

CENÁRIOS DE OFERTA DE ETANOL E DEMANDA DE CICLO OTTO 2021-2030

Rio de Janeiro, novembro de 2020

(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 2021 - 2030



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 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

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretora de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

Diretora de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Rafael Barros Araujo

Equipe Técnica

Angela Oliveira da Costa

Marina Damião Besteti Ribeiro

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

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

Sede

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

Escritório Central

Praça Pio X, nº 54. Centro.
Rio de Janeiro - RJ, 20091-040

DPG-SDB-Bios-NT-02-2020-r0

Rio de Janeiro
Novembro de 2020

Histórico de Revisões

		<i>NOTA TÉCNICA CENÁRIOS DE OFERTA DE ETANOL E DEMANDA DO CICLO OTTO 2021-2030</i>
<i>REVISÕES</i>	<i>DATA</i>	<i>DESCRIÇÃO SUCINTA</i>
R0	06.11.2020	PUBLICAÇÃO ORIGINAL

Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto

Sumário

1. Introdução.....	6
2. Contextualização	6
3. Premissas dos cenários	8
3.1. Premissas comuns.....	8
Ajustes nos fatores do ano base.....	8
Capacidade instalada atual.....	8
Cana Energia.....	9
Rendimento.....	9
Etanol de Segunda Geração	9
Exportação de Etanol	10
Etanol para Outros Usos.....	10
3.2. Premissas Específicas	10
3.2.1. Panorama	11
Cenário de Crescimento Médio.....	11
Cenário de Crescimento Alto.....	12
Cenário de Crescimento Baixo	12
3.2.2. Fluxo de Unidades Produtoras de Cana-de-Açúcar	12
Cenário de Crescimento Médio.....	13
Cenário de Crescimento Alto.....	14
Cenário de Crescimento Baixo	14
3.2.3. Açúcar.....	15
3.2.4. Etanol de Milho	16
4. Resultados – Estudos da Expansão da Oferta	18
Área de Cana Processada	18
Produtividade	19
Cana Processada	20
ATR Total.....	21
Oferta Total de Etanol	22
Bioeletricidade	23
Biogás	24
Emissões Evitadas de Gases de Efeito Estufa	25
Investimentos.....	26
5. Resultados - Demanda Carburante.....	28
Etanol Carburante	29
Gasolina A	30
Market Share do Hidratado no Flex Fuel	31
Balanço Nacional de Gasolina A	31
6. Conclusão.....	35
7. Referências.....	37
LISTA DE TABELAS.....	40
LISTA DE GRÁFICOS.....	40

1. Introdução

A Empresa de Pesquisa Energética divulga sua quinta 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. O documento também contempla a oferta da bioeletricidade da cana-de-açúcar exportada ao Sistema Interligado Nacional, o potencial de produção de biogás e uma avaliação dos investimentos associados a cada um dos cenários. Além disso, estima-se a contribuição do setor sucroenergético para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Setor de Energia.

2. Contextualização

O Brasil é reconhecido mundialmente por sua liderança na produção e uso de biocombustíveis e desenvolveu diversas políticas públicas para incentivar o aumento de sua participação na matriz energética, como o Proálcool (Programa Nacional de Álcool), o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e, mais recentemente, a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) (EPE, 2016, 2018).

O RenovaBio objetiva fomentar a participação de diversos biocombustíveis na matriz energética brasileira, como etanol, biodiesel, biogás e bioquerosene de aviação. A política surgiu a partir da iniciativa de valorização do potencial nacional de fontes renováveis, associada aos compromissos assumidos pelo Brasil em âmbito internacional sobre Mudança do Clima em 2015 na COP21. Seu funcionamento se baseia em três instrumentos principais: as metas anuais de redução de intensidade de carbono (gCO_2/MJ) para um período mínimo de dez anos, a Certificação de Biocombustíveis e o Crédito de Descarbonização (CBIO) (BRASIL, 2017a; EPE, 2018).

O país também possui mandatos de adição obrigatória de biocombustíveis aos derivados de petróleo, mecanismos de diferenciação tributária entre renováveis e fósseis e linhas de financiamento específicas (EPE, 2016).

Especificamente para o etanol, diversas ações governamentais foram realizadas desde 2013 (EPE, 2016, 2017a, 2020a), como exemplo:

- Aumento no percentual de anidro na gasolina: de 25% 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). 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 daquele ano, foi elevada a R\$ 0,2418/litro (BRASIL, 2017b, 2017c).

O BNDES possui diversas linhas de financiamento relacionadas aos biocombustíveis, destacando-se o PRORENOVA (Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais)¹, cujos valores contratados entre 2013 e 2019 foram de R\$ 4,4 bilhões (BNDES, 2020a, 2020b).

Além disso, em 2019, o Ministério de Minas e Energia aprovou a emissão de debêntures incentivadas pelas empresas do setor de biocombustíveis, possibilitando o investimento em renovação de canaviais e em instalações industriais² (MME, 2019).

Na última década, algumas empresas do setor sucroenergético reduziram seus investimentos e despesas, o que trouxe reflexos negativos para a manutenção e aprimoramento do ativo biológico (renovação dos canaviais, desenvolvimento e inserção de novas variedades, entre outros fatores), afetando a produtividade e o rendimento industrial. Fatores climáticos (chuvas excessivas ou estiagens atípicas), o aumento dos valores de arrendamento da terra e preços da gasolina nem sempre em paridade com o mercado internacional³ também contribuíram para agravar a situação. Ressalta-se que alguns grupos vêm conseguindo superar esses desafios e investir em melhorias no seu processo produtivo. De maneira geral, o setor está passando por um período de ajustes, buscando equacionar sua situação financeira.

Além disso, é notório que a produção de etanol é fortemente impactada pelos preços do açúcar no mercado internacional e o setor sucroenergético se aproveita de sua flexibilidade industrial de produção para se ajustar às flutuações de mercado, maximizando suas receitas ou minimizando suas perdas. Entre o final de 2015 até início de 2017, com a elevação dos preços internacionais do açúcar, o *mix* migrou para esta *commodity*. No período de 2017 a 2019, a dinâmica do mercado de açúcar se inverteu e, conjuntamente com a elevação do preço da gasolina C ao consumidor, impulsionou a destinação do ATR para o etanol, que saiu de 54% para 65% do *mix* em 2019. No referido ano, a produção brasileira de etanol foi de 36 bilhões de litros, novo recorde histórico, e a produção de açúcar alcançou 30 milhões de toneladas, mesmo patamar de 2006 (EPE, 2020a, MAPA, 2020).

Cada vez mais expressiva, a bioeletricidade tem contribuído como o terceiro ativo deste segmento, aumentando a robustez financeira do setor. Anualmente, a participação da energia elétrica, tendo como insumo o bagaço de cana-de-açúcar, vem se tornando mais significativa. Mais recentemente, a produção de biogás utilizando a vinhaça e a torta de filtro, resíduos da indústria sucroenergética, tem apresentado avanços e é esperado o seu aumento no horizonte deste estudo.

¹ Outra linha de financiamento do Banco, o Plano de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (PAISS) teve R\$ 1,9 bilhão contratado entre 2013 e 2018 (em 2019 não houve desembolsos). O Programa de Apoio ao Setor Sucroalcooleiro (PASS), direcionado à estocagem de etanol, foi descontinuado em 2016. Por seu intermédio, entre 2009 e 2015, foram contratados R\$ 3,5 bilhões (BNDES, 2020b).

² De outubro de 2019 a setembro de 2020, o MME publicou 12 portarias para emissões de títulos, que somam R\$ 13 bilhões em investimentos no setor (MME, 2020).

³ A partir de outubro de 2016, a Petrobras retomou a política de paridade internacional de preços para os combustíveis.

A produção de etanol a partir do milho continua registrando um crescimento expressivo, atingindo 1,3 bilhão de litros em 2019 (UNICA, 2020). O uso do milho para a produção de etanol permite aproveitar ocasiões de baixa do preço do grão, visto que os custos logísticos do escoamento da região Centro-Oeste impactam a competitividade do produto no mercado internacional, o que também favorece os investimentos em novas unidades produtoras. Além disso, são gerados como coprodutos o óleo de milho, destinado ao consumo humano, e o DDGS (*distiller's dried grains with solubles*), para nutrição animal, adicionando mais dois ativos no *pool* de receitas das usinas (IMEA, 2017; MILANEZ *et al.*, 2014).

Em 2020, com a pandemia de Covid-19, as medidas de restrição à mobilidade pessoal levaram à drástica redução do consumo de biocombustíveis (EPE, 2020a, 2020b). Até setembro desse ano, o consumo de etanol hidratado apresentou uma queda de 21%, em relação ao mesmo período de 2019 (MAPA, 2020). Para o anidro, esse valor foi de 10%, em função da queda no consumo de gasolina C (ANP, 2020). O setor sucroenergético tem ajustado sua produção para o açúcar, a qual totalizou 34 milhões de toneladas até setembro de 2020 (aumento de 40%, quando comparado ao mesmo período de 2019). Para os produtores de etanol a partir do milho, existe a possibilidade de armazenar o grão, para o processamento em um momento mais oportuno. As estimativas dos impactos da pandemia foram consideradas nas projeções.

3. Premissas dos cenários

Considerando-se a estimativa de que a capacidade instalada nominal de moagem se situa em torno de 830 milhões de toneladas de cana⁴ (correspondente a 750 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 2019 foram ajustadas de acordo com o quarto levantamento da safra de cana 2019/20 da CONAB (2020a).

Capacidade instalada atual

- Implantação de uma unidade de cana, que 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).

⁴ Dados referentes a dezembro de 2019. A análise considerou o fechamento, a reativação e as expansões em unidades existentes que ocorreram no ano de 2019.

Cana Energia

Avalia-se que a inserção da cana energia (CE) ocorrerá gradativamente, de forma que esta variedade representará, em 2030, uma pequena parcela da área total de produção de cana, aproximadamente 160 mil ha. Avaliou-se, ainda, que a CE deverá ser empregada preferencialmente na produção de etanol.

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.

A colheita mecanizada foi implantada, principalmente, para atingir as metas impostas pelas leis e acordos ambientais de redução das queimadas (ALSP, 2002; IEA-SP, 2014), 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, 2019b, 2020a). Desde a safra 2018/19, observa-se uma redução da participação do plantio mecanizado nas lavouras de cana, de forma a recuperar a produtividade e diminuir os custos (alto consumo de mudas e falhas no plantio utilizando máquinas), além do aumento do uso da técnica de meiosi⁵ (EPE, 2020a). De forma geral, 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; 2019, 2020; EPE, 2020a).

Apesar dos fatos mencionados, condições climáticas favoráveis nas últimas safras, além das ações para melhoria do perfil tecnológico do canavial, com variedades mais novas e propícias à mecanização têm gerado resultados positivos no indicador. Desta forma, desde a safra 2015/2016, o rendimento vem apresentando trajetória de crescimento e alcançou 139,3 kg ATR/tc em 2019/2020 (CONAB, 2020a, 2020b).

Considerando que parte do setor, a qual se encontra com um nível controlável de endividamento, buscará a implementação das melhores práticas e tecnologias, o rendimento da cana atingirá cerca de 140 kg ATR/tc em 2030, ligeiramente superior ao observado em 2019.

Etanol de Segunda Geração

O Brasil possui duas plantas comerciais de etanol de segunda geração (E2G)⁶ (Granbio e Raízen), com capacidade de produção nominal de 60 e 42 milhões de litros por ano, respectivamente (GRANBIO, 2019; NOVACANA, 2018). As unidades têm operado abaixo da capacidade nominal devido a alguns problemas técnicos, como por exemplo, na etapa de pré-tratamento e filtragem da lignina, os quais vêm sendo equacionados.

⁵ Meiosi – Método Interrotacional Ocorrendo Simultaneamente.

⁶ Existe a planta experimental do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), com capacidade de 3 milhões de litros/ano.

Com base na valoração desse biocombustível avançado no mercado internacional e com a instituição do RenovaBio, projeta-se que a produção de E2G alcançará 0,4 bilhão de litros em 2030, para todos os cenários.

Exportação de Etanol

O volume de etanol exportado pelo Brasil tem oscilado significativamente ao longo do tempo. O máximo histórico foi de 5 bilhões de litros em 2008 e, o mínimo, de 1,4 bilhão em 2017 (ME, 2020). 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 serão de 2 bilhões de litros em 2030. A projeção de exportação considera, principalmente, a participação do etanol de cana no atendimento das metas da RFS (*Renewable Fuel Standard*)⁷ dos Estados Unidos (EPA, 2020).

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 (2020a).

Em 2017 e 2018, o Brasil apresentou um saldo negativo na balança comercial de etanol, de 400 milhões e 100 milhões de litros, respectivamente, o que não ocorria há 20 anos. Em 2019, o país voltou a apresentar uma exportação líquida de etanol (500 milhões de litros) e, até setembro de 2020, mantém um saldo positivo de 880 milhões de litros (ME, 2020).

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), será de 1,2 bilhão de litros em 2030, ligeiramente superior ao registrado em 2019 (1,1 bilhão de litros). Registra-se que o consumo de etanol não carburante demonstrou aumento em 2020, pelo uso do álcool como agente antisséptico, como uma medida preventiva à disseminação da pandemia de Covid-19.

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 com vistas à melhoria dos fatores de produção e a intensidade dos incentivos governamentais,

⁷ De acordo com esse programa, os biocombustíveis são classificados em função da quantidade de GEE emitida no ciclo de vida: renováveis (etanol e biobutanol de milho), avançados (etanol de cana-de-açúcar), diesel de biomassa (éster ou HVO – óleo vegetal hidratado) e celulósicos (etanol e bioetanol celulósico) (EPA, 2020).

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).

De acordo com o funcionamento do RenovaBio, 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 GEE para produção de biocombustíveis, melhor qualificada será a unidade, maior será a sua nota e, conseqüentemente, maior será a geração de CBIO a partir de um mesmo volume. 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 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.

Observa-se que, em todos os cenários, 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 e percorrerá uma trajetória de preços crescentes no próximo decênio, conforme PDE 2030 (EPE, 2020c). O percentual obrigatório de adição de etanol anidro na gasolina C foi mantido em 27% em todo o período. Como mencionado, os impactos da pandemia de Covid-19 são considerados nas projeções de oferta de etanol, com reflexos nos investimentos e na demanda do ciclo Otto no horizonte do estudo.

A seguir, são descritos os três cenários, considerando uma visão geral do mercado e a variação do fluxo de entrada e saída de unidades de cana-de-açúcar. Nesse ciclo de estudos, foram construídas duas trajetórias de crescimento para a produção de etanol a partir do milho e para o açúcar, sendo uma para o cenário alto e outra para os cenários médio e baixo.

3.2.1. Panorama

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, também, a continuidade de **políticas de incentivo ao etanol** como, por exemplo, **diferenciações na CIDE, no PIS/COFINS e no ICMS⁸ incidentes sobre o etanol e a gasolina em alguns estados**, bem como a disponibilização de linhas de financiamento para o setor. Outro fator importante é o de êxito do RenovaBio e dos esforços do setor voltados à melhoria dos fatores de produção.

Deve-se enfatizar que tal cenário é compatível com as projeções de oferta de etanol a serem apresentadas no PDE 2030 (EPE, 2020c).

⁸ Em 2019, 15 estados apresentaram diferenciação tributária entre etanol hidratado e gasolina C (CONFAZ/MF, 2020; EPE, 2020a).

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 o número de unidades *greenfields* (projetos) será maior, assim como a produtividade agrícola, resultante de uma maior inserção de novas variedades mais produtivas.

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.

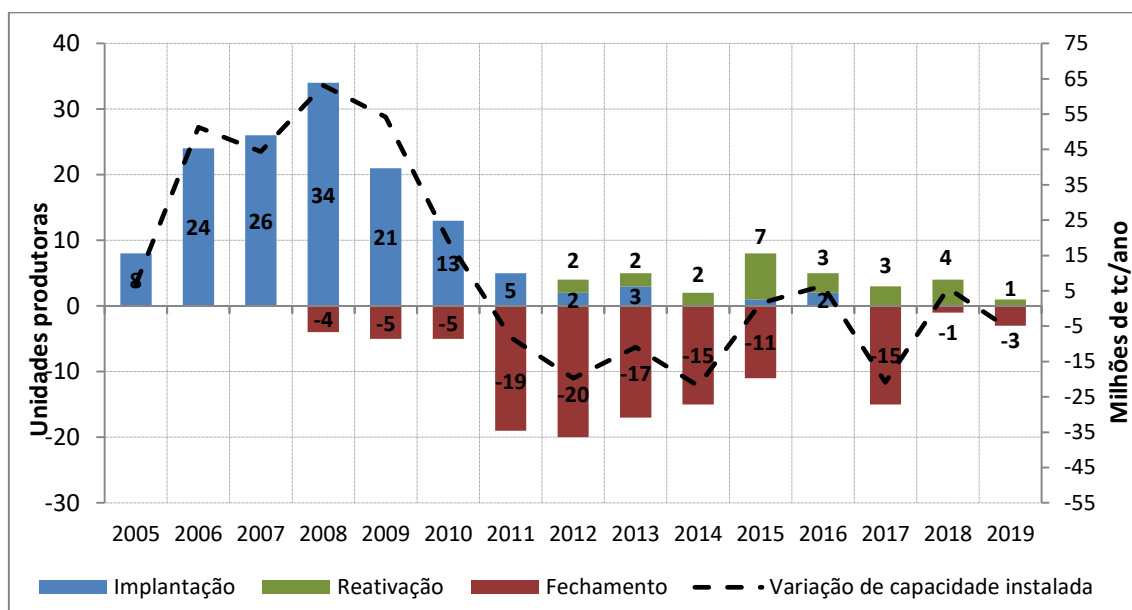
Cenário de Crescimento Baixo

No cenário de crescimento baixo, 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 as políticas de incentivo ao etanol serão menos intensivas vis-à-vis às do cenário de crescimento médio. Portanto, o número de unidades *greenfields* (projetos) será menor que o do cenário de crescimento médio, assim como a produtividade agrícola.

3.2.2. 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 1. Isto foi devido tanto ao crescimento da demanda de etanol pelos veículos *flex fuel* quanto ao maior consumo 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 (EPE, 2020a; MAPA, 2020).

Gráfico 1 - Fluxo histórico de unidades produtoras de cana-de-açúcar



Fonte: EPE com base em MAPA (2020) e UNICA (2014)

No período 2005 a 2019, houve a implantação de 139 unidades. Por outro lado, 115 unidades produtoras encerraram as suas atividades⁹. 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. Pode-se verificar que o número de novas unidades implantadas caiu significativamente desde 2011. Assevera-se que uma análise mais detalhada acerca do fluxo de implantação e fechamento de unidades nesse período está disponível no documento Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano Base 2019 (EPE, 2020a).

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 entrada¹⁰, 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.

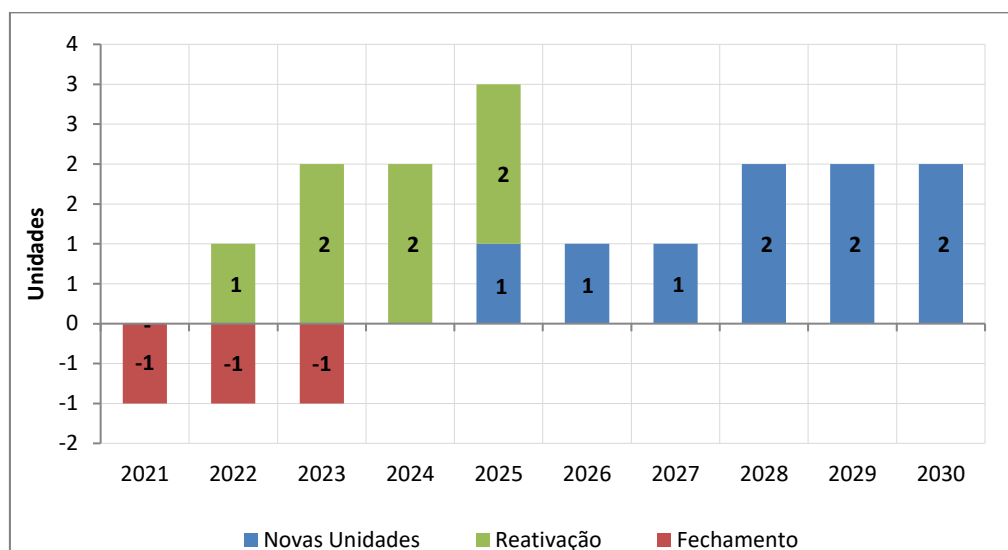
Cenário de Crescimento Médio

O cenário de crescimento médio considera a entrada de 9 novas unidades de cana que aumentam a capacidade nominal de moagem em 32 milhões de toneladas de cana. O fluxo das unidades produtoras de cana pode ser observado no Gráfico 2. Destaca-se que o saldo das reativações e dos fechamentos proporcionará o acréscimo de 8 milhões de toneladas de cana na capacidade instalada de moagem do setor.

⁹ Faliram ou paralisaram suas atividades durante alguns anos e retornaram a operação posteriormente.

¹⁰ As características das unidades foram selecionadas dentro de um portfólio de projetos anunciados, mas ainda não viabilizados.

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

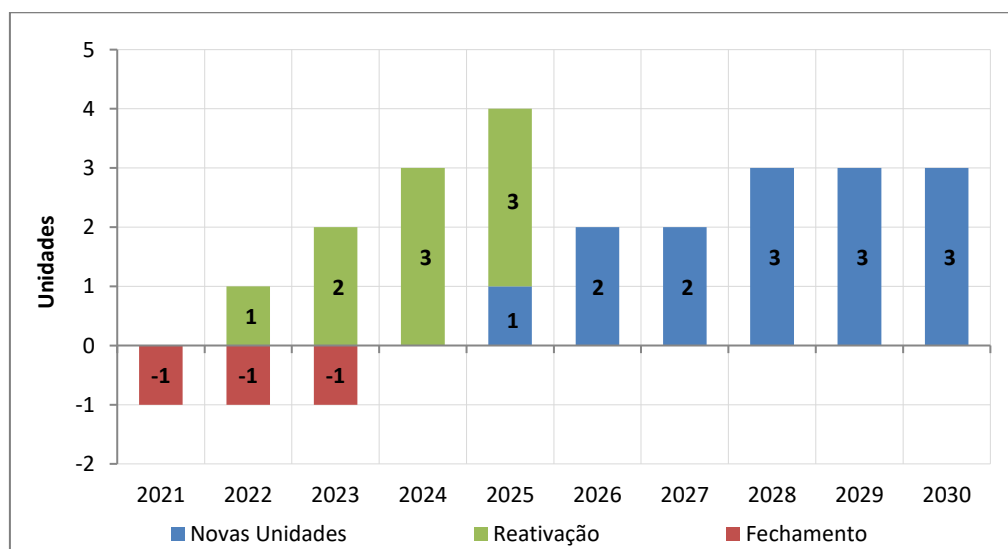


Fonte: Elaboração própria

Cenário de Crescimento Alto

O cenário de crescimento alto considera a entrada de 14 novas unidades de cana que aumentam a capacidade nominal de moagem em cerca de 51 milhões de toneladas de cana. O fluxo das unidades produtoras de cana é apresentado no Gráfico 3. Neste cenário, o saldo das reativações e dos fechamentos será a adição de 14 milhões de toneladas de cana na capacidade instalada de moagem do setor.

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

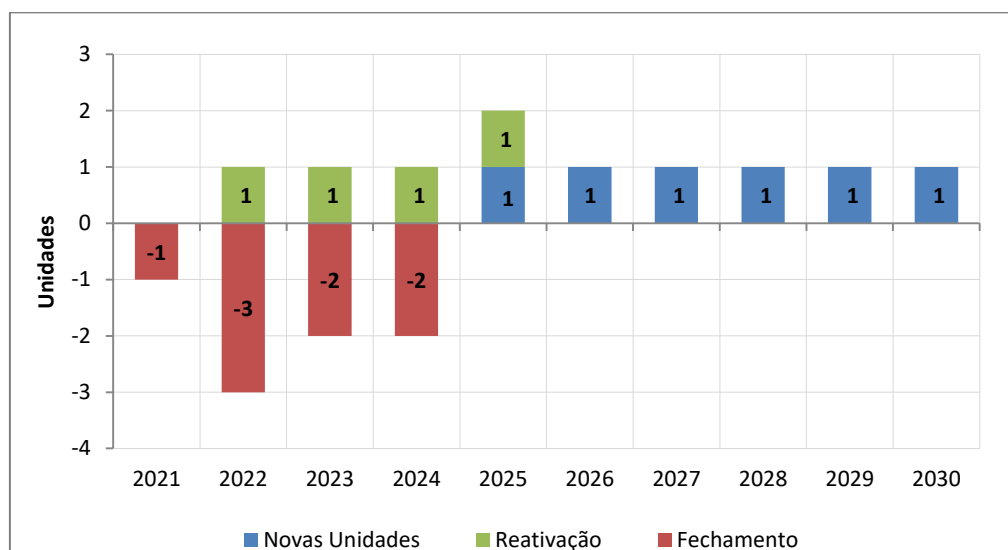


Fonte: Elaboração própria

Cenário de Crescimento Baixo

O cenário de crescimento baixo considera a entrada de 6 novas unidades de cana que aumentam a capacidade nominal de moagem em cerca de 20 milhões de toneladas de cana. O fluxo das unidades produtoras de cana é ilustrado no Gráfico 4. Ressalta-se que o saldo das reativações e dos fechamentos proporcionará uma redução de 7 milhões de toneladas de cana na capacidade instalada de moagem do setor.

Gráfico 4 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Baixo



Fonte: Elaboração própria

A Tabela 1 apresenta o saldo do fluxo de unidades, a capacidade instalada de moagem de cana e sua variação com relação a dezembro de 2019, 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 Nominal¹¹ de Moagem de cana

Cenários	Fluxo de Unidades		Capacidade (Mtc)		Variação (Mtc)	
	2025	2030	2025	2030	2025	2030
Crescimento Baixo	-5	0	821	840	-7	12
Crescimento Médio	3	11	810	891	9	63
Crescimento Alto	5	18	842	949	14	121

Nota: Considera o fluxo negativo de duas unidades em 2020, no valor de 2,5 Mtc.

Fonte: Elaboração própria

3.2.3. Açúcar

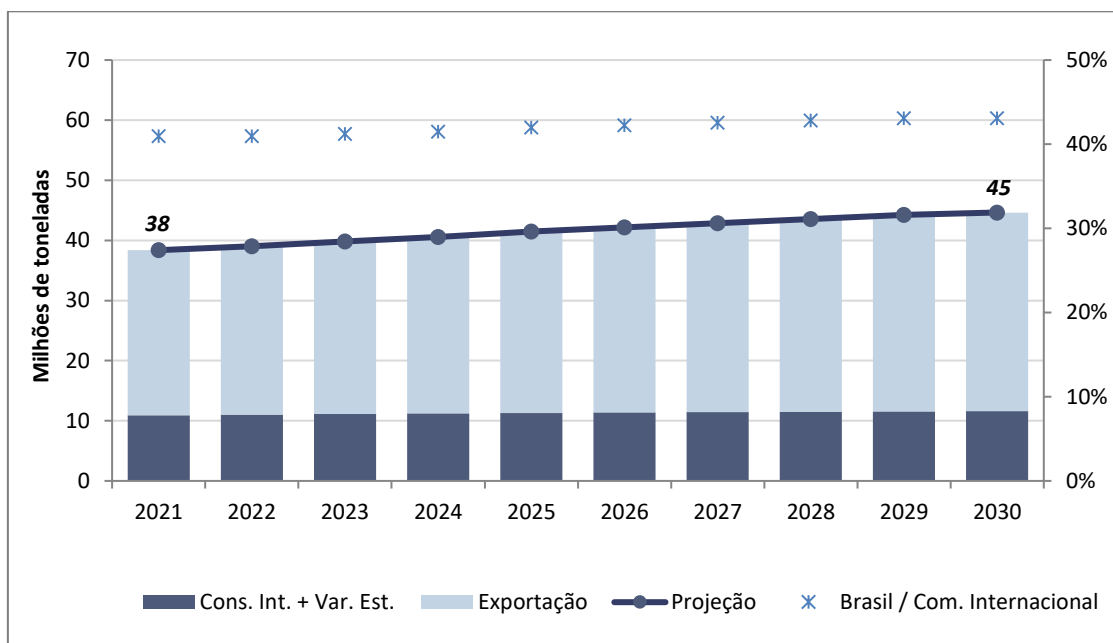
A produção nacional de açúcar é destinada ao atendimento do consumo interno e à exportação. Entre 2000 e 2019, a taxa de crescimento da produção foi de 3,9% a.a. (em 2018 e 2019, houve uma redução significativa, para valores similares aos do ano de 2006) (MAPA, 2020).

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 50 kg/hab/ano em todo o período, com base na renda, envelhecimento da população e mudança de hábitos alimentares (FAO, 2012, 2019; ISO, 2019, MAPA, 2016, 2020a). A projeção de exportação da *commodity* foi estimada a partir da premissa de que a

¹¹ 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%.

participação do Brasil no fluxo de comércio mundial será crescente e atingirá 43% em 2030 (FAO, 2012, 2019). Como resultado, a taxa de crescimento da produção de açúcar no período 2019-2030 é de 3,7% a.a., alcançando 44,6 milhões de toneladas em 2030, conforme Gráfico 5 a seguir.

Gráfico 5 - Produção de Açúcar



Nota: Em 2019, foram produzidos 30 milhões de toneladas de açúcar (MAPA, 2020).

Fonte: Elaboração própria

Para o cenário de crescimento alto, a produção de açúcar atinge 47,7 milhões de toneladas em 2030, sendo que a participação do Brasil no fluxo de comércio mundial alcança 46%.

3.2.4. Etanol de Milho

A produção de etanol a partir do milho tem apresentado um progresso considerável nos últimos anos, atingindo 1,3 bilhão de litros em 2019, como indicado anteriormente. Entre 2008 e 2019, houve a implantação de 13 unidades, com capacidades de processamento de milho de 9,4 milhões de toneladas e de produção acumulada de 2,1 bilhões de litros de etanol.

Nos cenários de crescimento médio e baixo, a projeção da entrada de unidades produtoras de etanol de milho, baseou-se nas autorizações de construção da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2020b) e em projetos divulgados. Para o cenário de crescimento alto, adicionalmente ao indicado pela ANP, realizou-se uma análise locacional e financeira para possíveis novos investimentos. Desta forma, usinas de cana, localizadas nas principais regiões produtoras do grão e pertencentes a grupos de boa situação financeira, poderiam fazer investimentos para se transformarem unidades *flex*. Considerou-se também, a construção de unidades *full* adicionais no Mato Grosso. A Tabela 2, apresenta o número de unidades, a capacidade de processamento de milho e de produção de etanol, bem como a produção desse biocombustível em 2030.

Tabela 2: Etanol de Milho em 2030

Cenários	Total de unidades	Capacidade Processamento Milho (Mt)	Capacidade Produção Etanol (Bi litros)	Produção Etanol (Bi litros)
Médio e Baixo	41	22,5	6,4	5,7
Alto	49	27,5	8,4	7,6

Nota 1: Até setembro de 2020, uma unidade *full* entrou em operação, agregando 540 milhões de litros na capacidade instalada de produção de etanol e 3,5 milhões de toneladas para o processamento do cereal. Há a previsão de uma unidade *flex* iniciar seu funcionamento ainda esse ano.

Nota 2: Considera os valores atuais de unidades e capacidade de processamento e produção.

Fonte: Elaboração própria

No horizonte do estudo, a entrada de unidades produtoras de etanol de milho, nos cenários médio e baixo, totaliza 7 *flex* e 18 *full* e, para o cenário alto, 11 e 22, respectivamente.

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 sucroenergético apresentou crescimento expressivo historicamente, principalmente devido ao aumento das demandas de etanol, pelos veículos *flex fuel*, e de açúcar. De 2000 a 2019, a área dessa cultura expandiu 3,6 milhões de hectares, a uma taxa de 3,0% a.a. (CONAB, 2020a, 2020b).

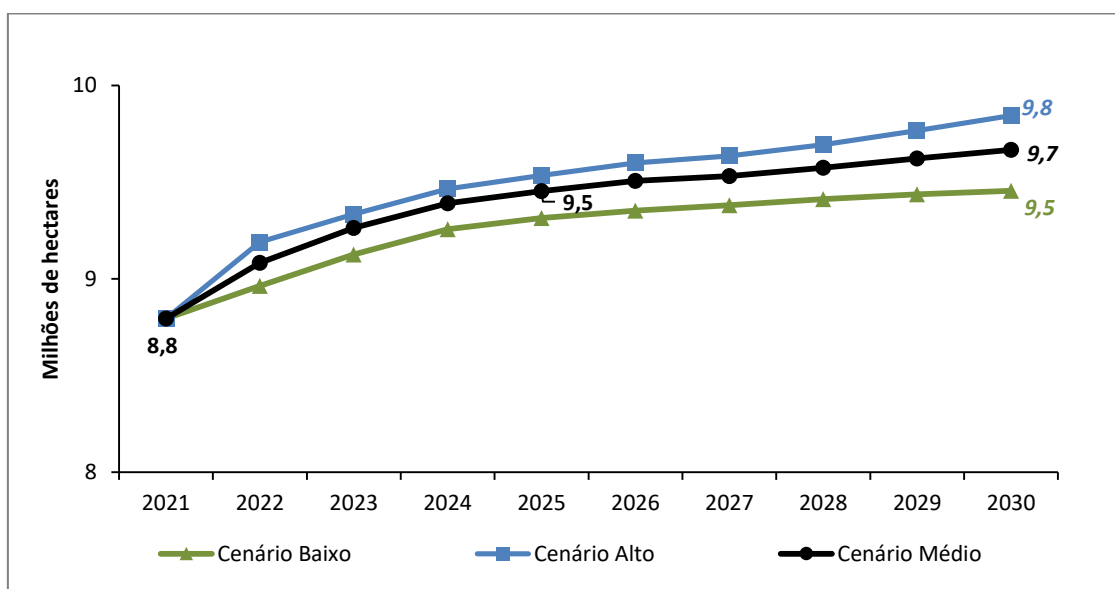
Considerando as premissas de capacidade instalada e implantação de novas unidades, as projeções de área de cana processada apresentam as taxas de crescimento indicadas na Tabela 3 e no Gráfico 6.

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

Cenários	2019 - 2025		2019 - 2030	
	Taxa (%)	Variação (Mha)	Taxa (%)	Variação (Mha)
Crescimento Baixo	1,7	0,9	1,0	1,0
Crescimento Médio	1,9	1,0	1,2	1,2
Crescimento Alto	2,0	1,1	1,4	1,4

Fonte: CONAB (2020a) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 6 - Área de Cana Processada



Nota: Na safra 2019/20, a área de cana foi de 8,4 milhões de hectares (CONAB, 2020a).

Fonte: Elaboração própria

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, 2020a, 2020b). A partir de 2012, iniciou-se uma recuperação deste indicador, que alcançou 76,1 tc/ha em 2019, o maior valor desde 2011.

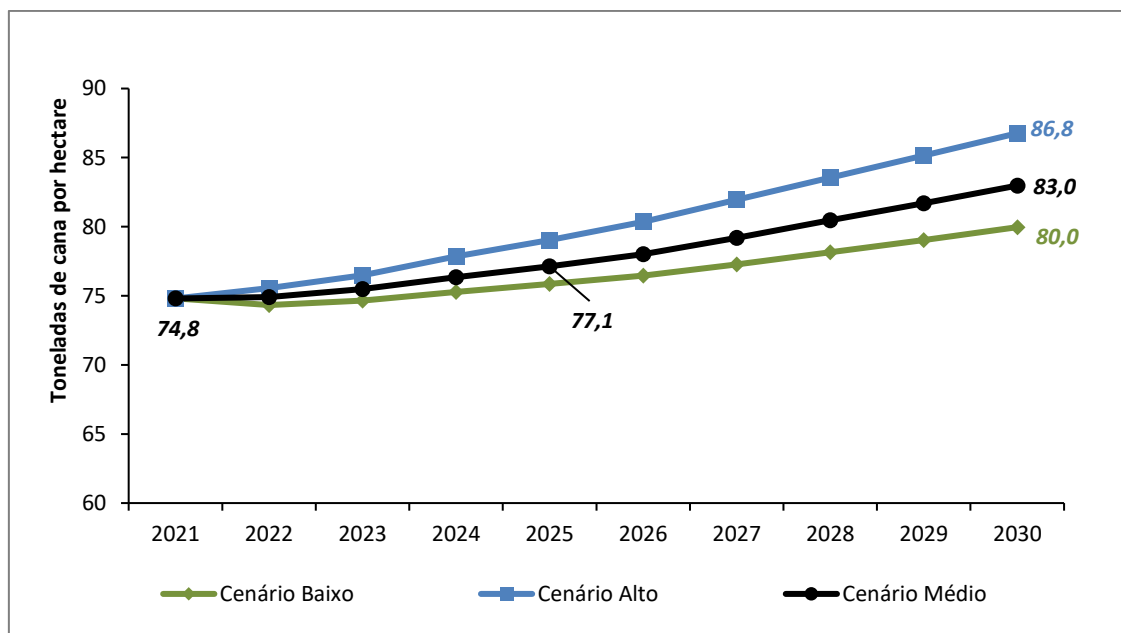
Para a projeção, entre 2019 e 2030, de acordo com as premissas qualitativas descritas para cada cenário, os ganhos de produtividade obtidos são apresentados na Tabela 4 e no Gráfico 7 a seguir:

Tabela 4: Taxa de crescimento e variação de produtividade

Cenários	2019- 2025		2019- 2030	
	Taxa (%)	Variação (tc/ha)	Taxa (%)	Variação (tc/ha)
Crescimento Baixo	-0,1	-0,3	0,4	3,8
Crescimento Médio	0,2	1,0	0,8	6,8
Crescimento Alto	0,6	2,9	1,2	10,6

Fonte: CONAB (2020a) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 7 - Produtividade da Cana



Nota: Na safra 2019/20, a produtividade da cana foi de 76,1 tc/ha (CONAB,2020a).

Fonte: Elaboração própria

Cana Processada

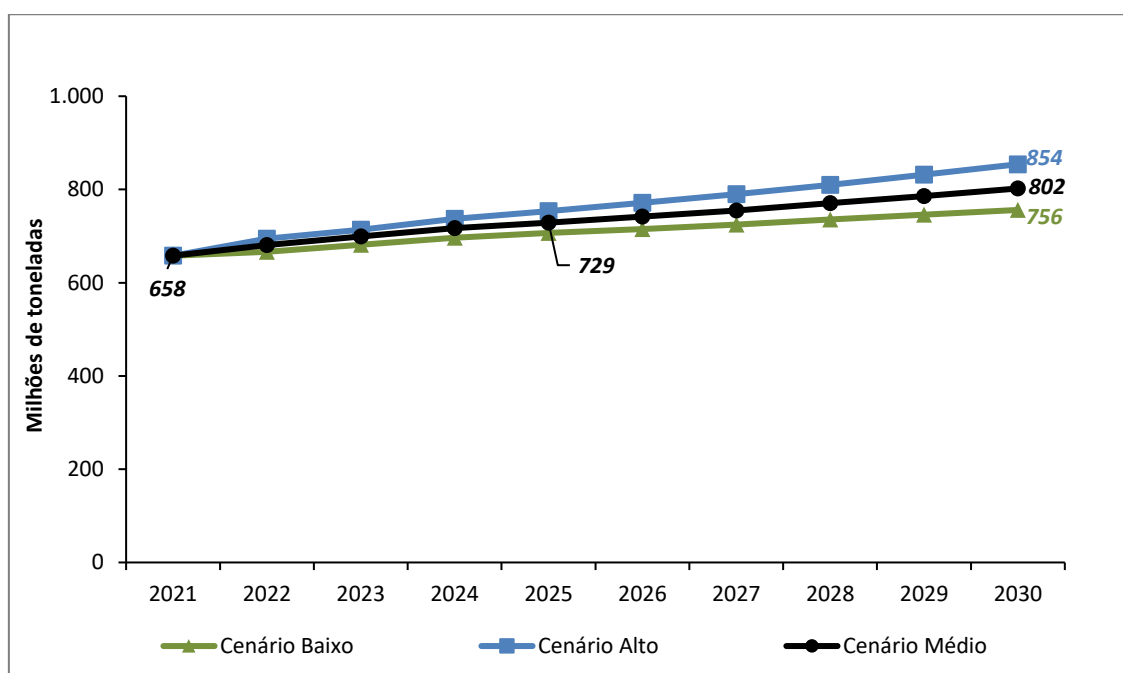
A partir das estimativas de área e produtividade, obtém-se a projeção da cana processada no horizonte de estudo. Sua expansão entre 2000 e 2019 foi de 416 milhões de toneladas de cana, a uma taxa de 5,5% a.a., mesmo considerando períodos de oscilação na produção, pelos motivos citados anteriormente (MAPA, 2020). As projeções de cana processada para cada um dos cenários são apresentadas na Tabela 5 e no Gráfico 8.

Tabela 5: Taxa de crescimento e variação de cana processada

Cenários	2019 - 2025		2019 - 2030	
	Taxa (%)	Variação (Mtc)	Taxa	Variação (Mtc)
Crescimento Baixo	1,3	52	1,3	102
Crescimento Médio	1,8	75	1,9	148
Crescimento Alto	2,4	100	2,5	200

Fonte: MAPA (2020) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 8 - Cana Processada



Nota: Em 2019, a quantidade de cana processada foi de 654 milhões de toneladas (MAPA, 2020).

Fonte: Elaboração própria

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.

Ressalta-se que o histórico entre 2000-2019 apresentou taxa de 3,7% a.a. e incremento de 44,2 milhões de toneladas (CONAB, 2020a, 2020b; MAPA, 2020).

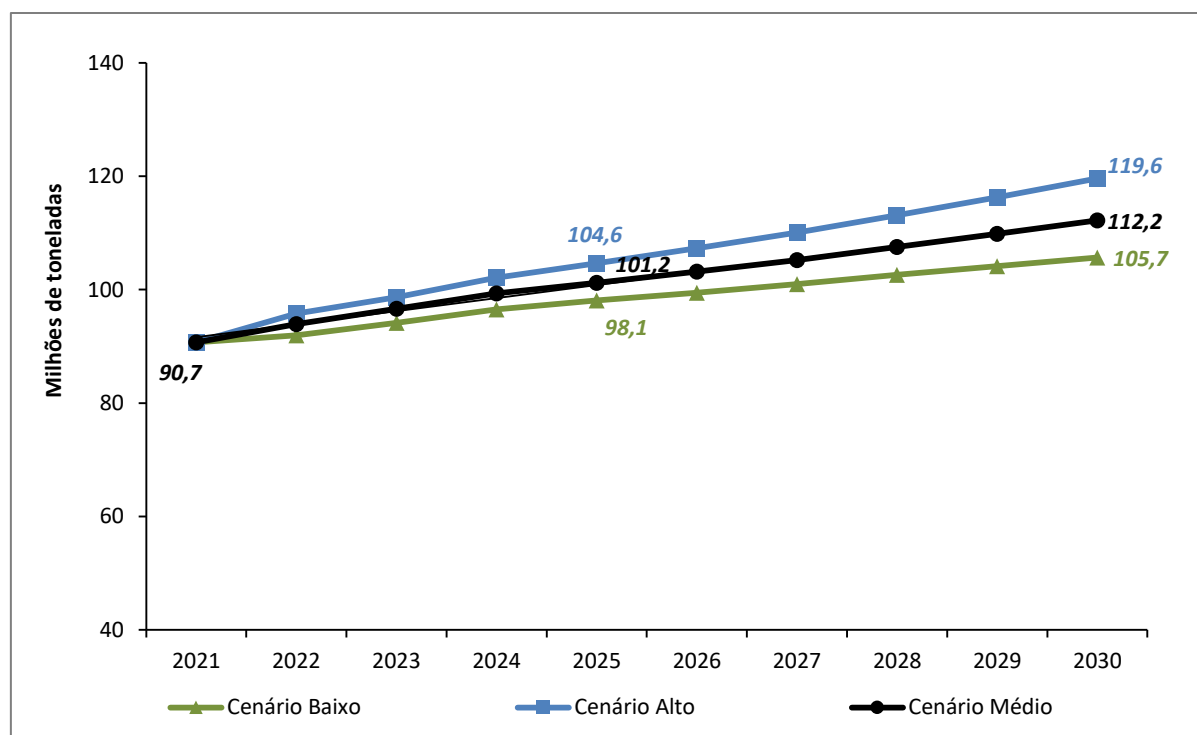
A Tabela 6 e o Gráfico 9 a seguir apresentam a taxa de crescimento e variação de ATR total entre 2019 e 2030.

Tabela 6: Taxa de crescimento e variação de ATR

Cenários	2019 - 2025		2019 - 2030	
	Taxa (%)	Variação (M t)	Taxa (%)	Variação (M t)
Crescimento Baixo	1,5	8,5	1,5	16,1
Crescimento Médio	2,1	11,7	2,1	22,7
Crescimento Alto	2,6	15,1	2,7	30,1

Fonte: CONAB (2020a), MAPA (2020) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 9 – Quantidade de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR)



Nota: Na safra 2019/20, a quantidade de ATR foi de 89,5 milhões de toneladas (CONAB, 2020a; MAPA, 2020).
Fonte: Elaboração própria

Oferta Total de Etanol

Por fim, do ATR produzido abate-se a parcela destinada ao açúcar, apresentada no Item 3.2.3, e inclui-se a produção de etanol a partir do milho e de segunda geração, obtendo-se a produção nacional de etanol. Desse total, com a soma do etanol importado, resulta a oferta total de etanol.

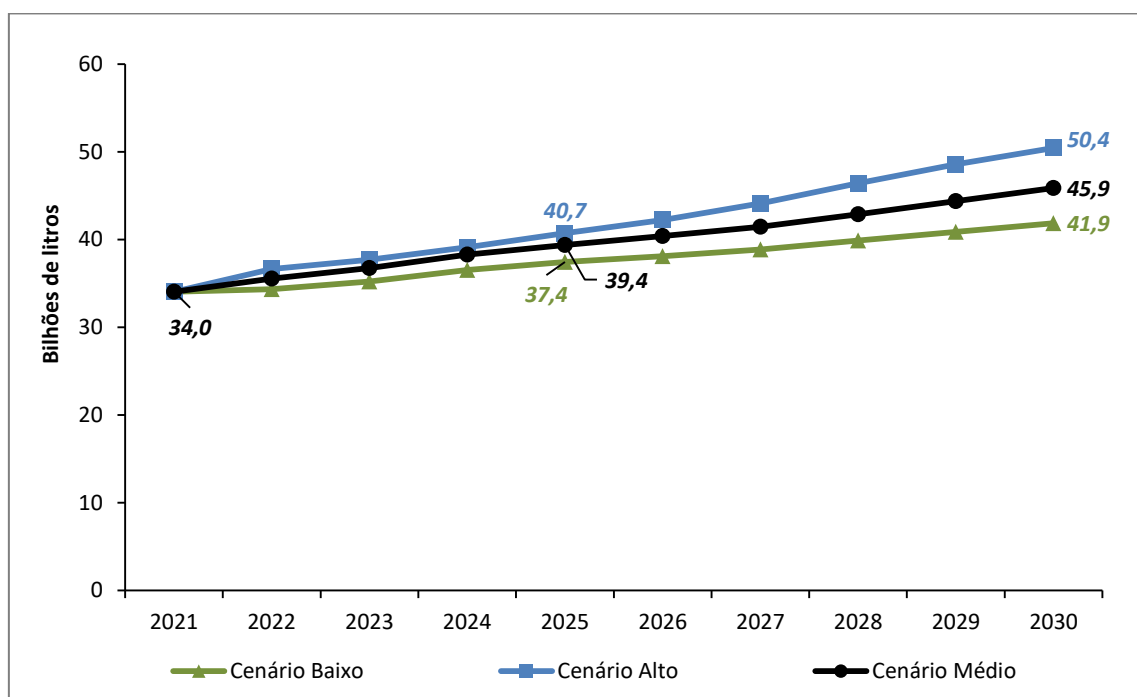
A expansão da oferta de etanol entre 2000 e 2019 foi 27,5 bilhões de litros, com uma taxa de 7,2% a.a., mesmo considerando um período de oscilação entre 2009 e 2013, pelos motivos citados anteriormente (CONAB, 2020a, 2020b; MAPA, 2020, ME, 2020). A Tabela 7 e o Gráfico 10 apresentam as taxas de crescimento e variação da oferta de etanol para cada cenário.

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

Cenários	2019 - 2025		2019 - 2030	
	Taxa (%)	Variação (Bi litros)	Taxa (%)	Variação (Bi litros)
Crescimento Baixo	- 0,02	- 0,04	1,0	4,4
Crescimento Médio	0,8	1,9	1,9	8,4
Crescimento Alto	1,4	3,2	2,7	12,9

Fonte: CONAB (2020a), MAPA (2020), ME (2020) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 10 - Oferta Total de Etanol



Nota: Em 2019, a oferta total de etanol foi de 37,5 bilhões de litros (CONAB, 2020a; MAPA, 2020; ME, 2020).

Fonte: Elaboração própria

Bioeletricidade

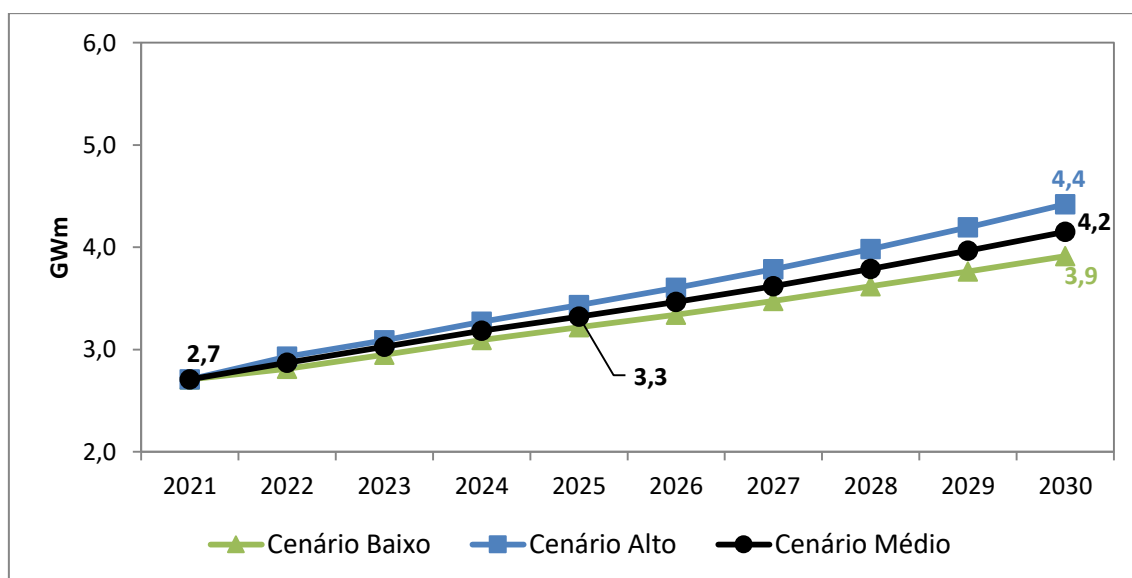
O aproveitamento energético da biomassa residual gerada no processamento industrial da cana-de-açúcar, tanto na produção de calor quanto na de eletricidade, destina-se ao autoconsumo e à produção de excedentes de energia elétrica, exportados para o Sistema Interligado Nacional (SIN).

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 2019, a bioeletricidade foi responsável por 8,3% da matriz elétrica nacional, e mais de 80% desta produção utilizou como insumo os resíduos da indústria sucroenergética (EPE, 2020d).

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 setor¹² 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 4,4 GWm, 4,2 GWm e 3,9 GWm, respectivamente, para os cenários de crescimento alto, médio e baixo, conforme Gráfico 11 a seguir.

Gráfico 11 – Projeção de bioeletricidade a partir do histórico (curva de conversão)



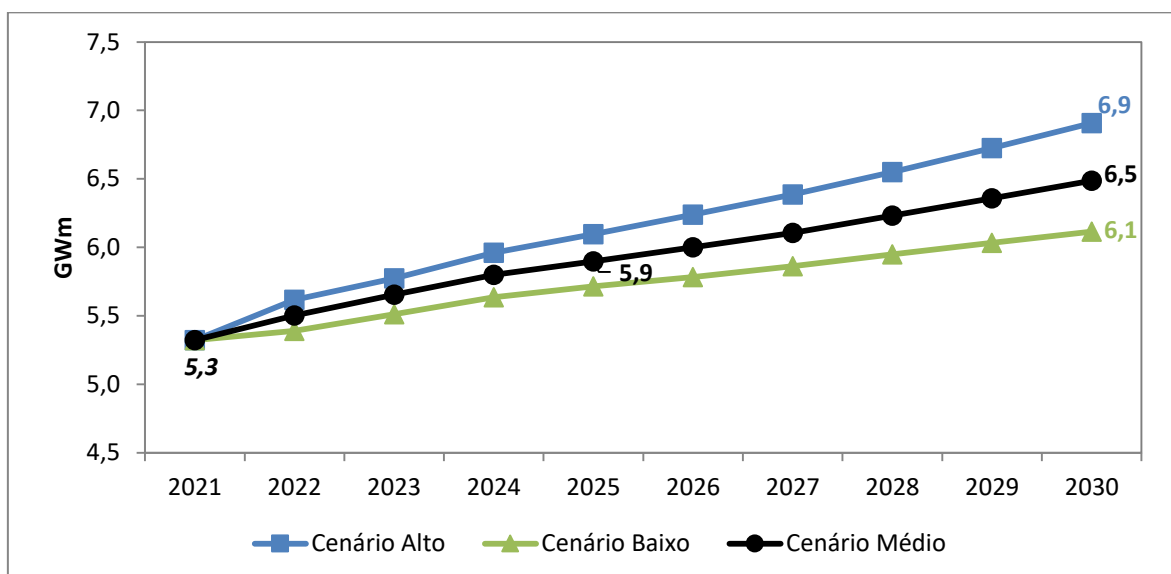
Nota: Em 2019, a geração de bioeletricidade a partir da cana foi de 2,6 GWm (CCEE, 2020).

Fonte: Elaboração própria

As projeções do potencial técnico apresentadas no Gráfico 12 ilustram que o total de energia advinda da bioeletricidade da cana injetado na rede no ano de 2030 poderá variar de 6,1 GWm a 6,9 GWm, representando os cenários de crescimento baixo e alto, respectivamente.

¹² Esta metodologia contabiliza todo o parque sucroenergético nacional, incluindo toda a cana processada no país e toda a energia exportada pelo setor.

Gráfico 12 – Projeção de bioeletricidade a partir do potencial técnico



Nota: Em 2019 a geração de bioeletricidade a partir da cana foi de 2,6 GWm (CCEE,2020).

Fonte: Elaboração própria

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 do processo industrial 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 sais minerais encontrados 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.

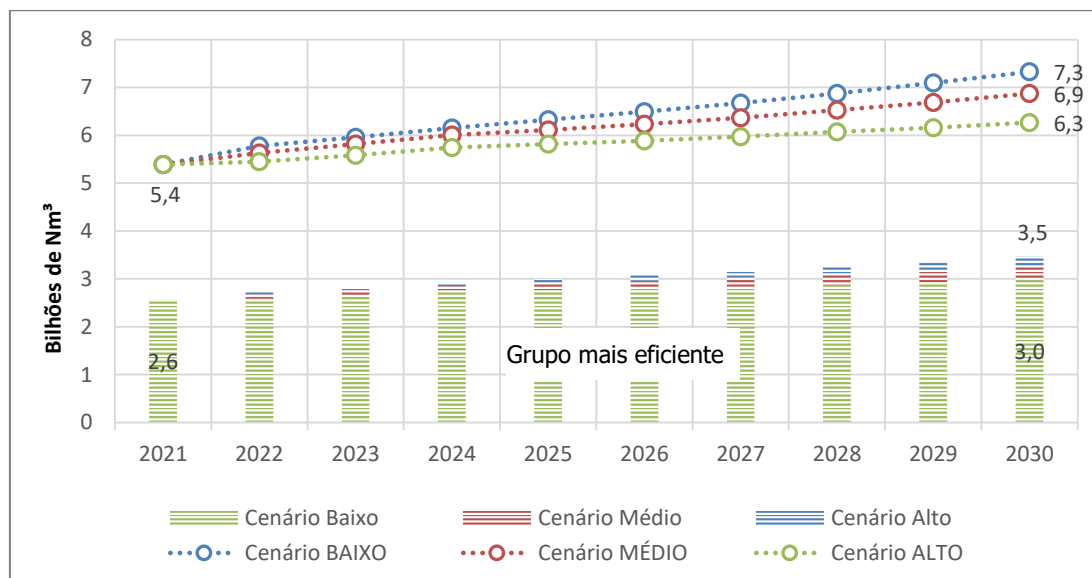
Ainda pouco empregados para geração de energia nas usinas sucroenergéticas, a fermentação da vinhaça e da torta de filtro origina o biogás, cuja destinação apresenta-se como um melhor aproveitamento destes insumos face ao atualmente existente¹³. De forma geral, o biogás é composto majoritariamente por gás metano (55 - 70% v/v), dióxido de carbono (30 - 45% v/v), e pequena quantidade de sulfeto de hidrogênio (H₂S – 200 – 4000 ppm/v).

A purificação do biogás dá origem ao biometano (metano contido no biogás), insumo energético que pode ser utilizado como fonte geradora de energia elétrica ou como substituto ao diesel nos motores dos maquinários agrícolas ou, ainda, ser injetado nas malhas de gás natural. Nesse contexto, cabe mencionar a oportunidade criada no

¹³ O uso de palhas e pontas para produção de biogás será avaliado na elaboração de estimativas futuras.

contexto da iniciativa “Novo Mercado de Gás”, que pode fomentar o uso deste biocombustível. As estimativas apresentadas neste documento consideram que toda a vinhaça e toda torta de filtro serão direcionadas para produção de biogás, e o volume total gerado poderá oscilar entre 7,3 Bilhões de Nm³ para o cenário de crescimento alto e 6,3 Bilhões de Nm³ no baixo, conforme ilustrado no Gráfico 13. Pode-se observar também o potencial relativo às usinas que fazem parte do grupo mais eficiente economicamente do setor (ITAUBBA, 2019; NOVACANA, 2020), as quais estariam aptas a fazer investimentos na produção de biogás mais rapidamente.

Gráfico 13 – Potencial de Produção de Biogás



Fonte: Elaboração própria

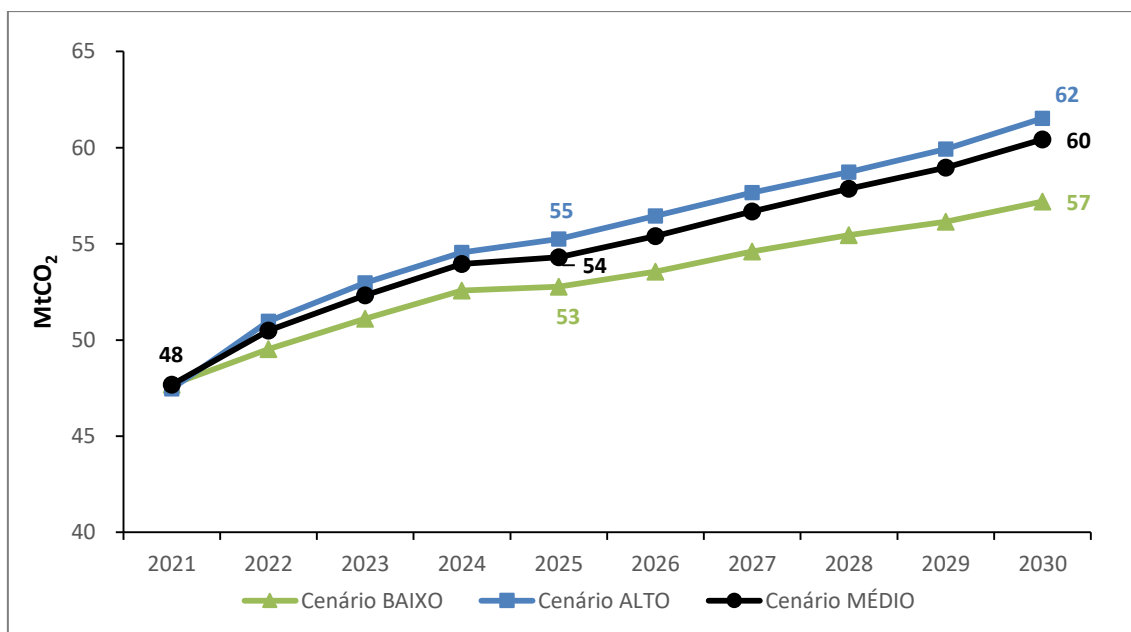
Emissões Evitadas de Gases de Efeito Estufa

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 CO₂, 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 tCO₂ por MWh gerado, calculado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC, 2019). 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, que tem apresentado crescimento consistente. Embora em 2019 tenha sido registrada maior geração térmica fóssil (15%), houve queda significativa das movidas a óleo (69,7%) e crescimento das que utilizam gás natural (15,5%) e carvão mineral (8,8%). Observou-se neste ano maior participação das fontes biomassa (3,4%) e eólica (17%), e manutenção da hídrica. O somatório dessas alterações resultou em pouco impacto sobre este fator, que passou de 0,074 CO₂/MWh para 0,075 tCO₂/MWh.

Com base no exposto, foi possível estimar as emissões de CO₂ 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 bioeletricidade¹⁴ (Gráfico 11) e considerando a demanda carburante de etanol, poderiam ser evitadas até 62 MtCO₂ com o cenário alto e 57 MtCO₂ com o cenário baixo, conforme ilustrado no Gráfico 14 a seguir.

Gráfico 14 – Emissões evitadas de GEE pelo uso do etanol e bioeletricidade



Nota: Considera somente as emissões do etanol de cana de primeira geração.

Fonte: Elaboração própria

Investimentos

Para a avaliação dos investimentos necessários, consideraram-se unidades sucroenergéticas (*greenfields*) de primeira geração - mistas ou destilarias¹⁵ - com perfil tecnológico otimizado e tamanho médio de 3,5 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 8 a seguir. Adotou-se como valor do investimento específico para a expansão de unidades existentes na ordem de R\$ 260 / tc.

¹⁴ Para as projeções de emissões evitadas com a bioeletricidade o fator utilizado corresponde à média anual dos últimos dez anos.

¹⁵ Consideram-se as substituições de equipamentos industriais para produção de etanol e/ou açúcar.

Tabela 8: Investimento médio para novas unidades e para expansão

CAPEX	R\$ (DEZ. 2017) / tc
Expansão de unidades existentes (<i>Brownfield</i>)	256,0
Novas unidades (<i>Greenfield</i>)	359,8
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\$ 1,60 / litro, enquanto que para uma usina *full*, o valor é de R\$ 1,80 / litro (CTBE, 2018 e UNEM, 2018).

Com isso, foi realizada uma estimativa dos investimentos necessários em novas unidades, para os cenários considerados, conforme Tabela 9.

Tabela 9: Investimento estimado para novos projetos e expansões

Capex (R\$ bilhões)	Baixo	Médio	Alto
<i>Greenfields</i>	15,9	20,2	30,5
<i>Brownfields</i>	3,5	11,7	23,3
Total	19,4	31,9	53,8

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.

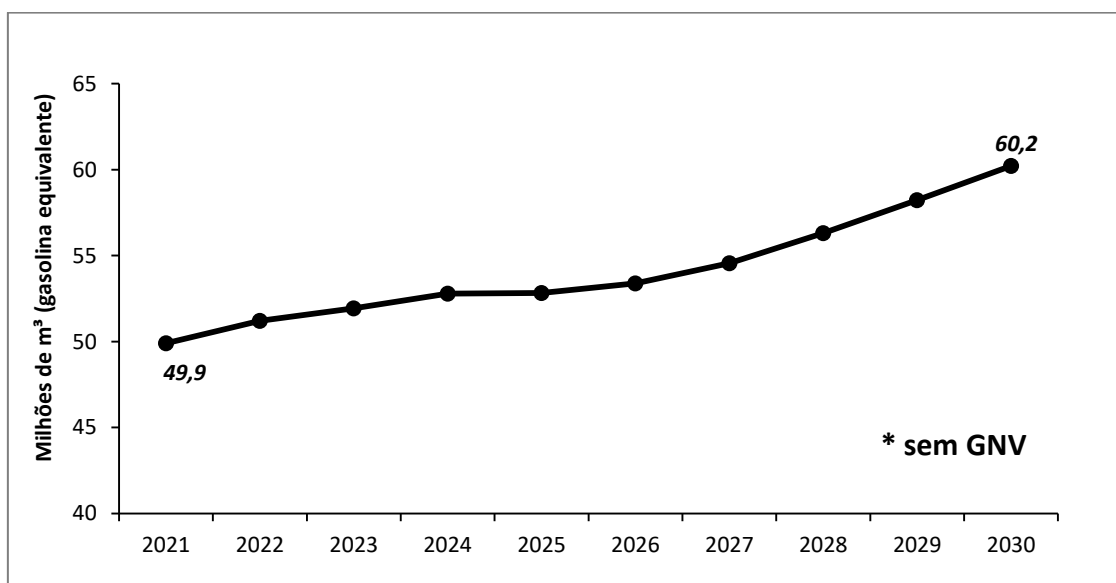
A demanda global de combustíveis é projetada através de um modelo contábil desenvolvido pela EPE (2010), que considera, além do cenário econômico (EPE, 2020e), diversos outros aspectos, como o licenciamento de veículos leves, a oferta interna de etanol, o preço doméstico da gasolina e a preferência do 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 2019 a 2030, a uma taxa média anual de 2,1%, atingindo a marca de 47,6 milhões de unidades em 2030. Ao final desse período, os veículos *flex fuel*, a combustão interna, representarão 89% desta frota.

Assim, para o período de 2019 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 0,9% a.a.. O Gráfico 15 apresenta essa evolução, expressa em milhões m³ de gasolina equivalente.

Especialmente para este período de estudo, são esperados desdobramentos relativos à pandemia de Covid-19 e como se conformará a resposta da sociedade face a este novo equilíbrio que se apresentará. Estima-se que serão observados impactos sobre o deslocamento de veículos leves, em virtude de maior intensidade das atividades virtuais, como o trabalho remoto. Por outro lado, avalia-se que haverá uma crescente influência do comércio digital e das entregas domiciliares, conforme descrito em EPE (2020b).

Gráfico 15 - Demanda de Ciclo Otto*



Nota: Em 2019, a demanda ciclo Otto foi de 54,6 bilhões de litros de gasolina equivalente (exceto GNV) (EPE, 2020d).

Fonte: Elaboração própria

Etanol Carburante

A demanda de etanol carburante é obtida a partir da oferta total de etanol, retirando-se as parcelas do biocombustível exportado e a destinada a outros fins, apresentadas no item Premissas Comuns (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).

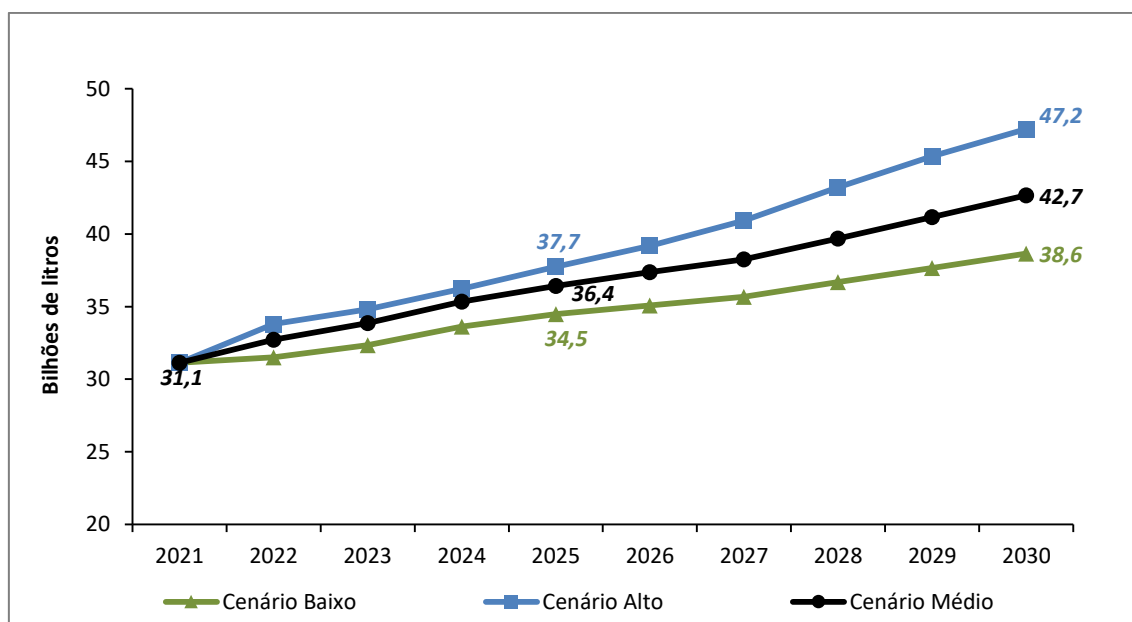
Cabe assinalar que, entre 2000 e 2019, a demanda de etanol carburante cresceu 22,7 bilhões de litros, a uma taxa de 6,0% a.a., mesmo considerando o período de oscilação na oferta de etanol entre 2009 e 2013 (MAPA, 2020; EPE, 2020c), já citado. A Tabela 10 e o Gráfico 16 apresentam as taxas de crescimento e variações da demanda de etanol carburante entre 2019 e 2030.

Tabela 10: Taxa de crescimento e variação da Demanda de Etanol Carburante

Cenários	2019 - 2025		2019 - 2030	
	Taxa (%)	Variação (Bi litros)	Taxa (%)	Variação (Bi litros)
Crescimento Baixo	0,3	0,7	1,2	4,8
Crescimento Médio	1,3	2,6	2,1	8,9
Crescimento Alto	1,9	3,9	3,1	13,4

Fonte: EPE (2020d) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 16 - Demanda de Etanol Carburante



Nota: Em 2019, a demanda de etanol carburante foi de 33,8 bilhões de litros (EPE, 2020d).

Fonte: Elaboração própria

Gasolina A

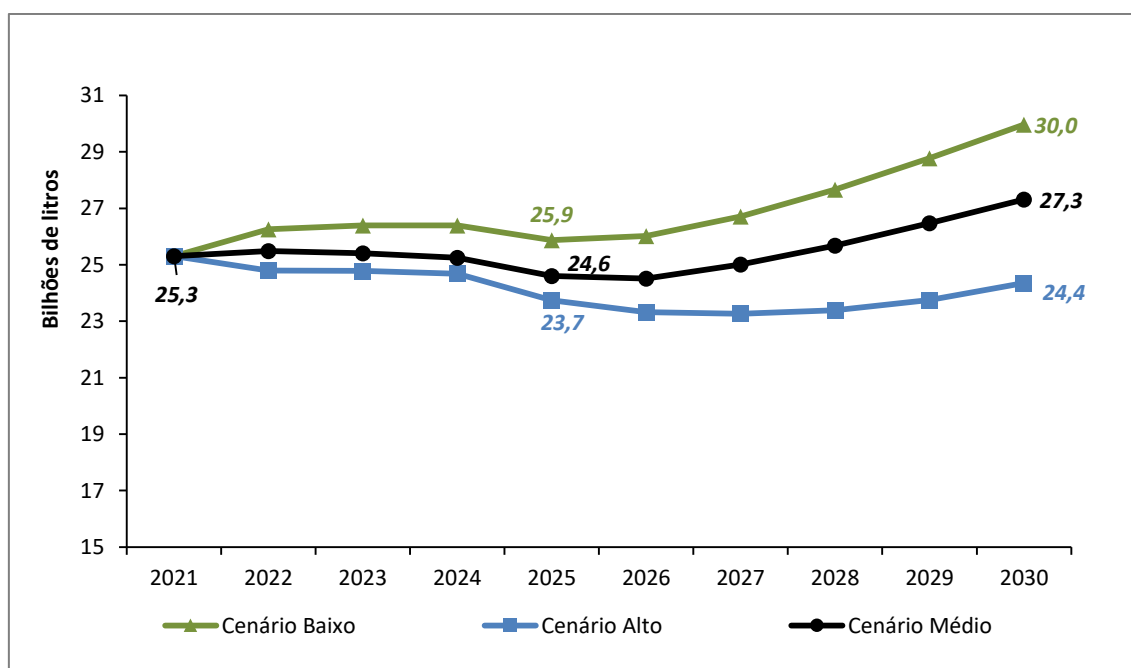
A demanda de gasolina A se destina tanto ao atendimento da frota dedicada à gasolina, quanto da parcela da frota *flex fuel* que consome este combustível. Estima-se que, em 2030, o volume deste combustível atinja 27,3 bilhões de litros, para o cenário de crescimento médio, valor próximo ao ocorrido em 2018 e 2019. O recorde histórico de produção nacional desse derivado alcançou 31 bilhões de litros em 2014 (EPE, 2020d). A Tabela 11 e o Gráfico 17 apresentam as taxas de crescimento e variações da demanda de gasolina A entre 2019 e os anos de 2025 e 2030.

Tabela 11: Taxa de crescimento e variação da Demanda de Gasolina A

Cenários	2019 - 2025		2019 - 2030	
	Taxa (%)	Variação (Bi litros)	Taxa (%)	Variação (Bi litros)
Crescimento Baixo	- 1,2	- 2,0	0,7	2,1
Crescimento Médio	- 2,0	- 3,3	- 0,2	- 0,5
Crescimento Alto	- 2,6	- 4,1	- 1,2	- 3,5

Fonte: EPE (2020d) (histórico) e EPE (projeções)

Gráfico 17 - Demanda de Gasolina A



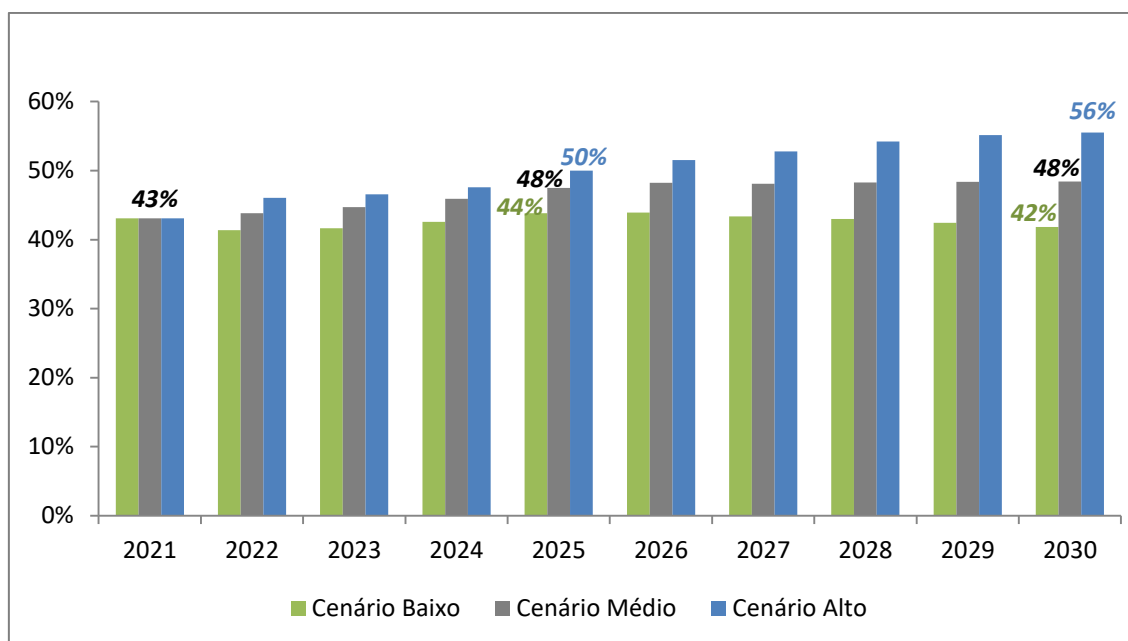
Nota: Em 2019, a demanda de gasolina A foi de 27,9 bilhões de litros (EPE, 2020d).

Fonte: Elaboração própria

Market Share do Hidratado no Flex Fuel

A partir da disponibilidade de etanol hidratado carburante, verifica-se a trajetória da sua participação na demanda do ciclo Otto. No Gráfico 18, observa-se que esse montante resultará no incremento de *market share* do etanol hidratado na frota *flex*. Essa participação representa, em 2030, 42% no cenário de crescimento baixo da oferta de etanol, mesmo valor observado em 2019. Já para os de crescimento médio e de crescimento alto, alcança 48% e 56%, respectivamente. Cabe observar que, mesmo para o cenário alto, tal percentual é inferior ao observado no período 2007-2009, que variou de 66% a 71%.

Gráfico 18 - Market Share do Etanol Hidratado no Flex Fuel (em volume)



Nota: Em 2019, o *market share* do hidratado no *flex fuel* foi de 42%.

Fonte: Elaboração própria

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, 2020d) e a sua projeção de produção, conforme publicado no PDE 2029 (EPE, 2019c).

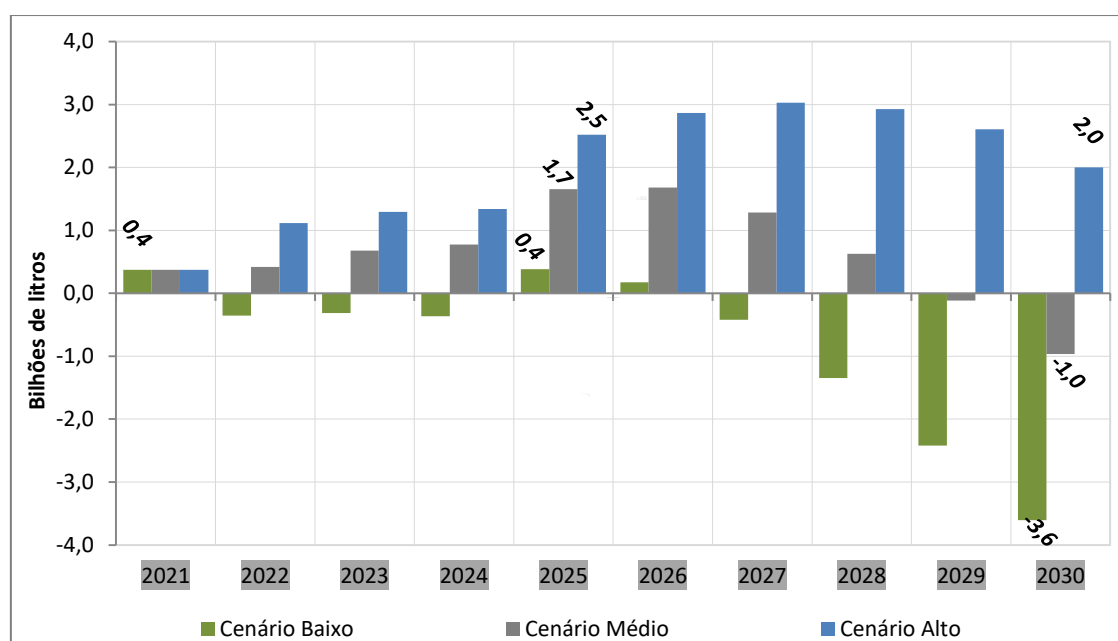
Uma vez que as frações de gasolina e nafta são obtidas de cortes similares de petróleo, a oferta de gasolina acaba sendo resultante, basicamente, da análise da demanda, preços e fluxos logísticos destes derivados. No entanto, há outros elementos que também influenciam esse fluxo de mercado, tal como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

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 2029 (EPE, 2019c), no qual atinge 26,4 bilhões de litros em 2030, mantendo-se abaixo da produção máxima histórica (EPE, 2020d).

Tal exercício evidenciou que, para o cenário de crescimento alto, não serão necessários volumes de importações de gasolina A em todo o período, como pode ser observado no Gráfico 19. Para o cenário de crescimento médio, as importações do combustível fóssil são significativas somente em 2030, quando alcançam 1 bilhão. Já no cenário de crescimento baixo, à exceção de 2025 e 2026, um pequeno déficit de gasolina ocorre até 2027, equivalente a 0,4 bilhão de litros neste último ano, evoluindo até 3,6 bilhões de litros em 2030, ainda inferior ao máximo histórico (4,9 bilhões de litros em 2019).

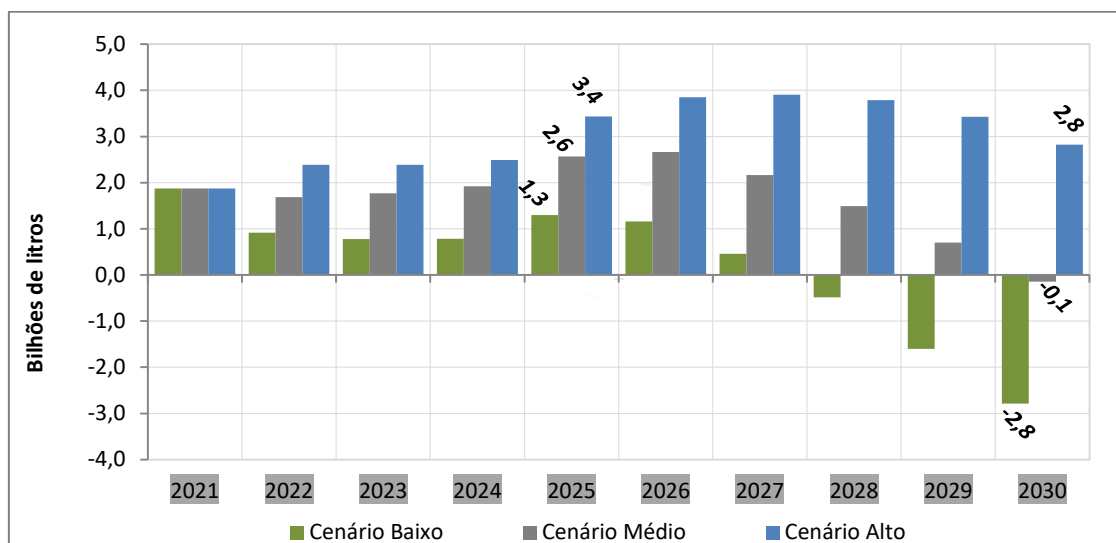
**Gráfico 19 - Balanço Nacional de Gasolina A - Produção PDE 2029
(em volume)**



Fonte: Elaboração própria

Foi realizada uma segunda análise de sensibilidade, considerando que a produção de gasolina A corresponderá à média dos últimos cinco anos (27,2 bilhões de litros) (EPE, 2020c). No Gráfico 20, avaliando-se o balanço de gasolina A, observa-se que, até 2027, não haverá necessidade de importação de gasolina em nenhum dos três cenários. O cenário de crescimento baixo necessita de volumes de importação a partir de 2028, alcançando 2,8 bilhões de litros em 2030. Já o de crescimento médio requer importações apenas em 2030, de 0,1 bilhão de litros. Para o cenário de crescimento alto da oferta de etanol, não haveria a necessidade de importação em todo o horizonte de estudo.

**Gráfico 20 - Balanço Nacional de Gasolina A – Média últimos cinco anos
(em volume)**



Fonte: Elaboração própria

BOX – Análise de Sensibilidade

Este Box tem como objetivo apresentar uma análise de sensibilidade para a oferta de etanol e demanda do ciclo Otto, considerando um cenário mais desfavorável ao setor de biocombustíveis, com relação às políticas públicas, às ações das empresas na redução de custos de produção e à reestruturação financeira dos grupos endividados. Adicionalmente, os preços internacionais do petróleo 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 processo de construção). Adicionalmente, o saldo das reativações e dos fechamentos acarretará na diminuição de 8 unidades produtoras, resultando em uma perda de capacidade de processamento de 11 milhões de toneladas de cana.

Nessa análise, foram adotados o rendimento, a exportação, o etanol para outros usos comuns a todos os cenários. A área de cana energia foi cerca de 50% inferior. 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 100 milhões de litros em 2030, 25% do valor exibido no cenário de crescimento médio, enquanto que o etanol de milho alcança 3,7 bilhões de litros ao final do período.

A capacidade instalada estimada será de 816 Mtc (nominal) e 735 Mtc (efetiva) em 2030, inferior ao observado em 2019. A área de cana processada é de 9,2 Mha e a produtividade agrícola, de 75,2 tc/ha em 2030. Como resultado, estima-se uma quantidade de 691 milhões de toneladas de cana moída ao final do período. A oferta de etanol chegará a 34,3 bilhões em 2030, 3,2 bilhões de litros inferior ao valor registrado em 2019.

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 obtêm-se volumes de 28,1 bilhões de litros de gasolina A e de 31,1 bilhões de litros de etanol carburante em 2025. Em 2030, a gasolina A alcança 35,0 bilhões de litros e o etanol permanece no mesmo valor. Com isso, o *market share* do etanol hidratado no *flex fuel* será da ordem de 29% em 2030.

Por fim, ao analisar o balanço nacional de gasolina A, adotando-se a produção de gasolina A apresentada no PDE 2029 (EPE, 2019c), torna-se necessário efetuar a importação de 8,7 bilhões de litros em 2030, o que corresponde a 25% da demanda do combustível fóssil.

Quando considerado o volume médio de produção de gasolina A dos últimos cinco anos (27,2 bilhões de litros) (EPE, 2020d), a necessidade de importação em 2030 seria de 7,8 bilhões de litros, correspondente a 22% da demanda prevista para aquele ano.

6. Conclusão

Este documento objetivou a apresentação dos cenários de oferta de etanol considerados para o período 2021-2030 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 ações do setor voltadas à redução de custos (renovação do canavial, tratamentos culturais adequados, etc.) e políticas de incentivo ao etanol (diferenciações tributárias e contributivas, disponibilização de linhas de financiamento para o setor, entre outras). Ou seja, diferentes premissas acerca do grau de atratividade econômica para os investimentos no setor sucroenergético.

Como resultado dessas projeções, verifica-se que os volumes da oferta de etanol, em 2030, poderiam variar entre 42 e 50 bilhões de litros.

Com base na demanda de ciclo Otto estimada e na produção de combustíveis correspondentes, foram realizadas duas análises de sensibilidade: a primeira, considerando a produção de gasolina A apresentada no Plano Decenal de Expansão de Energia 2029 e, a segunda, correspondente à média dos últimos cinco anos (27,2 bilhões de litros). Em ambos os casos, as importações desse derivado seriam consideráveis apenas para o cenário de crescimento baixo, alcançando, em 2030, 3,6 bilhões de litros e 2,8 bilhões de litros, respectivamente, valores inferiores ao máximo histórico (4,9 bilhões em 2019). Para o cenário de crescimento médio, a importação em 2030 seria de apenas 100 milhões de litros e 1,0 bilhão de litros, respectivamente. No cenário de crescimento alto não haveria a necessidade de importações em todo o período analisado em nenhum dos casos.

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 4,4 GWm no cenário de crescimento alto, e 3,9 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 7,3 Bilhões de Nm³ e 6,3 Bilhões de Nm³ para os cenários citados, respectivamente. Considerando uma análise mais conservadora, grupos mais eficientes e com melhor saúde financeira, os valores potenciais seriam de 3,5 Bilhões de Nm³ e 3 Bilhões de Nm³, 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 62 MtCO₂ e 57 MtCO₂, para os cenários de crescimento alto e baixo, respectivamente.

As políticas públicas para os biocombustíveis e o grau de efetividade das decisões dos agentes em relação aos seus estímulos definirão a trajetória da 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

-
- ALSP. Assembleia Legislativa de São Paulo. Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial - Executivo**, São Paulo, SP, 20 set. 2002. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11241-19.09.2002.html>. Acesso em: 16 out. 2020.
-
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Dados estatísticos**, 2020a. Disponível em: www.anp.gov.br. Acesso em: 31 ago. 2020.
-
- _____. **Autorização para produção de biocombustíveis**, 2020b. Posição em 03/07/2020. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/autorizacao-para-producao-de-biocombustiveis>. Acesso em: 07 jul. 2020
-
- BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social. **BNDES Prorenova**, 2020a. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-prorenova>. Acesso em: 05 mai. 2020.
-
- _____. **Comunicação Pessoal**, 2020b.
-
- 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. Acesso em 05 mai. 2020.
-
- _____. 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. Acesso em: 05 mai. 2020.
-
- _____. 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. Acesso em: 05 mai. 2020.
-
- _____. 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. Acesso em: 05 mai. 2020.
-
- _____. Decreto nº 9.112, de 28 de julho de 2017. Reduz as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a importação e a comercialização de álcool, inclusive para fins carburantes. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 jul. 2017c. Fonte: www.planalto.gov.br. Acesso em: 05 mai. 2020.
-
- CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Leilões**, 2020. Disponível em: www.ccee.org.br. Acesso em: 03 ago. 2020.
-
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamentos de Safra: cana-de-açúcar**. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília: CONAB, 2020a. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 06 mai. 2020.
-
- _____. **Comunicação Pessoal**, 2020b.
-
- 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**, 2020. Disponível em: www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais. Acesso em: 05 mai. 2020.
-
- CTBE - Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol. **Comunicação Pessoal**, 2018.
-
- 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 Alcoolheiros do Brasil (STAB). Piracicaba, 05 jun. 2014. Disponível em: http://www.stab.org.br/palestra_ws_limpeza_da_cana/JAIME_FINGUERUT.pdf. Acesso em: 31 ago. 2020.
-
- _____. **Comunicação Pessoal**, 2017.
-
- _____. **Comunicação Pessoal**, 2018.
-

_____. **Comunicação Pessoal**, 2019.

_____. **Comunicação Pessoal**, 2020.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Final Renewable Fuel Standards for 2020, and the Biomass-Based Diesel Volume for 2021**. EPA, 2020. Disponível em: <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-renewable-fuel-standards-2020-and-biomass-based-diesel-volume>. Acesso em: 24 mar. 2020.

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

_____. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**: ano 2015. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 28 jul. 2020.

_____. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**: ano 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017a. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 28 jul. 2020.

_____. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**: ano 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 28 jul. 2020.

_____. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**: ano 2018. Rio de Janeiro: EPE, 2019a. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 28 jul. 2020.

_____. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**: ano 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2020a. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 03 ago. 2020.

_____. **Balanco Energético Nacional 2020**: ano base 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2020d. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 03 ago. 2020.

9) _____. **Estudos do plano Decenal de Expansão de Energia 2030. Premissas econômicas e demográficas**. Rio de Janeiro, 2020e. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/topico-522/Caderno_de_Economia_-_PDE_2030_-_VF.pdf. Acesso em: 01 set. 2020.

_____. **Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto 2020 - 2030**. Rio de Janeiro: EPE, 2019b. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-255/topico-392/EPE-DPG-SGB-Bios-NT-01-2017-r0_Cenarios_de_Oferta_de_Etanol.pdf. Acesso em: 03 ago. 2020.

_____. **Impactos da Pandemia de Covid-19 no mercado brasileiro de combustíveis**: reflexos na demanda de combustíveis, na oferta de derivados de petróleo, no setor de biocombustíveis, e análises sobre a arrecadação. Nota Técnica (NT-DPG-SDB-2020-02). Rio de Janeiro: EPE, 2020b. Disponível em: www.epe.gov.br. Acesso em: 31 ago. 2020.

_____. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Rio de Janeiro: EPE, 2019c. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 01 set. 2020.

_____. **Estudos do plano Decenal de Expansão de Energia 2030. Caderno de Oferta de Biocombustíveis**. Rio de Janeiro: EPE, 2020c. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. No prelo.

_____. **Estudo das condições estabelecidas no Tratado de Quioto e resoluções internacionais de sua atualização**. Disponível em: <http://antigo.epe.gov.br/Petroleo/Paginas/EstudoEmpregoCr%C3%A9ditosdeCarbonoemProjetosdeProdu%C3%A7%C3%A3oUsodeBiocombust%C3%ADveisnoBrasilcomBasenoProtocolodeQuioto%E2%80%9393Relat%C3%B3rios.aspx?CategoriaID=>. Rio de Janeiro: EPE, 2009.

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: 03 ago. 2020.

_____. **Agricultural outlook 2019 – 2028**. Roma, 2019. OECD/FAO, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook/2019-2028/en/>. Acesso em 03 ago. 2020.

GRANBIO. Bioflex I: Produção de Biocombustível. São Paulo: Granbio, 2019.

IEA – SP. Instituto de Economia Agrícola de São Paulo. **Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético Paulista: Dados consolidados das safras 2007/08 a 2013/14**. Secretaria de Agricultura e Abastecimento: IEA – SP, 2014. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/RelatórioConsolidado1512.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

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

ISO – International Sugar Organization. **Sugar Year Book 2018**. Londres: ISO, 2019.

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

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sustentabilidade/Agroenergia**, 2020. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 06 mai. 2020a.

_____. Portaria MAPA nº 105, de 28 de fevereiro de 2013. Fixa o percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível à gasolina. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 mar. 2013. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 05 mai. 2020.

_____. Portaria MAPA nº 75, de 05 de março de 2015. Fixa o percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível à gasolina. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 mar. 2015. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 05 mai. 2020.

_____. **Comunicação pessoal**, 2016.

ME – Ministério da Economia. **Estatísticas de Comércio Exterior**, 2020. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Brasília: Secretária Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais/ME. Acesso em: 03 ago. 2020.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. **Fatores de emissão de CO₂** para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos, 2018. Disponível em: www.mctic.gov.br. Acesso em: 03 dez. 2019.

MME – Ministério de Minas e Energia. Portaria MME nº 252, de 17 de junho de 2019. Refere-se à aprovação de projetos de investimentos na área de infraestrutura de petróleo, de gás natural e de biocombustíveis, considerados prioritários. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 jun. 2019. Disponível em: www.mme.gov.br. Acesso em: 01 set. 2020.

_____. Debêntures incentivadas de biocombustíveis já somam R\$ 13,3 bilhões em investimentos. Disponível em: www.mme.gov.br. Acesso em: 04 set. 2020.

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.; CVALETT, 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: 25 mar. 2020.

NOVACANA. Usina de E2G da Raízen deve atingir capacidade máxima em 2019/20. Curitiba, 2018.

NOVACANA. Faturamento das maiores empresas. Disponível em <https://www.novacana.com/data/dados/>. Acesso em: 15 jul. 2020

UNEM – União Nacional do Etanol de Milho. **Comunicação pessoal**, 2018.

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

_____. **UNICADATA**, 2020. Disponível em <http://unicadata.com.br/>. Acesso em: 25 mar. 2020.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Saldo do Fluxo de unidades e Capacidade Instalada Nominal de Moagem de cana	15
Tabela 2: Etanol de Milho em 2030	17
Tabela 3: Taxa de crescimento e variação de área de cana processada	18
Tabela 4: Taxa de crescimento e variação de produtividade	19
Tabela 5: Taxa de crescimento e variação de cana processada	20
Tabela 6: Taxa de crescimento e variação de ATR	21
Tabela 7: Taxa de crescimento e variação da Oferta Total de Etanol	22
Tabela 8: Investimento médio para novas unidades e para expansão	27
Tabela 9: Investimento estimado para novos projetos e expansões	27
Tabela 10: Taxa de crescimento e variação da Demanda de Etanol Carburante	29
Tabela 11: Taxa de crescimento e variação da Demanda de Gasolina A	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Fluxo histórico de unidades produtoras de cana-de-açúcar	13
Gráfico 2 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Médio	14
Gráfico 3 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Alto	14
Gráfico 4 - Fluxo de unidades produtoras – Cenário de Crescimento Baixo	15
Gráfico 5 - Produção de Açúcar	16
Gráfico 6 - Área de Cana Processada	18
Gráfico 7 - Produtividade da Cana	19
Gráfico 8 - Cana Processada	20
Gráfico 9 - Quantidade de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR)	21
Gráfico 10 - Oferta Total de Etanol	22
Gráfico 11 - Projeção de bioeletricidade a partir do histórico (curva de conversão)	23
Gráfico 12 - Projeção de bioeletricidade a partir do potencial técnico	24
Gráfico 13 - Potencial de Produção de Biogás	25
Gráfico 14 - Emissões evitadas de GEE pelo uso do etanol e bioeletricidade	26
Gráfico 15 - Demanda de Ciclo Otto*	28
Gráfico 16 - Demanda de Etanol Carburante	29
Gráfico 17 - Demanda de Gasolina A	30
Gráfico 18 - Market Share do Etanol Hidratado no Flex Fuel (em volume)	31
Gráfico 19 - Balanço Nacional de Gasolina A - Produção PDE 2029 (em volume)	32
Gráfico 20 - Balanço Nacional de Gasolina A – Média últimos cinco anos (em volume)	33