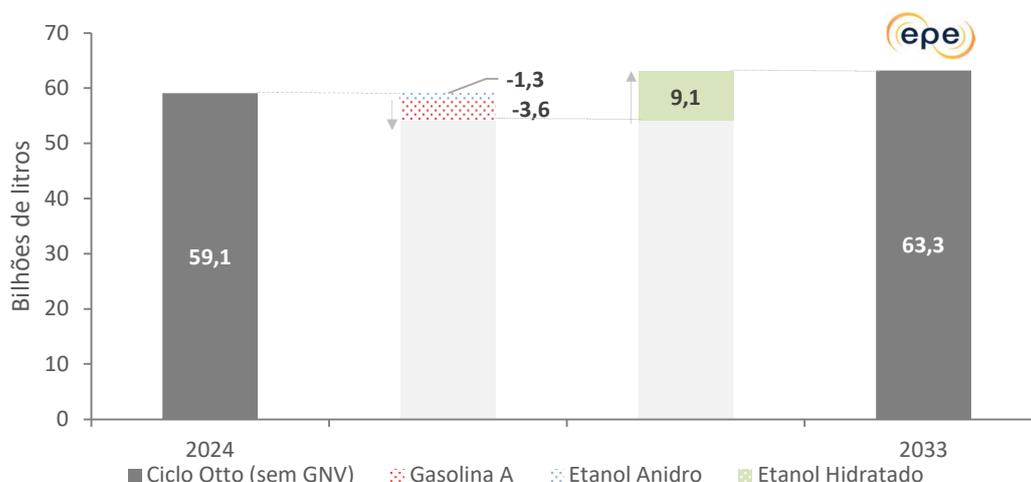
Gráfico 19 - Demanda de Gasolina A



Fonte: EPE (Elaboração própria)

O Gráfico 20 apresenta a evolução da demanda ciclo Otto segmentada por combustível entre 2024 e 2033, em que a gasolina C decresce cerca de 5 bilhões de litros, enquanto a demanda pelo etanol hidratado cresce cerca de 9 bilhões de litros.

**Gráfico 20 - Evolução da Demanda ciclo Otto segmentada por combustível**

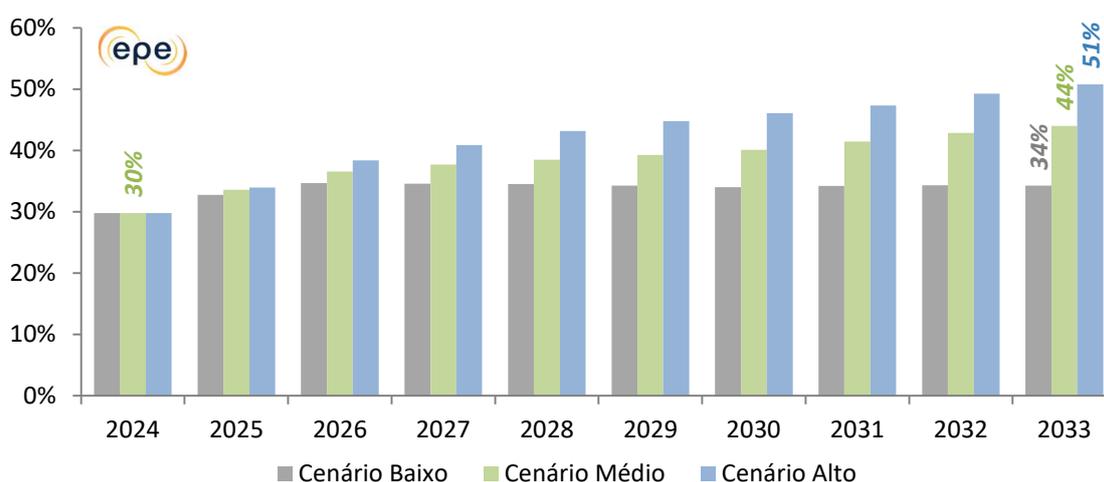


Fonte: EPE (Elaboração própria)

### **Market Share do Hidratado no Flex Fuel**

A partir da disponibilidade de etanol hidratado carburante, verifica-se a trajetória da sua participação na demanda dos veículos *flex fuel*. No Gráfico 21, observa-se que esse montante resultará no incremento de *market share* do etanol hidratado na frota *flex*. Essa participação representa, em 2033, 34% no cenário de crescimento baixo da oferta de etanol. Já para os de crescimento médio e de crescimento alto, alcança 44% e 51%, respectivamente.

**Gráfico 21 - Market Share do Etanol Hidratado no Flex Fuel (em volume)**



Fonte: EPE (Elaboração própria)

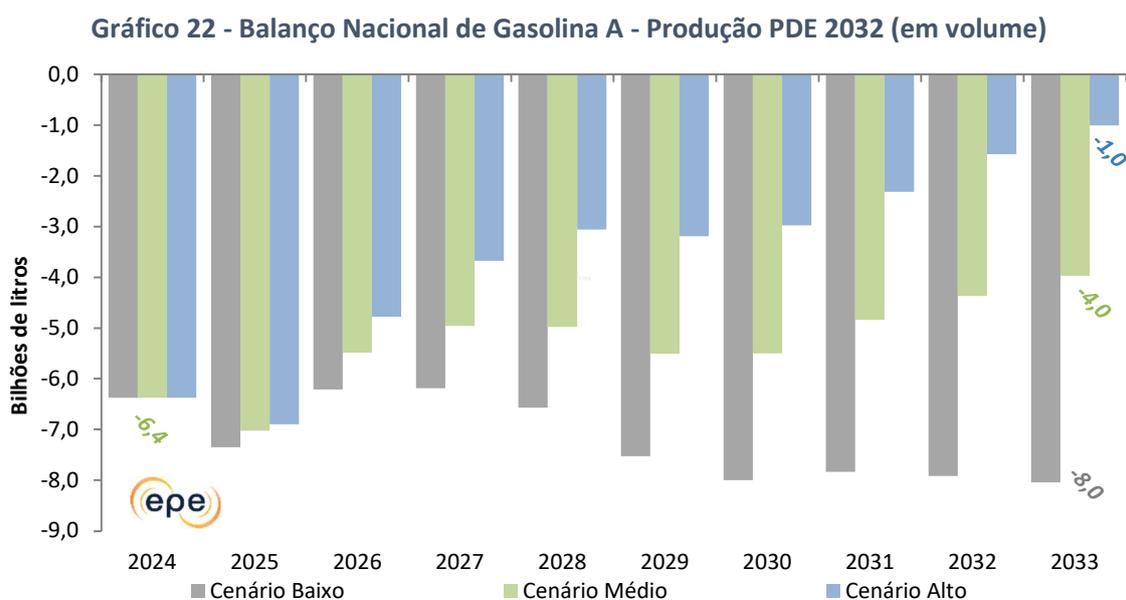
## **Balanço Nacional de Gasolina A**

A avaliação do balanço de gasolina A no horizonte de estudo considerou a projeção de produção a partir do PDE 2032 (EPE, 2022d) e o valor do máximo histórico, bem como os cenários de oferta de etanol apresentados ao longo desse estudo.

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

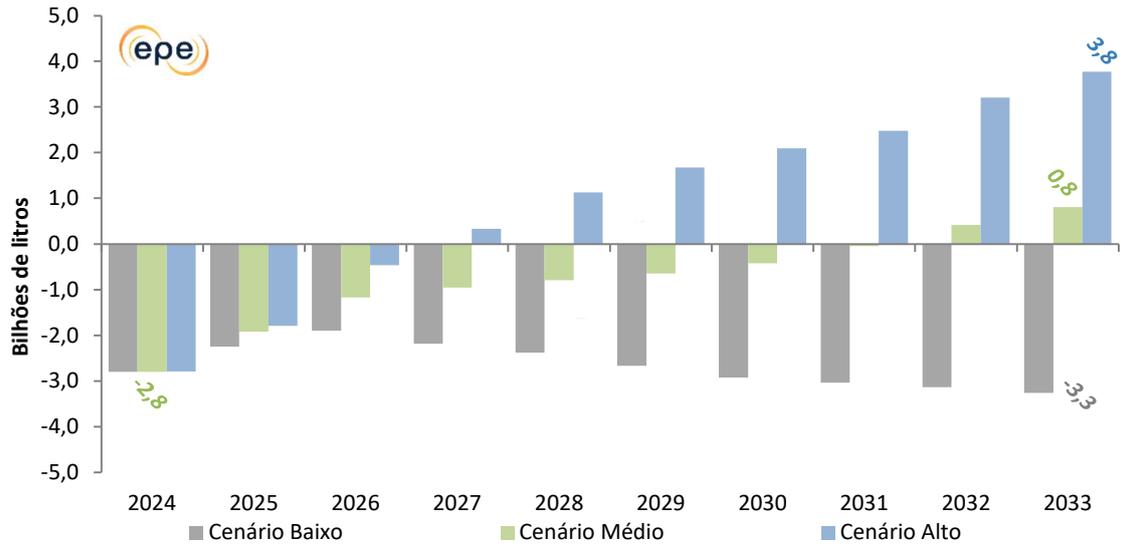
Dessa forma, para estimar o impacto no abastecimento nacional dos veículos leves do ciclo Otto, o presente estudo realizou uma análise de sensibilidade considerando a produção de gasolina A do PDE 2032, que atinge 26,2 bilhões de litros em 2033 (EPE, 2022), cerca de 15% abaixo da produção máxima histórica de 31,0 bilhões de litros em 2014 (EPE, 2023e).

Como pode ser observado no Gráfico 22, tal exercício evidenciou que, para todos os cenários haverá necessidade de importação em todo o horizonte de estudo, alcançando 8,0 bilhões, 4,0 bilhões e 1,0 bilhão de litros em 2033, para os cenários baixo, médio e alto, respectivamente. Para os cenários alto, a partir de 2027, as importações estarão abaixo do máximo histórico (4,9 bilhões de litros em 2020) e, no médio, tal fato observa-se a partir de 2031 (EPE, 2023e).



Uma segunda análise de sensibilidade considerou que a produção de gasolina será igual a 31 bilhões de litros, valor do máximo histórico, de forma a avaliar um cenário de maior oferta desse derivado, por exemplo, a partir do aumento do fator de utilização das refinarias. De acordo com o Gráfico 23, no cenário de crescimento baixo haverá importação em todo o período. No médio, haverá necessidade de importação até 2030. Já no cenário alto, as importações ocorrem até 2026.

Gráfico 23 - Balanço Nacional de Gasolina A – Máximo Histórico (em volume)



## **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 relação à entrada de novas unidades, foram consideradas apenas as que têm autorização de construção pela ANP, cujas obras estão concluídas ou com prazo até 2024 (posição em outubro de 2023) (ANP, 2023b). Em termos de cana, com esse critério, não haverá entrada de novas usinas e, ainda, considera-se o saldo de fechamento daquelas em situação financeira desfavorável, resultando em uma perda de capacidade de processamento de 7 milhões de toneladas de cana (555 milhões de litros para o etanol). Quanto ao milho, haverá entrada de oito novas unidades, que seguem o descrito anteriormente. As ampliações autorizadas pela ANP foram consideradas apenas para o milho.

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. A produção de etanol de segunda geração será de 120 milhões de litros em 2033, 12% do valor exibido no cenário de crescimento médio, enquanto o etanol de milho alcança 8,7 bilhões de litros ao final do período.

A capacidade instalada nominal estimada será de 865 Mtc para a cana e de 23 Mton para o milho, em 2033. Nesse ano, a capacidade de produção de etanol de cana é reduzida para 49,1 bilhões de litros e de milho, é de 9,2 bilhões de litros. A área de cana processada é de 8,4 Mha e a produtividade agrícola, de 74,5 tc/ha no mesmo ano. Como resultado, estima-se uma quantidade de cerca de 630 milhões de toneladas de cana moída ao final do período. A oferta de etanol chegará a 33,6 bilhões em 2033, 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 36,4 bilhões de litros de gasolina A e de 30,9 bilhões de litros de etanol carburante em 2028. Em 2033, a gasolina A alcança 38,8 bilhões de litros e o etanol 29,6 bilhões de litros. Com isso, o *market share* do etanol hidratado no *flex fuel* será da ordem de 23% em 2033.

Por fim, ao analisar o balanço nacional de gasolina A, adotando-se a produção de gasolina A baseada no PDE 2032 (EPE, 2022), torna-se necessário efetuar a importação de 12,6 bilhões de litros em 2033, o que corresponde a 33% da demanda do combustível fóssil. Para o caso da análise com base na produção máxima histórica, seria necessário importar 7,8 bilhões de litros (20%). Note-se que a importação máxima histórico desse combustível fóssil foi de 4,9 bilhões de litros em 2020 (EPE, 2023e), sendo necessária uma avaliação posterior da capacidade da infraestrutura nacional de movimentação de combustíveis.

## 5. Conclusão

---

Neste estudo foram apresentados os cenários de oferta de etanol considerados para o período 2024-2033 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 e do etanol de milho.

As usinas de cana estão ajustando as suas condições financeiras, e se beneficiam da atratividade do açúcar no mercado internacional e de oportunidades internas, relacionadas a melhorias nos canaviais, produção de biogás, entre outros indicados nesse estudo, e externas que beneficiam o desenvolvimento do E2G. Em paralelo, as unidades produtoras de etanol a partir do milho vêm apresentando um crescimento consistente, em que iniciam suas operações em um curto intervalo de tempo e são beneficiadas pela possibilidade de mais de uma safra ao longo do ano, em rotação, majoritariamente, com a soja. Como resultado dessas projeções, verifica-se que a oferta de etanol sairia de 31 bilhões de litros em 2022 e poderia chegar a valores que variam entre 40,4 bilhões e 51,0 bilhões de litros. Destaca-se que a participação do etanol de milho deve representar entre 25% e 29% da oferta total no final do período, evidenciando sua relevância na matriz energética nacional.

Com base na demanda de ciclo Otto estimada e na produção de combustíveis correspondentes, foi realizada análise de sensibilidade considerando a produção de gasolina A do PDE 2032 e o valor máximo histórico (31,0 bilhões de litros em 2014). Para o primeiro caso, haverá necessidade de importação em todo o horizonte de estudo, alcançando 8,0 bilhões, 4,0 bilhões e 1,0 bilhões de litros em 2033 nos cenários Baixo, Médio e Alto, respectivamente. Para a produção máxima histórica, no cenário de crescimento baixo haverá importação em todo o período, no médio até 2030 e, no cenário alto, as importações ocorrem até 2026.

O estudo evidencia que a contribuição da biomassa de cana para o cenário energético nacional poderá se tornar ainda mais relevante. A participação da bioeletricidade, na avaliação mais conservadora, poderá injetar em 2033 até 6,1 GWm no cenário de crescimento alto, e 5,4 GWm no cenário de crescimento baixo. Acrescenta-se que a utilização da biomassa residual da cana para a produção de biometano, para este mesmo horizonte, possibilita que sejam gerados 6,5 bilhões de Nm<sup>3</sup> e 6,0 bilhões de Nm<sup>3</sup> para os cenários citados, respectivamente. Considerando uma análise mais conservadora, grupos mais eficientes e com melhor saúde financeira, os valores potenciais seriam de 2,9 bilhões de Nm<sup>3</sup> e 3,3 bilhões de Nm<sup>3</sup>, 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 2033, entre 71,3 MtCO<sub>2</sub> e 65,8 MtCO<sub>2</sub>, 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.

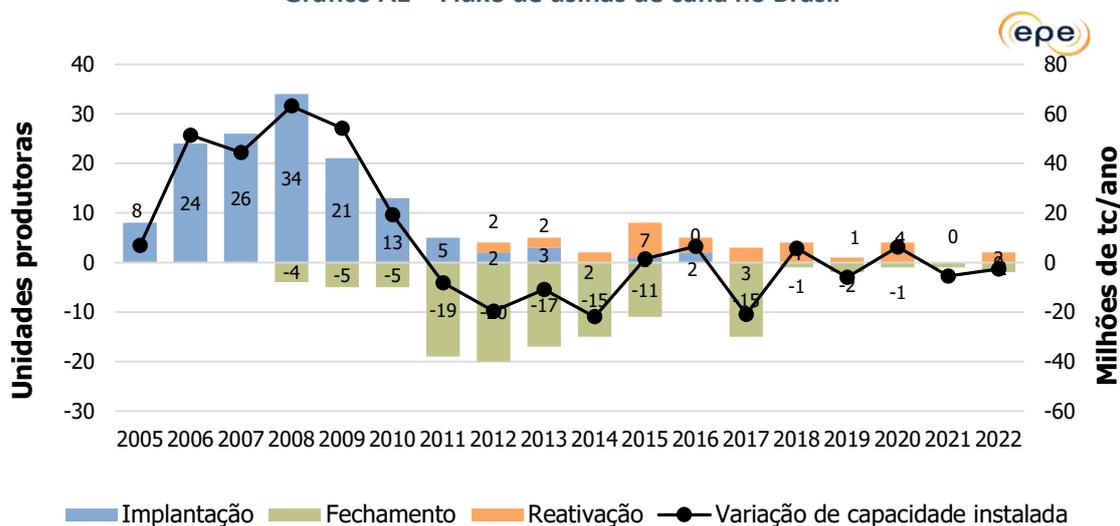
## ANEXO

Tabela A1: Histórico

	2018	2019	2020	2021	2022
Área (milhões ha)	8,6	8,4	8,6	8,3	8,3
Produtividade (tc/ha)	72,2	76,1	76,0	69,4	73,6
Cana processada (milhões de toneladas)	608,5	654,1	662,7	581,4	595,3
Rendimento (kg ATR/tc)	138,4	139,3	144,1	141,6	138,7
ATR Total (milhões toneladas)	85,9	89,5	94,3	82,0	84,6
Produção interna de etanol (bilhões de litros)	32,3	36,0	32,6	29,9	30,6
E1G	31,6	34,7	30,2	26,6	26,5
E2G	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Milho	0,7	1,3	2,4	3,3	4,1
Importação de etanol (bilhões de litros)	1,8	1,5	1,0	0,4	0,3
Oferta com importação (bilhões de litros)	34,1	37,5	33,6	30,3	31,0
Açúcar (milhões de toneladas)	28,5	30,0	41,5	35,1	36,3
Exportação	21,3	17,9	30,6	27,3	28,3
Cons. Interno + Var. de Estoque	7,2	12,1	10,9	7,9	8,0
Market share Brasil no comércio mundial (%)	34,7%	31,8%	46,5%	43,9%	43,8%
Mix de produção (etanol) (%)	64,5%	65,1%	54,1%	54,5%	53,8%
Exportação de etanol (bilhões de litros)	1,7	1,9	2,7	1,9	2,5
Outros usos (bilhões de litros)	1,1	1,1	1,4	1,4	1,3
Consumo gasolina A (bilhões de litros)	28,0	27,9	26,2	28,7	31,4
Consumo etanol anidro (bilhões de litros)	10,2	10,6	9,8	10,6	12,2
Consumo gasolina C (bilhões de litros)	38,2	38,4	35,9	39,3	43,6
Consumo etanol hidratado (bilhões de litros)	20,1	23,2	19,8	17,5	16,9
Consumo etanol carburante (bilhões de litros)	30,3	33,8	29,6	28,2	29,1
Ciclo Otto sem GNV (bilhões de litros de gasolina equivalente)	52,3	54,7	49,8	51,6	55,5
Produção de gasolina (bilhões de litros)	26,0	25,4	23,5	28,1	28,7
Market share etanol hidratado nos veículos flex fuel (%)	38,8%	41,7%	39,4%	32,5%	30,4%
Importação de gasolina A (bilhões de litros)	3,24	4,89	4,94	2,75	4,15

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

Gráfico A1 – Fluxo de usinas de cana no Brasil



Fonte: EPE a partir de EPE (2023a); MAPA (2023), UNICA (2014a, 2014b)

## Referências bibliográficas

---

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

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Dados estatísticos**, 2023a. Disponível em: [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br). Acesso em: 04 dez. 2023.

\_\_\_\_\_. **Autorização para produção de biocombustíveis**, 2023b. Posição em outubro/2023. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/autorizacao-para-producao-de-biocombustiveis>. Acesso em: 07 nov. 2023.

\_\_\_\_\_. **RenovaBio**, 2023c. Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>. Acesso em 28 de novembro de 2023.

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](http://www.planalto.gov.br). Acesso em: 07 nov. 2023.

\_\_\_\_\_. 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<sup>a</sup>. Disponível em: [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Acesso em: 07 nov. 2023.

\_\_\_\_\_. 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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp194.htm). Acesso em: 07 nov. 2023.

\_\_\_\_\_. 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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc123.htm). Acesso em: 07 nov. 2023.

\_\_\_\_\_. 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 07 nov. 2023.

\_\_\_\_\_. Projeto de Lei nº 4196/2023, de 18 de setembro de 2023 (PL Combustível do Futuro). Cria a política decenal de descarbonização da matriz energética e outros. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=2329290](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2329290). Acesso em: 21 nov. 2023.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Leilões**, 2023. Disponível em: [www.ccee.org.br](http://www.ccee.org.br). Acesso em: 19 out. 2023.

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](http://www.conab.gov.br). Acesso em: 01 jun. 2023a.

\_\_\_\_\_. **Comunicação Pessoal**, 2023b.

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](http://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais). Acesso em: 01 jun. 2023.

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. 2023.

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, 2022. Acesso em: 01 jun. 2023.

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](http://www.epe.gov.br). Acesso em: 04 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**: ano 2022. Rio de Janeiro: EPE, 2023a. Disponível em: [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br). Acesso em: 04 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Balço Energético Nacional 2023**: ano base 2022. Rio de Janeiro: EPE, 2023e. Disponível em: [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br). Acesso em: 04 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Nota Técnica de Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis: 2024 – 2033**. Rio de Janeiro: EPE, 2023c. Disponível em: [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br). No prelo.

\_\_\_\_\_. **Nota Técnica de Demanda de Energia dos Veículos Leves: 2024 – 2033**. Rio de Janeiro: EPE, 2023d. Disponível em: [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br). No prelo.

\_\_\_\_\_. **Perspectivas para o mercado brasileiro de combustíveis no curto prazo**. Rio de Janeiro: EPE, 2023b. Disponível em: [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br). Acesso em: 07 nov. 2023.

\_\_\_\_\_. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2032**: Cadernos de Estudo. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 27 out. 2023.

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. 2023.

\_\_\_\_\_. **Agricultural outlook 2022 – 2031**. Roma, 2022. OECD/FAO, 2022. Disponível em: [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030\\_969526b0-en](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030_969526b0-en). Acesso em 08 mar. 2023.

FGV - Fundação Getúlio Vargas. **Índices de Preços**, 2023. FGV Data.

GRANBIO. **Bioflex I: Produção de Biocombustível**. Granbio. Disponível em: <http://www.granbio.com.br/conteudos/bioflex-biocombustiveis/>. Acesso em: 08 out. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**, 2023. Disponível em: [Tabela 1737: IPCA - Série histórica com número-índice, variação mensal e variações acumuladas em 3 meses, em 6 meses, no ano e em 12 meses \(a partir de dezembro/1979\) \(ibge.gov.br\)](https://tabela1737.ipca.seriehistorica.com/número-índice, variação mensal e variações acumuladas em 3 meses, em 6 meses, no ano e em 12 meses (a partir de dezembro/1979) (ibge.gov.br)). Acesso em: **15 dez. 2023**.

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. 2023.

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**, 2023. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 24 out. 2023.

ME – Ministério da Economia. **Estatísticas de Comércio Exterior**, 2023 Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Brasília: Secretária Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais/ME. Acesso em: 07 nov. 2023.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. **Fatores de emissão de CO<sub>2</sub> para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos**, 2023. Disponível em: [www.mctic.gov.br](http://www.mctic.gov.br). Acesso em: 24 out. 2023.

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

NOVACANA. **Levantamentos dos investimentos em brownfields de cana** (diversas reportagens), 2022a. Disponível em: <https://www.novacana.com/>. Acesso em: 06 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **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. 2023.

\_\_\_\_\_. **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. 2023.

\_\_\_\_\_. **StoneX vê queda na moagem de cana do CS em 2024/25; preço favorece recorde para açúcar**, 2023. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/stonex-ve-queda-moagem-cana-cs-em-2024-25-preco-favorece-recorde-acucar-301123>. Acesso em: 11 dez. 2023.

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: 06 out. 2023.

\_\_\_\_\_. **Avisos, Fatos Relevantes e Comunicados**, 2022. Disponível em: <https://ri.raizen.com.br/divulgacoes-e-documentos/avisos-comunicados-e-fatos-relevantes/>. Acesso em: 06 out. 2023.

- \_\_\_\_\_. **Relatório Integrado 2022 – 2023**, 2023. Disponível em: [https://raizen-institucional-relatorios.s3.amazonaws.com/raizen/2023/pdf/RAIZEN\\_PT\\_FINAL.pdf](https://raizen-institucional-relatorios.s3.amazonaws.com/raizen/2023/pdf/RAIZEN_PT_FINAL.pdf). Acesso em: 07 dez. 2023.
- UNEM. União Nacional do Etanol de Milho. **Comunicação pessoal**, 2023.
- UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Comunicação pessoal**, 2014a.
- \_\_\_\_\_. **Comunicação pessoal**, 2014b.
- \_\_\_\_\_. **UNICADATA**, 2023. Disponível em <http://unicadata.com.br/>. Acesso em: 26 out. 2023.
- USDA. Sugar and Sweeteners Yearbook Tables, 2023. 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. 2023.
- VIEIRA, J.P.R.. Uso do DDGS obtido da produção de etanol de milho na síntese de biodiesel metílico por catálise básica. **Dissertação de Mestrado**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2022.
- WYMAN, C.E.. **Handbook on bioethanol: production and utilization**. Applied Energy Technology Series, Tayler and Francis: Washington, 1996.