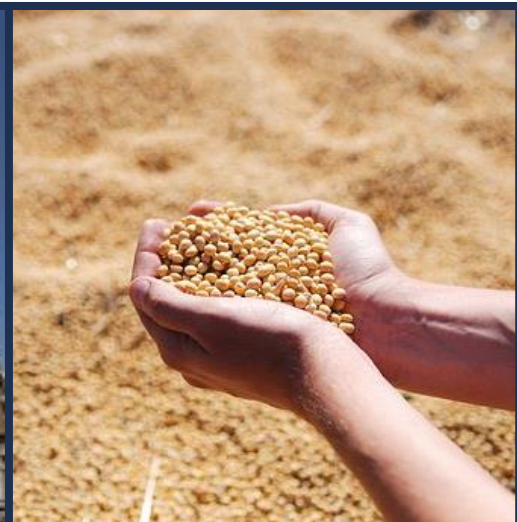
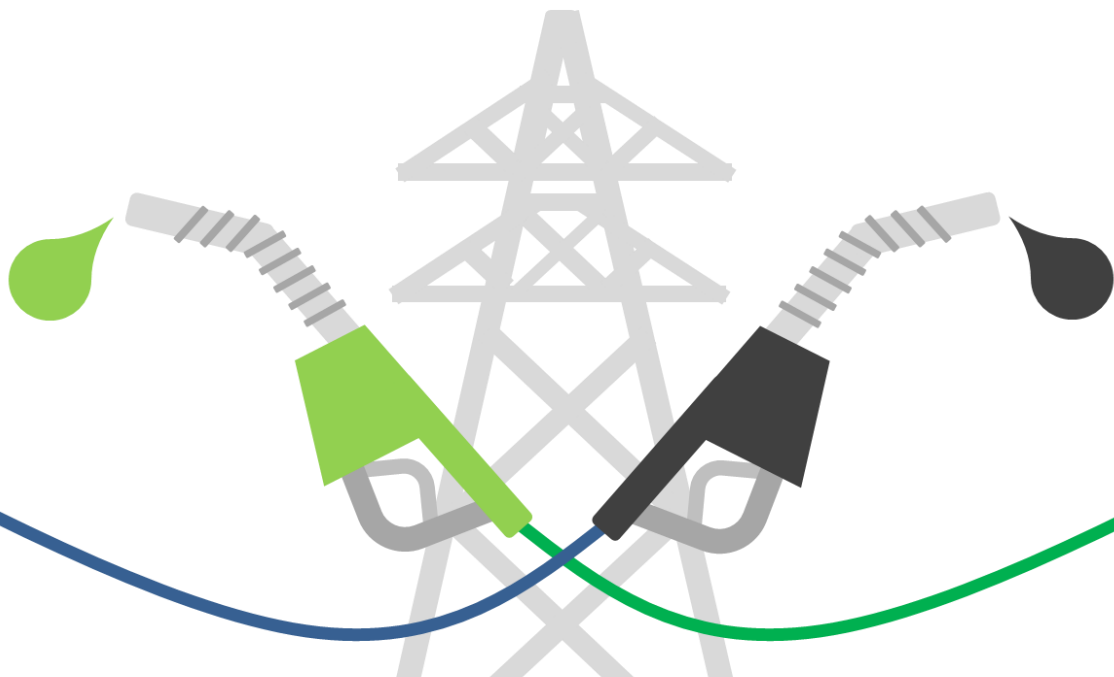




MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

# CENÁRIOS DE OFERTA DE ETANOL E DEMANDA DE CICLO OTTO 2018-2030



Rio de Janeiro, maio de 2018



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)



GOVERNO FEDERAL

Ministério de Minas e Energia

# Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto 2018 - 2030



Empresa de Pesquisa Energética

*Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei n° 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.*

## Presidente em Exercício

José Mauro Ferreira Coelho

## Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

José Mauro Ferreira Coelho

## Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

## Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Amílcar Gonçalves Guerreiro

## Diretor de Gestão Corporativa

Alvaro Henrique Matias Pereira

## Coordenação Executiva

Giovani Vitória Machado

## Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

## Equipe Técnica

Angela Oliveira da Costa  
Marina Damião Besteti Ribeiro  
Rachel Martins Henriques  
Rafael Barros Araujo

## Programação Visual

Gabriel Figueiredo da Costa

## Apoio Administrativo

Sergio Augusto Melo de Castro

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

## Sede

SAN - Quadra 1 - Bloco B - Sala 100-A  
70041-903 - Brasília - DF

## Escritório Central

Av. Rio Branco, n.º 01 - 11º Andar  
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

**EPE-DPG-SGB-Bios-NT-01-2018-r0**

Data: 18 de Maio de 2018

Rio de Janeiro  
Maio de 2018

## Histórico de Revisões

|                                                                                   |                    |                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                    | <b><i>NOTA TÉCNICA CENÁRIOS DE OFERTA DE ETANOL E<br/>DEMANDA DO CICLO OTTO 2018-2030</i></b> |
| <b><i>REVISÕES</i></b>                                                            | <b><i>DATA</i></b> | <b><i>DESCRIÇÃO SUCINTA</i></b>                                                               |
| <b>R0</b>                                                                         | <b>18.05.2018</b>  | <b>PUBLICAÇÃO ORIGINAL</b>                                                                    |

# Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto

## Sumário

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introdução .....</b>                                        | <b>6</b>  |
| <b>2. Contextualização.....</b>                                   | <b>6</b>  |
| <b>3. Premissas dos cenários.....</b>                             | <b>8</b>  |
| <b>3.1. Premissas comuns .....</b>                                | <b>8</b>  |
| Etanol de Segunda Geração.....                                    | 8         |
| Exportação de Etanol.....                                         | 9         |
| Rendimento .....                                                  | 10        |
| Etanol para Outros Usos.....                                      | 11        |
| <b>3.2. Premissas Específicas.....</b>                            | <b>11</b> |
| Cenário de Crescimento Médio .....                                | 12        |
| Cenário de Crescimento Alto .....                                 | 13        |
| Cenário de Crescimento Baixo.....                                 | 13        |
| <b>3.2.1. Fluxo de Unidades Produtoras de Cana-de-Açúcar.....</b> | <b>14</b> |
| Cenário de Crescimento Médio .....                                | 15        |
| Cenário de Crescimento Alto .....                                 | 15        |
| Cenário de Crescimento Baixo.....                                 | 16        |
| <b>3.2.2. Açúcar .....</b>                                        | <b>17</b> |
| <b>3.2.3. Etanol de Milho .....</b>                               | <b>18</b> |
| <b>3.2.4. Cana Energia.....</b>                                   | <b>18</b> |
| <b>4. Resultados – Estudos da Expansão da Oferta .....</b>        | <b>19</b> |
| Área de Cana Processada .....                                     | 19        |
| Produtividade .....                                               | 20        |
| Cana Processada.....                                              | 21        |
| ATR Total .....                                                   | 22        |
| Oferta Total de Etanol .....                                      | 23        |
| Bioeletricidade.....                                              | 24        |
| Biogás .....                                                      | 25        |
| Emissões Evitadas de Gases de Efeito Estufa .....                 | 26        |
| Investimentos .....                                               | 27        |
| <b>5. Resultados - Demanda Carburante.....</b>                    | <b>29</b> |
| Etanol Carburante .....                                           | 30        |
| Gasolina A.....                                                   | 31        |
| Market Share do Hidratado no Flex Fuel .....                      | 32        |
| Balanço Nacional de Gasolina A .....                              | 32        |
| <b>6. Conclusão.....</b>                                          | <b>37</b> |
| <b>7. Referências.....</b>                                        | <b>39</b> |
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>                                      | <b>41</b> |
| <b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>                                     | <b>41</b> |

# 1. Introdução

A Empresa de Pesquisa Energética apresenta sua terceira 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 tanto, o documento apresenta **cenários de oferta de etanol** e seus desdobramentos para a demanda do ciclo Otto e sobre o **balanço nacional de gasolina A** até o horizonte de 2030. Nessa edição, foram explicitadas as premissas adotadas nos estudos para: etanol de segunda geração, etanol de milho e inserção da cana-energia. Incluiu-se, também, a apresentação de uma segunda trajetória associada ao cenário de crescimento alto da oferta de etanol, para algumas variáveis selecionadas (açúcar, etanol de milho e cana energia). A construção dessa trajetória foi requerida em decorrência da célere, exitosa e promissora tramitação do RenovaBio, que culminou com a promulgação da Lei da Política Nacional de Biocombustíveis, em dezembro de 2017, indicando a pertinência de avaliar os efeitos de uma superação de expectativas, que venha a gerar um estímulo adicional sobre os fatores selecionados. Adicionalmente, o documento incluiu a apresentação da oferta da bioeletricidade da cana-de-açúcar exportada ao Sistema Interligado Nacional e o potencial de produção de biogás para cada um dos cenários elaborados, bem como uma estimativa da contribuição do setor sucroenergético para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Setor de Energia e uma avaliação dos investimentos associados.

## 2. Contextualização

O Brasil se destaca no mundo por sua liderança na produção e uso de biocombustíveis. O espaço ocupado por estas fontes renováveis na matriz energética nacional é, em boa medida, resultado de políticas públicas que integraram ações de governo, de agentes do setor e da sociedade civil, conforme apontou EPE (2016). Para estimular o seu mercado, o governo tem lançado mão de políticas públicas, como o Proálcool (Programa Nacional de Álcool) e o PNPB (Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel), e de mandatos de adição obrigatória aos derivados de petróleo. Diversos instrumentos econômicos também resultaram em incentivos aos biocombustíveis (EPE, 2016).

É nesse contexto que o estabelecimento da Política Nacional de Biocombustíveis, por intermédio da Lei nº 13.576, promulgada em 26 de dezembro de 2017, descortina outras grandes oportunidades para o Brasil (BRASIL, 2017a).

O RenovaBio elenca entre seus objetivos principais o de promover a adequada expansão da produção e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis, e também o de contribuir com previsibilidade para a participação competitiva dessas fontes de energia no mercado de combustíveis do país. A Política Nacional de Biocombustíveis visa, ainda, cooperar para o atendimento aos compromissos brasileiros no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, valorizando o seu papel na mitigação das emissões de GEE.

É importante registrar que o programa objetiva incrementar a participação de diversos biocombustíveis na matriz energética brasileira, como etanol, biodiesel, biogás e bioquerosene de aviação. Note-se que, especificamente para o etanol, desde 2013, diversas ações governamentais, diretas ou indiretas, já vinham buscando proporcionar condições favoráveis para o setor sucroenergético retomar o crescimento, como por exemplo:

- Aumentos no percentual de anidro na gasolina: de 20% para 25%, em março de 2013, e para 27%, desde março de 2015 (MAPA, 2013, 2015);
- Recomposição da alíquota da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) sobre a gasolina para R\$ 0,10/litro, desde 2015, enquanto que sobre o etanol hidratado é mantida em zero, desde 2004 (BRASIL, 2015);
- Aumento da alíquota do PIS e da COFINS para a gasolina de zero para R\$ 0,12/litro, a partir de fevereiro de 2015 (BRASIL, 2015) [5]. Desde julho de 2017, esta foi elevada para R\$ 0,7925/litro (BRASIL, 2017b).
- Manutenção de alíquota zero do PIS e da COFINS para o etanol até dezembro de 2016 (BRASIL, 2013). Em janeiro de 2017, a alíquota passou a ser R\$ 0,12/litro e, em julho, foi elevada a R\$ 0,1964/litro (BRASIL, 2017b).

Paralelamente, o BNDES tem mantido diversas linhas de financiamento relacionadas à atividade sucroenergética, destacando-se o PRORENOVA (Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais -) e o PAISS (Plano de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico)<sup>1,2</sup> (BNDES, 2018a, 2018b).

As ações governamentais descritas buscavam a retomada do crescimento do setor sucroenergético, seriamente impactado pela crise econômica mundial de 2008, uma vez que o período de grandes investimentos em novas unidades resultou em um elevado grau de endividamento do segmento. Para sair das dificuldades financeiras, alguns grupos foram obrigados a vender seus ativos e outros entraram em processo de recuperação judicial ou faliram (EPE, 2017a, 2017b). Note-se que a depreciação do real frente ao dólar foi um fator determinante para que muitas empresas entrassem com pedido de recuperação judicial, pois suas dívidas são baseadas, predominantemente, nesta moeda, enquanto que suas receitas são denominadas, sobretudo, em reais.

Nesse contexto, as empresas tiveram que reduzir seus investimentos e despesas. Com isso, não realizaram a renovação dos canaviais e os tratos culturais adequados, tampouco a inserção de novas variedades, entre outros fatores, o que ocasionou queda na produtividade. Fatores climáticos (chuvas excessivas ou estiagens atípicas), o aumento dos preços de arrendamento da terra, e preços da gasolina nem sempre em paridade com o mercado internacional também contribuíram para agravar a situação.

Além disso, é notório que a produção de etanol é fortemente impactada pelos preços do açúcar no mercado internacional. Entre 2009 e 2012, o impacto foi negativo para o

---

<sup>1</sup> No intervalo compreendido entre 2013 e 2017, os valores colocados à disposição do setor através do PRORENOVA e do PAISS foram, respectivamente, de R\$ 8 bilhões e R\$ 3 bilhões, enquanto os valores contratados nesse período somaram R\$ 4,1 bilhões e R\$ 1,8 bilhão, respectivamente (BNDES, 2018c).

<sup>2</sup> O Programa de Apoio ao Setor Sucroalcooleiro - PASS, outra linha de financiamento do BNDES, direcionada à estocagem de etanol, foi descontinuado pelo Banco em 2016. Por seu intermédio, entre 2009 e 2015, foram contratados R\$ 3,5 bilhões (BNDES 2018c).

etanol, porque a remuneração do açúcar por kg de ATR foi superior à do anidro e do hidratado. No entanto, devido a seguidos superávits mundiais da *commodity*, sua remuneração foi inferior aos mesmos entre 2013 e 2015. Desde o final de 2015 até início de 2017, o setor sucroenergético tem aproveitado a elevação dos preços internacionais do açúcar para aumentar seu faturamento e quitar parte dessas dívidas e está passando por um período de ajustamentos, no qual busca o equacionamento de sua situação financeira. Neste contexto, estão inseridas ações para melhoria dos fatores de produção, as quais propiciam redução dos custos e aumento de margem, elevando sua sustentabilidade financeira. Observe-se que o retorno à paridade de importação dos preços da gasolina no país e a recente alta dos preços internacionais do petróleo também contribuíram para a melhoria da rentabilidade do negócio.

### 3. Premissas dos cenários

Considerando-se a estimativa de que a capacidade instalada nominal de moagem situava-se em 827 milhões de toneladas de cana<sup>3</sup> (correspondente a 744 Mtc em capacidade efetiva), foram traçados três cenários de oferta de etanol, cujas denominações foram escolhidas com base no crescimento da produção. São eles: **Crescimento Alto, Crescimento Médio e Crescimento Baixo**. As premissas correspondentes aos cenários são citadas a seguir.

#### 3.1. Premissas comuns

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

A área e as produtividades agrícola e industrial do ano de 2017 foram ajustadas de acordo com o quarto levantamento da safra de cana 2017/18 da CONAB (2018a).

##### **Capacidade instalada atual:**

- Implantação de duas unidades: uma, que vendeu nos leilões de energia, e outra, que já possui parte das obras realizadas;
- Fator de capacidade de moagem para as usinas de 90% (dependendo dos aspectos climáticos durante cada safra, esse percentual pode ser maior);
- Expansão da capacidade de moagem de 23 unidades existentes em cerca de 32 milhões de toneladas de cana (projetos mapeados atualmente).

##### **Etanol de Segunda Geração**

O Brasil possui duas plantas comerciais de etanol de segunda geração (E2G) (Granbio e Raízen) e uma experimental (Centro de Tecnologia Canavieira - CTC), com capacidade de produção nominal de 82, 42 e 3 milhões de litros por ano, respectivamente. Atualmente, as unidades comerciais ainda operam abaixo da capacidade nominal devido a alguns problemas técnicos, como por exemplo na etapa de pré-tratamento e filtragem da lignina, os quais já vêm sendo equacionados.

---

<sup>3</sup> Dados referentes a dezembro de 2017. A análise considerou o fechamento, a reativação e as expansões em unidades existentes que ocorreram no ano de 2017.

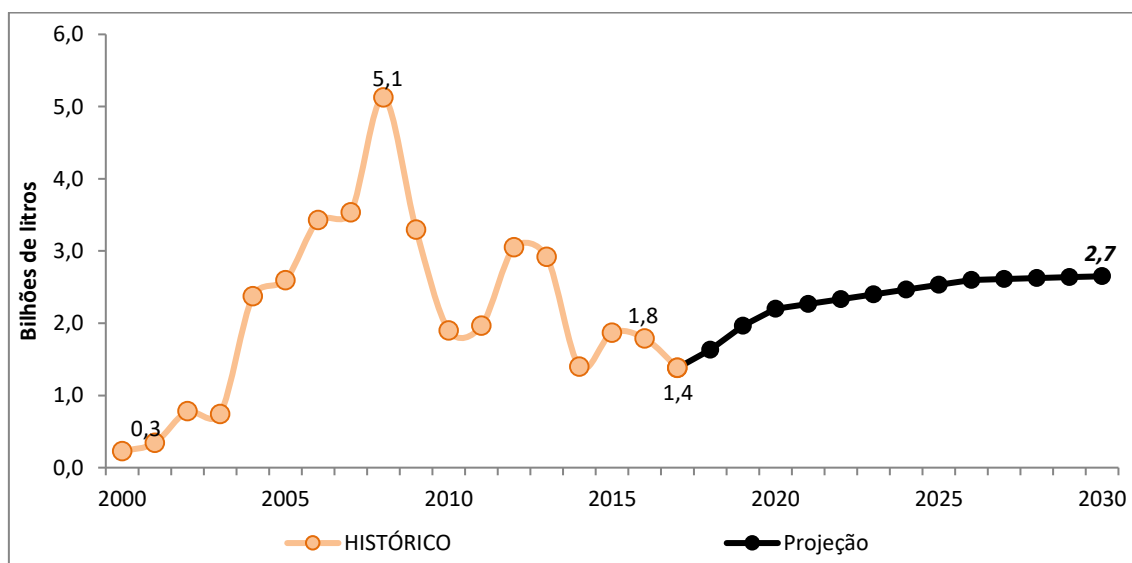
A projeção da produção de etanol de segunda geração considerou os investimentos anunciados, bem como a maior valoração desse biocombustível avançado no mercado internacional. Estima-se que a produção de E2G alcançará 2,0 bilhões de litros em 2030.

### **Exportação de Etanol**

O volume de etanol exportado pelo Brasil oscila significativamente ao longo do tempo, como pode ser observado no Gráfico 1. Estima-se que 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 da tendência atual são a perspectiva de redução do consumo mundial de energia por veículo, a busca generalizada de independência energética, a adoção de tecnologias mais eficientes e a manutenção de certo grau de protecionismo por parte dos principais países consumidores.

Como resultado, projeta-se que as exportações brasileiras de etanol evoluirão de 1,4 bilhão de litros em 2017 até 2,7 bilhões de litros em 2030. Note-se que esse valor é similar à média observada no período 2007-2017, correspondendo a cerca da metade do máximo histórico. A projeção de exportação considera, principalmente, a participação do etanol de cana no atendimento das metas da RFS (*Renewable Fuel Standard*)<sup>4</sup> dos Estados Unidos.

**Gráfico 1 - Exportação de Etanol**



Fonte: EPE com base em MDIC (2018)

A despeito da expectativa de reduzido comércio internacional, Estados Unidos, União Europeia e Ásia (Coreia do Sul e Japão) apresentam o maior potencial de consumo de biocombustíveis, conforme descrito em EPE (2017b).

<sup>4</sup> De acordo com esse programa, os biocombustíveis são classificados de acordo com a quantidade de GEE emitida no ciclo de vida: renováveis (etanol e biobutanol de milho), avançados (etanol de cana-de-açúcar), diesel de biomassa (biodiesel ou HVO – óleo vegetal hidratado) e celulósicos (etanol e bioetanol celulósico) (EPA, 2018).

Em 2017, o Brasil experimentou o primeiro saldo negativo na balança comercial de etanol dos últimos 20 anos, com as importações totalizando 1,8 bilhão de litros, frente a uma exportação de 1,3 bilhão de litros (MDIC, 2018).

## **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 variedade da cana (mais rica em açúcar ou fibra), sua adequação ao ambiente de produção e ao corte mecanizado, idade do canavial (renovação no tempo correto), tratamentos culturais e aspectos climáticos.

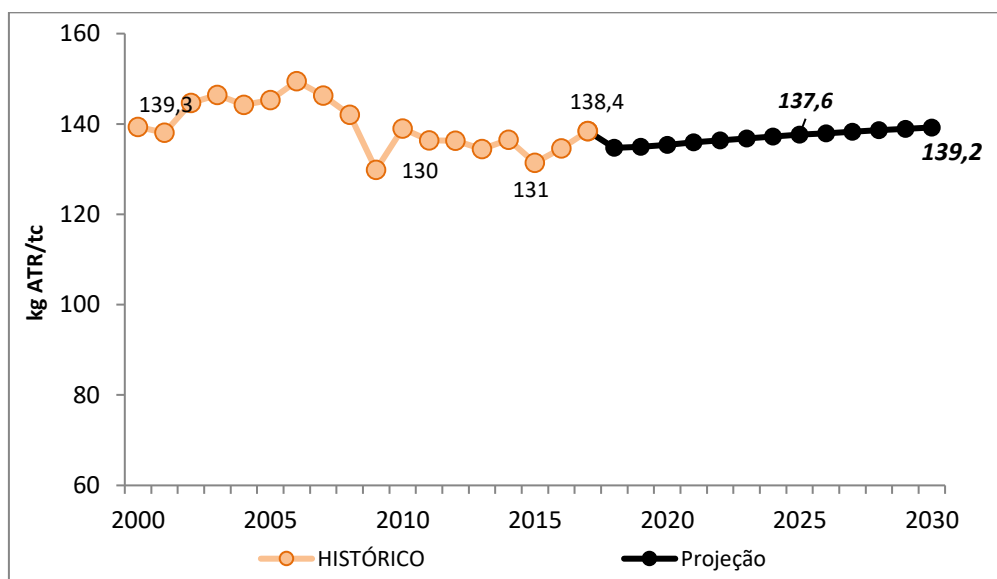
Esse indicador, que vinha apresentando uma trajetória crescente entre os anos de 2000 e 2007 (taxa de 0,7% a.a.), decresceu a uma taxa de 0,6% entre 2007 e 2017, recuando para valores inferiores aos exibidos no ano de 2000 (CONAB, 2018a, 2018b). Essa tendência é decorrente da mecanização e da não renovação do canavial, além de aspectos climáticos, que foram prejudiciais em anos específicos.

A colheita mecanizada foi implantada, principalmente, para atingir as metas impostas pelas leis e acordos ambientais de redução das queimadas, porém, observa-se que houve um descompasso entre a mecanização da colheita e do plantio. A inserção das técnicas e práticas do plantio mecanizado é mais lenta, pois ocorre somente nas áreas de reforma, já amortizadas (EPE, 2017a, 2017b). Note-se que a mecanização ocasionou um aumento das impurezas vegetais (faixa de 8 – 11%) e minerais (1,0 – 1,5%), o que compromete a qualidade da matéria-prima que entra na usina (CTC, 2014, 2017, 2018; EPE, 2017b).

Outro ponto importante é que a mecanização da lavoura da cana requer o uso de variedades mais propícias, assim como um manejo agrícola apropriado, com adequação do espaçamento entre linhas do canavial, dimensionamento do talhão (para evitar o pisoteio durante as manobras das colhedoras), agrupamento de variedades e altura das leiras para realizar o corte o mais próximo ao solo - parte onde a cana possui maior teor de sacarose (EPE, 2017a, 2017b). Entretanto, o nível de endividamento do setor tem sido um impeditivo para a adoção dessas práticas por todos os grupos.

Considerando que parte do setor, que se encontra com um nível controlável de endividamento, buscará a implementação de boas práticas e tecnologias, o rendimento da cana atingirá cerca de 139 kg ATR/tc em 2030, ligeiramente superior ao observado em 2017 e 10 pontos abaixo do máximo já registrado em 2006, conforme pode ser observado no Gráfico 2. A taxa entre 2017 e 2030 será de 0,1% a.a..

**Gráfico 2 - Rendimento Industrial (Qualidade da Cana)**



Fonte: EPE com base em CONAB (2018a, 2018b) e MAPA (2016)

### **Etanol para Outros Usos**

No Brasil, estima-se que a demanda de etanol para uso não carburante, concentrada basicamente na produção de bebidas, cosméticos, produtos farmacêuticos, petroquímicos e compostos oxigenados (ácido acético, acetato de etila e butanol), sairá de 1,1 bilhão de litros em 2017 e alcançará 1,4 bilhão de litros em 2030, o que representa uma taxa de crescimento de 2,3% ao ano.

### **3.2. Premissas Específicas**

Os cenários elaborados diferenciam-se basicamente quanto ao grau de atratividade econômica da produção do etanol e de competitividade do etanol hidratado frente à gasolina C. Para tal, distinguem-se os esforços direcionados pelo setor sucroenergético com vistas à melhoria dos fatores de produção e a intensidade dos incentivos governamentais para o setor, incluindo o empenho para a expansão da produção dos biocombustíveis e a garantia do atendimento às metas da 21ª Conferência das Partes (COP-21).

É importante destacar que o RenovaBio consiste em uma política pública moderna de internalização das externalidades ambientais positivas dos biocombustíveis, na qual o benefício ambiental será valorado pela própria sociedade. Tal valoração será definida em mercados organizados para negociar os Créditos de Descarbonização (CBIO), emitidos com base nos Certificados da Produção Eficiente de Biocombustíveis.

O CBIO é o instrumento criado para comercialização entre os produtores de biocombustíveis e as distribuidoras, que deverão atender às metas de redução de emissões de carbono. A quantidade de CBIO variará de acordo com a produção e a Nota de Eficiência Energética-Ambiental de cada emissor primário. Assim, quanto menor a emissão de carbono para produção de biocombustíveis, melhor qualificada será a unidade e maior será a sua nota. Desta forma, com as metas de descarbonização

definidas, haverá um estímulo para produção de biocombustíveis, o que aumentará a busca pelos CBIO. Com tal sinalização econômica, espera-se que as usinas se sintam impulsionadas a produzirem mais biocombustíveis e de forma mais eficiente, aumentando a oferta deste certificado e regulando seu preço no mercado, onde ele será comercializado. Esse mecanismo deverá garantir a segurança necessária para investimentos em novas usinas, uma vez que os CBIO irão oferecer maior receita para os produtores.

Nesse sentido, avalia-se que o preço do CBIO será um dos fatores distintivos dos cenários, contribuindo, em maior ou menor grau, para a expansão da produção do etanol. Em seguida, o documento aborda as principais premissas qualitativas adotadas na consecução dos cenários.

### **Cenário de Crescimento Médio**

No cenário de crescimento médio, considerou-se que haverá uma relação de preços, entre os combustíveis, mais favorável ao etanol. Admitiu-se o alinhamento do **preço de realização da gasolina** às cotações internacionais, ressaltando que o mesmo tem apresentado um patamar mais elevado de oscilação. Considerou-se, também, a continuidade de **políticas de incentivo ao etanol** como, por exemplo, **diferenciações na CIDE, no PIS/COFINS e no ICMS<sup>5</sup> incidentes sobre o etanol e a gasolina em alguns estados**, bem como a disponibilização de linhas de financiamento para o setor.

Outro fator fundamental na conformação desse cenário é o de êxito do RenovaBio, resultando em preços do CBIO que ampliem a atratividade econômica da produção de etanol. Dessa forma, o setor sucroenergético passa a ter uma receita adicional, gerando a progressiva recomposição de suas margens e criando um ambiente de negócios favorável à retomada de investimentos. Cabe observar que essa receita financeira adicional proveniente da subscrição e venda de CBIO ocorreria em um cenário de preços já mais favorável ao etanol, em decorrência do patamar mais elevado dos preços internacionais do petróleo.

Também se considerou que o setor realizará ações para a redução de custos, como: renovação do canavial e tratos culturais adequados. Observe-se que essas ações são reforçadas pela busca por maior eficiência na produção de etanol induzida pelos instrumentos do RenovaBio, em particular, a Nota de Eficiência Energética-Ambiental de cada emissor primário do CBIO.

Além disso, admitiu-se a inserção de novas variedades adaptadas aos novos ambientes de produção e aos métodos de plantio e colheita mecanizada. Estas variedades proporcionam uma maior produtividade e maior rendimento da cana (qualidade), bem como reduzem as perdas e as impurezas no processo de colheita. Neste mesmo aspecto, considerou-se o manejo agrícola para o desenvolvimento adequado da cultura da cana (altura e espaçamento das linhas, e georreferenciamento do canavial).

---

<sup>5</sup> Em 2017, 15 estados apresentaram diferenciação tributária entre etanol hidratado e gasolina C (CONFAZ, 2018; EPE, 2018).

Com isso, estima-se que as margens do setor serão maiores que as atuais, o que proporcionará retorno dos investimentos em novas unidades, a partir de 2022. A projeção para o cenário de crescimento médio considera uma retomada parcial dos investimentos a partir daquele ano, à medida que a inserção de novas tecnologias agrícolas e industriais promove a redução dos custos de produção, assim como o aumento da demanda ciclo Otto eleva a demanda por combustíveis e, consequentemente, seus preços.

Deve-se enfatizar que tal cenário é compatível com as projeções de oferta de etanol apresentadas no PDE 2026, bem como com a elevação dos preços internacionais do petróleo. Os traços finais do cenário são um pouco diferentes à medida que os contornos do RenovaBio ainda não eram conhecidos à época, mas as linhas gerais são basicamente as mesmas. É por isso que não se consideram modificações significativas neste cenário em relação às projeções do PDE 2026, visto que os acontecimentos de 2017 e 2018 apenas deixaram mais nítidos e mais verossímeis os traços deste cenário.

### **Cenário de Crescimento Alto**

O cenário de crescimento alto considerou que as premissas adotadas para o cenário de crescimento médio ocorrerão com uma intensidade superior. Desta forma, estimou-se que, no médio prazo, o número de unidades *greenfields* (projetos) será maior, assim como a produtividade agrícola, resultante de uma maior inserção de novas variedades mais produtivas, conforme descrito mais adiante.

Neste cenário, o êxito do RenovaBio é mais vigoroso, resultando em preços do CBIO mais altos, ampliando substancialmente a atratividade econômica da produção de etanol, bem como a eficiência energética-ambiental da produção. Ressalte-se que essa receita financeira adicional mais elevada induziria um incremento maior na produção de etanol.

Como no cenário de crescimento médio, admitiu-se o alinhamento do preço de realização da gasolina às cotações internacionais. Considerou-se, ainda, maior intensidade das políticas de incentivo ao etanol vis-à-vis às vigentes atualmente. Neste contexto, por exemplo, ocorreriam diferenciações adicionais nos tributos e contribuições incidentes sobre o etanol e a gasolina, sobretudo em alguns estados, bem como maior disponibilização de linhas de financiamento para o setor.

### **Cenário de Crescimento Baixo**

No cenário de crescimento baixo, apesar do alinhamento do preço de realização da gasolina às cotações internacionais, admitiu-se que não haverá a disseminação por todo o setor de boas práticas agrícolas (manejo agrícola e varietal, assim como a renovação no período adequado) e de inovações tecnológicas. Além disso, considerou-se que haverá políticas de incentivo ao etanol menos intensivas vis-à-vis às do cenário de crescimento médio. Portanto, considerou-se que, no médio prazo, o número de unidades *greenfields* (projetos) será menor que o do cenário de crescimento médio, assim como a produtividade agrícola.

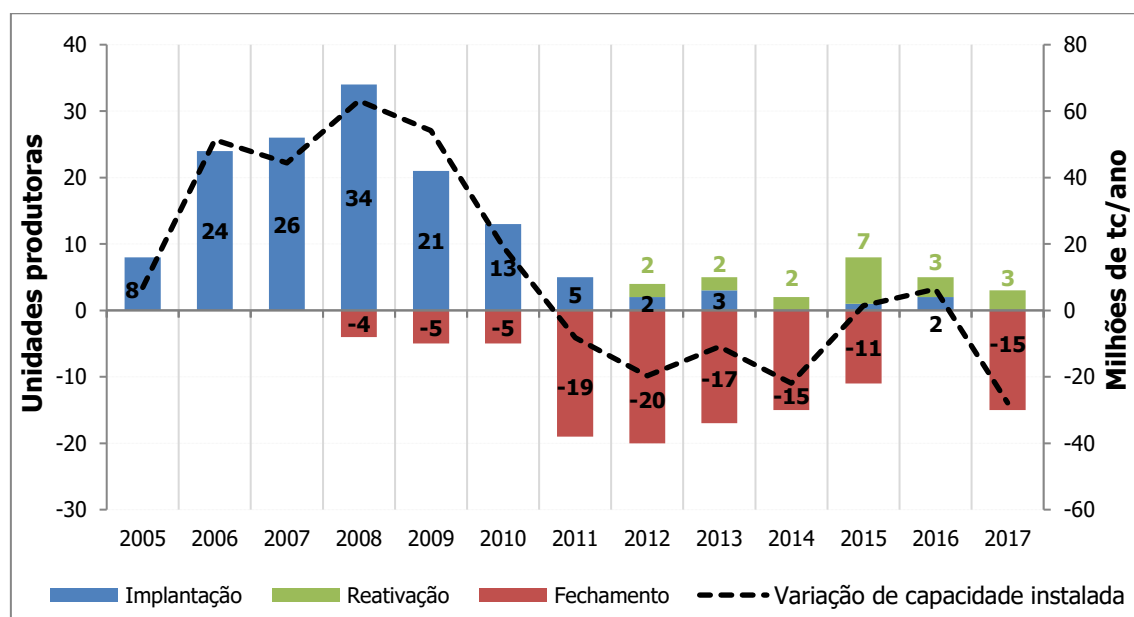
Neste cenário, o êxito do RenovaBio é mais modesto, resultando em preços do CBIO mais baixos, ampliando pouco a atratividade econômica da produção de etanol, bem como a eficiência energética-ambiental da produção.

A seguir, são descritos os três cenários de variação do fluxo de entrada e saída de unidades, tal como apresentado na última edição. Entretanto, nesse ciclo de estudos, a célere implantação do RenovaBio (o lançamento do programa ocorreu em 13/12/2016 e a promulgação da Lei nº 13.576, em 25/12/2017, em apenas doze meses) requereu para o cenário de crescimento alto a construção de uma segunda trajetória para as seguintes variáveis: açúcar, etanol de milho e cana energia. Registra-se que os cenários de crescimento médio e baixo utilizaram a mesma trajetória para tais fatores, exceto para o etanol de milho.

### 3.2.1. Fluxo de Unidades Produtoras de Cana-de-Açúcar

O histórico de novas unidades implantadas a cada ano apresentou números bastante elevados entre 2006 e 2010 (média de 24 unidades por ano), conforme ilustra o Gráfico 3. Isto foi devido tanto ao crescimento da demanda de etanol pelos veículos *flex fuel* como também pela de açúcar. Entretanto, após esse período, o setor reduziu o investimento em novas unidades, motivado pelo elevado endividamento; redução de despesas na produção, para equilibrar seus orçamentos; além de aspectos climáticos (MAPA, 2018b).

**Gráfico 3 - Fluxo histórico de unidades produtoras de cana-de-açúcar**



Fonte: EPE com base em MAPA (2018b) e UNICA (2014)

No período 2005 a 2017, houve a implantação de 139 unidades. Por outro lado, 111 unidades produtoras encerraram as suas atividades<sup>6</sup>. Estima-se que o saldo desse fluxo proporcionou o acréscimo de cerca de 165 milhões de toneladas em capacidade instalada nominal de processamento de cana. Assevera-se que uma análise mais detalhada acerca do fluxo de implantação e fechamento de unidades nesse período aponta que o número de novas unidades implantadas caiu significativamente desde 2011 (avaliação completa no documento Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano Base 2017 (EPE, 2018a)).

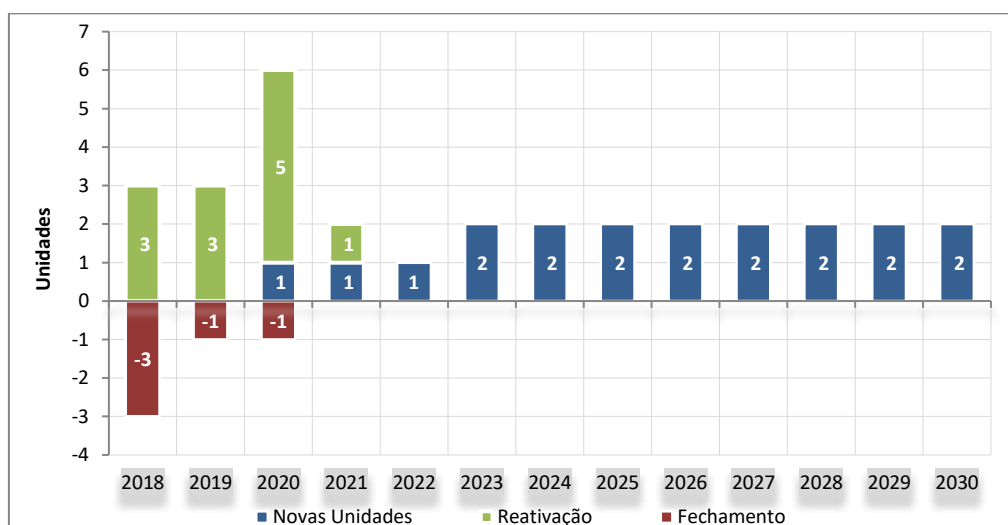
<sup>6</sup> Faliram ou paralisaram suas atividades durante alguns anos e retornaram a operação posteriormente.

Para cada cenário, considerou-se a variação do fluxo de entrada e saída de unidades, conforme as premissas específicas de incentivos governamentais e ações dos agentes do setor. Diante desse contexto, os gráficos a seguir resumem as hipóteses de expansão da capacidade de produção adotadas para cada um dos cenários, considerando entrada<sup>7</sup>, reativação e fechamento de unidades produtoras. Observa-se que o perfil médio considerado para as novas unidades (projetos) situa-se em torno de 3,5 Mtc/usina. Conforme mencionado no item 3.1., em todos os cenários adotou-se a expansão da capacidade de moagem das unidades existentes em cerca de 32 milhões de toneladas de cana (a partir de dezembro de 2017).

### **Cenário de Crescimento Médio**

O cenário de crescimento médio considera a entrada de 19 novas unidades que aumentam a capacidade nominal de moagem de cana em cerca de 67 milhões de toneladas. O fluxo das unidades produtoras de cana pode ser observado no Gráfico 4. Destaca-se que o saldo das reativações e dos fechamentos proporcionará o acréscimo de cerca de 16 milhões de toneladas de cana na capacidade instalada de moagem do setor. Ademais, as unidades existentes deverão realizar expansões adicionais de 26 milhões de toneladas (nominal) para processamento de toda a cana disponível.

**Gráfico 4 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Médio**



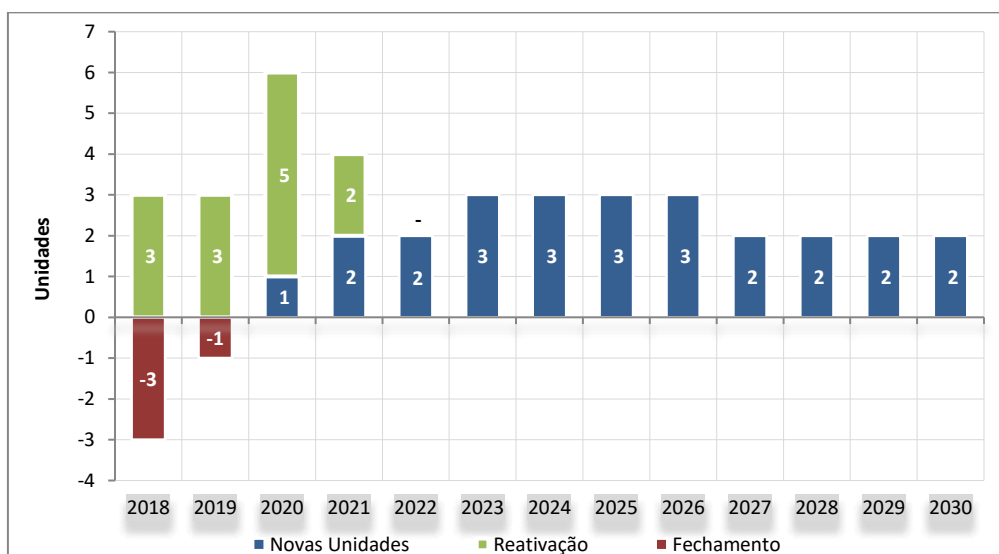
Fonte: EPE

### **Cenário de Crescimento Alto**

O cenário de crescimento alto considera a entrada de 25 novas unidades que aumentam a capacidade nominal de moagem de cana em cerca de 85 milhões de toneladas. O fluxo das unidades produtoras de cana-de-açúcar é apresentado no Gráfico 5. Neste cenário, o saldo das reativações e dos fechamentos será a adição de 19 milhões de toneladas de cana na capacidade instalada de moagem do setor. Além disso, as unidades existentes deverão realizar expansões adicionais de 82 milhões de toneladas (nominal) para processamento de toda a cana disponível.

<sup>7</sup> As unidades foram selecionadas dentro de um portfólio de projetos anunciados, mas ainda não viabilizados.

**Gráfico 5 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Alto**

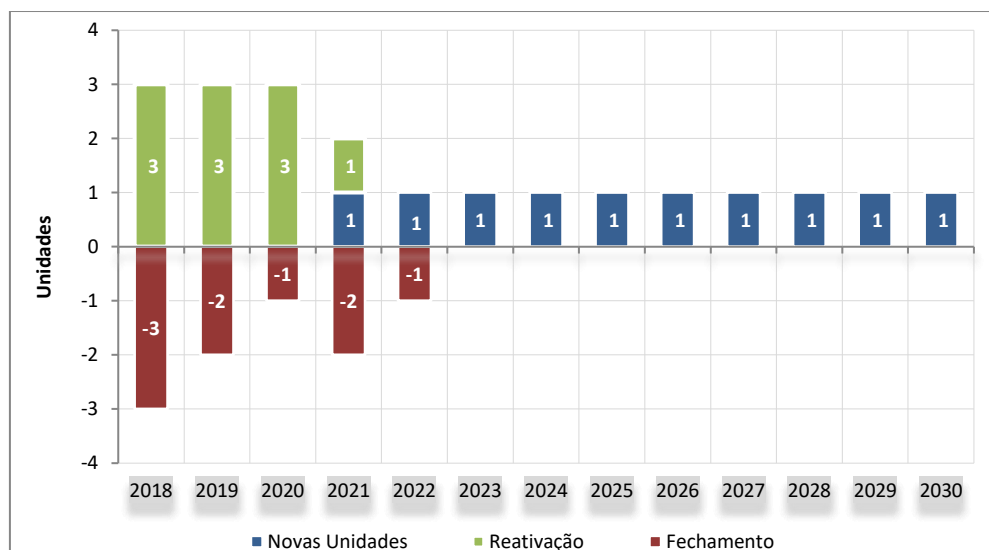


Fonte: EPE

### **Cenário de Crescimento Baixo**

O cenário de crescimento baixo considera a entrada de 10 novas unidades que aumentam a capacidade nominal de moagem de cana em cerca de 31 milhões de toneladas. O fluxo das unidades produtoras de cana-de-açúcar é ilustrado no Gráfico 6. Ressalta-se que o saldo das reativações e dos fechamentos proporcionará um aumento de cerca de 6 milhões de toneladas de cana na capacidade instalada de moagem do setor.

**Gráfico 6 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Baixo**



Fonte: EPE

A Tabela 1 apresenta o saldo do fluxo de unidades, a capacidade instalada de moagem de cana e sua variação com relação a dezembro de 2017, 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<sup>8</sup> de Moagem de cana**

| Cenários          | Fluxo de Unidades |      | Capacidade (Mtc) |      | Variação (Mtc) |      |
|-------------------|-------------------|------|------------------|------|----------------|------|
|                   | 2025              | 2030 | 2025             | 2030 | 2025           | 2030 |
| Crescimento Baixo | 7                 | 12   | 888              | 906  | 62             | 80   |
| Crescimento Médio | 16                | 26   | 916              | 977  | 89             | 151  |
| Crescimento Alto  | 23                | 34   | 967              | 1050 | 141            | 224  |

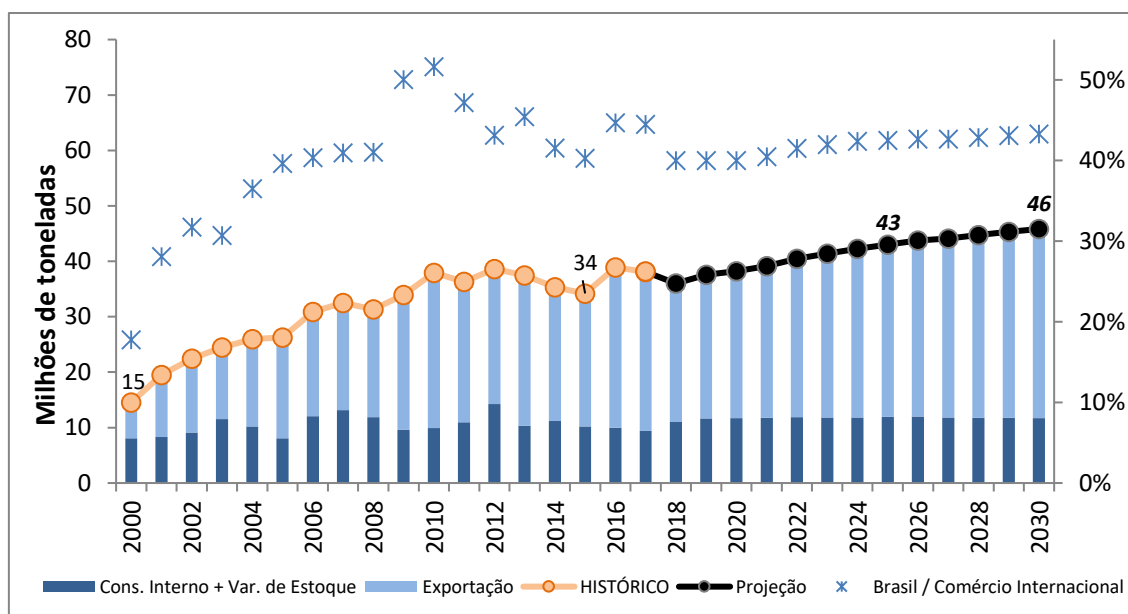
Fonte: EPE

### 3.2.2. Açúcar

A produção nacional de açúcar é destinada ao atendimento do consumo interno e à exportação. Entre 2000 e 2017, a taxa de crescimento da produção foi de 5,8% a.a. (entre 2007 e 2017, esse valor foi de 1,6%) (MAPA, 2018a).

Para o cenário 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 55 kg/hab/ano em todo o período, com base na renda, envelhecimento da população e mudança de hábitos alimentares (FAO, 2012; ISO, 2017, MAPA, 2016, 2018a). A projeção de exportação da *commodity* foi estimada a partir da premissa de que a participação do Brasil no fluxo de comércio mundial atingirá cerca de 43% em 2030 (FAO, 2006, 2012, 2016). Como resultado, a taxa de crescimento da produção de açúcar no período 2017-2030 é de 1,4% a.a., alcançando 45,8 milhões de toneladas em 2030, conforme Gráfico 7 a seguir.

**Gráfico 7 - Produção de Açúcar**



Fonte: EPE com base em FAO (2006, 2012, 2016), ISO (2017) e MAPA (2016, 2018a)

<sup>8</sup> Para estimar a capacidade efetiva deve-se aplicar um fator de capacidade de moagem de forma a descontar eventuais paradas não programadas por motivos operacionais técnicos ou climáticos. Nesse estudo, considera-se 90%.

Para o cenário de crescimento alto, a produção de açúcar atinge 48,8 milhões de toneladas em 2030, sendo adotada uma participação do Brasil no fluxo de comércio mundial de 45%.

### **3.2.3. Etanol de Milho**

Admitiu-se que o maior número de unidades produtivas de etanol a partir do milho será do tipo *flex*, similares à maioria das que se encontra atualmente em operação. Assim, poder-se-á aproveitar ocasiões de baixa do preço do milho, visto que os custos logísticos do escoamento da região Centro-Oeste impactam significativamente a competitividade do produto no mercado internacional. É importante registrar que existe uma unidade dedicada em grande escala, instalada em 2017, que possui planos de expansão. Projeta-se que, em 2030, a produção de etanol de milho alcançará 1,5 bilhão, 2,3 bilhões e 3,4 bilhões de litros, para os cenários de crescimento baixo, médio e alto, respectivamente. Estima-se que haverá a entrada de nove unidades no período.

### **3.2.4. Cana Energia**

Avalia-se que a inserção da cana energia (CE) ocorrerá de forma gradativa, de forma que esta variedade representará, em 2030, apenas uma pequena parcela da área total de produção de cana (aproximadamente 260 mil ha nos cenários de crescimento médio e baixo e 500 mil ha no cenário de crescimento alto). Avaliou-se, ainda, que a CE deverá ser empregada preferencialmente na produção de etanol.

## 4. Resultados – Estudos da Expansão da Oferta

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

### Área de Cana Processada

A área destinada ao setor sucroalcooleiro apresentou crescimento expressivo em período recente, principalmente devido ao crescimento da demanda de etanol pelos veículos *flex fuel*, mas também pelo crescimento da demanda de açúcar. De 2000 a 2017, a área para a cultura expandiu 3,9 milhões de hectares, a uma taxa de 3,6% a.a. (CONAB, 2018a, 2018b).

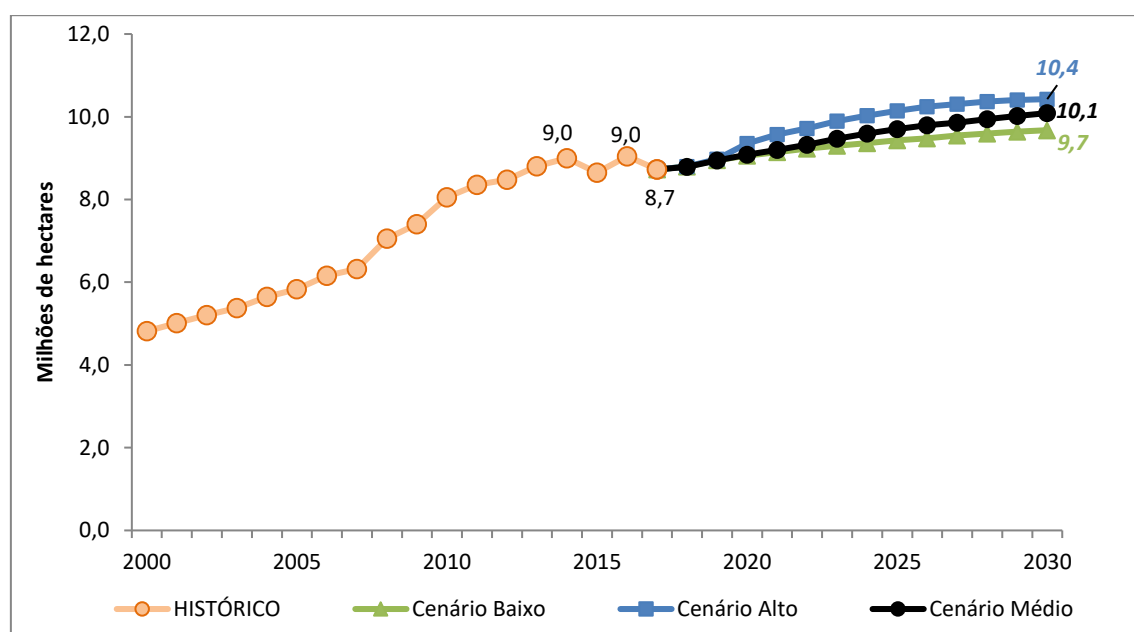
Considerando as premissas de capacidade instalada e implantação de novas unidades, as projeções de área de cana processada apresentam as taxas de crescimento indicadas na Tabela 2 e no Gráfico 8.

**Tabela 2: Taxa de crescimento e variação de área de cana processada**

| Cenários          | 2017 - 2025 |                | 2017 - 2030 |                |
|-------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
|                   | Taxa (%)    | Variação (Mha) | Taxa (%)    | Variação (Mha) |
| Crescimento Baixo | 1,0         | 0,7            | 0,8         | 0,9            |
| Crescimento Médio | 1,3         | 1,0            | 1,1         | 1,4            |
| Crescimento Alto  | 1,9         | 1,4            | 1,4         | 1,7            |

Fonte: EPE com base em CONAB (2018a)

**Gráfico 8 - Área de Cana Processada**



Fonte: EPE com base em CONAB (2018a, 2018b)

## Produtividade

A taxa de crescimento da produtividade entre 2000 e 2009 foi de 2,1% a.a., quando atingiu seu ápice, 81,6 tc/ha. A partir deste ano, questões anteriormente citadas como o descompasso entre a mecanização da colheita e a do plantio, com consequente manejo agrícola inadequado; questões climáticas e problemas de endividamento pós-crise de 2008, reduziram esse patamar que oscilou em torno de 70 tc/ha, com um mínimo de 67,1 tc/ha em 2011 (CONAB, 2018a, 2018b). A partir de 2012, iniciou-se uma recuperação deste indicador, que atingiu 72,5 tc/ha em 2017, o que corresponde a uma taxa de 1,3% a.a., quando considerado o ano base de 2011.

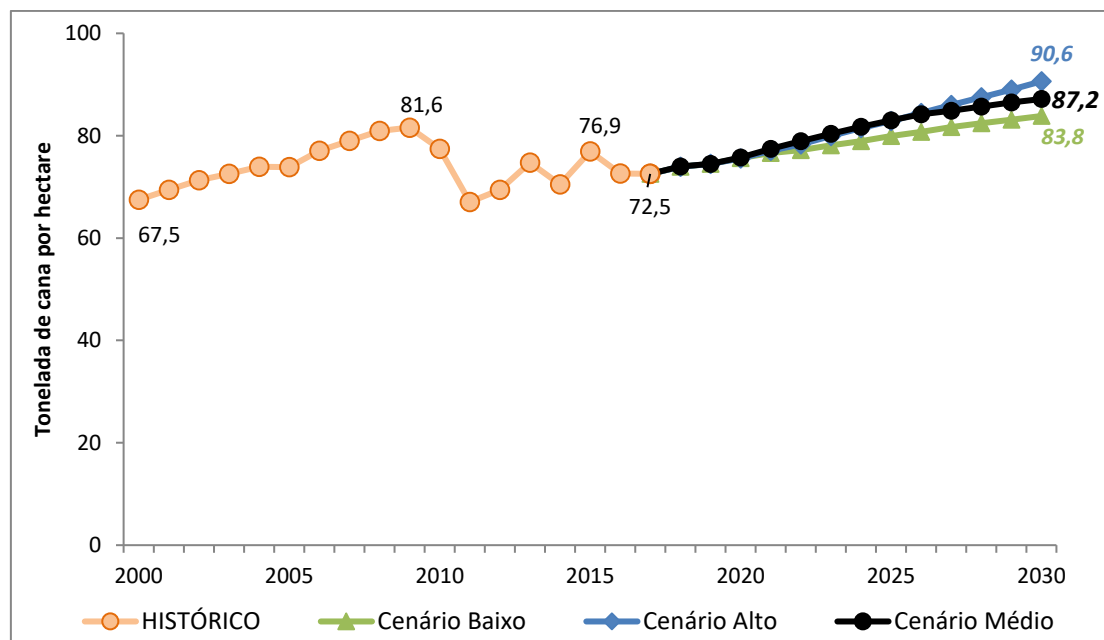
Para a projeção, entre 2017 e 2030, de acordo com as premissas qualitativas descritas para cada cenário, os ganhos de produtividade obtidos são apresentados na Tabela 3 e no Gráfico 9 a seguir:

**Tabela 3: Taxa de crescimento e variação de produtividade**

| Cenários          | 2017 - 2025 |                  | 2017 - 2030 |                  |
|-------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
|                   | Taxa (%)    | Variação (tc/ha) | Taxa (%)    | Variação (tc/ha) |
| Crescimento Baixo | 1,2         | 7,4              | 1,1         | 11,3             |
| Crescimento Médio | 1,7         | 10,5             | 1,4         | 14,6             |
| Crescimento Alto  | 1,7         | 10,3             | 1,7         | 18,1             |

Fonte: EPE com base em CONAB (2018a)

**Gráfico 9 - Produtividade da Cana**



Fonte: EPE com base em CONAB (2018a e 2018b)

## **Cana Processada**

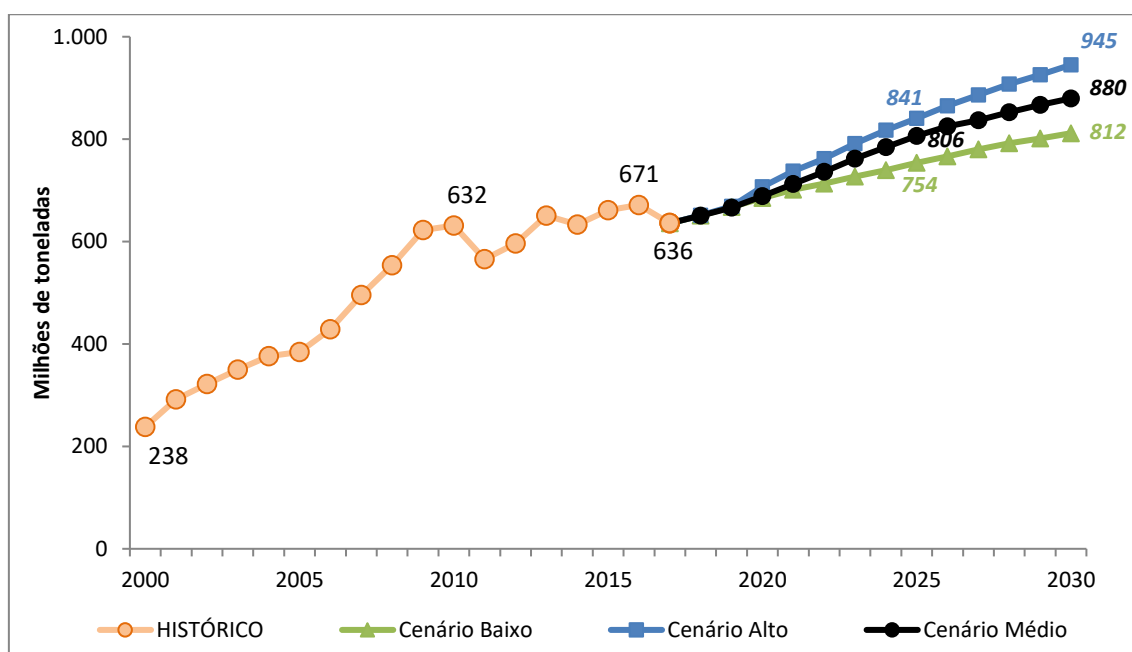
A partir das estimativas de área e produtividade, obtém-se a projeção da cana processada no horizonte de estudo. Sua expansão entre 2000 e 2017 foi de 398 milhões de toneladas de cana, a uma taxa de 6,0% a.a., mesmo considerando períodos de oscilação entre 2010 e 2017, pelos motivos citados anteriormente (MAPA, 2018a). As projeções de cana processada para cada um dos cenários são apresentadas na Tabela 4 e no Gráfico 10.

**Tabela 4: Taxa de crescimento e variação de cana processada**

| Cenários          | 2017 - 2025 |                | 2017 - 2030 |                |
|-------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
|                   | Taxa (%)    | Variação (Mtc) | Taxa        | Variação (Mtc) |
| Crescimento Baixo | 2,1         | 118            | 1,9         | 176            |
| Crescimento Médio | 3,0         | 170            | 2,5         | 244            |
| Crescimento Alto  | 3,6         | 205            | 3,1         | 309            |

Fonte: EPE com base em MAPA (2018a)

**Gráfico 10 - Cana Processada**



Fonte: EPE com base em MAPA (2018a)

## ATR Total

Como resultado da composição da área, produtividade e rendimento, obtém-se o ATR total produzido, que irá variar para cada cenário, de acordo com as premissas para cada um desses fatores de produção.

Ressalta-se que o histórico entre 2000-2017 apresentou taxa de 3,9% a.a. e incremento de 42,2 milhões de toneladas (CONAB, 2018a, 2018b; MAPA, 2018a).

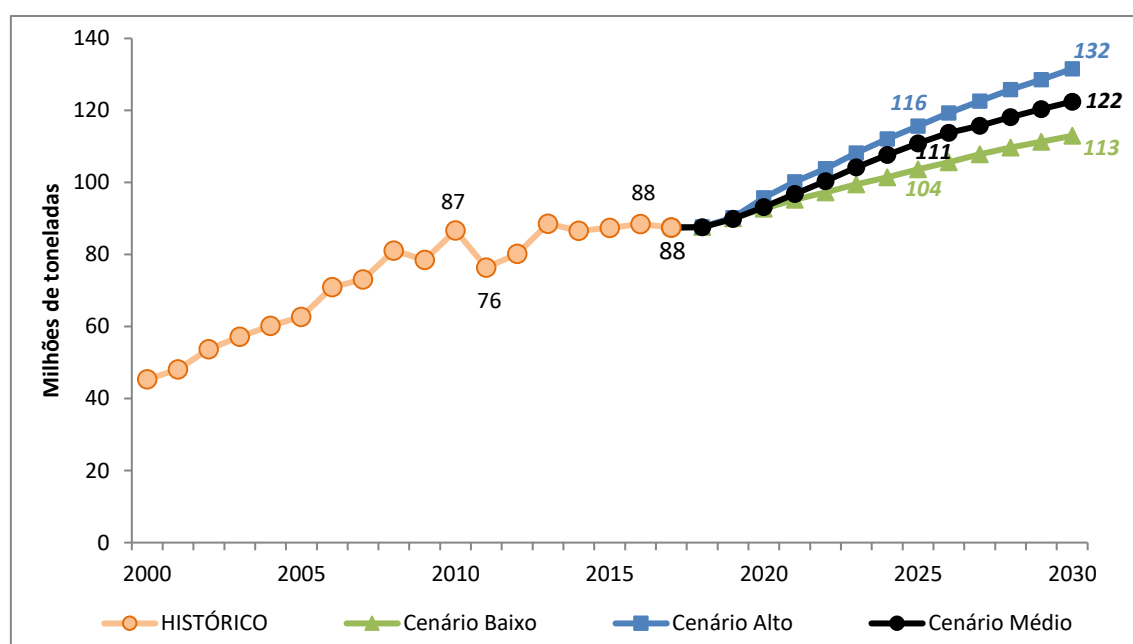
A Tabela 5 e o Gráfico 11 a seguir apresentam a taxa de crescimento e variação de ATR total entre 2017 e 2030.

**Tabela 5: Taxa de crescimento e variação de ATR total**

| Cenários          | 2017 - 2025 |                  | 2017 - 2030 |                  |
|-------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
|                   | Taxa (%)    | Variação (M ton) | Taxa (%)    | Variação (M ton) |
| Crescimento Baixo | 2,1         | 16,2             | 2,0         | 25,5             |
| Crescimento Médio | 3,0         | 23,4             | 2,6         | 35,0             |
| Crescimento Alto  | 3,6         | 28,2             | 3,2         | 44,1             |

Fonte: EPE com base em CONAB (2018a) e MAPA (2018a)

**Gráfico 11 – Quantidade total de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR)**



Fonte: EPE a partir de CONAB (2018a, 2018b) e MAPA (2018a)

## Oferta Total de Etanol

Por fim, do ATR total produzido abate-se a parcela destinada ao açúcar, apresentado no Item 3.2.2, e obtém-se a produção nacional de etanol, que, somada ao etanol importado, resulta na oferta total de etanol.

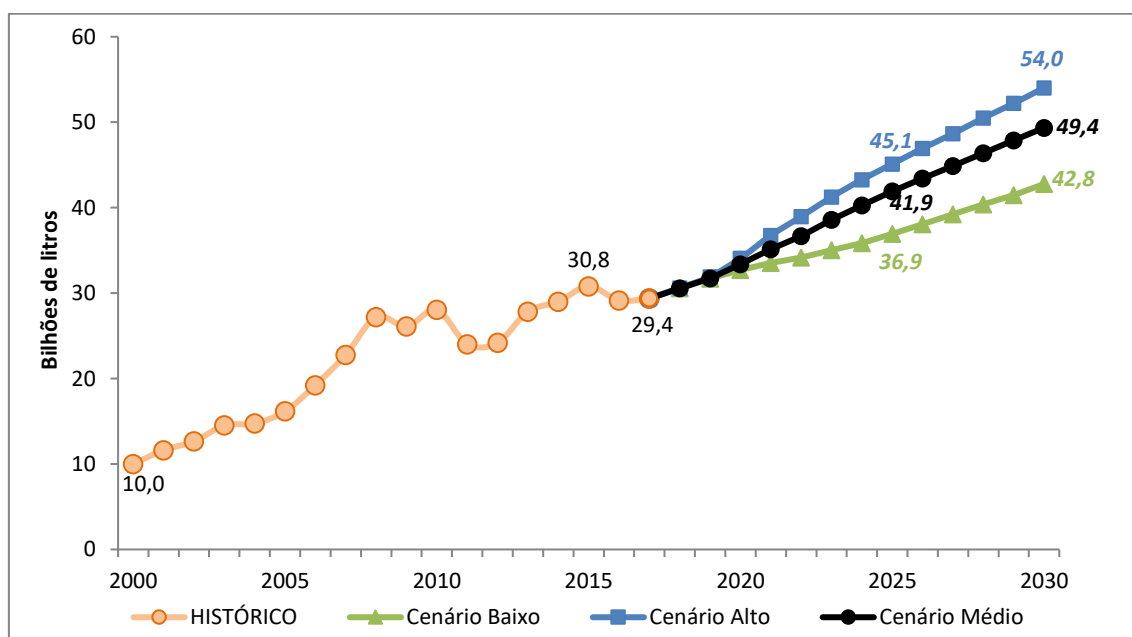
A expansão da oferta de etanol entre 2000 e 2017 foi 19,4 bilhões de litros, com uma taxa de 6,5% a.a., mesmo considerando um período de oscilação entre 2009 e 2013, pelos motivos citados anteriormente (CONAB, 2018a, 2018b; MAPA, 2018a). A Tabela 6 e o Gráfico 12 apresentam as taxas de crescimento e variação da oferta de etanol para cada cenário.

**Tabela 6: Taxa de crescimento e variação da Oferta Total de Etanol**

| Cenários          | 2017 - 2025 |                      | 2017 - 2030 |                      |
|-------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|
|                   | Taxa (%)    | Variação (Bi litros) | Taxa (%)    | Variação (Bi litros) |
| Crescimento Baixo | 2,9         | 7,6                  | 2,9         | 13,4                 |
| Crescimento Médio | 4,5         | 12,6                 | 4,1         | 20,0                 |
| Crescimento Alto  | 5,5         | 15,7                 | 4,8         | 24,7                 |

Fonte: EPE com base em CONAB (2018a) e MAPA (2018a)

**Gráfico 12 - Oferta Total de Etanol**



| Cenário (Bi ℓ)    | 2020 | 2025 | 2030 |
|-------------------|------|------|------|
| Crescimento Baixo | 32,7 | 36,9 | 42,8 |
| Crescimento Médio | 33,4 | 41,9 | 49,4 |
| Crescimento Alto  | 34,1 | 45,1 | 54,0 |

Fonte: EPE com base em CONAB (2018a, 2018b) e MAPA (2018a)

## Bioeletricidade

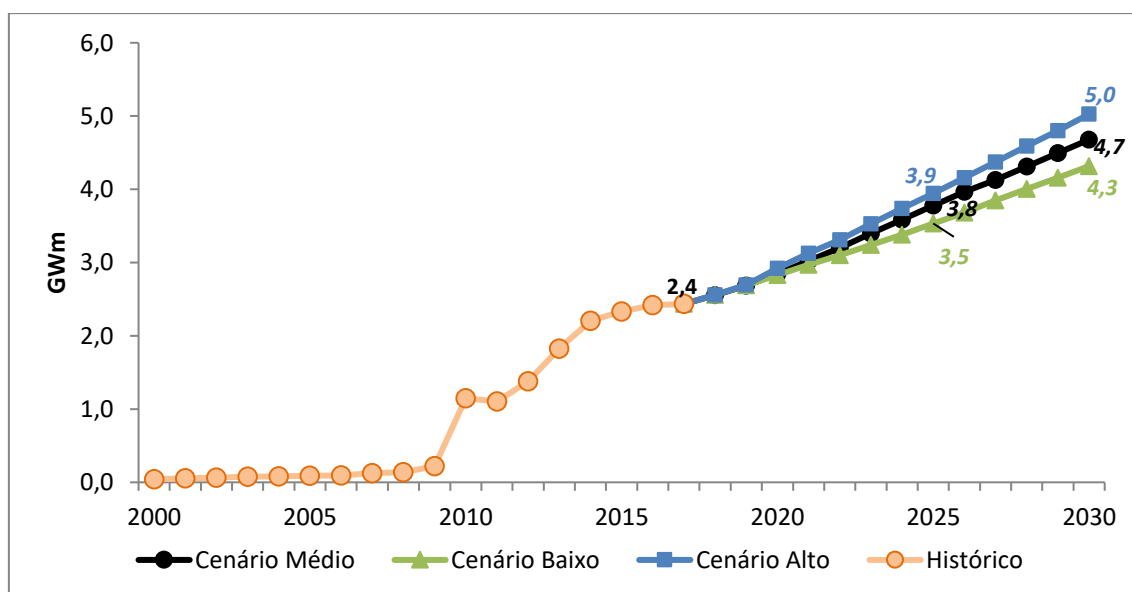
O aproveitamento energético da biomassa residual gerada no processamento industrial da cana-de-açúcar, tanto na produção de calor quanto na de eletricidade, destina-se ao autoconsumo e à produção de excedentes de energia elétrica, exportados para o Sistema Interligado Nacional (SIN).

Sua participação na matriz elétrica é importante, pois ocorre perto de grandes centros de consumo e em períodos de maior escassez hídrica, diminuindo a demanda por combustíveis fósseis. Destaca-se que, em 2016, a bioeletricidade foi responsável por 8,2% da matriz elétrica nacional, e mais de 85% desta produção utilizou como insumo os resíduos da indústria sucroenergética (EPE, 2018d).

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>9</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 2030 é de 5,0 GWm, 4,7 GWm e 4,3 GWm, respectivamente, para os cenários de crescimento alto, médio e baixo, conforme Gráfico 13 a seguir.

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

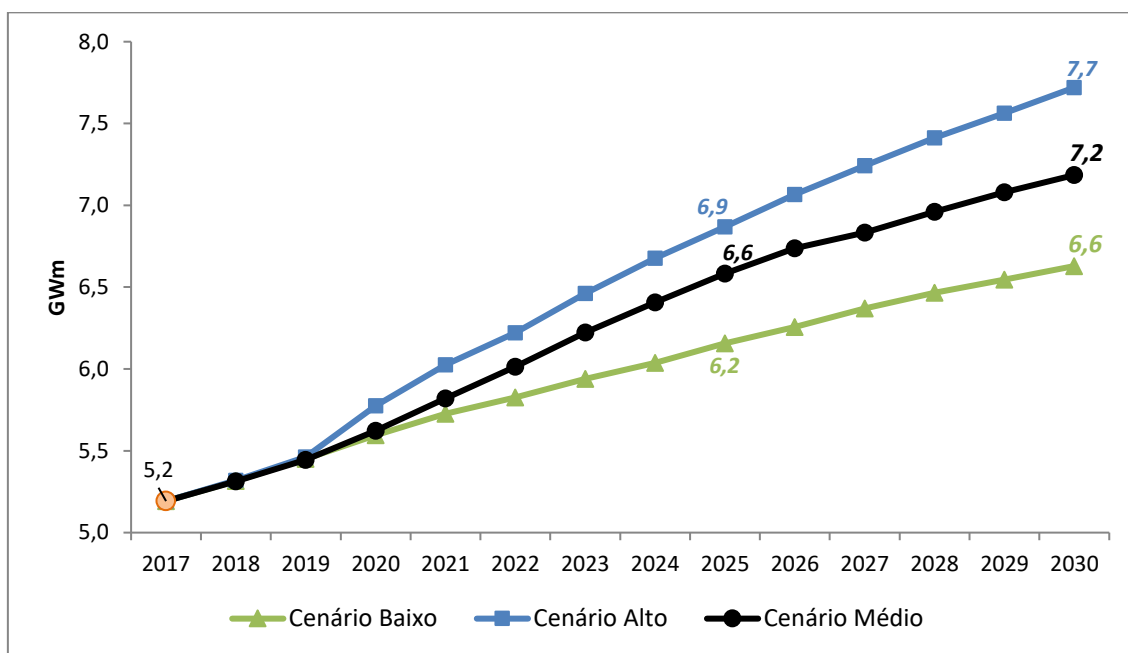


Fonte: EPE com base em CCEE (2018)

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 2030 poderá variar de 6,6 GWm a 7,7 GWm, representando os cenários de crescimento baixo e alto, respectivamente.

<sup>9</sup> Esta metodologia contabiliza todo o parque sucroenergético nacional, incluindo toda a cana processada no país e toda a energia exportada pelo setor, e não só os dados relacionados às vencedoras dos leilões.

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



Fonte: EPE com base em CCEE (2018)

## **Biogás**

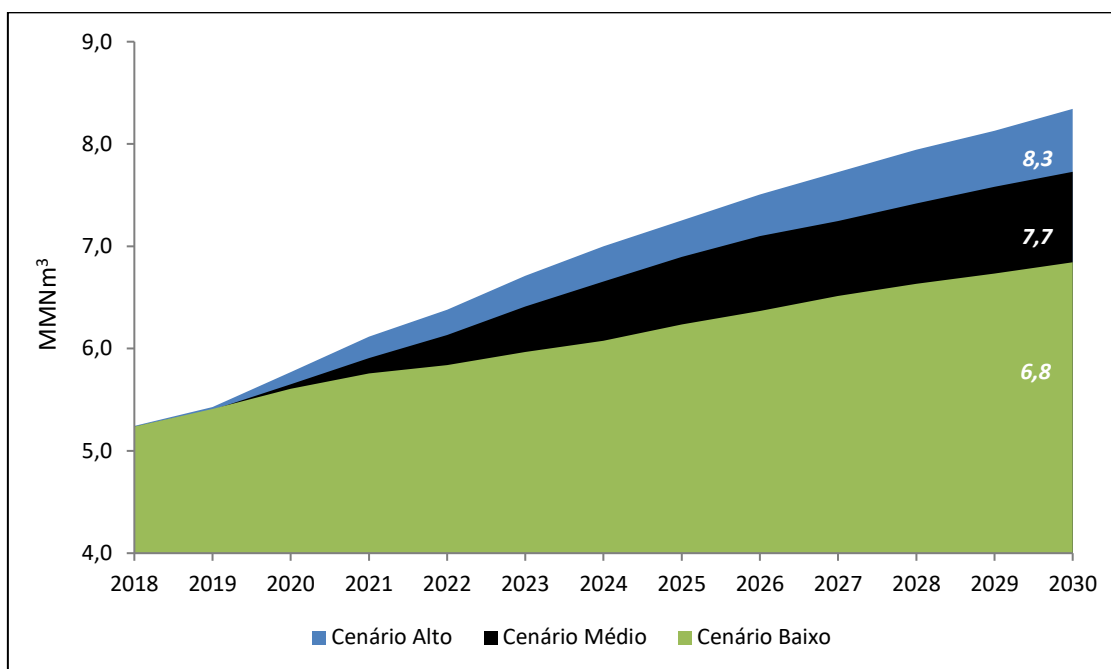
O potencial de produção de biogás no segmento sucroenergético é deveras elevado. No presente estudo, elaborou-se uma estimativa do potencial de aproveitamento energético dos principais subprodutos dos processos de obtenção de etanol e açúcar: a vinhaça e a torta de filtro.

Observa-se que, nas tecnologias atuais de produção de etanol, cada litro do biocombustível origina cerca de 10 litros de vinhaça, quantidade bastante expressiva. Este rejeito é muito utilizado na irrigação dos canaviais. Contudo, dados recentes indicam fadiga do solo mais próximo às usinas, devido à presença excessiva de alguns compostos químicos presentes na vinhaça. Já a torta de filtro é um outro resíduo da indústria sucroenergética, obtida da filtragem do caldo da cana-de-açúcar, sendo, portanto, inerente à produção tanto de etanol quanto de açúcar. Como este rejeito é disponibilizado no mesmo sítio industrial, existe uma série de facilidades logísticas para o seu aproveitamento.

Ainda pouco empregados para geração de energia nas usinas sucroenergéticas, a fermentação da vinhaça e da torta de filtro origina o biogás, cuja destinação apresenta-se como um melhor aproveitamento destes insumos face ao atualmente existente. De forma geral, o biogás é composto majoritariamente por gás metano (55 - 70% v/v), dióxido de carbono (30 -45% v/v), e pequena quantidade de sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$  – 200 – 4000 ppm/v)

Devido à presença do metano, este insumo energético pode ser utilizado como fonte geradora de energia elétrica ou como substituto ao diesel nos motores dos maquinários agrícolas. Conforme ilustrado no Gráfico 15, considerando que toda a vinhaça e toda a torta de filtro sejam direcionadas para produção de biogás, o volume total gerado poderá oscilar entre 8,3 MMNm<sup>3</sup> para o cenário de crescimento alto e, 6,8 MMNm<sup>3</sup> no baixo.

**Gráfico 15 – Potencial de Produção de Biogás**



Fonte: EPE (2018b)

### **Emissões Evitadas de Gases de Efeito Estufa**

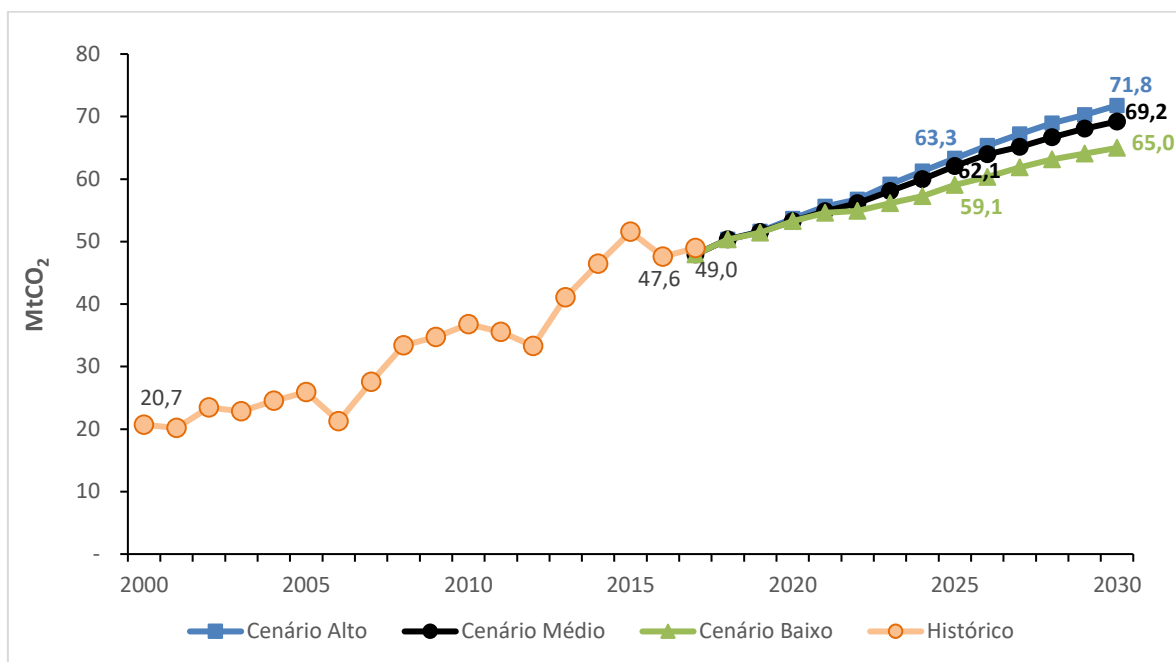
O uso de etanol carburante, seja pela obrigatoriedade (anidro) ou pela livre escolha do consumidor em seu veículo *flex fuel* (hidratado), contribui para menor consumo do seu substituto fóssil (gasolina) e, consequentemente, para a redução das emissões de GEE.

Além dos biocombustíveis líquidos, a bioeletricidade da cana-de-açúcar também contribui para a mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>, considerando tanto o autoconsumo pelas unidades sucroenergéticas quanto a energia exportada ao SIN. Para estimar as emissões evitadas foi utilizado o fator de emissão de tCO<sub>2</sub> por MWh gerado, calculado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC, 2018). Este indicador tem oscilado nos últimos anos, tanto em virtude da maior participação de térmicas de diversas fontes de combustíveis fósseis na geração de eletricidade nos momentos de escassez hídrica, como da maior contribuição das outras fontes renováveis, como a eólica. Em 2017, contrariando o movimento que vinha sendo observado em 2015 e 2016, este fator de emissão sofreu um aumento de 13,5%, passando de 0,0817 tCO<sub>2</sub>/MWh para 0,0927 tCO<sub>2</sub>/MWh.

Com base no exposto, foi possível estimar as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas decorrentes do consumo de etanol, anidro e hidratado, e da geração de bioeletricidade para cada um dos cenários estudados. Adotando a abordagem mais conservadora para a bioeletricidade<sup>10</sup> (Gráfico 13) e considerando a demanda carburante de etanol, poderiam ser evitadas até 72 MtCO<sub>2</sub> com o cenário alto e 65 MtCO<sub>2</sub> com o cenário baixo, conforme ilustrado no Gráfico 16 a seguir.

<sup>10</sup> Para as projeções de emissões evitadas com a bioeletricidade o fator utilizado corresponde à média anual dos últimos dez anos.

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



Fonte: EPE com base em EPE (2009) e MCTIC (2018)

| Cenário (MtCO <sub>2</sub> ) | 2020 | 2025 | 2030 |
|------------------------------|------|------|------|
| Crescimento Baixo            | 53,3 | 59,1 | 65,0 |
| Crescimento Médio            | 53,3 | 62,1 | 69,2 |
| Crescimento Alto             | 53,7 | 63,3 | 71,8 |

Fonte: EPE com base em EPE (2009) e MCTIC (2018)

## Investimentos

Para a avaliação dos investimentos necessários, consideraram-se unidades sucroenergéticas (*greenfields*) de primeira geração - mistas ou destilarias<sup>11</sup> - com perfil tecnológico otimizado e tamanho médio de quatro milhões de toneladas de capacidade nominal de processamento de cana. Estima-se que o *capex* médio para esse perfil seja de R\$ 359,80/tc (CTBE, 2018), conforme detalhado na Tabela 7 a seguir. Adotou-se como valor do investimento específico para a expansão de unidades existentes na ordem de R\$ 260 / tc.

<sup>11</sup> Consideram-se as substituições de equipamentos industriais para produção de etanol e/ou açúcar.

**Tabela 7: Investimento médio para novas unidades e para expansão das existentes**

| <b>CAPEX</b>                                               | <b>R\$ (DEZ. 2017) / tc</b> |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Expansão de unidades existentes (<i>Brownfield</i>)</b> | <b>256,0</b>                |
| <b>Novas unidades (<i>Greenfield</i>)</b>                  | <b>359,8</b>                |
| Industrial (inclui cogeração otimizada)                    | 287,6                       |
| Maquinário Agrícola (inclui caminhões)                     | 67,9                        |
| Arrendamento (região Centro-Oeste)                         | 4,3                         |

Fonte: EPE com base em CTBE (2018)

A estimativa dos investimentos em novas plantas de etanol lignocelulósico considerou os valores referentes às unidades comerciais em operação no Brasil, estimados em R\$5,6 / litro. Ressalta-se que esse valor deverá ser menor, em função da curva de aprendizagem do setor. Para o etanol de milho estima-se que o *capex* para a implantação de uma usina *flex* será de R\$ 0,75 / litro, enquanto que para uma usina *full*, o valor é de R\$ 1,50 / litro (CTBE, 2018 e UNEM, 2018).

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**

| <b>Capex (R\$ bilhões)</b> | <b>Baixo</b> | <b>Médio</b> | <b>Alto</b> |
|----------------------------|--------------|--------------|-------------|
| <b><i>Greenfields</i></b>  | <b>25,2</b>  | <b>39,7</b>  | <b>46,4</b> |
| <b><i>Brownfields</i></b>  | <b>8,0</b>   | <b>14,0</b>  | <b>40,0</b> |
| <b>Total</b>               | <b>33,2</b>  | <b>53,7</b>  | <b>86,4</b> |

Fonte: EPE com base em CTBE (2018) e UNEM (2018)

## 5. Resultados - Demanda Carburante

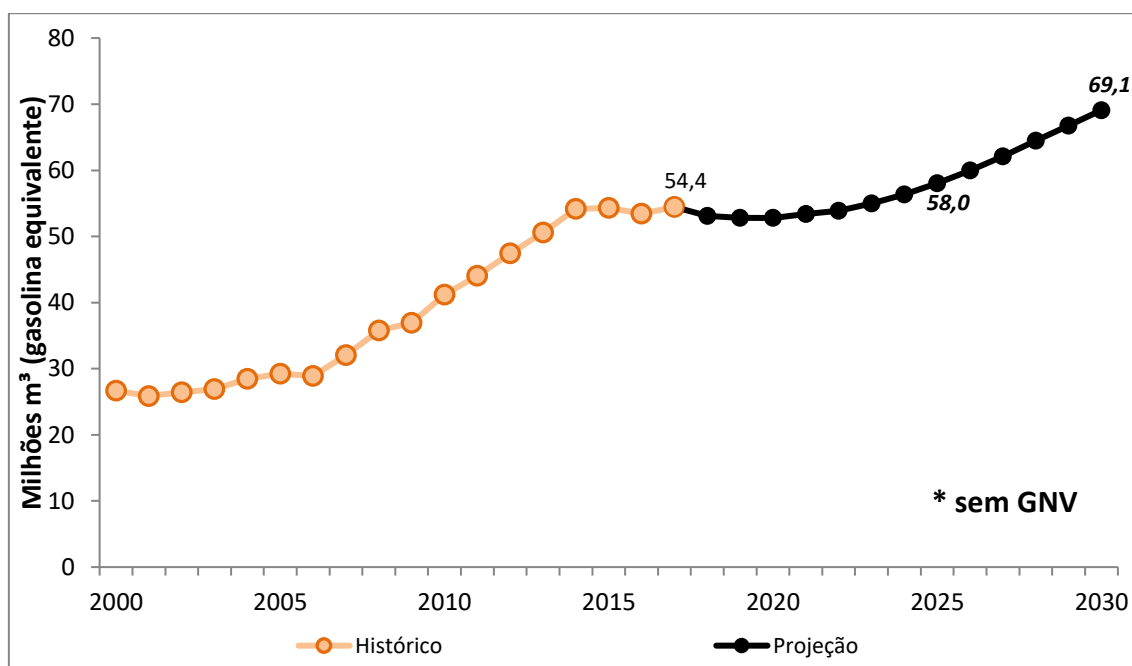
Neste item, será apresentada a evolução da demanda global de combustíveis para a frota de veículos leves (automóveis e comerciais leves) do ciclo Otto, para os três cenários de oferta de etanol elaborados, considerando um percentual de mistura de etanol anidro na gasolina C de 27% em todo o período.

A demanda global de combustíveis é projetada através de um modelo contábil desenvolvido pela EPE (2010), que considera, além do cenário econômico (EPE, 2018c), 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*.

A trajetória de licenciamento considerada resulta em um incremento da frota nacional circulante ciclo Otto, que cresce de 2017 a 2030, a uma taxa média anual de 3,1%, atingindo a marca de 54,4 milhões de unidades em 2030. Ao final desse período, os veículos *flex fuel* a combustão interna representarão 90% desta frota.

Assim, para o período de 2017 a 2030, a taxa de crescimento estimada para a demanda de combustíveis da frota total de veículos leves do ciclo Otto (sem GNV) é de 1,9% a.a.. O Gráfico 17 apresenta essa evolução, expressa em milhões m<sup>3</sup> de gasolina equivalente.

**Gráfico 17 - Demanda de Ciclo Otto\***



Fonte: EPE a partir de EPE (2018d)

## **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 (3.1). 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).

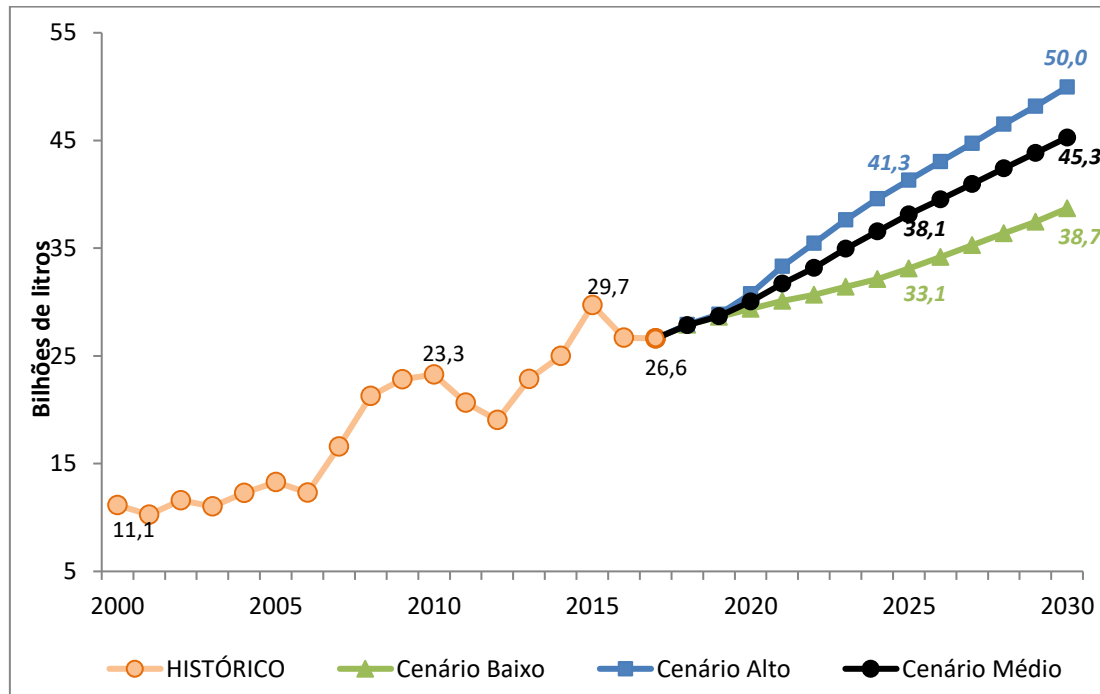
Cabe assinalar que, entre 2000 e 2017, a demanda de etanol carburante cresceu 15,4 bilhões de litros, a uma taxa de 5,3% a.a., mesmo considerando o período de oscilação na oferta de etanol entre 2009 e 2013 (MAPA, 2018a; EPE, 2018d), já citado. A Tabela 9 e o Gráfico 18 apresentam as taxas de crescimento e variações da demanda de etanol carburante entre 2017 e 2030.

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

| Cenários          | 2017 - 2025 |                      | 2017 - 2030 |                      |
|-------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|
|                   | Taxa (%)    | Variação (Bi litros) | Taxa (%)    | Variação (Bi litros) |
| Crescimento Baixo | 2,8         | 6,5                  | 2,9         | 12,1                 |
| Crescimento Médio | 4,6         | 11,5                 | 4,2         | 18,7                 |
| Crescimento Alto  | 5,7         | 14,7                 | 5,0         | 23,4                 |

Fonte: EPE a partir de EPE (2018d)

**Gráfico 18 - Demanda de Etanol Carburante**



Fonte: EPE a partir de EPE (2018d)

## Gasolina A

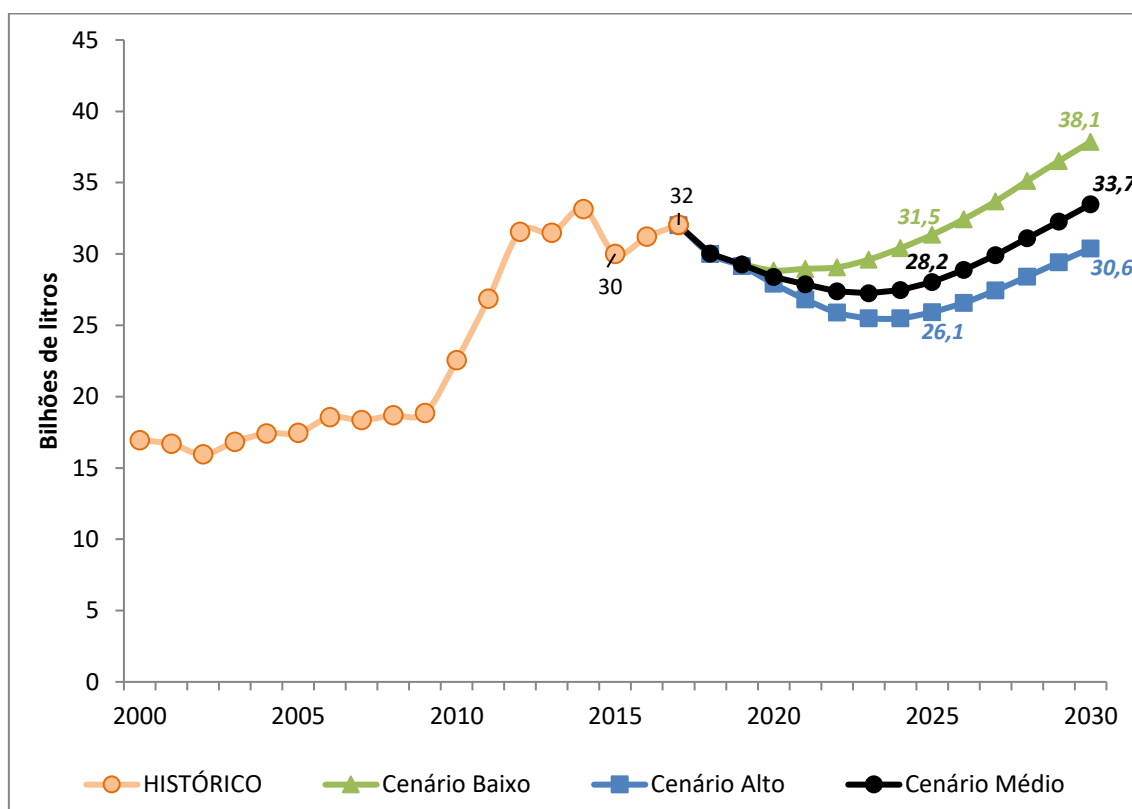
A demanda de gasolina A destina-se tanto ao atendimento da frota dedicada à gasolina, quanto da parcela da frota *flex fuel* que consome este combustível. Estima-se que, em 2030, o volume deste combustível atinja 33,7 bilhões de litros, para o cenário de crescimento médio. A Tabela 10 e o Gráfico 19 apresentam as taxas de crescimento e variações da demanda de gasolina A entre 2017 e os anos de 2025 e 2030.

**Tabela 10: Taxa de crescimento e variação da Demanda de Gasolina A**

| Cenários          | 2017 - 2025 |                      | 2017 - 2030 |                      |
|-------------------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|
|                   | Taxa (%)    | Variação (Bi litros) | Taxa (%)    | Variação (Bi litros) |
| Crescimento Baixo | - 0,3       | - 0,7                | 1,3         | 5,8                  |
| Crescimento Médio | - 1,7       | - 4,0                | 0,3         | 1,4                  |
| Crescimento Alto  | - 2,6       | - 6,1                | -0,4        | -1,6                 |

Fonte: EPE a partir de EPE (2018d)

**Gráfico 19 - Demanda de Gasolina A**

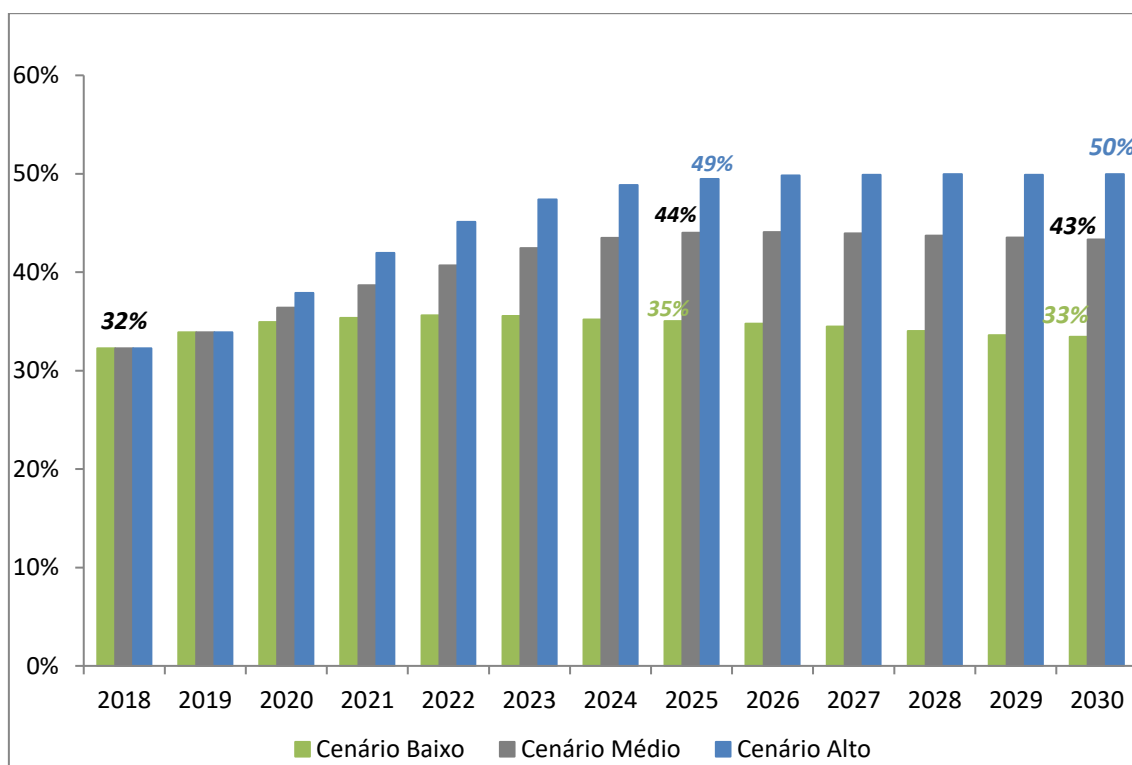


Fonte: EPE a partir de EPE (2018d)

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

A partir da disponibilidade de etanol hidratado carburante, verifica-se a trajetória da sua participação na demanda do ciclo Otto. No Gráfico 20, observa-se que esse montante resultará no incremento de *market share* do etanol hidratado na frota *flex*. Essa participação sai de 32% em 2018 e alcança, em 2030, 33%, 43% e 50% nos cenários de crescimento baixo, de crescimento médio e de crescimento alto, respectivamente. Tais percentuais são inferiores aos observados no período 2007-2010, que variou de 53% a 71%.

**Gráfico 20 - Market Share do Etanol Hidratado no Flex Fuel (em volume)**



Fonte: EPE

### **Balanco Nacional de Gasolina A**

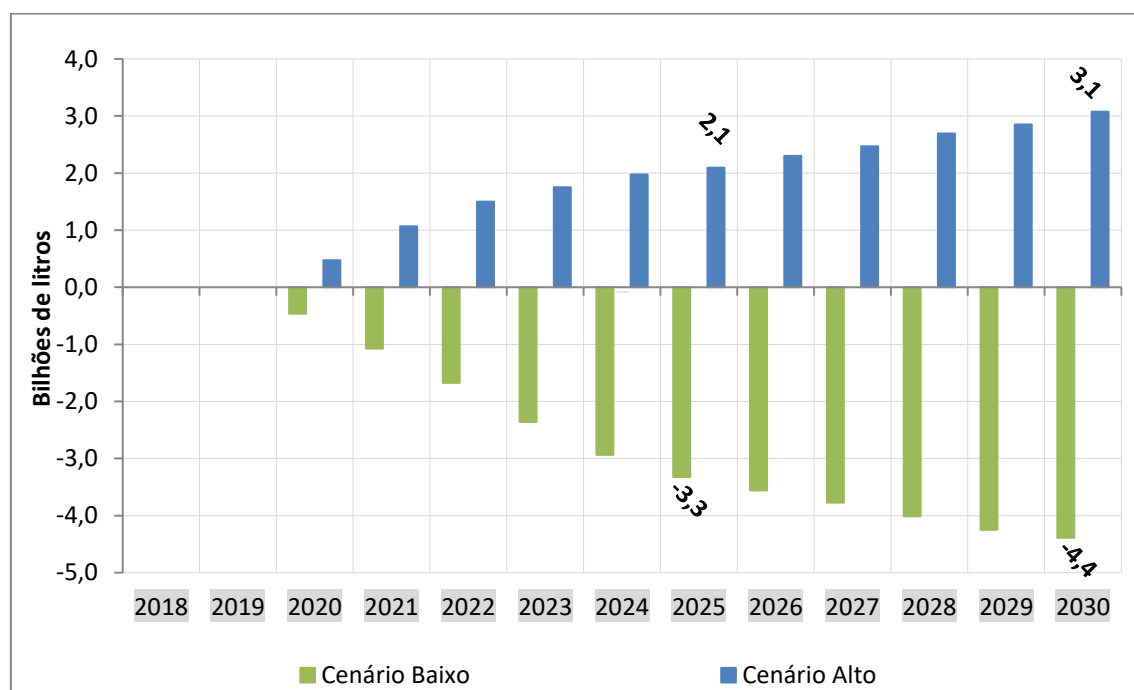
Para avaliação do balanço de gasolina A no horizonte de estudo, foram considerados os cenários de oferta de etanol consolidados nesse estudo, os dados históricos de produção nacional desse combustível (EPE, 2018d) e a sua projeção de produção, conforme publicado no PDE 2026.

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 fatores 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.

A demanda de gasolina A resultante do cenário de crescimento médio da oferta de etanol situa-se, até 2028, em uma faixa inferior ao recorde histórico de produção nacional desse derivado, equivalente a 31 bilhões de litros em 2014 (EPE, 2018d). A partir de então, esse patamar é ultrapassado, alcançando 33,7 bilhões de litros em 2030. Dadas as projeções da demanda do ciclo Otto e de etanol anidro e hidratado carburantes, considerou-se que a sua produção nacional acompanhará a demanda do cenário de crescimento médio, não havendo, para esse caso, necessidade de importação de gasolina em todo o horizonte de estudo.

Para o cenário de crescimento alto, uma vez que a produção de etanol é superior à dos outros cenários, os volumes excedentes possibilitam ao parque de refino atender a demanda por outros derivados leves que utilizem frações similares à da gasolina. Adotando-se em todo o horizonte de estudo a produção de gasolina A resultante do cenário de crescimento médio, observa-se que, no cenário de crescimento baixo da oferta de etanol, far-se-ia necessário aumentar a produção de gasolina e/ou realizar importações a partir de 2020. Ressalta-se que, neste caso, o volume importado alcançaria 4,4 bilhões de litros em 2030, ligeiramente inferior ao observado em 2017 (4,5 bilhões de litros) (EPE, 2018d). O Gráfico 21 ilustra a evolução do balanço de gasolina A no Brasil, para os três cenários de oferta de etanol elaborados.

**Gráfico 21 - Balanço Nacional de Gasolina A (em volume)**



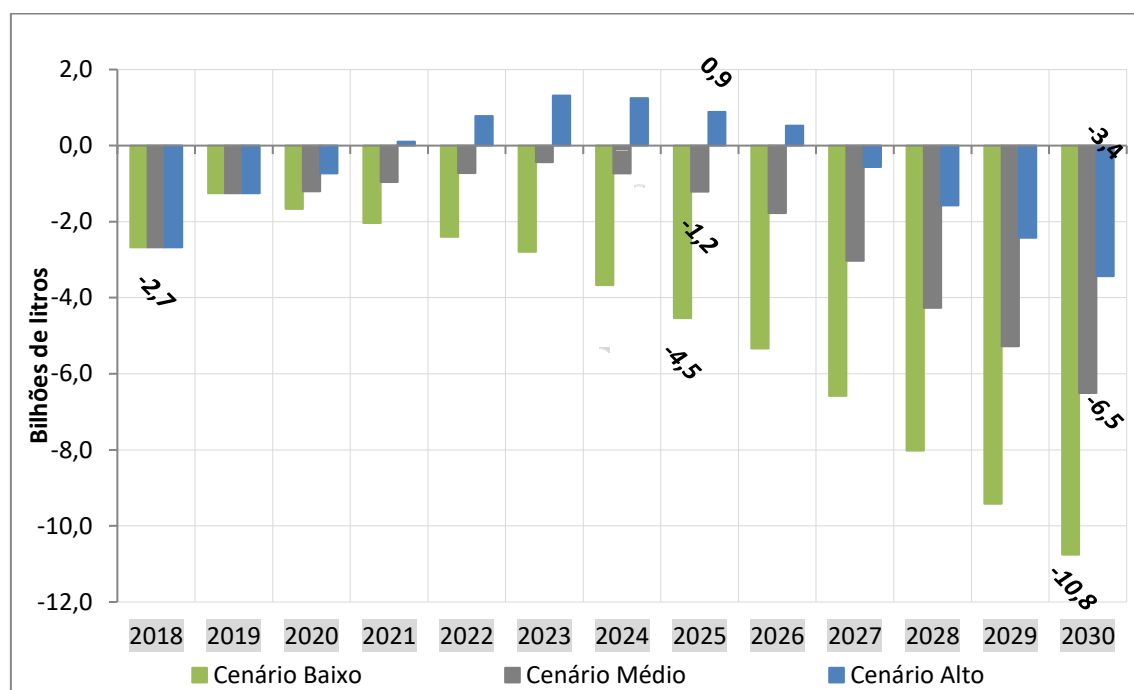
Fonte: EPE

Para estimar o impacto no abastecimento nacional dos veículos leves do ciclo Otto, o presente estudo realizou uma análise de sensibilidade considerando que a produção de gasolina A corresponderá àquela apresentada no Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 (EPE, 2017b), no qual esta atinge 27,2 bilhões de litros em 2030, mantendo-se abaixo da produção máxima histórica (EPE, 2018d).

Tal exercício evidenciou que, para todos os cenários, serão necessários volumes de importações de gasolina A ao longo de todo o horizonte, à exceção do cenário de crescimento alto, como pode ser observado no Gráfico 22. Nesta trajetória superior, apenas no intervalo entre 2021 e 2026, a demanda de gasolina A será inferior à sua produção, possibilitando ao parque de refino atender a demanda por outros derivados leves que utilizem frações similares à da gasolina. Entretanto, a partir de então, volta a se observar um déficit do derivado fóssil, 600 milhões de litros em 2027, chegando à necessidade de importação de 3,4 bilhões de litros em 2030.

Para o cenário de crescimento médio, as importações de gasolina A serão de 1,2 bilhão de litros em 2025 (muito aquém do máximo histórico, de 4,5 bilhões de litros em 2017) e alcançarão 6,5 bilhões de litros em 2030. Já no cenário de crescimento baixo, as importações atingem o valor de 10,8 bilhões de litros em 2030.

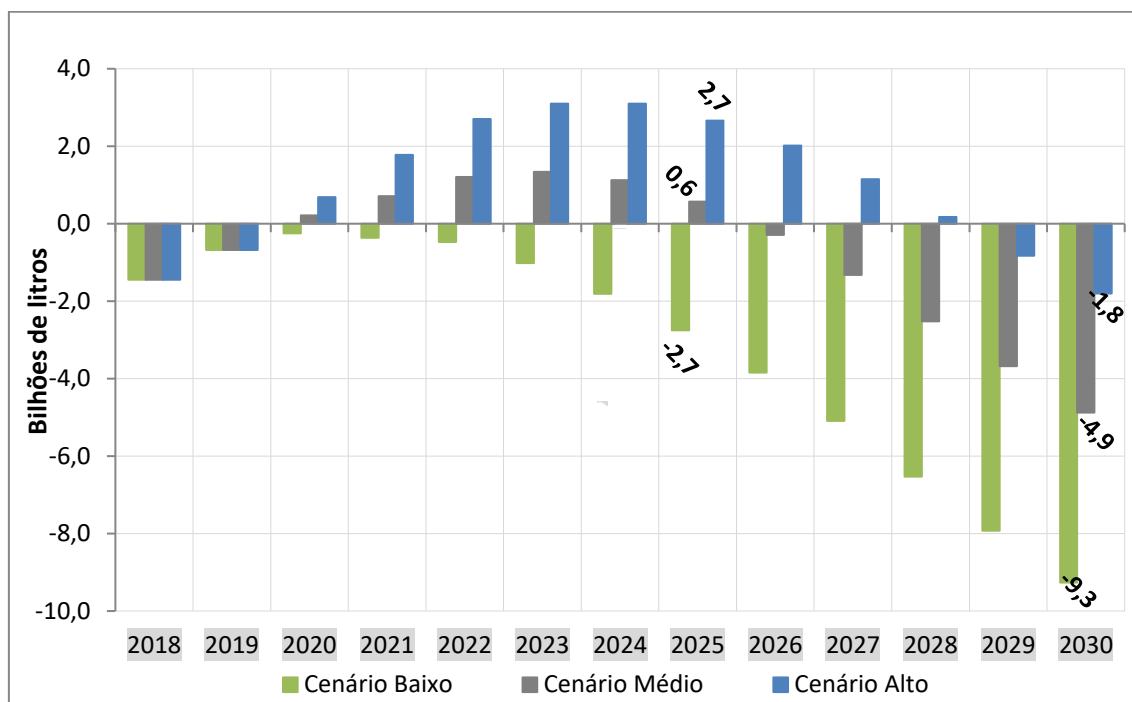
**Gráfico 22 - Balanço Nacional de Gasolina A - Produção PDE 2026 (em volume)**



Fonte: EPE

Por fim, foi realizada outra análise de sensibilidade, considerando que a produção de gasolina A corresponderá à média dos últimos cinco anos (28,8 bilhões de litros) (EPE, 2018d). No Gráfico 23, avaliando-se o balanço de gasolina A, observa-se que o cenário de crescimento médio requer importações em 2018 e 2019, e a partir de 2026, atingindo 4,9 bilhões de litros em 2030. Já o de crescimento baixo necessita de volumes de importação em todo o período, alcançando 9,3 bilhões de litros em 2030. Para o cenário de crescimento alto, haveria a necessidade de importação em 2018 e 2019, e em 2029 e 2030 (quando atinge 1,8 bilhão de litros).

**Gráfico 23 - Balanço Nacional de Gasolina A – Média últimos cinco anos  
(em volume)**



Fonte: EPE

### **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 ainda mais desfavorável ao setor de biocombustível, 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 permanecerão em patamares moderados. Dessa forma, apesar do RenovaBio, a atratividade econômica do setor sucroenergético não seria suficiente para induzir investimentos relevantes.

Neste sentido, considerou-se que não haverá nenhum projeto de unidade *greenfield* no médio prazo e que os indicadores de produção serão inferiores àqueles apresentados no cenário de Crescimento Baixo.

Em termos de capacidade produtiva de esmagamento de cana, considera-se a entrada de apenas uma unidade (já em implantação em 2018). Adicionalmente, o saldo das reativações e dos fechamentos acarretará na diminuição de 3 unidades produtoras, resultando em uma pequena perda de capacidade de processamento, inferior a 1 milhão de toneladas de cana.

Nesse cenário, o rendimento, a exportação, o etanol para outros usos, a área de cana energia e a produção nacional de açúcar foram considerados os mesmos apresentados para o cenário de crescimento médio. A produção de etanol de segunda geração será de 1,0 bilhão de litros em 2030, metade do valor exibido no cenário de crescimento médio, enquanto que o etanol de milho alcança 0,9 bilhão de litros ao final do período.

A capacidade instalada permanecerá praticamente estável em 2030, com 828 Mtc (nominal) e 745 Mtc (efetiva). A área de cana processada é de 9,3 Mha e a produtividade agrícola chegará a 79,8 tc/ha em 2030 (similar ao exibido em 2007). Como resultado, estima-se uma quantidade de 745 milhões de toneladas de cana moída ao final do período. A oferta de etanol chegará a cerca de 34 bilhões em 2030, apenas 4,6 bilhões de litros acima do valor registrado em 2017.

Deste volume, descontando-se as parcelas de etanol para outros fins e para exportação (Item 3.1), realiza-se o balanço do etanol disponível com a demanda do ciclo Otto e obtém-se volumes de 33,7 bilhões de litros de gasolina A e de 29,9 bilhões de litros de etanol carburante em 2025. Em 2030, esses valores alcançariam 43,0 bilhões de litros de gasolina A e 31,3 bilhões de etanol. Com isso, o *market share* do etanol hidratado no *flex fuel* será da ordem de 22% em 2030.

Por fim, ao analisar o balanço nacional de gasolina A, assumindo a demanda do cenário de crescimento médio deste combustível, assim como a produção de referência, estima-se que seria necessário aumentar a produção de gasolina e/ou realizar importações em todo o período. Este valor chegaria a 9,4 bilhões de litros em 2030, 22% da demanda prevista para aqueles anos, excedendo sobremaneira o máximo histórico importado de 4,5 bilhões em 2017 (EPE, 2018d).

Adotando-se a produção de gasolina A apresentada no PDE 2026 (EPE, 2017b), torna-se necessário efetuar a importação de 15,7 bilhões de litros em 2030, o que corresponde a 37% da demanda do combustível fóssil.

Quando considerado o volume médio de produção de gasolina A dos últimos cinco anos (28,8 bilhões de litros) (EPE, 2018d), a necessidade de importação em 2030 seria de 14,3 bilhões de litros, correspondente a 33% da demanda prevista para aquele ano.

## 6. Conclusão

Este documento objetivou a apresentação dos cenários de oferta de etanol considerados para o período 2017-2030 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 premissas de alinhamento do preço de realização da gasolina às cotações internacionais, ações do setor voltadas à redução de custos (renovação do canavial, tratos 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 2030, poderiam alcançar entre 43 a 54 bilhões de litros. Com base na demanda de ciclo Otto estimada e na produção de combustíveis correspondentes ao cenário de crescimento médio, somente seria necessário aumentar a produção de gasolina A e/ou realizar importações, a partir de 2020, no cenário de crescimento baixo.

No entanto, quando realizada uma análise de sensibilidade, na qual a produção de gasolina A corresponde àquela apresentada no Plano Decenal de Expansão de Energia 2026, as importações desse derivado seriam necessárias para todos os cenários ao longo de todo o horizonte, à exceção do intervalo 2021-2026, para o de crescimento alto. Essas importações alcançariam, em 2030, 6,5 bilhões de litros no cenário de crescimento médio, inferior ao máximo histórico já importado (4,5 bilhões em 2017) e 10,8 bilhões de litros no cenário de crescimento baixo. No cenário de crescimento alto haveria a necessidade de importações de 3,4 bilhões de litros em 2030.

Considerando uma análise de sensibilidade, em que a produção de gasolina A corresponderá, em todo o período, à média dos últimos cinco anos (28,8 bilhões de litros), as importações desse derivado seriam necessárias em 2018 e 2019 para todos os cenários. Em relação ao cenário de crescimento baixo da oferta de etanol, o déficit permaneceria em todo o período. Para o cenário de crescimento médio, esse comportamento é observado a partir de 2026. As importações alcançariam, em 2030, 5,0 bilhões de litros no cenário de crescimento médio, próximo ao máximo histórico já importado (4,5 bilhões em 2017) e 9,4 bilhões de litros no cenário de crescimento baixo. No cenário de crescimento alto haveria a necessidade de importações a partir de 2029, sendo de 1,9 bilhão de litros em 2030.

O documento evidenciou 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 2030 até 5,0 GWm no cenário de crescimento alto, e 4,3 GWm no cenário de crescimento baixo. Acrescenta-se que a utilização da vinhaça e da torta de filtro para a produção de biogás, para este mesmo horizonte, possibilita que sejam gerados 8,3 MMNm<sup>3</sup> e 6,8MMNm<sup>3</sup> para os cenários citados, respectivamente.

Por outro lado, cientes dos compromissos internacionais firmados pelo Brasil, 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 2030, entre 72 MtCO<sub>2</sub> e 65 MtCO<sub>2</sub>, para os cenários de crescimento alto e baixo, respectivamente.

A implementação do RenovaBio e o grau de efetividade das decisões dos agentes em relação aos seus estímulos definirão a trajetória de oferta de etanol até 2030.

A análise dos desdobramentos desse estudo mostra-se relevante para determinar a magnitude e o 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, contribuindo para o planejamento energético do país no médio e longo prazos.

## 7. Referências

- [1] BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social. **BNDES Prorenova**, 2018a. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-prorenova>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- [2] \_\_\_\_\_. **BNDES PAISS Agrícola**, 2018b. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/plano-inova-empresa/paiss-agricola>. Acesso em: 20 abr. 2018.
- [3] \_\_\_\_\_. **Comunicação Pessoal**, 2018c.
- [4] BRASIL. **Lei nº 12.859, de 10 de setembro de 2013**. Institui crédito presumido da Contribuição para o PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) na venda de álcool, inclusive para fins carburantes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 set. 2013. Disponível em: [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Acesso em 20 abr. 2018.
- [5] \_\_\_\_\_. **Decreto nº 8.395, de 28 de janeiro de 2015**. Altera os decretos que reduzem as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS incidentes sobre a importação e a comercialização de gasolina, óleo diesel, gás liquefeito de petróleo e querosene de aviação e as alíquotas da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico incidente sobre a importação e a comercialização de petróleo e seus derivados, gás natural e seus derivados e álcool etílico combustível. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 set. 2014. Disponível em: [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Acesso em: 20 abr. 2018.
- [6] \_\_\_\_\_. **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. 2017a. Disponível em: [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Acesso em: 20 abr. 2018.
- [7] \_\_\_\_\_. **Decreto nº 9.101, de 20 de julho de 2017**. Altera o Decreto nº 5.059, de 30 de abril de 2004, e o Decreto nº 6.573, de 19 de setembro de 2008, que reduzem as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a importação e a comercialização de gasolina, óleo diesel, gás liquefeito de petróleo (GLP), querosene de aviação e álcool. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 jul. 2017b. Disponível em: [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Acesso em: 20 abr. 2018.
- [8] CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Leilões**, 2018. Disponível em: [www.ccee.org.br](http://www.ccee.org.br). Acesso em: 14 mar. 2018.
- [9] CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamentos de Safra: cana-de-açúcar**. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília: CONAB, 2018a. Disponível em: [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). Acesso em: 07 mai. 2018.
- [10] \_\_\_\_\_. **Comunicação Pessoal**, 2018b.
- [11] 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**, 2018. Disponível em: [www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais](http://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais). Acesso em: 20 abr. 2018.
- [12] CTBE - Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol. **Comunicação Pessoal**, 2018.
- [13] CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. **Impurezas e qualidade da cana-de-açúcar**: Levantamento dos níveis de impurezas das últimas safras. Apresentação de Jaime Finguerut e Luiz Antônio Dias Paes na Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil (STAB). Piracicaba, 05 jun. 2014. Disponível em: [http://www.stab.org.br/palestra\\_ws\\_limpeza\\_da\\_cana/JAIME\\_FINGUERUT.pdf](http://www.stab.org.br/palestra_ws_limpeza_da_cana/JAIME_FINGUERUT.pdf). Acesso em: 20 abr. 2018.
- [14] \_\_\_\_\_. **Comunicação Pessoal**, 2017.
- [15] \_\_\_\_\_. **Comunicação Pessoal**, 2018.
- [16] EPA - United States Environmental Protection Agency. **Final Renewable Fuel Standards for 2017, and the Biomass-Based Diesel Volume for 2018**. EPA, 2018. Disponível em: <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-renewable-fuel-standards-2017-and-biomass-based-diesel-volume>. Acesso em: 03 mai. 2018.
- [17] EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Modelo de demanda de etanol**: Estudos sobre a demanda de etanol, 2010.
- [18] \_\_\_\_\_. **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: 20 abr. 2018.
- [19] \_\_\_\_\_. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**: ano 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018a. No prelo.
- [20] \_\_\_\_\_. **O Potencial do Biogás: Oportunidades e Desafios**. Nova Geração do Biogás. São Paulo, EPE 2018b

- [21] \_\_\_\_\_. **Balanco Energético Nacional 2018**: ano base 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018d. Disponível em: [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br) . Acesso em: 15 mai. 2018.
- [22] \_\_\_\_\_. **Caderno de Economia**. Ano I. Número 1. Fevereiro de 2018. Rio de Janeiro, 2018c. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-280/Caderno%20de%20Economia\\_vf.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-280/Caderno%20de%20Economia_vf.pdf). Acesso em: 07 mai. 2018.
- [23] \_\_\_\_\_. **Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto**: versão estendida 2030. Rio de Janeiro: EPE, 2017a. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-255/topico-391/EPE-DPG-SGB-Bios-NT-02-2016-r1\\_Cen%C3%A1rios%20de%20Oferta%20de%20Etanol.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-255/topico-391/EPE-DPG-SGB-Bios-NT-02-2016-r1_Cen%C3%A1rios%20de%20Oferta%20de%20Etanol.pdf). Acesso em: 20 abr. 2018.
- [24] \_\_\_\_\_. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**: Oferta de Biocombustíveis. Rio de Janeiro: EPE, 2017b. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/topico-74/Cap8\\_Texto.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/topico-74/Cap8_Texto.pdf). Acesso em: 25 abr. 2018.
- [25] \_\_\_\_\_. **Estudo das condições estabelecidas no Tratado de Quioto e resoluções internacionais de sua atualização**. Disponível em: <http://antigo.epe.gov.br/Petroleo/Paginas/EstudodoEmpregodeCr%C3%A9ditosdeCarbonoemProjetosdeProdu%C3%A7%C3%A3oUsodeBiocombust%C3%ADveisnoBrasilcomBasenoProtocolodeQuioto%E2%80%9393Relat%C3%B3rios.aspx?CategoriaID=>. Rio de Janeiro: EPE, 2009.
- [26] FAO – Food and Agriculture Organization. **World agriculture towards 2030-2050**. OECD/FAO, 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/009/a0607e/a0607e00.HTM>. Acesso em: 25 abr. 2018.
- [27] \_\_\_\_\_. **World agriculture towards 2030-2050**: the 2012 revision. OECD/FAO, 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2018.
- [28] \_\_\_\_\_. **Agricultural outlook 2016 – 2025**. Roma, 2016. OECD/FAO, 2016. Disponível em: [www.fao.org/3/a-i5778e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i5778e.pdf). Acesso em 25 abr. 2018.
- [29] ISO – International Sugar Organization. **Sugar Year Book 2017**. Londres: ISO, 2017.
- [30] MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agroenergia**, 2018a. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 04 abr. 2018a.
- [31] \_\_\_\_\_. **Sistema de Acompanhamento da Produção Canavieira** (Sapcana). Posição 04/2017. Brasília, 2018b. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- [32] \_\_\_\_\_. **Portaria MAPA nº 105, de 28 de fevereiro de 2013**. Fixa o percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível à gasolina. Disponível em: <[www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)>. Acesso em: 04 abr. 2018.
- [33] \_\_\_\_\_. **Portaria MAPA nº 75, de 05 de março de 2015**. Fixa o percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível à gasolina. Disponível em: <[www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)>. Acesso em: 04 abr. 2018.
- [34] \_\_\_\_\_. **Comunicação pessoal**, 2016.
- [35] MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. **Dados estatísticos das exportações e importações brasileiras**. AliceWeb, 2018. Disponível em: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- [36] 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, 2018. Disponível em: [www.mctic.gov.br](http://www.mctic.gov.br). Acesso em: 25 abr. 2018.
- [37] RAIZEN. **Comunicação pessoal**, 2018.
- [38] UNEM – União Nacional do Etanol de Milho. **Comunicação pessoal**, 2018.
- [39] UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Comunicação pessoal**, 2014.

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Saldo do Fluxo de unidades e Capacidade Instalada Nominal de Moagem de cana ..... | 17 |
| Tabela 2: Taxa de crescimento e variação de área de cana processada .....                   | 19 |
| Tabela 3: Taxa de crescimento e variação de produtividade .....                             | 20 |
| Tabela 4: Taxa de crescimento e variação de cana processada .....                           | 21 |
| Tabela 5: Taxa de crescimento e variação de ATR total .....                                 | 22 |
| Tabela 6: Taxa de crescimento e variação da Oferta Total de Etanol .....                    | 23 |
| Tabela 7: Investimento médio para novas unidades e para expansão das existentes .....       | 28 |
| Tabela 8: Investimento estimado para novos projetos e expansões .....                       | 28 |
| Tabela 9: Taxa de crescimento e variação da Demanda de Etanol Carburante .....              | 30 |
| Tabela 10: Taxa de crescimento e variação da Demanda de Gasolina A .....                    | 31 |

## **LISTA DE GRÁFICOS**

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 - Exportação de Etanol .....                                                    | 9  |
| Gráfico 2 - Rendimento Industrial (Qualidade da Cana) .....                               | 11 |
| Gráfico 3 - Fluxo histórico de unidades produtoras de cana-de-açúcar .....                | 14 |
| Gráfico 4 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Médio .....             | 15 |
| Gráfico 5 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Alto .....              | 16 |
| Gráfico 6 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Baixo .....             | 16 |
| Gráfico 7 - Produção de Açúcar .....                                                      | 17 |
| Gráfico 8 - Área de Cana Processada .....                                                 | 19 |
| Gráfico 9 - Produtividade da Cana .....                                                   | 20 |
| Gráfico 10 - Cana Processada .....                                                        | 21 |
| Gráfico 11 – Quantidade total de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) .....                 | 22 |
| Gráfico 12 - Oferta Total de Etanol .....                                                 | 23 |
| Gráfico 13 – Projeção de bioeletricidade a partir do histórico (curva de conversão) ..... | 24 |
| Gráfico 14 – Projeção de bioeletricidade a partir do potencial técnico .....              | 25 |
| Gráfico 15 – Potencial de Produção de Biogás .....                                        | 26 |
| Gráfico 16 – Emissões evitadas de GEE pelo uso do etanol e bioeletricidade .....          | 27 |
| Gráfico 17 - Demanda de Ciclo Otto* .....                                                 | 29 |
| Gráfico 18 - Demanda de Etanol Carburante .....                                           | 30 |
| Gráfico 19 - Demanda de Gasolina A .....                                                  | 31 |
| Gráfico 20 - Market Share do Etanol Hidratado no Flex Fuel (em volume) .....              | 32 |
| Gráfico 21 - Balanço Nacional de Gasolina A (em volume) .....                             | 33 |
| Gráfico 22 - Balanço Nacional de Gasolina A - Produção PDE 2026 (em volume) .....         | 34 |
| Gráfico 23 - Balanço Nacional de Gasolina A – Média últimos cinco anos (em volume) .....  | 35 |