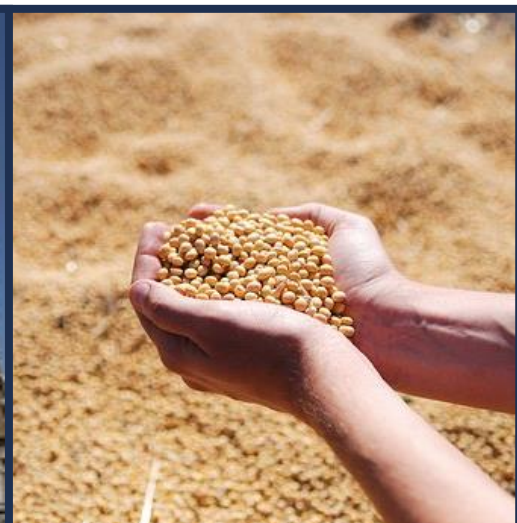
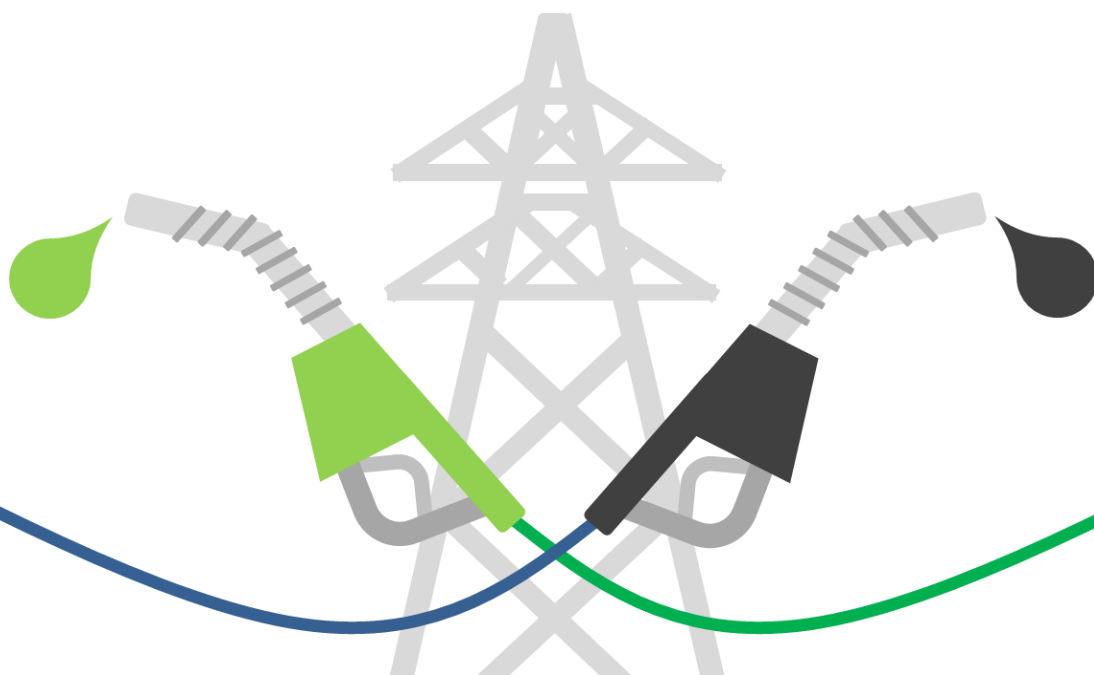




MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

ANÁLISE DE CONJUNTURA DOS BIOCOMBUSTÍVEIS

ANO 2018



Rio de Janeiro, junho de 2019



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



Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis

Ano 2018

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

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira (Interino)

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

Coordenação Executiva

Giovani Machado

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Equipe Técnica

Angela Oliveira da Costa
Dan Abensur Gandelman
Euler João Geraldo da Silva
Juliana Rangel do Nascimento
Leônidas Bially Olegario dos Santos
Marina Damião Besteti Ribeiro
Paula Isabel da Costa Barbosa
Rachel Martins Henriques
Rafael Barros Araujo

Assistente Administrativo

Sergio Augusto Melo de Castro

Estagiário

Douglas Souza Silva

URL: www.epe.gov.br

Sede

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

Escritório Central

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

EPE-DPG-SGB-Bios-NT-01-2019-r0

Data: 24 de junho de 2019

Histórico de Revisões

 Empresa de Pesquisa Energética		<i>ANÁLISE DE CONJUNTURA DOS BIOCOMBUSTÍVEIS</i>
<i>Revisões</i>	<i>Data</i>	<i>Descrição sucinta</i>
r0	24.06.2019	PUBLICAÇÃO ORIGINAL

Agradecimentos

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - ANFAVEA

Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES

Centro de Tecnologia Canavieira - CTC

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB

Logum Logística S.A.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA

Ministério de Minas e Energia – MME

União da Indústria de Cana-de-açúcar – UNICA

Aos colegas da EPE que deixaram um pouco de si ao longo das dez edições da Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis: Antonio Carlos Santos, André Luiz Ferreira dos Santos, Henrique dos Prazeres Fonseca, Patrícia Feitosa Bonfim Stelling e Pedro Ninô de Carvalho.

A equipe de biocombustíveis agradece especialmente ao Engenheiro Químico Antonio Carlos Santos por sua sabedoria, contribuição e dedicação inestimáveis e pelo agradável convívio ao longo de toda sua trajetória na EPE.

Apresentação

A Empresa de Pesquisa Energética orgulhosamente apresenta a sua décima edição da Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis, com foco no ano de 2018. Com periodicidade anual, a publicação consolida os fatos mais relevantes referentes aos biocombustíveis, que ocorreram no ano anterior à sua divulgação. É lançada no segundo trimestre, após o fechamento da safra sucroenergética e a consolidação das estatísticas dos mais importantes órgãos da área.

Os principais temas abordados são: a oferta e demanda de etanol e sua infraestrutura de produção e transporte, o mercado de biodiesel, a participação da bioeletricidade na matriz nacional e nos leilões de energia, o mercado internacional de biocombustíveis, as expectativas para os novos biocombustíveis, as emissões de gases de efeito estufa evitadas pela utilização dessas fontes renováveis de energia e o acompanhamento da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio).

Nessa edição comemorativa, além da avaliação dos principais acontecimentos ocorridos em 2018, o documento apresenta um texto, em anexo, sobre a evolução do papel dos biocombustíveis na matriz energética nacional na última década, com destaque à segurança do abastecimento e à mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

Sumário

<u>AGRADECIMENTOS</u>	<u>3</u>
<u>APRESENTAÇÃO</u>	<u>4</u>
<u>1. OFERTA DE ETANOL</u>	<u>9</u>
1.1. ÁREA, PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E RENDIMENTO DA CANA	9
1.2. PROCESSAMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	15
1.3. PRODUÇÃO DE ETANOL	15
1.4. PRODUÇÃO DE AÇÚCAR.....	18
1.5. MIX DE PRODUÇÃO	19
<u>2. DEMANDA DO CICLO OTTO.....</u>	<u>21</u>
2.1. LICENCIAMENTO E FROTA DE VEÍCULOS LEVES	21
2.2. DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS DA FROTA CICLO OTTO	22
<u>3. ANÁLISE ECONÔMICA</u>	<u>24</u>
3.1. PREÇOS DE COMBUSTÍVEIS DO CICLO OTTO.....	24
3.2. ICMS NOS COMBUSTÍVEIS DO CICLO OTTO	27
<u>4. CAPACIDADE DE PRODUÇÃO E INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE DE ETANOL.....</u>	<u>29</u>
4.1. CAPACIDADE PRODUTIVA.....	29
4.2. DUTOS	30
4.3. PORTOS.....	31
<u>5. BIOELETRICIDADE.....</u>	<u>31</u>
5.1. EXPORTAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA.....	32
5.2. BIOELETRICIDADE DE OUTRAS BIOMASSAS	35
<u>6. BIODIESEL</u>	<u>37</u>
6.1. UTILIZAÇÃO DE MISTURAS COM BIODIESEL EM MOTORES E VEÍCULOS	37
6.1.1. TESTES PARA VALIDAÇÃO DE MISTURAS B10 E B15	37
6.1.2. PROCONVE	38
6.2. LEILÕES E PREÇOS DE BIODIESEL	40
6.3. PRODUÇÃO REGIONAL E CAPACIDADE INSTALADA.....	42
6.4. MATÉRIA-PRIMA PARA O BIODIESEL	43
6.5. COPRODUTOS DO BIODIESEL	45
6.6. METANOL.....	46

7. MERCADO INTERNACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS.....	47
8. NOVOS BIOCOMBUSTÍVEIS.....	49
9. EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA	51
10. RENOVABIO	52
11. O PAPEL DOS BIOCOMBUSTÍVEIS NA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL	54
11.1. INTRODUÇÃO.....	54
11.2. MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL.....	55
11.2.1. ANÁLISE SETORIAL.....	56
11.2.2. ETANOL	57
11.2.3. BIODIESEL	58
11.2.4. BIOELETRICIDADE	59
11.2.5. BIOGÁS	61
11.3. PERSPECTIVAS DA MATRIZ ENERGÉTICA.....	62
11.4. BENEFÍCIOS	63
11.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

Lista de gráficos

Gráfico 1 – Área colhida e de plantio de cana do setor sucroalcooleiro (Brasil)	10
Gráfico 2 – Participação da cana planta na área total colhida e produtividade (Brasil)	11
Gráfico 3 – Idade média do canavial (Brasil e regiões).....	11
Gráfico 4 – Valor captado de financiamentos públicos para o cultivo da cana.....	12
Gráfico 5 – Colheita e Plantio mecanizados x Rendimento da cana.....	14
Gráfico 6 – Histórico anual do processamento de cana	15
Gráfico 7 – Produção brasileira de etanol	16
Gráfico 8 – Produção brasileira de etanol de milho	16
Gráfico 9 – Evolução mensal do estoque físico de etanol.....	17
Gráfico 10 – Produção e exportação brasileira de açúcar.....	18
Gráfico 11- Exportação brasileira de açúcar e câmbio.....	18
Gráfico 12 – Preços internacionais do açúcar VHP e cristal	19
Gráfico 13 – Mix de produção (açúcar x etanol).....	20
Gráfico 14 – Licenciamentos de veículos leves	21
Gráfico 15 – Demanda do ciclo Otto e participação dos diferentes combustíveis.....	22
Gráfico 16 – Demanda anual de etanol hidratado e gasolina C.....	23
Gráfico 17 – Produção, demanda e importação líquida de gasolina A	23
Gráfico 18 – Preços de etanol hidratado	25
Gráfico 19 – Relação de preços entre o hidratado e a gasolina C (PE/PG).....	26
Gráfico 20 – Relação PE/PG mensal em 2018	27
Gráfico 21 – Diferenciação Tributária - ICMS (gasolina x etanol) 2018.....	27
Gráfico 22 – Fluxo de usinas de cana no Brasil.....	29
Gráfico 23 – Participação da biomassa de cana na geração elétrica.....	32
Gráfico 24 – Autoconsumo e energia exportada pelas usinas de biomassa de cana	33
Gráfico 25 – Histórico de energia exportada para o SIN e cana processada.....	34
Gráfico 26 – Geração térmica a biomassa de cana versus PLD.....	35
Gráfico 27 – Participação das demais biomassas X cana-de-açúcar.....	36
Gráfico 28 –Preços médios - biodiesel e diesel sem ICMS.....	41
Gráfico 29 –Volume de biodiesel nos Leilões – Ofertado X Arrematado	41
Gráfico 30 – Produção regional de Biodiesel em 2018	42
Gráfico 31 – Capacidade instalada de produção e consumo de biodiesel.....	43
Gráfico 32 – Participação de matérias-primas para a produção de biodiesel (%).....	44
Gráfico 33 - Mercado de óleo de soja.....	45
Gráfico 34 – Exportação de glicerina bruta e glicerol.....	46
Gráfico 35 – Importação de metanol para biodiesel	46
Gráfico 36 – Exportações e importações brasileiras de etanol – 2007 a 2018.....	47
Gráfico 37 – Exportações e importações mensais de etanol – 2017 a 2018	48

<i>Gráfico 38 – Emissões Evitadas com Biocombustíveis em 2018 – Brasil</i>	<i>52</i>
<i>Gráfico 39 - Oferta interna de energia por fonte – 2008 e 2018.....</i>	<i>56</i>
<i>Gráfico 40 – Matriz energética- setor transporte – 2008 e 2018</i>	<i>56</i>
<i>Gráfico 41 - Participação do etanol hidratado no consumo do ciclo Otto 2008-2018</i>	<i>58</i>
<i>Gráfico 42 - Participação do biodiesel no consumo do ciclo diesel 2008-2018</i>	<i>59</i>
<i>Gráfico 43 - Matriz Elétrica - 2008 e 2018.....</i>	<i>60</i>
<i>Gráfico 44 - Participação da biomassa da cana na geração de bioeletricidade.....</i>	<i>61</i>
<i>Gráfico 45 - Oferta interna de energia – Brasil e Mundial (2025)</i>	<i>63</i>

Lista de tabelas

<i>Tabela 1- Preços médios anuais de etanol hidratado, gasolina C e relativo (PE/PG)</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 2 – Complexo soja</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 3 – Volumes finais da RFS (bilhões de litros).....</i>	<i>49</i>

Lista de figuras

<i>Figura 1 – Alíquota de ICMS do etanol e relação PE/PG por estado em 2018.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2 – Sistema integrado de logística para o etanol</i>	<i>30</i>
<i>Figura 3 – Evolução do percentual de adição de biodiesel ao diesel</i>	<i>38</i>
<i>Figura 4 – Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos</i>	<i>39</i>

1. Oferta de Etanol

Em 2018, a produção brasileira de etanol foi de 32,3 bilhões de litros, novo recorde histórico, com um aumento de 17% em relação a 2017. Em contraste, a produção de açúcar apresentou uma expressiva queda de 25%, alcançando 28,5 milhões de toneladas, o mesmo patamar observado entre 2005 e 2006. O setor sucroenergético processou 609 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, 4,3% inferior a 2017 (CONAB, 2019a) (MAPA, 2019).

A safra 2018/19 teve uma maior destinação do *mix* para a produção de etanol, decorrente da queda nas cotações do açúcar no mercado internacional. Além disso, foi também influenciada pelo envelhecimento das lavouras de cana-de-açúcar decorrente da baixa taxa de renovação, introdução da colheita mecanizada e problemas financeiros por parte de unidades do setor, similarmente ao observado em safras anteriores (CONAB, 2019b).

A produção nacional de etanol de milho mostrou, novamente, um aumento significativo, saltando de 413 milhões de litros para 720 milhões (UNICA, 2019a).

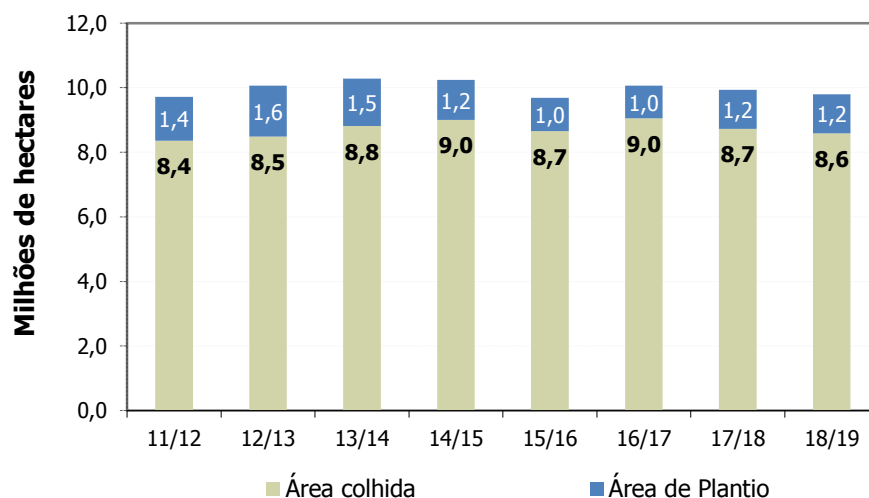
Para a safra 2019/20, espera-se o mesmo patamar de moagem de cana da safra 2018/19, devido ao envelhecimento do canavial, pela taxa de renovação abaixo do ideal. O regime de chuvas durante o ano influenciará os indicadores de rendimento e produtividade. O *mix* de produção deverá ser menos alcooleiro que o da safra anterior, em função da expectativa de recuperação do preço internacional do açúcar, motivado por balanço mundial mais equilibrado (CONAB, 2019b).

1.1. Área, Produtividade Agrícola e Rendimento da Cana

Área

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a área total colhida pelo setor sucroenergético, na safra 2018/19, foi de 8,6 milhões de hectares, queda de 1,6%, com relação à anterior, redução que foi observada em quase todas as regiões. As áreas arrendadas e não adequadas à colheita mecanizada vêm sendo descontinuadas no plantio de cana-de-açúcar e, em consequência, têm sido destinadas para outras culturas, como a soja (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b).

Desde a safra 2013/14, a área de cana colhida tem oscilado em torno de 8,8 milhões de hectares (Gráfico 1). Os principais motivos compreendem a devolução de áreas arrendadas (e plantio de outras culturas), existência de poucos projetos *greenfields* e a paralisação de diversas unidades produtoras existentes. A área de plantio foi similar à observada na safra anterior, 1,2 milhão de hectares. Apenas as regiões Sudeste e Sul tiveram aumento da área plantada, com crescimento de 9% e 22%, respectivamente, em relação ao período anterior (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b).

Gráfico 1 – Área colhida e de plantio de cana do setor sucroalcooleiro (Brasil)

Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b)

Para a safra 2019/20, a CONAB estima uma redução de 2,4% para a área colhida de cana destinada ao setor sucroenergético, atingindo 8,4 milhões de hectares. O principal motivo está relacionado ao estado de São Paulo, com uma queda de 181,5 mil ha (-4,1%), motivada pela expansão do plantio de soja (CONAB, 2019b).

Produtividade Agrícola

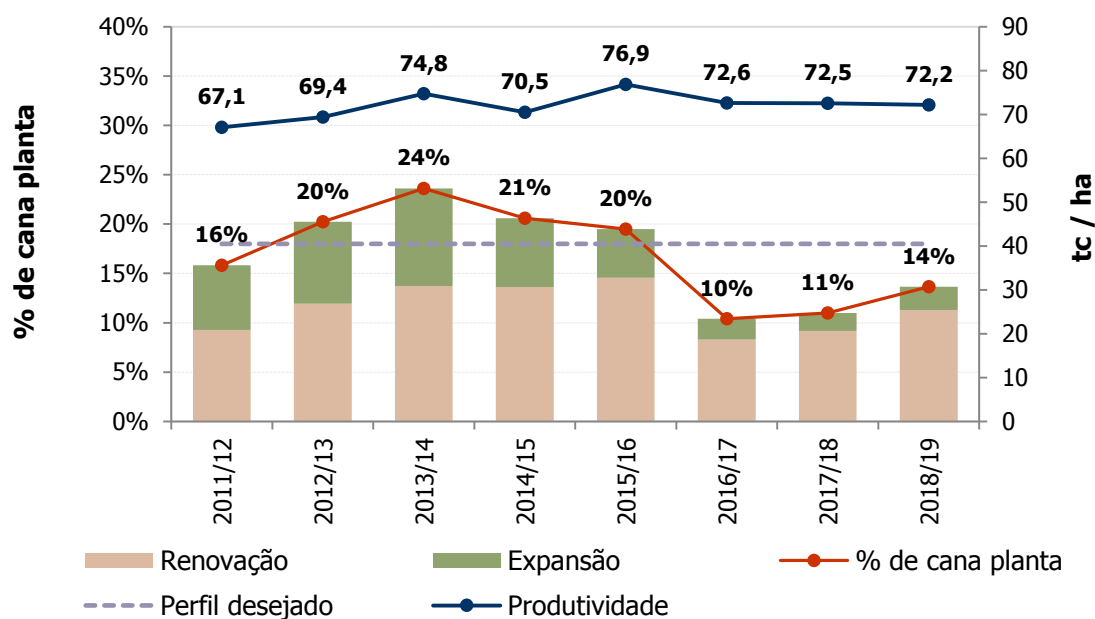
A produtividade média do setor sucroenergético brasileiro na safra 2018/19 foi de 72,2 tc/ha, ligeira queda de 0,4% com relação à anterior (72,5 tc/ha). A região Centro-Sul, que representou 93% da produção total, sofreu uma retração de 2,7%. Já na região Norte-Nordeste, houve aumento de 7%. A produtividade tem se mantido praticamente constante em função de diversos fatores, como envelhecimento das lavouras, baixa renovação, falta de investimento, colheita mecanizada. Além disso, essa safra foi caracterizada por uma estiagem, principalmente no Centro-Sul (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b).

A avaliação do desempenho da produção sucroenergética requer também verificar como está distribuída a área de cultivo da cana, que é diferenciada em: área reformada, em reforma, de expansão e de cana soca¹. A participação da cana planta² (cana planta/cana total) considerada ideal é de 18%, percentual relativo a uma renovação do canavial após cinco safras (UNICA, 2017).

O Gráfico 2 apresenta a evolução da participação da cana planta no total de cana colhida no Brasil, excluindo a área de cana em reforma (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b).

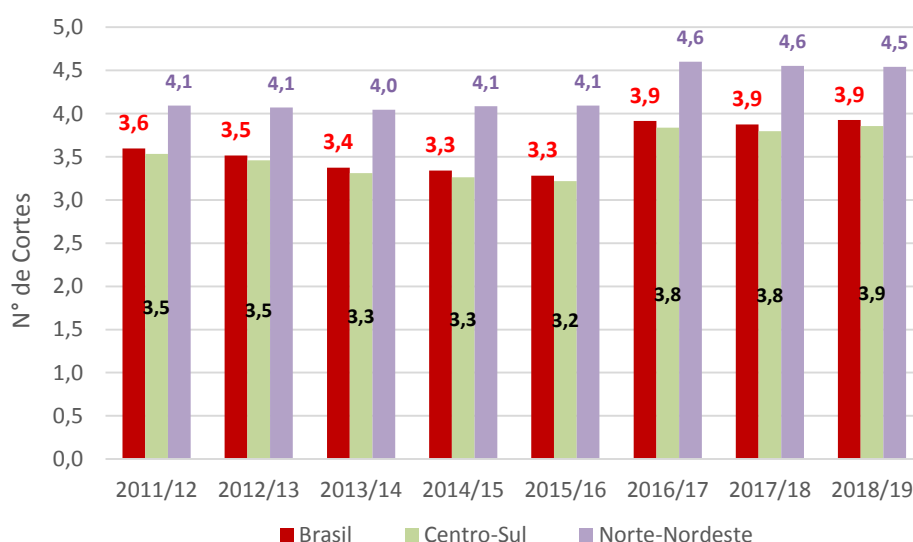
¹ Área reformada é aquela recuperada no ano da safra anterior e que está disponível para colheita. Área em reforma é aquela que não será colhida, pois se encontra em período de recuperação para o replantio da cana ou outros usos. Área de expansão é a classe de lavouras de cana que, pela primeira vez, está disponível para colheita. Área de cana soca é aquela que já passou por mais de um corte.

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

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

Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b) e (UNICA, 2017)

Verifica-se que a participação de cana planta na safra 2018/19 apresentou um crescimento de 3 pontos percentuais com relação à anterior, saindo de 11% para 14%, ainda distante do valor ideal (18%). Apesar disso, a produtividade agrícola manteve-se no mesmo patamar, visto que o canavial brasileiro permanece com elevada idade média³, como pode ser observado no Gráfico 3. Note-se também a acentuada diferença entre as regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul.

Gráfico 3 – Idade média do canavial (Brasil e regiões)

Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b)

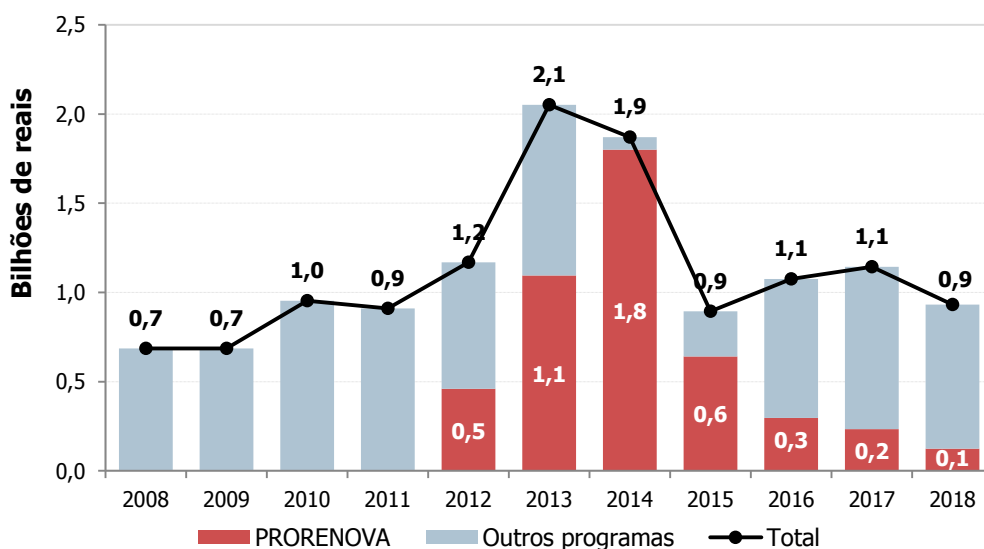
³ Quanto maior for o estágio médio de corte (idade do canavial), menor será a área com cana mais nova e, consequentemente, menor a produtividade média, visto que essa decresce a cada corte.

O gráfico anterior evidencia que a idade média do canavial no Brasil vinha apresentando uma queda gradual da safra 2011/12 até a 2015/16. Porém, aumentou 19% na safra 2016/17 (3,9 cortes), patamar que vem sendo mantido. Apesar da área de plantio ter permanecido com a mesma extensão da safra anterior (Gráfico 1), em termos proporcionais, esta aumentou. Tal situação também deverá ocorrer na próxima safra (2019/20), ou seja, mesmo tamanho da área de plantio, com redução de área colhida. Desta forma, a produtividade estimada pela CONAB (CONAB, 2019b) é de 73,5 tc/ha, alta de 1,7% em relação à anterior. Caso este movimento perdure, a idade média do canavial se reduzirá nos próximos anos.

Registra-se que as melhorias na idade média do canavial a partir de 2012 convergem com a introdução do PRORENOVA (Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais) do BNDES⁴. Em 2019, o limite por operação de financiamento passou de R\$ 20 milhões para R\$ 150 milhões, limitado a 80% do valor do projeto. Manteve-se a utilização exclusiva para o plantio de variedades protegidas ou de clones potenciais de cana-de-açúcar (cana planta) (BNDES, 2019a).

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

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



Fonte: EPE a partir de (BNDES, 2019b)

Conforme mostra o Gráfico 4, os desembolsos totais do BNDES na área agrícola para o cultivo da cana em 2018 foram de 0,9 bilhão de reais. O gráfico evidencia que esse montante global está situado no mesmo patamar observado nos anos anteriores, à exceção de 2013 e 2014, nos quais o desembolso correspondeu a quase o dobro desse

⁴ Além do PRORENOVA, há no BNDES outros programas que podem ser utilizados pelo setor sucroenergético: o PAISS (Plano Conjunto de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico); o BNDES Finem; Fundo Clima; e Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono) (BNDES, 2019e).

valor (BNDES, 2019b). Ao analisar somente o PRORENOVA, nota-se que em 2018 os desembolsos tiveram uma redução de 47%, comparativamente a 2017.

Quanto aos investimentos totais para o segmento sucroenergético, houve uma expansão de 11%: R\$1,9 bilhão em 2018 contra R\$ 1,7 bilhão em 2017. Note-se que o investimento no setor teve seu ápice histórico em 2010, com a cifra de R\$ 7,4 bilhões.

Rendimento da Cana (ATR⁵/tc)

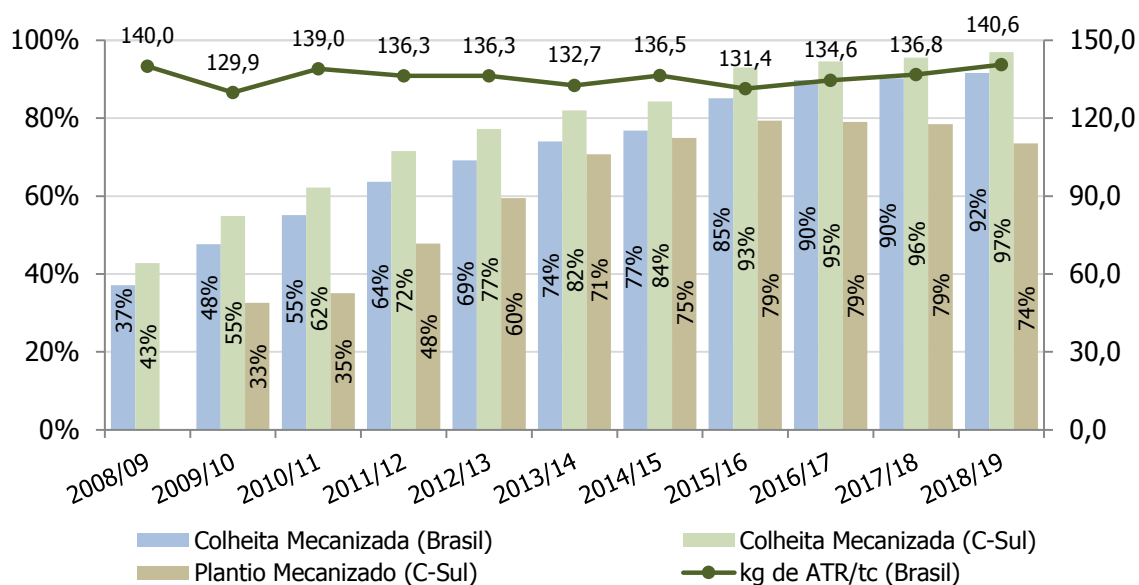
O rendimento da cana-de-açúcar na safra 2018/19 foi de 140,6 kg ATR/tc, crescimento de 2,8% em relação à anterior (136,8 kg ATR/tc), o melhor registro desde a safra 2008/2009 (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b). As regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste apresentaram crescimentos de 6,9%, 4,8% e 1,7%, respectivamente, com destaque para a primeira, onde atingiu 147,6 kg/tc. As condições climáticas, idade das lavouras, impurezas minerais e vegetais e a defasagem entre a implantação da mecanização do plantio e da colheita da cana são os principais fatores que influenciam esse indicador.

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar foi implantada no país, principalmente, para atingir as metas impostas pelas leis e acordos ambientais de redução das queimadas. Entretanto, observa-se que houve um descompasso entre a mecanização da colheita e a do plantio, além de outras operações ligadas ao seu cultivo. Dessa forma, ocorreu um aumento da quantidade de impurezas minerais e vegetais que é conduzida para dentro da unidade industrial, junto com a cana, degradando a sua qualidade.

Conforme indicado no Gráfico 5, em 2018, a mecanização da colheita no Brasil subiu de 90% para 92%. No Centro-Sul, a colheita mecanizada aumentou de 96% para 97% (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b), enquanto a mecanização do plantio caiu para 74%, depois de três safras mantendo-se no patamar de 79% (CTC, 2019). A combinação desses dois movimentos levou ao aumento da defasagem nessa região produtora, que subiu de 17% para 23% (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b) (CTC, 2019). A redução da participação do plantio mecanizado está relacionada à substituição das plantadoras nas regiões mais tradicionais do país, de forma a buscar a recuperação da produtividade e redução de custos (devido ao alto consumo de mudas e falhas no plantio com a utilização das máquinas), somado ao aumento do uso da técnica de meiosi⁶ (UDOP, 2019).

⁵ Açúcares Totais Recuperáveis.

⁶ MEIOSI – Método Interrotacional Ocorrendo Simultaneamente.

Gráfico 5 – Colheita e Plantio mecanizados x Rendimento da cana

Nota: Os dados de colheita foram extraídos da CONAB (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b), enquanto os de mecanização do plantio foram obtidos de usinas associadas ao CTC (CTC, 2019), que representam apenas uma parcela do setor sucroenergético, não incluindo fornecedores. Segundo CTC (CTC, 2019), em 2018, a mecanização da colheita no Centro-Sul foi de 98%.

Fonte: (CONAB, 2019a) (CONAB, 2019b), (CTC, 2019) e (UNICA, 2013a) (UNICA, 2013b) (UNICA, 2014a) (UNICA, 2017)

A Conab (CONAB, 2019b) estima que a safra 2019/20 apresentará uma redução de 1,4% no rendimento, atingindo 138,7 kg ATR/tc.

É importante destacar que o principal componente que interfere no rendimento é a quantidade de impurezas totais (minerais e vegetais) presentes na cana colhida, decorrente da introdução inadequada da mecanização nos processos agrícolas, conforme mencionado anteriormente. Em 2018, observou-se uma melhoria nesse teor, que caiu de 9,7% em 2017 para 9,1%, concomitantemente ao de impurezas vegetais, que caiu de 8,5% para 8,1%. Como comparativo, o teor de impurezas totais no ano de 2008 foi de 6,7% (CTC, 2019) (UNICA, 2013a). Nesse contexto, torna-se imperativa a continuidade da atuação sobre esse fator, de forma a manter a recuperação da parcela do rendimento que foi perdido.

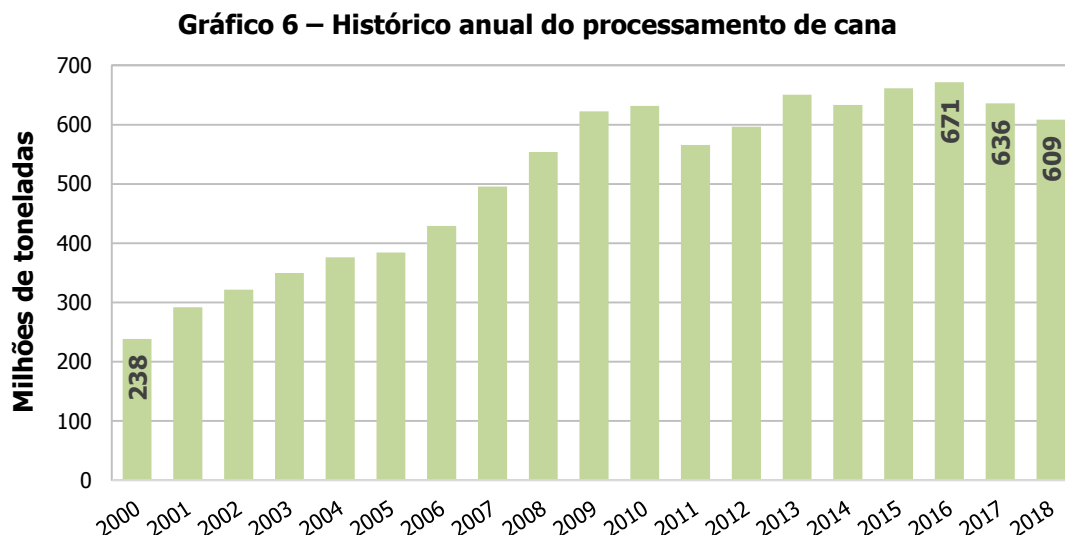
Nesse sentido, o manejo varietal⁷ e o agrônomo mostram-se essenciais ao melhor desempenho da produção em termos de produtividade e rendimento, os quais devem ser conjugados à equalização da mecanização da cultura. Algumas ações importantes nesse sentido são: a adequação do espaçamento entre as linhas do canavial; o dimensionamento do talhão, de forma a evitar o pisoteio durante as manobras das colhedoras; o agrupamento de variedades e altura das leiras, para realizar o corte o mais próximo ao solo⁸; e o plantio de variedades mais adequadas para cada tipo de solo e colheita.

⁷ Para a colheita mecanizada, quanto mais ereta a cana permanecer, menor a quantidade de impurezas vegetais e minerais que serão levadas para dentro da unidade industrial, dada a regulação da altura de corte das ponteiros na colhedora.

⁸ A cana tem maior teor de sacarose na parte mais próxima ao solo.

1.2. Processamento de cana-de-açúcar

O total de cana processada atingiu 609 milhões de toneladas em 2018, 4,3% inferior a 2017, conforme apresenta o Gráfico 6 (MAPA, 2019). Os principais motivos foram o fechamento ou paralisação de unidades, além de menores área e produtividade.



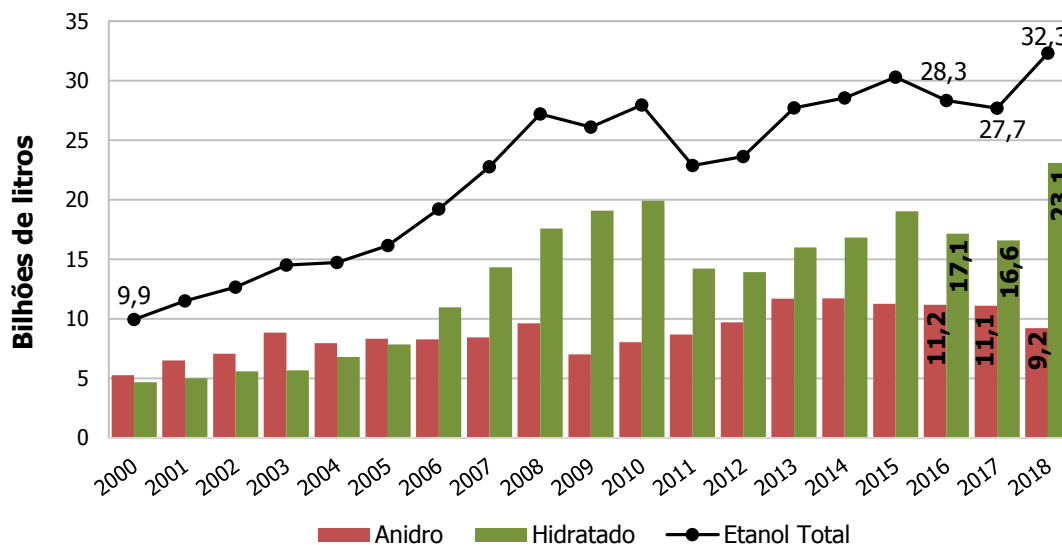
Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2019)

Pela ótica de ano safra, a cana processada em 2018/19 foi 2% menor em relação à safra 2017/18, segundo a Conab (CONAB, 2019c). Dessa forma, espera-se que o resultado em termos de ano civil seja equivalente.

1.3. Produção de etanol

Em 2018, foram produzidos 32,3 bilhões de litros de etanol, divididos em 23,1 bilhões de hidratado (aumento de 39%) e 9,2 bilhões de anidro (queda de 17%). Assim, o volume total de etanol produzido foi 17% superior a 2017, atingindo novo máximo histórico, conforme ilustra o Gráfico 7 (MAPA, 2019).

Gráfico 7 – Produção brasileira de etanol



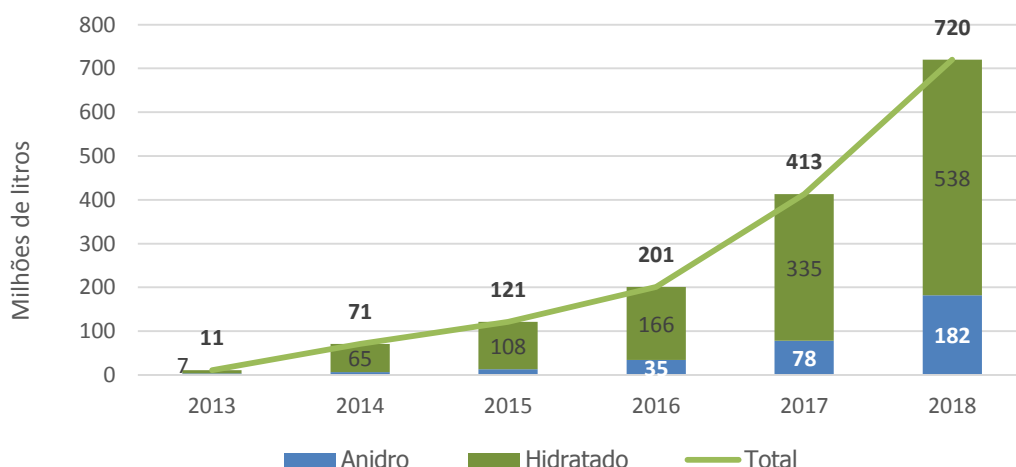
Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2019)

O aumento na produção de etanol em 2018 se deveu aos seguintes fatores:

- Queda nos preços de açúcar, com *superávit* mundial na safra 2017/18 (maiores detalhes no Item 1.4).
- Relação entre os preços médios do etanol hidratado e da gasolina C mais favorável ao etanol (maiores detalhes no Item 3).

Particularmente, o etanol proveniente do milho tem apresentado um elevado crescimento nos últimos anos (mais de 10 vezes). Em 2018, sua produção, que se concentra nos estados de Mato Grosso e Goiás, atingiu 720 milhões de litros (vide Gráfico 8), 74% superior a 2017.

Gráfico 8 – Produção brasileira de etanol de milho



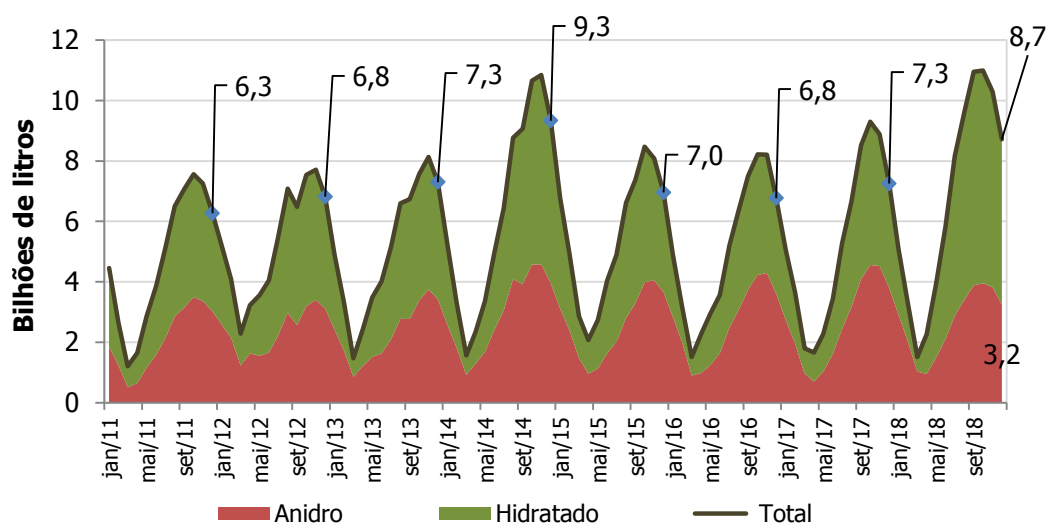
Fonte: EPE a partir de (UNICA, 2019b)

Estimativas da Conab (CONAB, 2019c) indicam que, em 2019, a produção de etanol a partir do cereal será de 1,4 bilhão de litros, reafirmando seu potencial dentro do *portfólio* de opções para o setor de biocombustíveis e para a matriz energética brasileira.

Estoque de etanol

O Gráfico 9 apresenta o histórico da variação de estoque físico⁹ mensal de etanol declarado ao MAPA. Pode-se observar que o estoque de passagem¹⁰, em 31 de dezembro de 2018, foi de 8,7 bilhões de litros de etanol. Destes, 3,2 bilhões foram de etanol anidro, o que correspondeu a uma redução de 15% em relação a dezembro de 2017. Já o etanol hidratado teve um aumento de 58% nos estoques. Neste período, o volume total de etanol carburante consumido aumentou 13,9%, o que será analisado no Item 2 deste estudo (MAPA, 2019).

Gráfico 9 – Evolução mensal do estoque físico de etanol



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2019)

As regras vigentes relativas ao estoque obrigatório de etanol anidro são estabelecidas pela Resolução ANP nº 719, de 22 de fevereiro de 2018 (ANP, 2018c). De acordo com a mesma, em 31 de março de cada ano, o estoque mínimo obrigatório de anidro para o etanol produzido pelas usinas é de 4%. Para as distribuidoras, é de 10 dias de comercialização, estando a ANP autorizada a determinar a extensão para 15 dias, caso haja necessidade para fins de abastecimento durante a entressafra.

O estoque disponível de etanol anidro observado em 31 de março de 2019 foi de 1.656 milhões de litros (MAPA, 2019), volume que atende ao estipulado pela ANP.

Em 2018, o Projeto de Decreto Legislativo nº 61 (SENADO FEDERAL, 2018) propôs a flexibilização da sistemática de comercialização do etanol hidratado carburante, de forma a permitir aos seus fornecedores vendê-lo diretamente aos postos revendedores, sem a necessidade do distribuidor como agente intermediário. Esse assunto tem sido objeto de muito debate e é bastante complexo. A ANP realizou uma Tomada Pública de Contribuições (ANP, 2018e) e constituiu um Grupo Técnico com o CADE e Ministério da Fazenda (à época), para avaliar os principais aspectos relacionados ao tema (ANP, 2018b) (CADE, 2018).

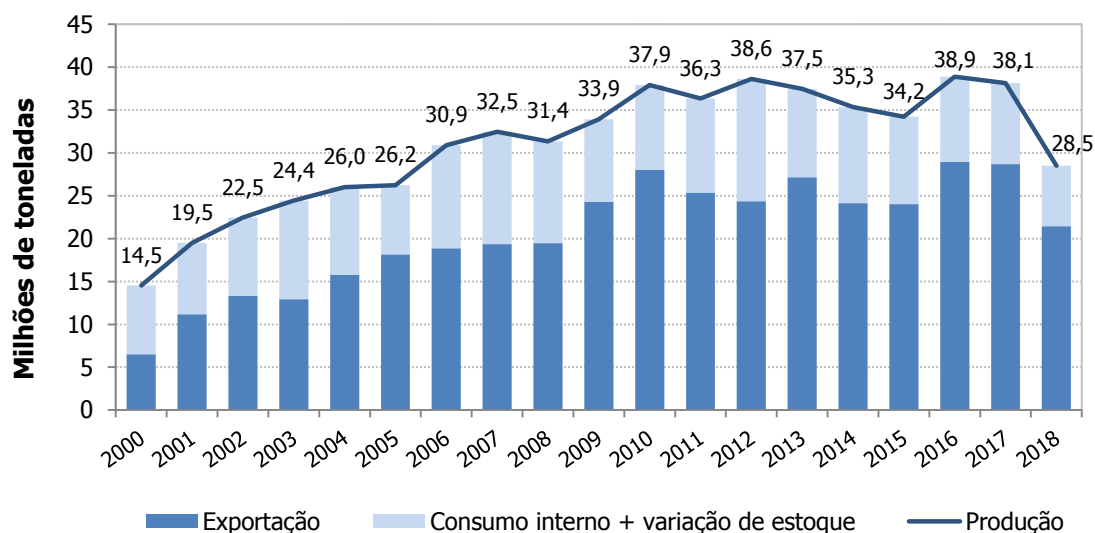
⁹ Estoque Físico corresponde ao volume real armazenado nos tanques da unidade produtora, inclusive o volume já vendido e não retirado.

¹⁰ Estoque de Passagem corresponde ao armazenado nos tanques da unidade produtora no fim do ano civil.

1.4. Produção de açúcar

Em 2018, a produção brasileira de açúcar alcançou 28,5 milhões de toneladas (25% inferior a 2017), conforme pode ser observado no Gráfico 10. A queda de aproximadamente dez milhões de toneladas na produção da *commodity* foi desdobrada em uma redução de 2,3 milhões na componente “consumo interno + variação de estoques” e uma diminuição de 7,3 milhões de toneladas na exportação. Em 2018, as exportações de açúcar foram de 21,4 milhões de toneladas (redução de 25%), constituindo o menor registro desde 2009 (MAPA, 2019).

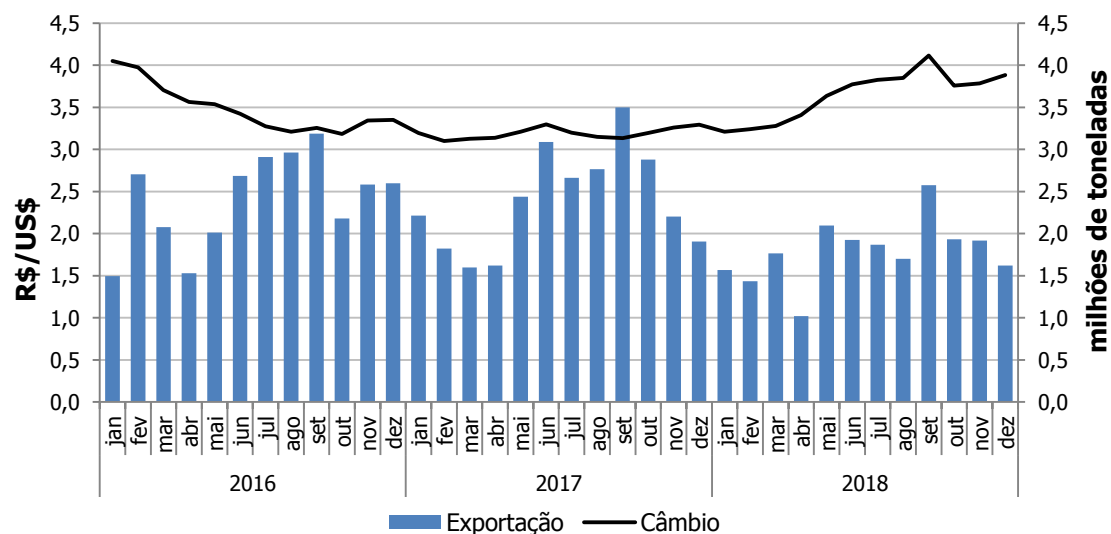
Gráfico 10 – Produção e exportação brasileira de açúcar



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2019)

O Gráfico 11 mostra o comportamento das exportações mensais brasileiras de açúcar, que se mantiveram bem abaixo do observado em anos anteriores. Note-se que a cotação do dólar apresentou trajetória crescente ao longo do ano de 2018.

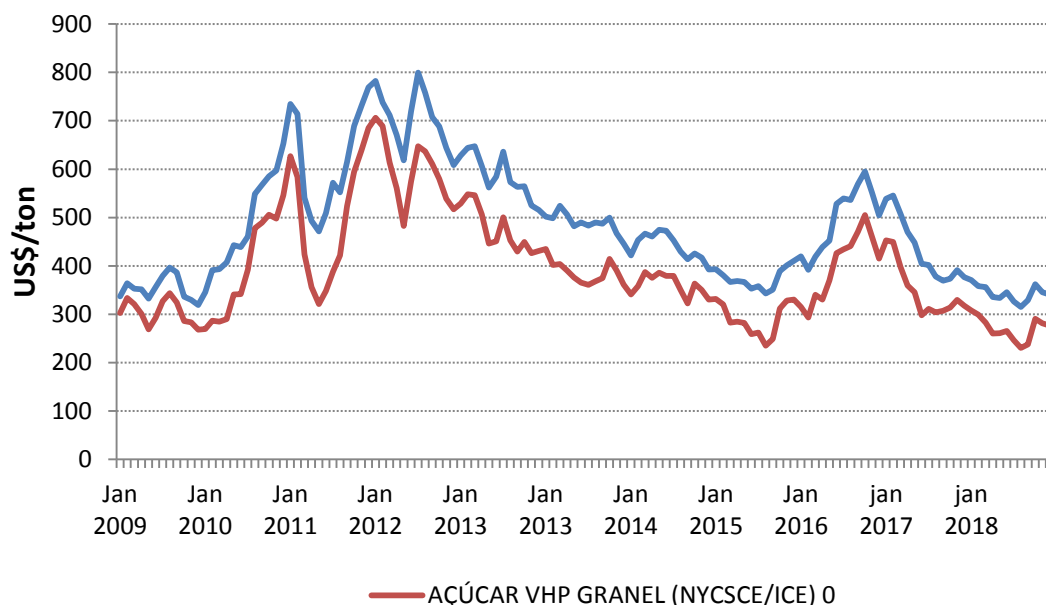
Gráfico 11- Exportação brasileira de açúcar e câmbio



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2019) e (MDIC, 2019)

No que concerne aos preços médios do açúcar VHP (NYCSCE/ICE) e cristal (LIFFE), houve uma queda, em relação ao ano de 2017, respectivamente, de 23% e 21%, como se pode observar através da análise do Gráfico 12.

Gráfico 12 – Preços internacionais do açúcar VHP e cristal



Nota: Bolsa de Nova Iorque (NYCSCE/ICE) – Contrato 11 e Bolsa de Londres (LIFFE) – Contrato 407.

Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2019)

A safra mundial 2017/18 apresentou um balanço (oferta/demanda) positivo, na ordem de 8,2 milhões de toneladas, com a relação estoque/consumo em 47,7%. Para a safra 2018/19, a expectativa é de que ocorra um *superávit* de 480 mil toneladas e uma relação estoque/consumo de 47,3%. Essa estimativa se deve, principalmente, aos elevados estoques e à produção acima da esperada na Índia e na Tailândia. Para a safra 2019/20, estima-se um déficit de 2,3 milhões de toneladas, com relação estoque/consumo de 45,5%. Importante ressaltar que esse cenário é influenciado pela manutenção do perfil de produção mais alcooleiro da safra do Centro-Sul brasileiro, assim como pelo elevado estoque final de açúcar referente ao balanço mundial (DATAGRO, 2019).

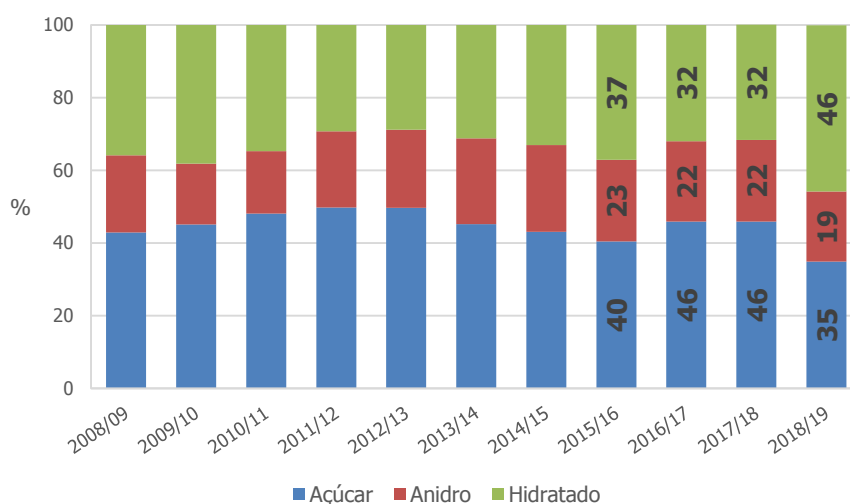
Diversos fatores podem influenciar o mercado mundial de açúcar, como os estoques globais, o mercado de petróleo e a taxa de câmbio. Outros fatores também podem contribuir. Por exemplo, a Organização Mundial da Saúde recentemente recomendou que o consumo de açúcar livre seja inferior a 10% do consumo diário de energia, de forma a reduzir o sobrepeso e a obesidade (WHO, 2015). Dessa forma, alguns países, como México, França, Noruega e Reino Unido possuem iniciativas nesse sentido, o que poderá reduzir a demanda por este produto. Em 2018, no Brasil, o Ministério da Saúde assinou um acordo com associações de setor de alimentos para reduzir 144 mil toneladas de açúcar de bolos, misturas para bolos, produtos lácteos, achocolatados, bebidas açucaradas e biscoitos recheados (MS, 2018).

1.5. Mix de produção

Em 2018, o percentual de ATR destinado à produção do etanol apresentou grande crescimento, evoluindo de 54% para 65%, com destaque para o hidratado, que saltou

de 32% para 46% do *mix* de produção (CONAB, 2019a), conforme mostra o Gráfico 13. Note-se que, em todo o período analisado, as usinas brasileiras têm destinado a maior parte do ATR para o etanol. Ao final da safra 2018/2019, com o *superávit* no balanço mundial de açúcar e a queda na sua cotação, houve uma destinação ainda maior para a produção de etanol. Na próxima safra, essa distribuição deverá apresentar pequena variação para o açúcar, mas mantendo-se num perfil majoritariamente alcooleiro, pois os estoques mundiais ainda se encontram elevados (vide item 1.4).

Gráfico 13 – *Mix* de produção (açúcar x etanol)



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2019a)

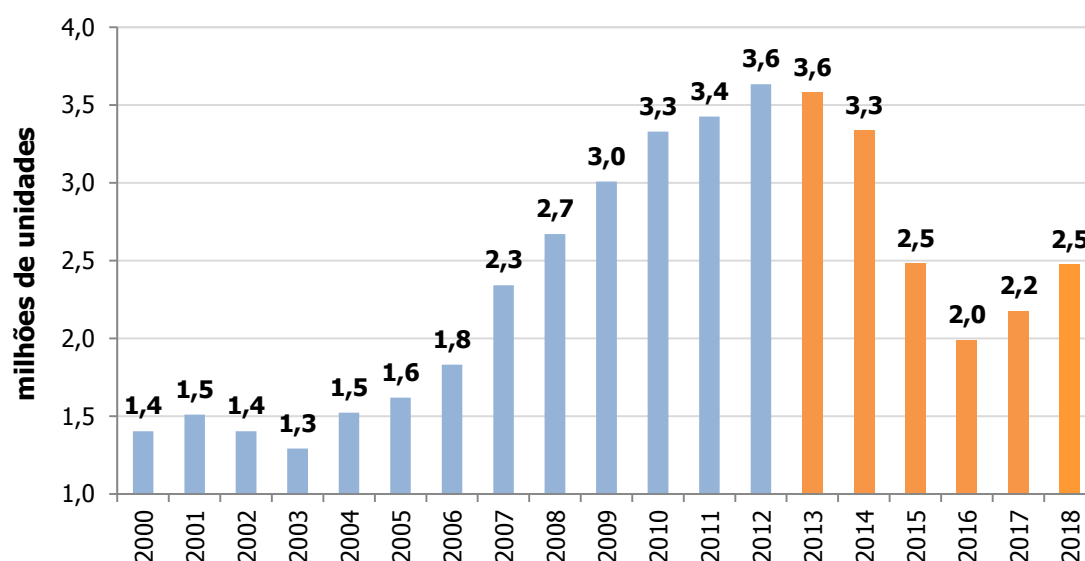
Em 2018, a remuneração do ATR no estado de São Paulo foi de R\$0,57/kg ATR (CONSECANA, 2019), valor semelhante ao observado em 2017.

2. Demanda do Ciclo Otto

2.1. Licenciamento e frota de veículos leves

Em 2018, foram licenciados 2,5 milhões de veículos leves novos no Brasil, 13,8% a mais que em 2017 (ANFAVEA, 2019). Este segundo aumento sucessivo, após um período de quatro quedas consecutivas, conduziu o licenciamento anual ao mesmo nível dos registrados em 2015, ainda abaixo do recorde de 3,6 milhões de unidades, licenciadas em 2012 e 2013, conforme mostra o Gráfico 14.

Gráfico 14 – Licenciamentos de veículos leves



Fonte: EPE a partir de (ANFAVEA, 2019)

Do total de licenciamentos de veículos leves, na segmentação por porte, 84,8% foram automóveis e 15,2% comerciais leves. Na separação por combustível, a categoria *flex fuel* apresentou a maior participação no licenciamento total, com 87,6%, seguida pelos veículos movidos a diesel com 8,9%, a gasolina com 3,3%, e um pequeno percentual de veículos híbridos (3.970 unidades, 0,2% do total). No que tange à motorização, pelo nono ano consecutivo, foram licenciados majoritariamente automóveis com motores entre 1.0 e 2.0, respondendo a 63,1% do total (ANFAVEA, 2019).

A comercialização de veículos usados¹¹ aumentou ligeiramente em 2018 (0,4% em relação a 2017), alcançando 14,3 milhões de unidades, o que representou 84,8% das vendas totais de veículos (novos + usados). Houve um decréscimo significativo de 52,1% nas vendas de usados seminovos (0 a 3 anos), de 2017 para 2018, as quais atingiram 2,4 milhões de unidades, o menor valor dos últimos cinco anos. Por outro lado, ocorreu aumento de 29,4% nas vendas de usados mais antigos¹², chegando a 11,9 milhões de unidades (FENAUTO, 2019).

¹¹ Inclui motos e comerciais pesados usados.

¹² Veículos usados com idades superiores a 3 anos. Inclui motos e comerciais pesados.

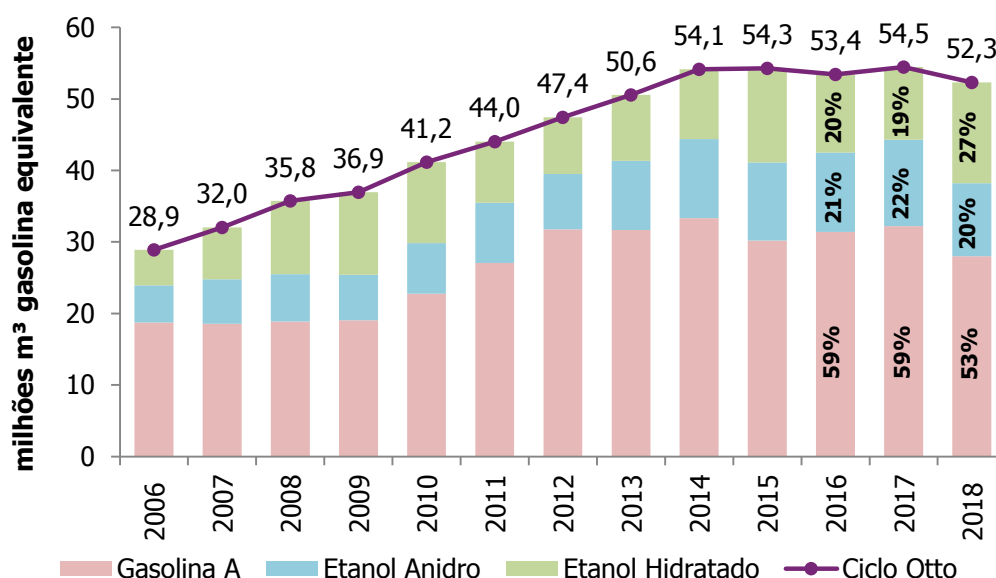
Quanto às motocicletas, em 2018 foram licenciadas 958 mil novas unidades, 17,6% a mais do que no ano anterior, conforme dados da ABRACICLO (ABRACICLO, 2019). Este foi o primeiro aumento após um período de seis quedas consecutivas.

Como resultado do licenciamento observado em 2018, a frota brasileira de veículos leves ciclo Otto cresceu 1,4% e manteve-se em cerca de 37 milhões de unidades, com a tecnologia *flex fuel* representando 76,4% do total.

2.2. Demanda de combustíveis da frota ciclo Otto

A demanda total de energia dos veículos leves do ciclo Otto, em 2018, foi de 52,4 bilhões de litros de gasolina equivalente, um decréscimo de 4% sobre o ano anterior. Na distribuição por combustíveis, a gasolina A caiu de 59,2% para 53,4%, acompanhada pelo etanol anidro, que reduziu de 22,2% para 19,5%, conforme mostra o Gráfico 15. Já a participação do etanol hidratado subiu significativamente: de 18,7% para 26,9%. Este movimento fez com que o etanol total carburante aumentasse sua participação de 40,8% para 46,5%, aumentando a renovabilidade da matriz de ciclo Otto (EPE, 2019a). Os motivos para esse comportamento serão citados na próxima seção deste documento.

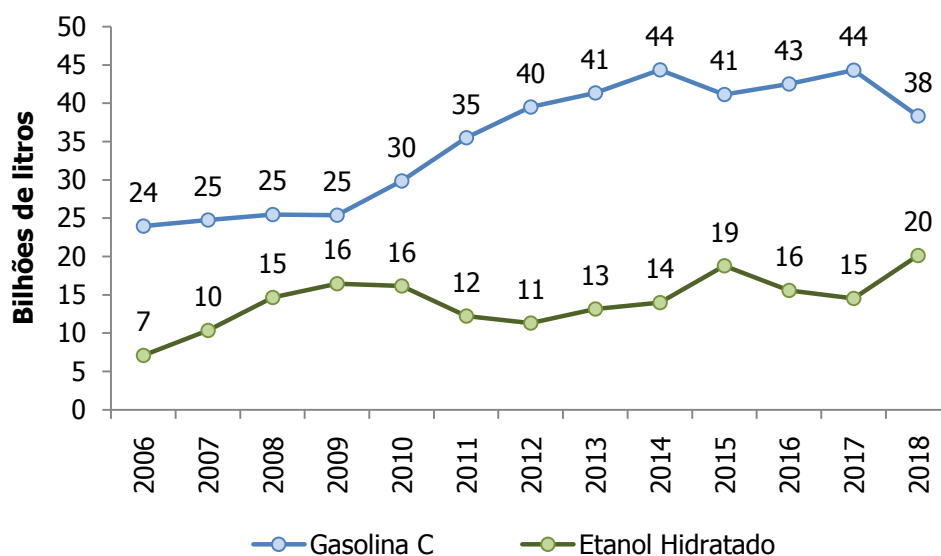
Gráfico 15 – Demanda do ciclo Otto e participação dos diferentes combustíveis



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

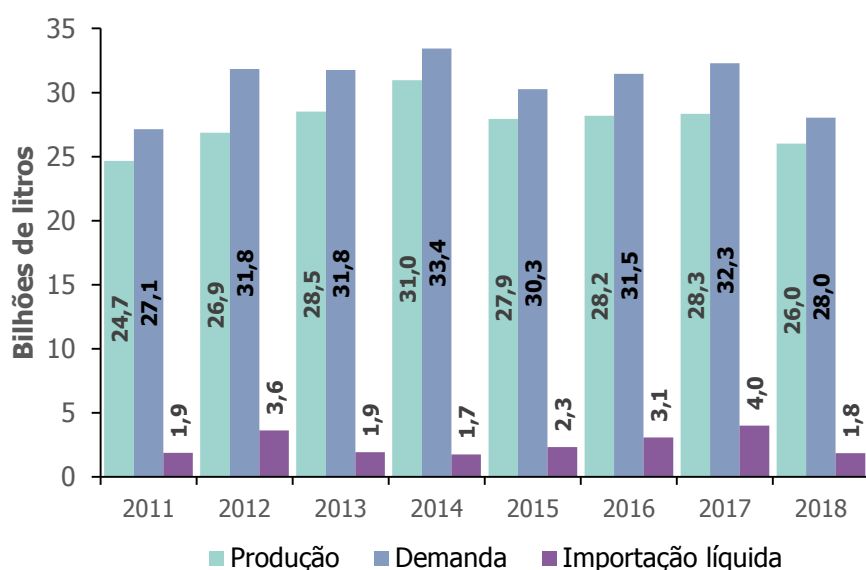
Fonte: EPE a partir de (EPE, 2019a)

A demanda do etanol hidratado em 2018 totalizou 20,1 bilhões de litros, representando um expressivo crescimento de 38,6% em relação ao ano anterior e o consumo de gasolina C perfez 38,4 bilhões de litros, queda de 13,4% em relação a 2017 (EPE, 2019a), como ilustra o Gráfico 16.

Gráfico 16 – Demanda anual de etanol hidratado e gasolina C

Fonte: EPE a partir de (EPE, 2019a)

O Gráfico 17 apresenta a evolução da demanda, produção e importação líquida de gasolina A, para o período 2011-2016.

Gráfico 17 – Produção, demanda e importação líquida de gasolina A

Fonte: EPE a partir de (EPE, 2019a)

Em 2018, enquanto a demanda nacional de gasolina A caiu 13,1% em relação ao ano anterior, chegando a 28 bilhões de litros, a sua produção reduziu 8,2%, a 26 bilhões de litros. O saldo comercial de gasolina A foi de 1,8 bilhão de litros de importação líquida, caindo a menos da metade do volume importado no ano anterior (4 bilhões) (EPE, 2019a). A carga de petróleo processada nas refinarias foi ligeiramente reduzida, 0,5% em relação aos valores de 2018 (ANP, 2019d). Enquanto a demanda do diesel fóssil caiu 1%, sua produção pelo parque de refino nacional cresceu 2,4% (mais detalhes no item 6).

3. Análise Econômica

3.1. Preços de combustíveis do ciclo Otto

O ano de 2018 foi marcado pelo aumento significativo dos preços do etanol hidratado, que acompanharam a elevação, inclusive superior, dos preços da gasolina C, como será visto adiante. O perfil de produção das usinas tornou-se ainda mais alcooleiro, visto que as quedas da cotação do açúcar no mercado internacional se acentuaram, seguindo tendência iniciada em 2017. Em relação à gasolina, o preço na refinaria passou por diversos reajustes, em função da política de paridade de preços internacionais da Petrobras¹³ (PETROBRAS, 2018a) (PETROBRAS, 2018b) (PETROBRAS, 2018c) (PETROBRAS, 2018d) (PETROBRAS, 2019a) (PETROBRAS, 2019b).

Com os Decretos nº 9.101, de 20 de julho de 2017, e nº 9.112, de 28 de julho de 2017, o governo alterou a tributação do PIS/COFINS sobre a importação e a comercialização de combustíveis, inclusive da gasolina e do etanol. Dessa forma, o PIS/COFINS incidente sobre o etanol tem se mantido no patamar de R\$241,81/m³ e para a gasolina, em R\$ 792,5/m³ (BRASIL, 2017a) (BRASIL, 2017b).

Além disso, em diversos meses de 2018, o Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) divulgou novos Preços de Referência dos Combustíveis, estabelecendo mudanças no Preço Médio Ponderado ao Consumidor Final (PMPF)¹⁴, que serve como parâmetro para a cobrança do ICMS (CONFAZ/MF, 2019).

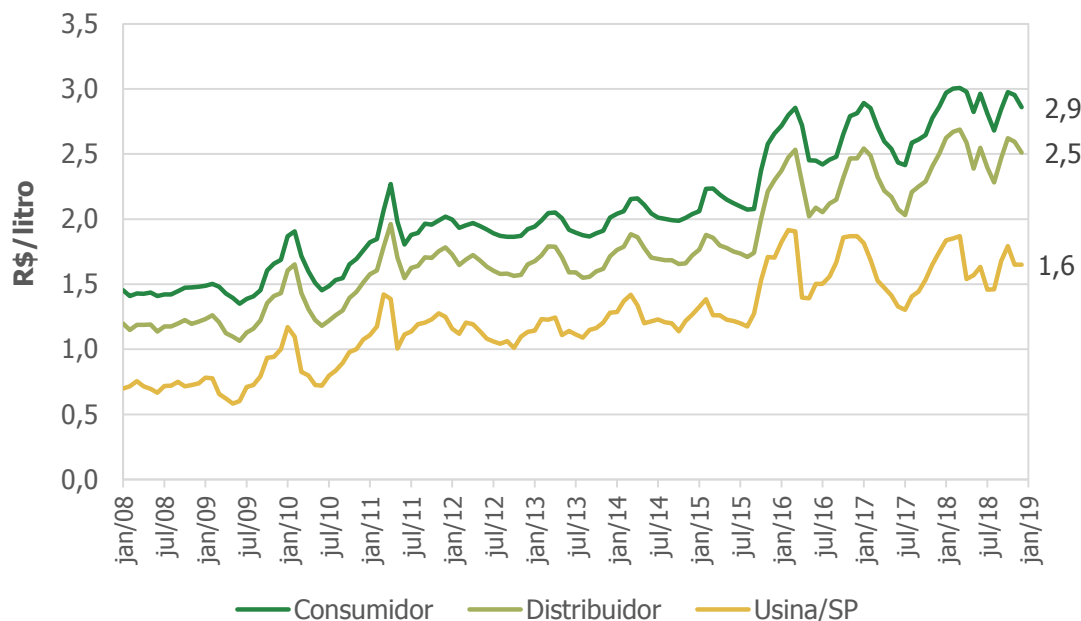
Dessa forma, para uma demanda de combustíveis do ciclo Otto inferior à observada no ano anterior (-3,9%), o consumo de etanol hidratado apresentou um significativo aumento de 37,5%, enquanto que para a gasolina C ocorreu uma redução de 13,4% (EPE, 2019a).

O Gráfico 18 apresenta um comparativo dos preços médios¹⁵ de etanol hidratado para o consumidor (Brasil), no distribuidor (Brasil) e nas usinas (São Paulo).

¹³ Note-se que, no âmbito das negociações sobre a paralisação dos caminhoneiros, em 28/05/2018, a Petrobras comunicou o Fato Relevante - Programa Temporário de Subvenção do Preço do Diesel, informando que o governo federal havia anunciado uma redução no preço do óleo diesel rodoviário de R\$ 0,46 por litro, através de redução da carga tributária e de subvenção a ser paga pela União (PETROBRAS, 2018a). Conforme apontado nesse Fato Relevante, a redução inicial foi mantida por 60 dias e após esse prazo os ajustes de preço do diesel passaram a ser mensais. A Petrobras informou que não subsidiaria o preço do diesel e não incorreria em prejuízo, já que seria ressarcida pela União. O recebimento dessa subvenção foi objeto de comunicação pela Petrobras como Fato Relevante em diferentes datas (PETROBRAS, 2018b) (PETROBRAS, 2018c) (PETROBRAS, 2018d) (PETROBRAS, 2019a) (PETROBRAS, 2019b) (PETROBRAS, 2019c). Não foram comunicadas alterações na Política de Paridade de Preços Internacionais para a Gasolina e outros combustíveis.

¹⁴ As mudanças foram nos seguintes Estados: AC, AL, AP, ES, MA, MT, PI, RR, RS, SP e TO.

¹⁵ Os preços médios ponderados pela produção brasileira das unidades da federação estão em valores correntes.

Gráfico 18 – Preços de etanol hidratado

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2018g) e (CEPEA/ESALQ, 2019).

A diferença entre os preços mínimo e máximo do etanol hidratado ao consumidor ao longo de 2018 foi de R\$ 0,33/litro (12%, entre agosto e março), menor do que as observadas nos dois últimos anos: em 2017, de R\$ 0,48/litro (20%, entre julho e janeiro), e em 2016, de R\$ 0,44/litro (18%, entre julho e março).

No início de 2018, o preço do etanol estava em alta. Acompanhando o movimento da safra, ao longo do ano tornou-se mais barato e, em sequência, aumentou. Comparando com os mesmos meses de 2017, as diferenças de valores chegaram a R\$ 0,53 por litro (o equivalente a 22%). Note-se que as margens médias anuais na revenda de etanol hidratado se mantiveram praticamente inalteradas entre 2015 e 2018, com média de R\$ 0,36/litro. Por outro lado, o acréscimo das margens na distribuição foi de 13% em 2018, atingindo R\$ 0,87/litro. Ressalte-se que já havia ocorrido uma elevação significativa em 2017, quando as margens alcançaram R\$ 0,77/litro, aumento de 30% em relação ao ano anterior. Os preços do etanol hidratado na usina (em São Paulo) estiveram acima dos valores praticados em 2017, em todos os meses, com exceção de dezembro. Os maiores aumentos de preços na usina ocorreram em março (22%) e junho (23%).

Os preços médios anuais do etanol hidratado e da gasolina C, para o consumidor, são mostrados na Tabela 1, bem como o preço médio relativo (PE/PG) e suas respectivas variações.

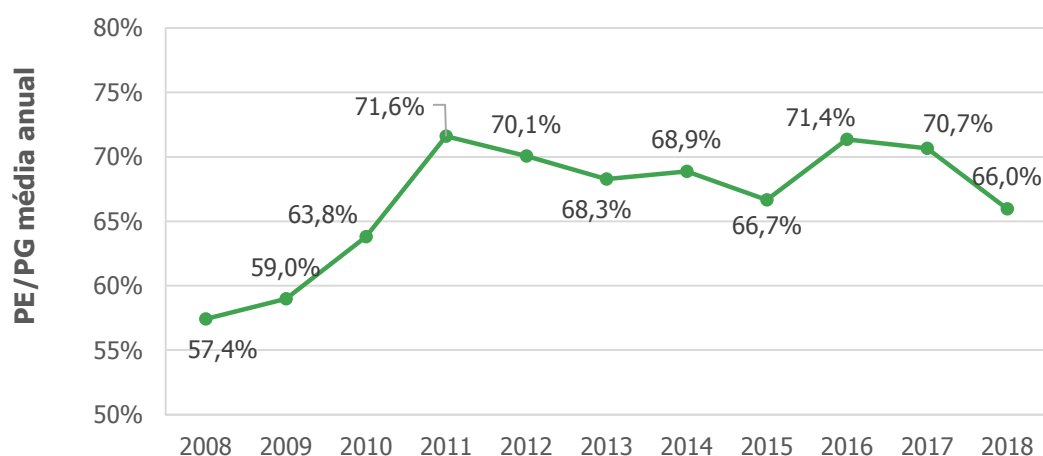
Tabela 1- Preços médios anuais de etanol hidratado, gasolina C e relativo (PE/PG)

Ano	Etanol Hidratado (R\$/litro)	Var. (% a.a.)	Gasolina C (R\$/l)	Var. (% a.a.)	PE/PG	Var. (% a.a.)
2008	1,44	1,5	2,51	-0,2	0,57	1,8
2009	1,49	3,3	2,52	0,5	0,59	2,7
2010	1,64	10,6	2,57	2,2	0,64	8,2
2011	1,96	19,1	2,73	6,2	0,72	12,2
2012	1,92	-2,1	2,74	0,1	0,70	-2,2
2013	1,95	1,7	2,86	4,4	0,68	-2,5
2014	2,05	5,1	2,98	4,3	0,69	0,8
2015	2,24	9,1	3,35	12,6	0,67	-3,2
2016	2,63	17,7	3,69	10,1	0,71	7,0
2017	2,66	1,0	3,76	2,1	0,71	-1,0
2018	2,90	8,9	4,40	16,8	0,66	-6,6

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2018g)

Em 2018, de maneira geral, o comportamento do preço do etanol hidratado, ao longo dos meses do ano, foi similar ao observado para a gasolina C.

O valor médio do etanol hidratado na bomba foi de R\$ 2,90/litro em 2018, um aumento de 8,9% comparado com o ano anterior, enquanto que a gasolina C ficou 16,8% mais cara, correspondendo a R\$ 4,40/litro. O preço do biocombustível teve um incremento menor que o da gasolina C, o que resultou em uma redução de 6,7% do preço relativo (PE/PG), em relação ao observado em 2017. Como efeito dessa queda, em 2018, a razão média entre preços foi de 66,0%, valor considerado favorável ao consumo do etanol, e representando a menor relação desde 2011. O Gráfico 19 ilustra a variação do preço médio anual relativo (PE/PG) desde 2008.

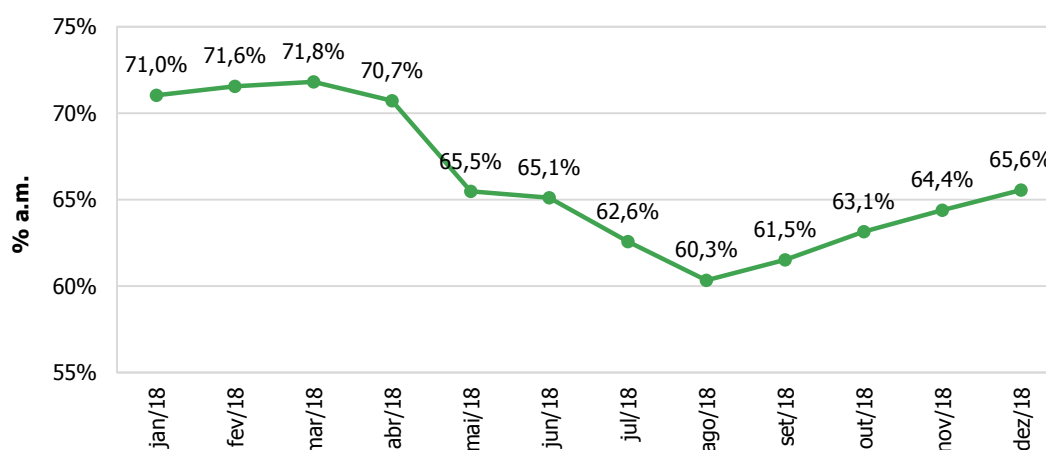
Gráfico 19 – Relação de preços entre o hidratado e a gasolina C (PE/PG)

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2018g)

O preço relativo PE/PG mensal ao longo de 2018 está ilustrado no Gráfico 20. Em janeiro, a relação PE/PG era de 71%, aumentou ligeiramente em fevereiro e março para 72%,

retornando ao patamar inicial em abril. A partir de então, exibiu uma trajetória de decréscimo até agosto, quando atingiu o valor mínimo de 60%, voltando a subir paulatinamente nos meses seguintes, até alcançar 66% em dezembro. Dessa forma, durante oito meses do ano, o etanol hidratado mostrou-se competitivo. Observe-se que São Paulo e Minas Gerais, representando, respectivamente, 47% e 10% da produção total de etanol no país, apresentaram uma relação PE/PG exatamente igual ao perfil médio nacional, com os meses de maio a dezembro favoráveis ao consumo de etanol. Destacam-se os estados de Goiás e Mato Grosso, que apresentaram uma relação PE/PG favorável ao consumo do biocombustível durante todo o ano de 2018.

Gráfico 20 – Relação PE/PG mensal em 2018

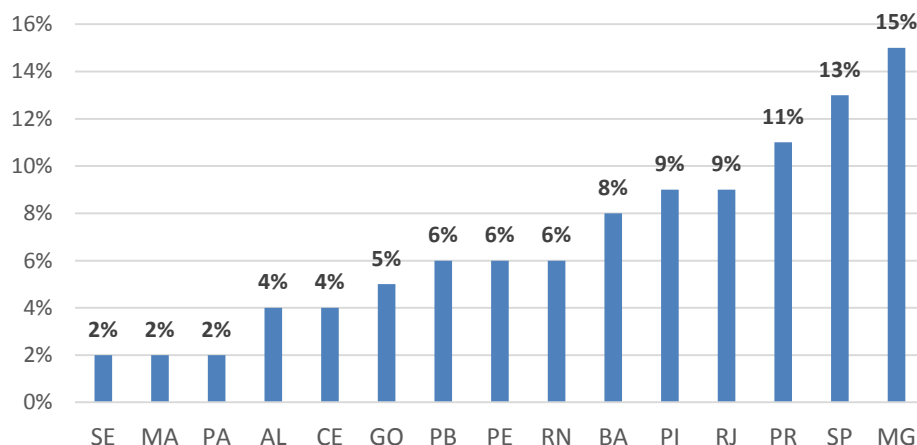


Fonte: EPE a partir de (ANP, 2018g)

3.2. ICMS nos combustíveis do ciclo Otto

Em 2018, analogamente ao ano anterior, 15 estados continuaram possuindo diferenciação nas alíquotas de ICMS do etanol e da gasolina, como forma de fomento ao mercado do biocombustível, conforme ilustra o Gráfico 21. Minas Gerais e São Paulo mantiveram a maior diferença entre os tributos, 15% e 13%, respectivamente.

Gráfico 21 – Diferenciação Tributária - ICMS (gasolina x etanol) 2018



Fonte: (CONFAZ/MF, 2019) e (FECOMBUSTIVEIS, 2018)

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

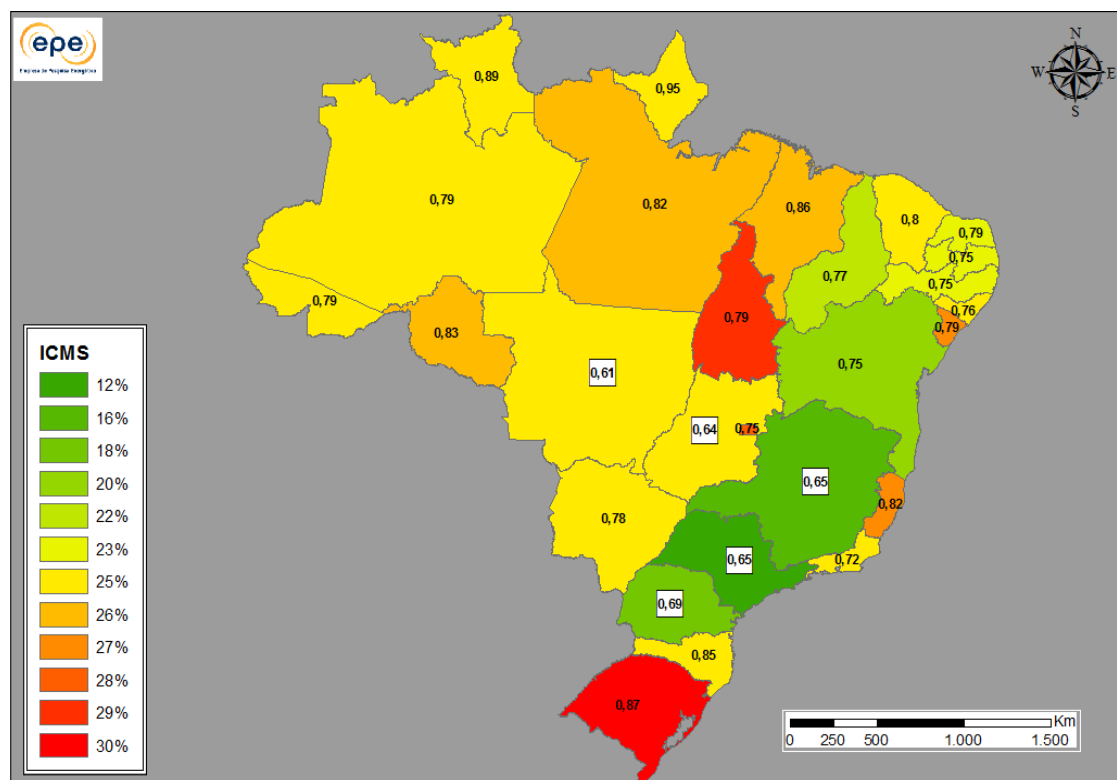


Figura 1 – Alíquota de ICMS do etanol e relação PE/PG por estado em 2018

Em 2018, a relação média PE/PG para o Brasil foi de 66,0%. O estado de Mato Grosso apresentou uma razão média anual de 60,5%, a menor do país. Em São Paulo, maior produtor e consumidor¹⁶, a relação média foi de 64,7% (a alíquota de ICMS para o etanol é a menor do país, 12%). Em Minas Gerais, que possui a segunda menor alíquota (16%), o valor de PE/PG anual foi de 65,3%. Os estados menos competitivos foram Amapá e Roraima, onde o preço do etanol atingiu, em média, 95% e 89% do preço da gasolina C, respectivamente, tendo estado igual ou ligeiramente inferior ao preço do derivado fóssil em diversos meses do ano.

¹⁶ São Paulo representou 47,1% da produção nacional do etanol (anidro e hidratado) e 44,8% do consumo brasileiro de hidratado em 2018 (MAPA, 2019).

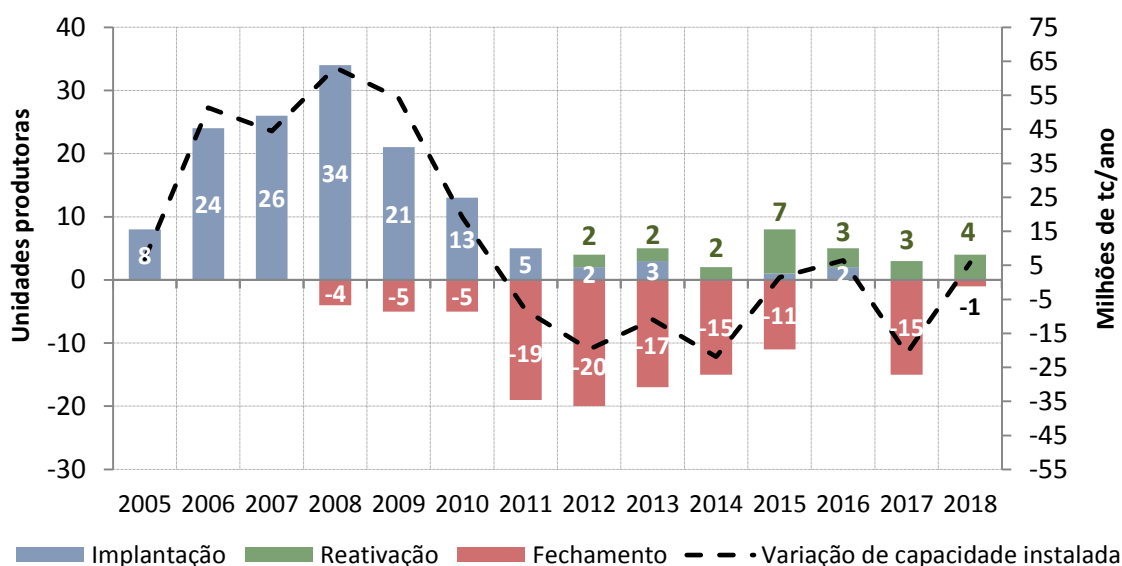
4. Capacidade de Produção e Infraestrutura de Transporte de Etanol

4.1. Capacidade produtiva

Em 2018, ocorreu a reativação de quatro unidades produtoras¹⁷, com capacidade de moagem agregada de 8 milhões de toneladas. Por outro lado, foi fechada uma unidade com capacidade de 2,2 milhões de toneladas. Neste ano, não houve implantação de nenhuma nova unidade de etanol de cana. Desta forma, o saldo anual equivale a um aumento de cerca de 6 milhões de toneladas.

O Gráfico 22 mostra o fluxo de implantação, reativação e fechamento de unidades entre 2005 e 2018. Verifica-se que o número de novas implantações caiu significativamente desde 2011. Estima-se que a capacidade nominal de moagem de cana tenha aumentado 171 milhões de toneladas ao longo do período, considerando as unidades implantadas, desativadas e reativadas.

Gráfico 22 – Fluxo de usinas de cana no Brasil



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2019) e (UNICA, 2014b)

De acordo com o MAPA (MAPA, 2019), o número de unidades sucroalcooleiras em operação em dezembro de 2018 era 369, correspondendo a uma capacidade de moagem efetiva de cerca de 750 milhões de toneladas¹⁸. Portanto, adotando a moagem realizada no ano de 2018, que foi de aproximadamente 609 milhões de toneladas, a taxa de ocupação da indústria sucroalcooleira foi de 81%.

Em 2018, foi implantada uma pequena unidade *flex* (associada com usinas de cana) de etanol de milho, totalizando 7 usinas operacionais deste tipo. A capacidade total de

¹⁷ Na contabilidade atual não são consideradas: unidades identificadas como produtoras de aguardente (inclusive as cadastradas no MAPA); unidades produtoras de etanol não derivados de cana e aquelas que paralisaram e retornaram no mesmo ano civil.

¹⁸ O cálculo considera as unidades que paralisaram as operações até 31 de dezembro de 2018, assim como as ampliações de capacidade de moagem realizadas no mesmo ano. Também considera um fator de capacidade médio de 90%.

processamento de milho é de 2,1 milhões de toneladas por ano e a de produção de etanol é de cerca de 900 milhões de litros/ano. Segundo a União Nacional do Etanol de Milho, foram identificadas sete unidades em construção, em sua maioria do tipo *full*, que agregarão 2,2 bilhões de litros na capacidade produtiva de etanol proveniente deste cereal (UNEM, 2019).

Segundo a ANP, ao final de dezembro de 2018, 370 unidades estavam aptas a comercializar etanol anidro e hidratado¹⁹, cujas capacidades de produção eram de 126 mil m³/dia e 233 mil m³/dia, respectivamente, sendo que 152 necessitavam ratificação da capacidade, possuindo status "Pendente" nos documentos fiscais. Adicionalmente a essas unidades, havia duas solicitações para construção de novas usinas, que adicionarão uma capacidade de 310 m³/dia de anidro e 607 m³/dia de hidratado (ANP, 2019c).

O MAPA realiza o controle das unidades do setor sucroalcooleiro que estão em operação, inclusive as usinas dedicadas à produção de açúcar. Já a ANP controla as unidades que estão aptas a comercializarem o etanol anidro e hidratado, mesmo que não estejam em operação em uma determinada data. As divergências entre os relatórios das duas entidades devem-se aos diferentes objetivos almejados.

4.2. Dutos

A Figura 2 apresenta o sistema integrado de logística para o etanol da Logum, que consiste de um projeto de polidutos próprios e a utilização de existentes, cuja extensão é de 1.054 km (LOGUM, 2018), capacidade anual máxima de transporte de até 6 bilhões de litros de etanol (LOGUM, 2019).



Fonte: (LOGUM, 2019)

Figura 2 – Sistema integrado de logística para o etanol

¹⁹ O relatório não caracteriza se a unidade está operando ou se está parada e não constam as unidades exclusivamente produtoras de açúcar. Inclui uma unidade *full* de milho.

Os trechos dos dutos que já se encontram em operação são:

- i. Próprios: Ribeirão Preto (SP) – Paulínia (capacidade operacional de 2,8 bilhões de litros/ano) e Uberaba (MG) – Ribeirão Preto (SP) (capacidade operacional de 1,8 bilhão de litros/ano);
- ii. Subcontratados: Paulínia (SP) – Barueri (SP); Paulínia (SP) – Rio de Janeiro (RJ) e Guararema (SP) – Guarulhos (SP).

A capacidade de armazenamento dos tanques (volume útil) nos terminais operacionais do sistema é de 619 milhões de litros (LOGUM, 2019).

Em 2018, o volume de etanol movimentado foi de 2,4 milhões de litros, 14,3% a mais do que no ano anterior. Naquele ano, a Logum obteve um financiamento de R\$ 1,8 bilhão de reais do BNDES, com o qual pretende ampliar a malha com 128 km adicionais de dutos: um trecho até São José dos Campos (SP), com 36 km, e outro até São Caetano do Sul (SP), com 92 km, passando por Guarulhos (SP); além da implantação de um terminal de armazenamento nesta última cidade. Com a conclusão dos novos investimentos, prevista para 2021, projeta-se o aumento da capacidade de movimentação para mais de 8 bilhões de litros/ano (BNDES, 2019f) (REUTERS, 2019).

4.3. Portos

A via portuária permaneceu em 2018 como a majoritária via de comércio internacional de etanol, abrangendo 99% do volume exportado (1,7 bilhão de litros) e importado (1,8 bilhão de litros). O Porto de Santos – SP representou 87,0% dos volumes exportados, seguido pelo de Paranaguá – PR, com 12% (MDIC, 2019). O Porto de São Luís – MA (65,4%) continuou sendo a principal porta de entrada do etanol importado (1,2 bilhão de litros) seguido pelo Porto de Santos (19,7%) e pelo Porto de Suape – PE (8,2%). Os volumes de entrada pela Região Nordeste diminuíram em relação a 2017, mas permanecem majoritários, cerca de 80% do total (MDIC, 2019).

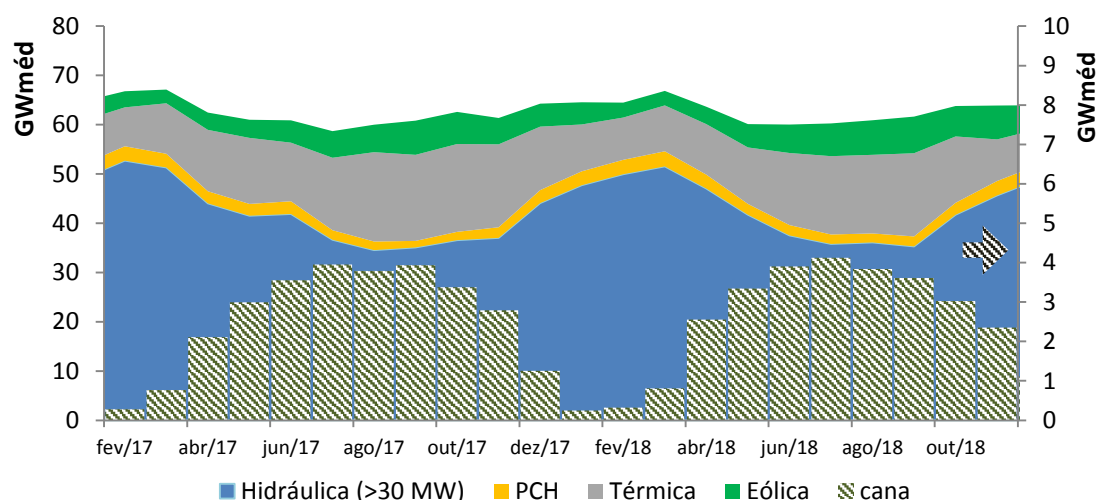
5. Bioeletricidade

A participação da geração térmica a biomassa tem se tornado cada vez mais significativa no panorama nacional. Entre janeiro e dezembro de 2018 verificou-se um crescimento na injeção de 5,0%, em comparação ao mesmo período de 2017. O bagaço de cana continua sendo o combustível mais utilizado. Entretanto, notou-se um aumento considerável da participação de outras biomassas na exportação de energia para o Sistema Interligado Nacional (SIN), conforme descrito no item 5.2.

Em 2018, a participação da energia exportada da cana-de-açúcar na matriz elétrica nacional foi de 3,9%, mantendo o mesmo patamar do ano anterior. As usinas sucroenergéticas injetaram no SIN 2,5 GW_{méd}, valor muito próximo ao total verificado em 2017, apenas 1,6% superior. O Gráfico 23 apresenta a participação sazonal da biomassa de cana na geração elétrica em 2017/2018. Nota-se a complementariedade

com a fonte hídrica, uma vez que o aumento da geração da bioeletricidade ocorre durante a safra, período concomitante ao da estiagem (CCEE, 2019).

Gráfico 23 – Participação da biomassa de cana na geração elétrica



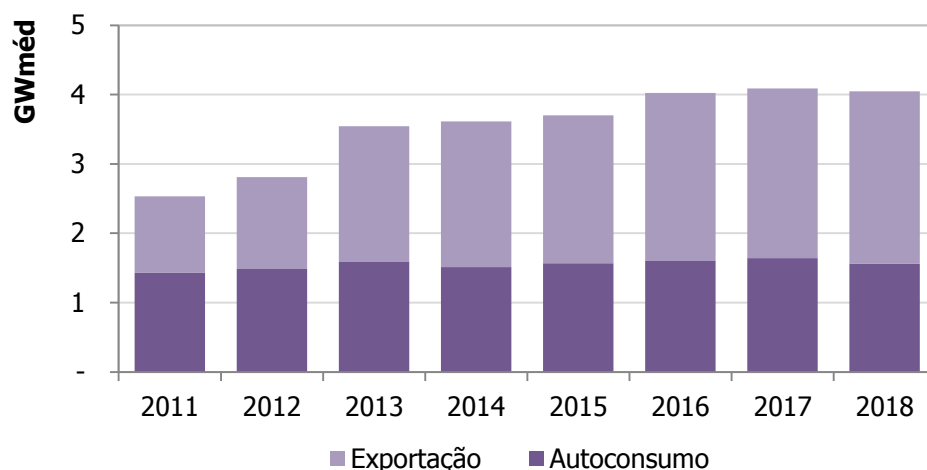
Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2019)

5.1. Exportação e comercialização de energia

Além da autossuficiência energética, as usinas de biomassa de cana se caracterizam pela oferta de energia ao SIN²⁰.

De acordo com o Gráfico 24, foi observado no período 2011-2018 um crescimento na geração de energia elétrica com esta fonte, motivado pelo aumento da exportação de eletricidade, tendo a parcela relativa ao autoconsumo se mantido no mesmo patamar. Note-se que, nos últimos três anos, estes valores têm permanecido estáveis.

²⁰ As usinas do setor sucroalcooleiro comercializam energia elétrica nos Ambientes de Contratação Regulada (ACR) e Livre (ACL). No ACR, estão concentradas as operações de compra e venda de energia, por meio de licitações em que ocorrem os leilões de energia nova, de reserva (LER) e os de fontes alternativas (LFA). O modelo dos leilões foi estruturado de forma a assegurar maior transparência e competição na comercialização de energia. No ACL, atuam os agentes de geração, de comercialização, de importação, de exportação e os consumidores livres, em contratos bilaterais de compra e venda de energia livremente negociados, não sendo permitida às distribuidoras a aquisição de energia neste mercado. Além disso, há o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), criado em 2004 (CCEE, 2019); (ELETROBRÁS, 2018)).

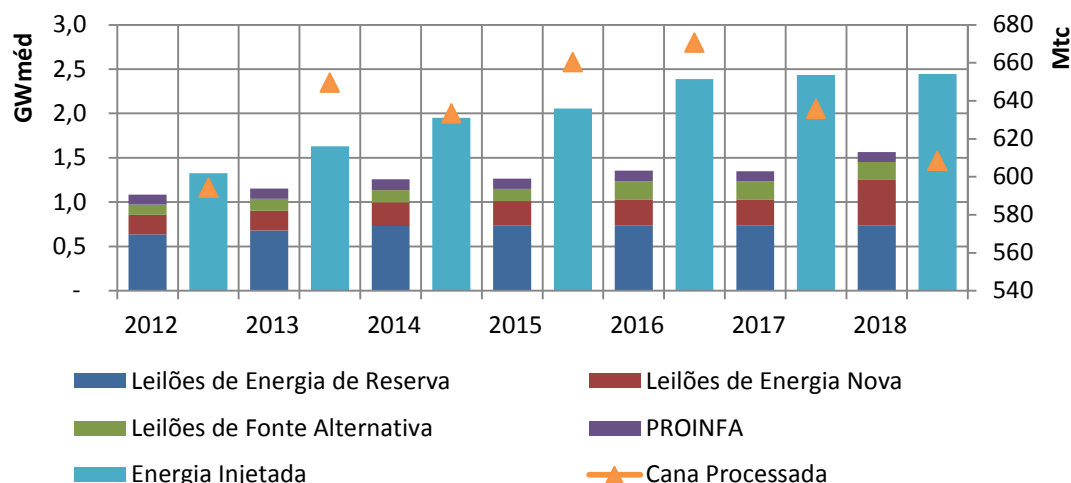
Gráfico 24 – Autoconsumo e energia exportada pelas usinas de biomassa de cana

Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2019) e (EPE, 2019a)

Dentre as 369 usinas a biomassa de cana-de-açúcar em operação em 2018, 200 comercializaram eletricidade, três usinas a mais do que no ano anterior. Das que exportam energia para o SIN, parte atua exclusivamente no ACL (60%) ou no ACR (20%) e o restante (20%) vende em ambos os ambientes de contratação.

Com a finalidade de aumentar a competitividade das fontes derivadas da biomassa e estimular o crescimento da bioeletricidade na matriz elétrica brasileira, o governo federal promoveu a criação de mecanismos regulatórios e políticas de incentivo, como os leilões específicos. Em 2018, completaram-se 10 anos do primeiro leilão de energia de reserva (LER 2008), voltado exclusivamente à biomassa. Nesta ocasião, foram contratados mais de 590 MWméd, máximo valor registrado, com início de operação programado para os anos de 2009 e 2012.

Em 2018, as usinas sucroenergéticas possuíam contratos da ordem de 1,5 GWméd. Em decorrência dos certames ocorridos naquele ano, as usinas de cana adicionaram 27 MWméd através dos LEN A-4 e A-6 (CCEE, 2019). O Gráfico 25 destaca o aumento do montante exportado para o SIN (ACR e ACL), o total contratado por modalidade via leilões de energia e a cana processada nos últimos anos. Observa-se que, em 2018, mesmo com redução de 4,3% da quantidade de cana processada, houve um pequeno aumento da injeção no SIN (1,6%), que se atribui ao processo de efficientização dos principais grupos deste segmento.

Gráfico 25 – Histórico de energia exportada para o SIN e cana processada

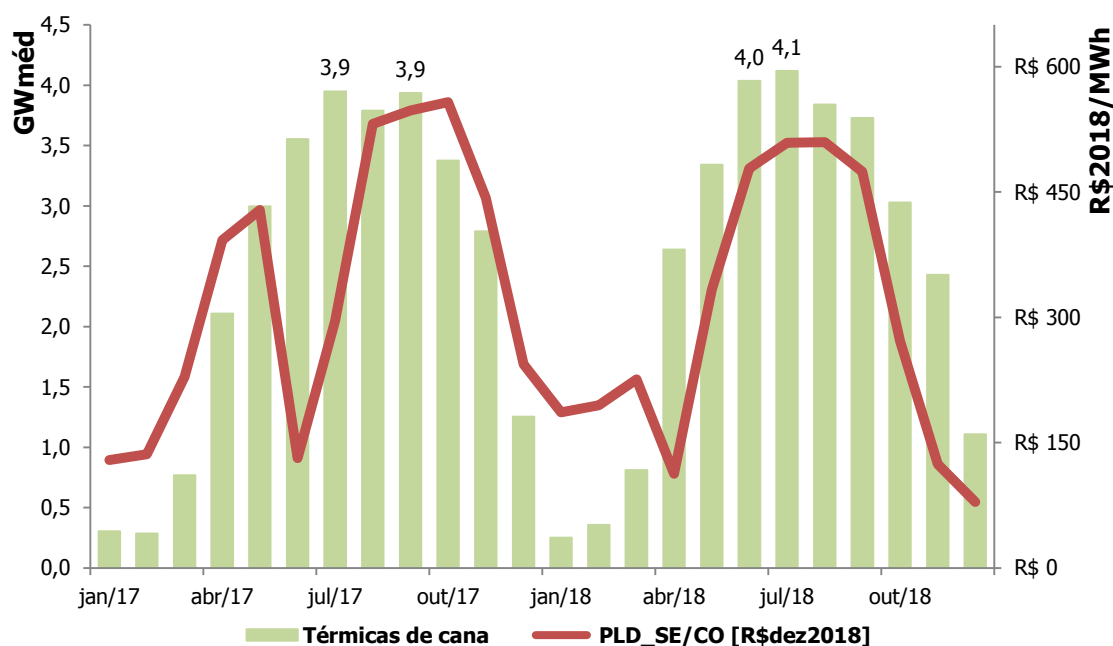
Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2019) e (MAPA, 2019)

Em 2018, as térmicas continuaram participando de maneira significativa no atendimento da carga (CCEE, 2019). O Gráfico 26 ilustra a injeção mensal de energia no SIN pelas térmicas a biomassa de cana versus o preço do PLD (Preço de Liquidação das Diferenças²¹), em reais de 2018. Pode-se observar que, nos anos de 2017 e 2018, a geração ocorreu de forma homogênea durante a safra, período em que é observada a menor contribuição das hidrelétricas, o que aumenta a demanda da energia térmica.

Os valores estipulados pela ANEEL para o PLD no ano de 2018 foram de R\$505,18/MWh como limite superior (queda de 5,4%) e R\$40,16/MWh para o valor inferior (aumento de 19,2%)²². A flutuação do preço do PLD registrada ao longo de 2018 deveu-se a diversos fatores, principalmente às incertezas hidrológicas observadas no período (ANEEL, 2019).

²¹ Atualizado semanalmente, este parâmetro tem por objetivo encontrar a solução ótima de equilíbrio entre o benefício presente do uso da água e o benefício futuro de seu armazenamento, medido em termos da economia esperada pelo uso dos combustíveis nas usinas termelétricas.

²² Em 2017, os limites variavam entre R\$ 533,82/MWh e R\$33,68/MWh. Os valores limítrofes para o PLD definidos para o ano de 2019 foram de R\$513,89/MWh e R\$42,35/MWh, um aumento de 1,7% e 5,5%, respectivamente, em relação ao ano anterior.

Gráfico 26 – Geração térmica a biomassa de cana versus PLD

Nota: O PLD é calculado para os submercados N, NE, S, SE/CO. Neste gráfico, o valor utilizado para comparação do submercado é o referente a SE/CO.

Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2019)

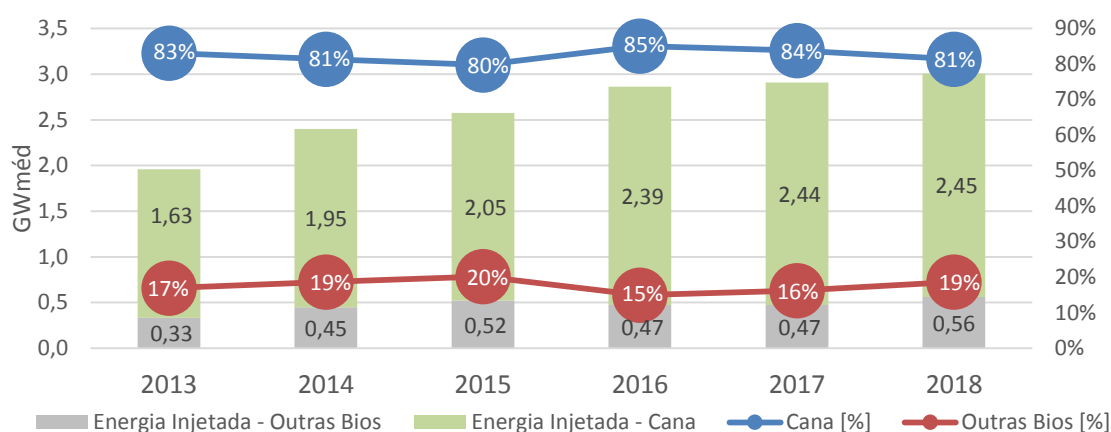
As unidades continuaram seu movimento de eficientização, visto que houve uma elevação na exportação de energia elétrica por tonelada de cana processada, como mencionado. Contribuíram para esta trajetória os incentivos federais, a exemplo das linhas de financiamento do BNDES. Os montantes financiados por este banco para incentivar a bioeletricidade subiram de R\$ 21 milhões, em 2017, para R\$ 94 milhões em 2018 (BNDES, 2019b).

5.2. Bioeletricidade de outras biomassas

No último quinquênio, houve um aumento expressivo da exportação de energia elétrica proveniente da biomassa. Além dos já mencionados subprodutos da cana-de-açúcar, em 2018 foram injetados 560MW méd gerados em empreendimentos que utilizam como combustível insumos provenientes de matéria orgânica animal ou vegetal, o que correspondeu a um expressivo aumento de 18%, comparativamente ao ano anterior.

A geração através destas outras biomassas (exclusive cana) representou 1,1% da matriz elétrica em 2018. Destacam-se o licor negro (65%), em grande parte impulsionado pelo crescimento de produção do setor de celulose nos cinco últimos anos, o biogás (15%) e os resíduos florestais (10%). Com menor participação, contribuem o capim elefante, carvão vegetal, casca de arroz, gás de auto forno e lenha.

A participação dessas fontes na composição total da energia exportada pelas biomassas no SIN passou de 17% em 2013 para 19% em 2018. Embora sua contribuição tenha permanecido no mesmo patamar, foram adicionados 230MW méd, conforme ilustra o Gráfico 27.

Gráfico 27 – Participação das demais biomassas X cana-de-açúcar

Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2019)

Diferentemente da cana-de-açúcar, que tem uma sazonalidade bem definida, e consequentemente uma variação elevada da energia exportada para o grid, a geração proveniente das demais biomassas pode-se dizer mais controlável e determinística, devido, principalmente, à possibilidade de estocagem do combustível. Note-se que este é um atributo importante para o setor elétrico, contribuindo para o aumento da segurança energética e confiabilidade sistêmica, em um momento de grandes desafios e mudanças estruturais que vêm ocorrendo no parque gerador.

6. Biodiesel

Em 2018, foram consumidos 5,4 bilhões de litros de biodiesel no Brasil, o que representa um aumento de 26,7% em relação a 2017. Neste ano, houve a elevação direta de dois pontos percentuais de adição obrigatória do biodiesel à mistura com o diesel fóssil, atingindo a mistura B10.

Em virtude do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), iniciado em 2005, já foram produzidos, até dezembro de 2018, mais de 34,7 bilhões de litros deste biocombustível. Comparativamente, o Brasil vem mantendo sua posição de segundo maior produtor e consumidor de biodiesel no ranking internacional, antecedido pelos EUA, e sucedido pela Alemanha e Argentina (MME, 2017a).

Embora a Lei nº 13.263 (BRASIL, 2016) tivesse a previsão de aumento do percentual mandatório de biodiesel para 9% em março de 2018, a Resolução CNPE nº 23, de 09 de novembro de 2017 (CNPE, 2017), determinou que a adição obrigatória, em volume, passasse a ser diretamente de 10% naquela data, em qualquer parte do território nacional. Ainda assim, foram mantidas as possibilidades de incremento de até 15% previstas na lei, após a realização de testes específicos. A Portaria MME nº 80 (MME, 2017b) indicou que o prazo para finalização e validação dos ensaios do B15 seria janeiro de 2019, com relatório final a ser publicado em março deste mesmo ano.

6.1. Utilização de misturas com biodiesel em motores e veículos

6.1.1. Testes para validação de Misturas B10 e B15

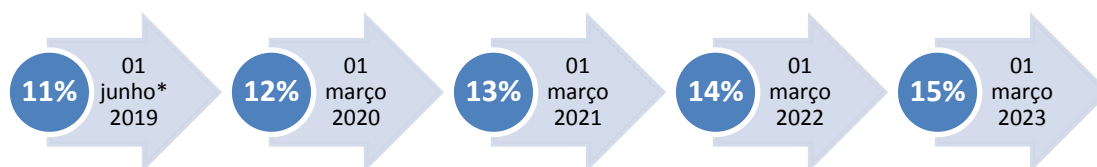
Em 30 de abril de 2018, foi publicado pelo MME o Relatório de consolidação dos testes para validação do uso de B10. Segundo este documento, as empresas que executaram os experimentos tiveram seus resultados aprovados na aplicação com os diferentes sistemas, motores, equipamentos e veículos, não havendo qualquer problema reportado durante seus ensaios (MME, 2018).

Tal como previsto na Lei nº 13.033, existe também a possibilidade do uso voluntário deste biocombustível, em percentual superior ao obrigatório, para casos específicos (BRASIL, 2014).

Os testes para utilização de B15 foram concluídos em janeiro de 2019, e o relatório final emitido em março de 2019 (MME, 2019b). Observa-se que a Resolução CNPE nº 16/2018 (CNPE, 2018) autoriza a elevação do percentual de biodiesel na mistura, até o patamar de 15%, desde que obedecidas as condicionantes de aprovação de testes nos motores para esse teor.

Embora tenha havido um parecer geral favorável ao aumento do uso de biodiesel neste documento, algumas empresas não recomendam a adoção do B15, considerando a necessidade de aprimoramento da especificação deste biocombustível, em características fundamentais para a manutenção de sua qualidade (MME, 2019b).

A Resolução CNPE nº 16, publicada em 29 de outubro de 2018 (CNPE, 2018), propôs um cronograma preliminar, indicando que o aumento do percentual de biodiesel na mistura com o diesel deve ser de 1% ao ano a partir de 2019, atingindo o valor até 15% em volume, em 2023. Observa-se, portanto, que conforme determinado nesta Resolução, os aumentos percentuais devem ocorrer conforme valores e datas presentes na Figura 3.



Nota: * A entrada em vigor do percentual de 11% encontra-se adiada.

Fonte: EPE a partir de (CNPE, 2018).

Figura 3 – Evolução do percentual de adição de biodiesel ao diesel

6.1.2. PROCONVE

O PROCONVE, Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, cujas normas são reguladas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), foi criado em 06 de junho de 1986, pela Resolução CONAMA nº 18, que veio definir os primeiros limites de emissão para veículos leves e pesados, e contribuir para o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar instituídos pelo PRONAR (MMA, 2019a). Em outubro de 1993, a lei nº 8.723 reafirmou a obrigatoriedade de reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular (BRASIL, 1993), o que em dada medida, contribuiu para o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de combustíveis, motores e autopeças, de maneira que os veículos nacionais e importados passassem a atender aos limites estabelecidos neste programa.

O PROCONVE encontra-se dividido em fases ao longo dos seus 31 anos de implantação, permitindo que níveis cada dia menores de poluentes fossem emitidos pelos motores.

A Figura 4 apresenta as diferentes fases e datas do programa, destacando as principais características ou inovação de cada uma delas.



Fonte: (MMA, 2019a)

Figura 4 – Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos

Em relação às mudanças previstas na fase P8/Euro 6, deve-se atentar para o incremento do teor de biodiesel na mistura, uma vez que estudos realizados pelas montadoras mostram que os motores Euro 6 não se encontram preparados para receber misturas de biodiesel no diesel acima de 7%, o que conflita com o combustível já disponível no mercado brasileiro com teor de 10% (B10). Nesta fase do programa, o uso desta nova tecnologia de motores requer estudo detalhado para avaliar seus impactos no mercado, dado o seu maior custo, tanto de investimento inicial quanto operacional (aumento de 10 a 15%) e a melhoria na infraestrutura para fornecimento de óleo diesel do tipo S10 e ARLA32, uma vez que os motores da fase P8 (equivalente à Euro 6) são extremamente sensíveis à qualidade do diesel (NTU, 2019).

Os resultados obtidos pelo PROCONVE mostram que a estratégia para sua implantação foi acertada, e seu êxito se deve à adoção progressiva de fases cada vez mais restritivas, o que o tornou um dos programas mais bem-sucedidos, sob aspecto ambiental. Desde sua implantação, houve a redução gradativa dos limites de emissão de CO e NOx, poluentes inicialmente estabelecidos, bem como foram sendo inseridos outros importantes poluentes como o material particulado (MP) e o teor de enxofre. Pode-se verificar que os veículos comercializados hoje emitem, em média, 98% menos monóxido de carbono, que emitiam antes de sua implantação (média de 75 g/KW.h). Observa-se que o limite de emissão de CO estabelecido na fase P1 (1988-1991) era de 14 g/KW.h; hoje, corresponde a 1,5 g/KW.h (MMA, 2019a).

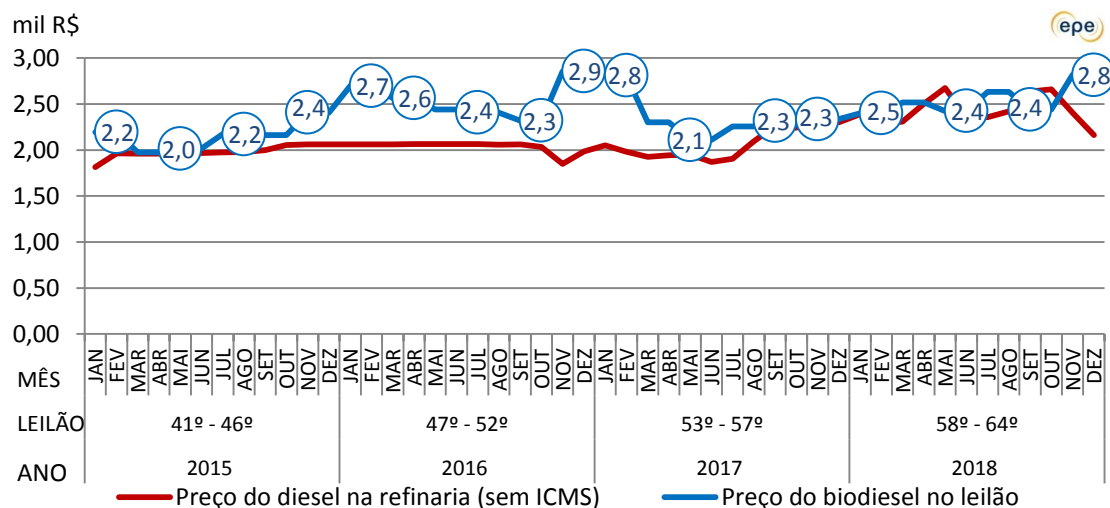
Para os veículos pesados, as reduções de poluentes foram de 80 %, o que beneficiou muito as regiões metropolitanas. Em termos tecnológicos, os avanços se concentraram na introdução de catalisador, injeção eletrônica de combustível e melhorias nos próprios combustíveis (MMA, 2019a).

A continuidade e a manutenção do sucesso do PROCONVE devem focar no que surgiu como ganho real para o meio ambiente, visando até o estabelecimento de novas fases tecnológicas e com restrições ainda maiores nas emissões, e constante monitoramento da qualidade do ar no país (MMA, 2019a).

6.2. Leilões e preços de biodiesel

A ANP realizou seis leilões de janeiro a dezembro de 2018 para a compra de biodiesel pelas distribuidoras de combustível, totalizando 64 desde o início do programa. O último certame (nº64) teve as entregas previstas para o início do ano de 2019. Tal como demonstra o Gráfico 28, houve uma aproximação entre os preços médios de venda²³ entre o biodiesel e o diesel fóssil, que ocorreu em 2017 e se perpetuou por 2018, culminando com o preço de diesel levemente superior ao do biodiesel em novembro deste ano, quando comparados na porta de seus respectivos produtores (ex-usina *versus* ex-refinaria). Cabe observar, contudo, que para a avaliação adequada dos preços é preciso levar em conta o local de referência da comparação. Ou seja, a avaliação de competitividade requer a adição do frete e outros custos incorridos (tributos, etc.) até a base de distribuição onde ocorrerá a mistura.

²³ Diesel na refinaria e biodiesel no produtor.

Gráfico 28 – Preços médios - biodiesel e diesel sem ICMS

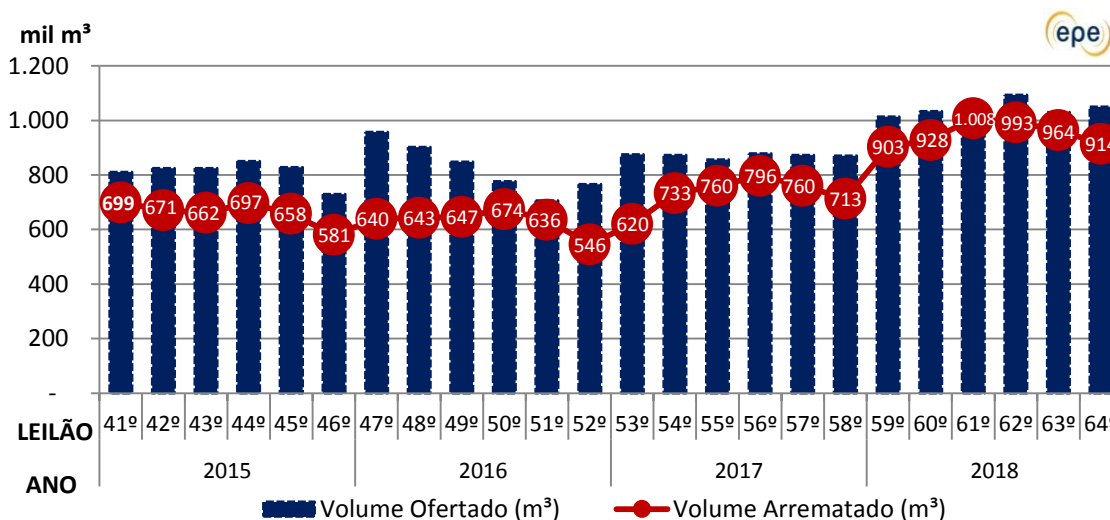
Nota 1: Os preços do biodiesel correspondem aos leilões indicados.

Nota 2: O preço do diesel corresponde a seu valor na refinaria.

Nota 3: Os preços do diesel e biodiesel são apresentados em valores correntes.

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2018f)

De acordo com o Gráfico 29, é possível observar um incremento de aproximadamente 20% no volume ofertado de biodiesel nos leilões em relação ao ano de 2017, enquanto que o volume arrematado foi 30% maior, em decorrência do aumento do percentual obrigatório para B10. Percebe-se, que em alguns leilões como o 61º e o 63º, os volumes ofertados foram quase que integralmente arrematados, tal como em 2017.

Gráfico 29 – Volume de biodiesel nos Leilões – Ofertado X Arrematado

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2018f)

A Resolução CNPE nº 3, publicada em outubro de 2015 (CNPE, 2015), definiu as diretrizes para autorizar a comercialização e o uso voluntário de biodiesel, em quantidade superior ao percentual de sua adição obrigatória ao óleo diesel²⁴. A ANP estabeleceu as regras para o biodiesel autorizativo, com o objetivo de aproveitar e estimular as

²⁴ Os percentuais máximos, em volume, de adição de biodiesel ao óleo diesel são: 20% em frotas cativas ou consumidores rodoviários atendidos por ponto de abastecimento; 30% no transporte ferroviário; 30% no uso agrícola e industrial; e 100% no uso experimental, específico ou em demais aplicações (CNPE, 2015).

condições que podem torná-lo competitivo frente ao óleo diesel, principalmente em regiões distantes de refinarias de petróleo e com abundância de capacidade produtiva.

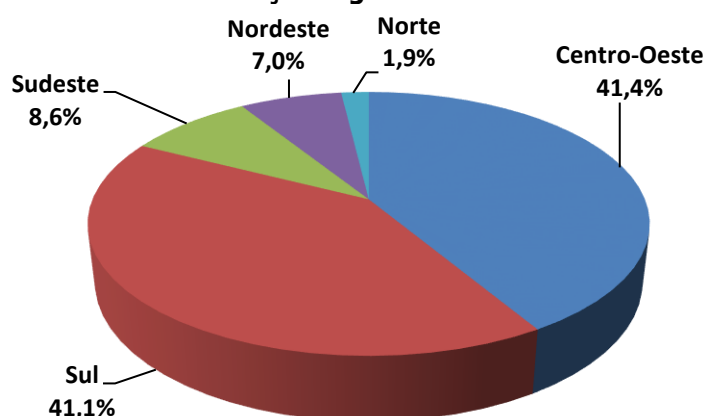
O biodiesel autorizativo é comercializado através dos leilões²⁵ regulares, em uma etapa posterior à do volume mandatório. Algumas regras vigentes foram alteradas a partir do leilão 48º (em 2016), para desburocratizar o sistema. Projetos específicos que usem misturas distintas daquelas previstas na legislação são isentos de submeterem-se aos leilões, podendo haver a compra do biodiesel direto dos produtores, mas necessitam de autorização da ANP.

Embora para o ano de 2018, tenham sido ofertados pouco mais de 133 milhões de m³ de biodiesel autorizativo, menos que 10% deste total foi arrematado. A comercialização para uso voluntário ocorreu nos leilões 59º a 64º, com movimentação de 11,3 milhões de m³ de biodiesel e 26,9 milhões de reais (ANP, 2018f), aquém da esperada pelo setor.

6.3. Produção regional e capacidade instalada

As regiões Centro-Oeste e Sul produziram 82,5% de todo o biodiesel consumido no país em 2018, como indica o Gráfico 30.

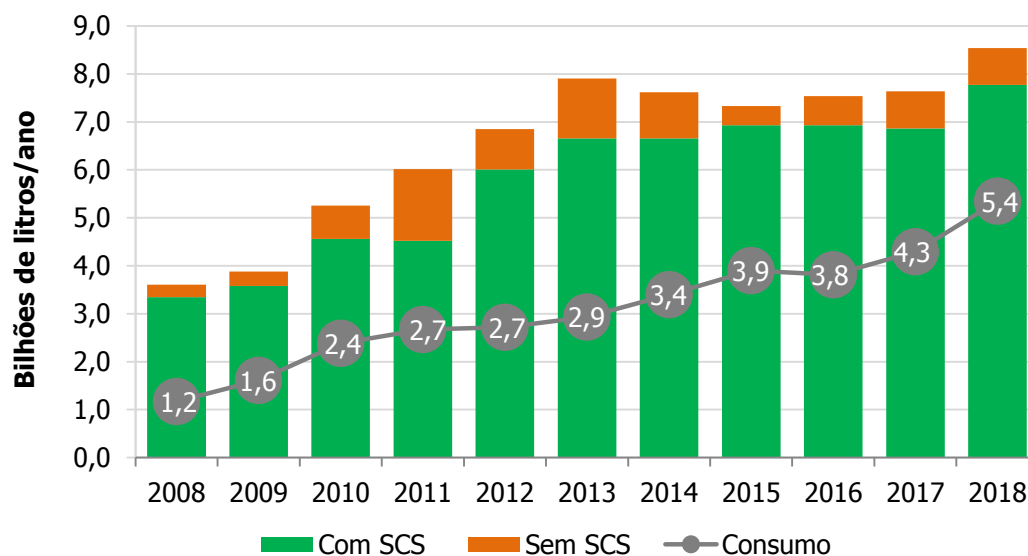
Gráfico 30 – Produção regional de Biodiesel em 2018



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2018d)

A capacidade instalada de processamento de biodiesel nas 51 usinas do país atingiu 8,5 bilhões de litros em dezembro de 2018, 11,8% superior a dezembro de 2017, conforme Gráfico 36 (ANP, 2018d). É possível observar também que o consumo de biodiesel, 5,4 bilhões de litros, correspondeu a 63% da capacidade instalada no país, o que demonstra que há potencial para o crescimento da produção deste biocombustível (ANP, 2018d).

²⁵Os leilões são realizados em duas etapas. Na primeira, as usinas produtoras fazem suas ofertas considerando exclusivamente os volumes ofertados e não vendidos durante o leilão regular. Em etapa seguinte, as distribuidoras fazem as aquisições para os clientes que tenham interesse em utilizar biodiesel em teores acima dos 10% já estabelecido. A portaria estabelece que o resultado consolidado do leilão deve discriminar os volumes de biodiesel e os preços para os dois mercados separadamente, o mercado regular de mistura obrigatória e o de uso voluntário.

Gráfico 31 – Capacidade instalada de produção e consumo de biodiesel

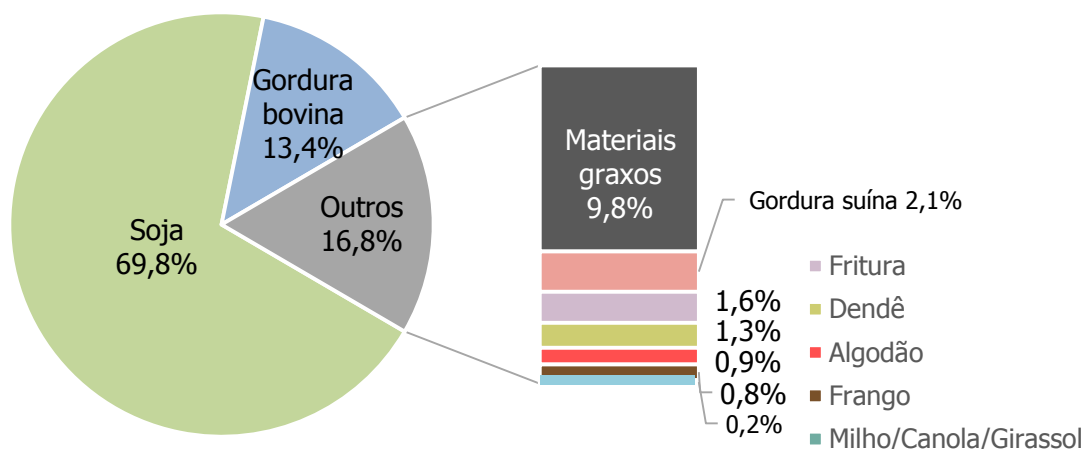
Nota: O Selo Combustível Social (SCS) é uma distinção conferida às empresas produtoras de biodiesel que utilizam, em sua cadeia produtiva, produtos oriundos da agricultura familiar. O objetivo é a garantia de renda e estímulo à inclusão social das famílias produtoras. As empresas produtoras de biodiesel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

Fonte: EPE a partir de (EPE, 2019a) e (ANP, 2018d).

A produção de biodiesel foi de 5,4 bilhões de litros, incremento de 24,7% em relação ao ano anterior, enquanto que o consumo de diesel B cresceu apenas 1,6%. Desta forma, o aumento do percentual mandatório foi o principal motivo para esse crescimento na produção do biocombustível. Por outro lado, a produção de diesel A pelo parque nacional de refino aumentou 2,4%. Nesse contexto, as importações do combustível fóssil caíram 10%, alcançando 11,6 bilhões de litros. Registra-se que esse valor não foi maior devido ao incremento no consumo de biodiesel.

6.4. Matéria-prima para o biodiesel

De todo o biodiesel consumido em 2018, 3,7 bilhões de litros foram produzidos a partir do óleo de soja, o que equivale a um crescimento de 20,5% entre janeiro e dezembro de 2018, comparado a 2017. Como ilustra o Gráfico 32, este insumo permaneceu no ano de 2018 como a principal matéria-prima para obtenção de biodiesel, com participação de 69,8% na cesta, seguido pela gordura bovina, com 13,4 %.

Gráfico 32 – Participação de matérias-primas para a produção de biodiesel (%)

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2018d)

A produção de soja em grãos no Brasil foi de 121,3 milhões de toneladas (113,8 milhões em 2017), representando um aumento de 6,6% comparado ao ano anterior. Já a produção de óleo de soja foi de 8,7 milhões de toneladas, expressando um aumento de 2,6%. O processamento doméstico aumentou 7,1 % em relação a 2017.

A capacidade de processamento de soja é de 63,6 milhões de toneladas anuais, segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2018a) (ABIOVE, 2018b). Pelo fato da legislação em vigor privilegiar a exportação do grão, essa indústria opera com ociosidade. A Tabela 2 resume a situação do complexo da soja em 2018.

Tabela 2 – Complexo soja²⁶

Milhões de toneladas	2017	2018	Δ % (2017-2018)
Produção de soja	113,8	121,3	6,6%
Capacidade Instalada de processamento de soja	63,0	63,6	0,9%
Exportação de soja em grão	68,2	83,8	23,0%
Soja processada	41,8	43,6	4,2%
Farelo de soja produzido	31,6	32,8	3,9%
Óleo de soja produzido	8,4	8,7	2,6%
Exportação de óleo de soja	1,34	1,42	6,3%
Consumo de óleo alimentício e outros	7,1	7,6	7,1%
Consumo de óleo de soja para biodiesel	2,8	3,4	21,4%

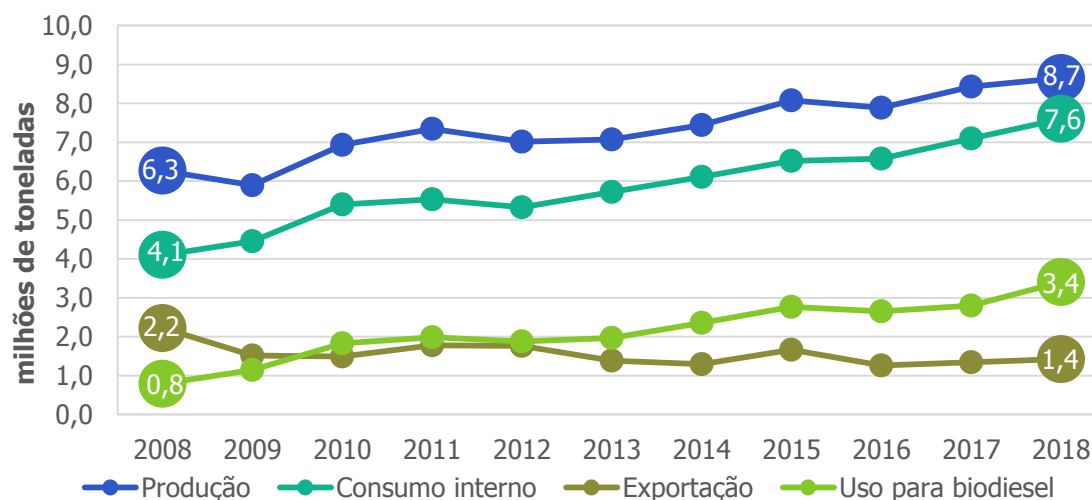
Nota: A densidade considerada para o óleo de soja foi 0,92kg/l.

Fonte: (ABIOVE, 2018a) (ABIOVE, 2018b), (ANP, 2018d)

O Gráfico 33 ilustra o comportamento do mercado de óleo de soja brasileiro desde 2008.

²⁶ Os valores referentes ao consumo interno de soja semente e outros fins não foram considerados.

Gráfico 33 - Mercado de óleo de soja



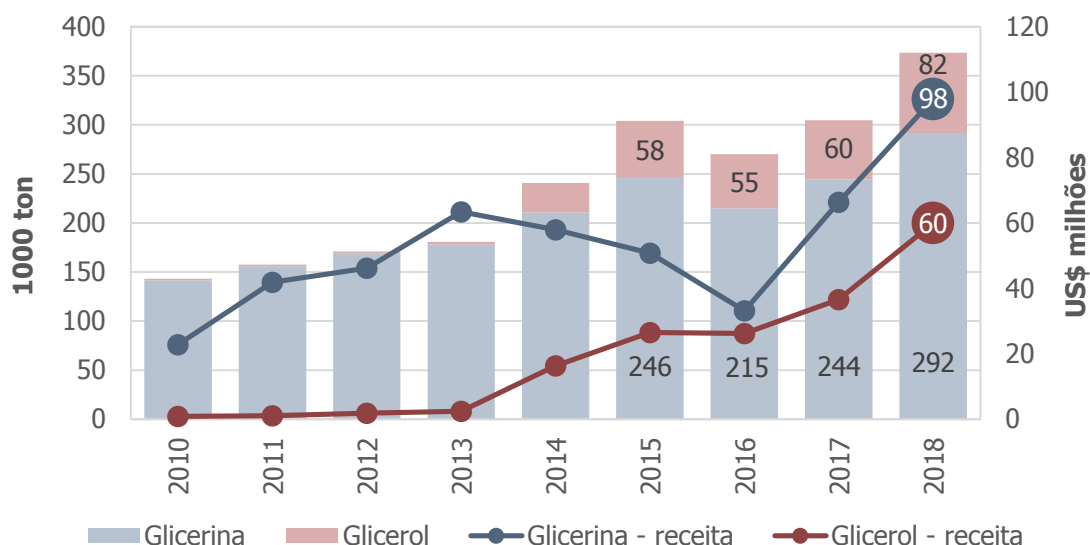
Nota 1: O consumo interno compreende o óleo para biodiesel, alimentício e outros usos.
 Fonte: EPE a partir de (ABIOVE, 2018b)

Segundo dados da (ABIOVE, 2018b), a produção de óleo de soja entre 2008 e 2018 cresceu 38%. Esta taxa de crescimento é muito inferior à do volume que é destinado à obtenção do biodiesel, que saiu de 0,8 milhão para 3,4 milhões de toneladas, ou seja, um crescimento de 325% neste mesmo período. Por outro lado, as exportações de óleo de soja apresentaram uma queda de 36% nesse período, principalmente a partir de 2013. Observa-se que essa tendência de queda é acompanhada do aumento do uso desse óleo para o biodiesel, com o aumento dos percentuais mandatórios.

6.5. Coprodutos do biodiesel

A glicerina bruta é um coproduto da cadeia do biodiesel, que corresponde a aproximadamente 10% em massa do biocombustível produzido. Em 2018, estima-se que tenham sido produzidas cerca de 0,5 milhão de toneladas e sua exportação total foi de 292 mil toneladas, 19,4% superior ao ano anterior, conforme mostra o Gráfico 34. Já a receita obtida com a exportação de glicerina bruta foi de 97,8 milhões de dólares, 47,4% a mais do que foi obtido em 2017. A China continua como o maior destino das exportações, com 79% do total (MDIC, 2019).

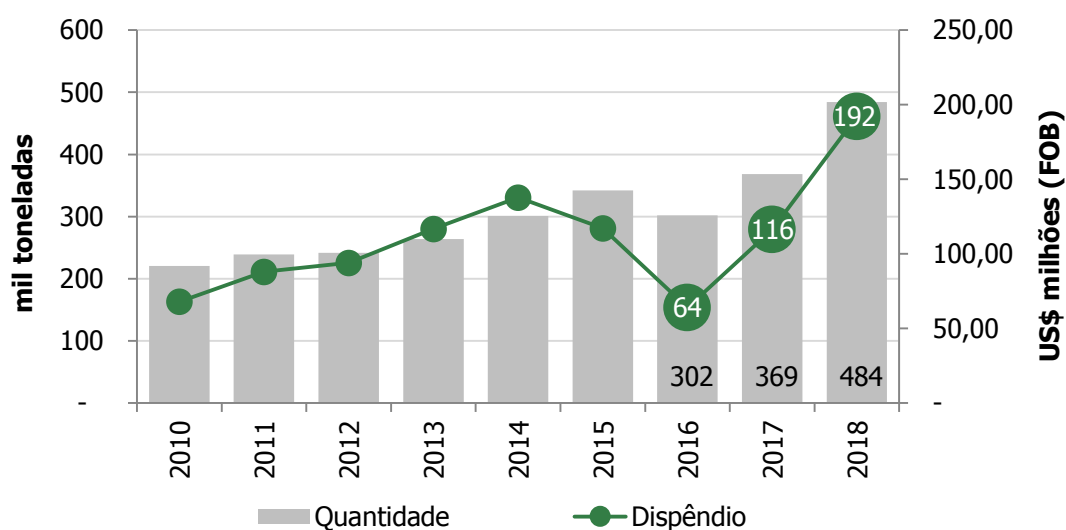
O glicerol é uma classificação para a glicerina refinada, que tem melhores preços no mercado internacional que a glicerina bruta, e várias usinas estão instalando equipamentos para sua purificação, visando melhores receitas. A exportação de glicerol cresceu rapidamente entre 2013 e 2016. Em 2018, totalizou 82 mil toneladas, um aumento de 35,7% em relação ao ano anterior. A receita também aumentou de 36,6 em 2017 para 59,9 milhões de dólares em 2018, crescimento de 63,5%.

Gráfico 34 – Exportação de glicerina bruta e glicerol

Fonte: (MDIC, 2019)

6.6. Metanol

O metanol é um insumo fundamental para a obtenção do biodiesel brasileiro. Os EUA concentram a produção mundial devido aos baixos preços do gás natural, que é a matéria-prima básica para a sua produção. O Brasil importou 484 mil toneladas deste insumo para a produção de biodiesel, sendo a maior parte oriunda do Chile, Trinidad e Tobago, Venezuela e Arábia Saudita. O Gráfico 35 mostra a quantidade de metanol importado exclusivamente para a produção de biodiesel e o dispêndio resultante. O total em 2018 foi 31,4% a mais que 2017 e o dispêndio totalizou 192 milhões de dólares (65,4% maior que 2017) (ANP, 2018d) (MDIC, 2019). O aumento nas importações deste insumo está diretamente relacionado ao incremento nos volumes produzidos de biodiesel, diante da elevação do percentual mandatório em 2018.

Gráfico 35 – Importação de metanol para biodiesel

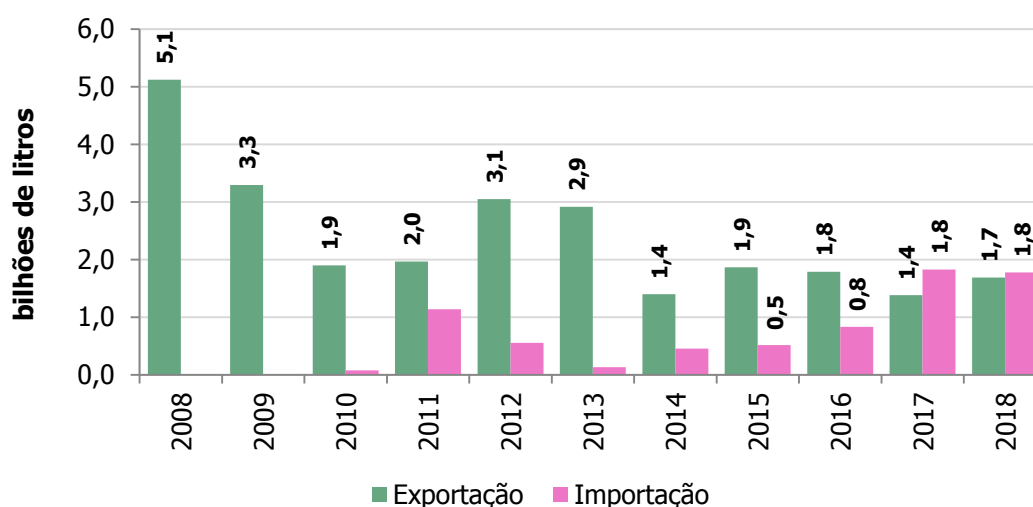
Fonte: EPE a partir do (ANP, 2018d) e (MDIC, 2019)

7. Mercado Internacional de Biocombustíveis

Em 2018, foram características do mercado internacional de biocombustíveis o apoio às políticas de incentivo à eficiência energética e/ou promoção de fontes energéticas mais avançadas e os modestos volumes comercializados. Os dois principais países, Brasil e Estados Unidos, mantiveram a participação alta neste mercado, com 85% da produção e comercialização (RFA, 2019).

Em 2017, pelo segundo ano consecutivo, o Brasil foi importador líquido de etanol, tendo os Estados Unidos como fornecedor exclusivo. Em 2018, o volume importado foi de 1,8 bilhão de litro, mesmo que o do ano anterior, frente a uma exportação de 1,7 bilhão de litros (Gráfico 36), 0,3 bilhão acima do registrado em 2017 (MDIC, 2019).

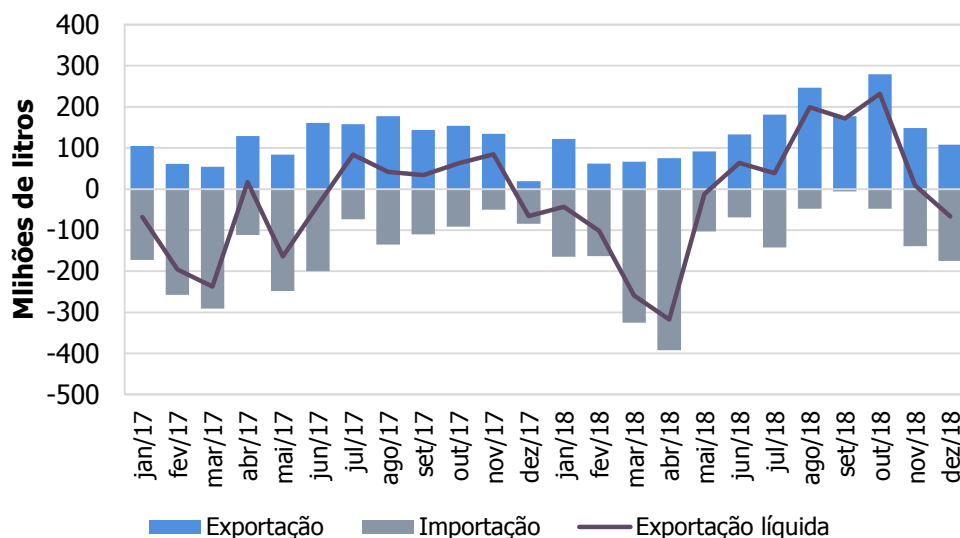
Gráfico 36 – Exportações e importações brasileiras de etanol – 2007 a 2018



Fonte: EPE a partir de (MDIC, 2019)

Desde janeiro de 2017, as importações brasileiras de etanol já apresentavam volumes expressivos, com exportação líquida somente nos meses de safra intensa (Gráfico 37). Em uma medida para restringir as importações crescentes, em 29 de agosto de 2017, o governo brasileiro aprovou a Resolução CAMEX nº 72²⁷ (CAMEX, 2017), cujos efeitos se extinguem no fim de agosto de 2019 e é tema de negociação entre os governos brasileiro e dos EUA. Contudo, mesmo que não tenha havido um aumento nos volumes importados em relação a 2017, as importações de etanol permaneceram altas.

²⁷ Resolução CAMEX nº 72 que estabeleceu uma isenção do Imposto de Importação (20%) sobre os volumes importados de biocombustível, em até 150 milhões de litros por trimestre (a qual não pode ultrapassar 1,2 bilhão de litros, em 24 meses) (CAMEX, 2017).

Gráfico 37 – Exportações e importações mensais de etanol – 2017 a 2018

Fonte: EPE a partir de (MDIC, 2019)

Em relação ao biodiesel, o comércio mundial manteve-se concentrado entre a Europa, Argentina e Estados Unidos, sem participação relevante do Brasil nos volumes transacionados²⁸.

Estados Unidos

Em 2018, os Estados Unidos produziram 61 bilhões de litros de etanol combustível, sendo que 54 bilhões foram destinados ao mercado interno (EIA, 2019a). Não houve grande mudança em relação ao ano anterior. Sua demanda, vinculada à de gasolina pela mistura E10, tem se mantido estável, em torno dos 50 bilhões de litros (EIA, 2019b). A saída para os volumes excedentes de etanol tem sido o mercado externo, no qual o país se tornou o maior exportador mundial do biocombustível, desde 2014.

Em 2018, as exportações líquidas alcançaram o valor recorde de 6 bilhões de litros (RFA, 2019), sendo a maior parte dedicada ao Brasil (1,8 bilhão), seguido de Canadá (1,3 bilhão).

Em relação aos biocombustíveis avançados, devido à dificuldade no estabelecimento da produção a nível comercial do etanol celulósico, a EPA (*Environment Protection Agency*) novamente diminuiu em relação aos valores originais as metas da RFS para esta parcela de biocombustível, como mostrado na Tabela 3 (EPA, 2018). Pode-se observar que, em novembro de 2018, a EPA reduziu de 26,5 bilhões de litros para 1,1 bilhão a meta estabelecida para aquele ano, de forma a equiparar-se ao volume real produzido. Por outro lado, aumentou a meta relacionada ao diesel de biomassa, de 3,8 bilhões de litros para 8,0 bilhões, para atendimento à meta global de combustíveis avançados.

²⁸ De outubro a dezembro de 2018, o Brasil exportou 77 t de biodiesel para os Estados Unidos.

Tabela 3 – Volumes finais da RFS (bilhões de litros)

	2018*	2018	2019*	2019	2020
Biocombustíveis celulósicos	26,5	1,1	32,2	1,6	
Diesel de biomassa	3,8	8,0	3,8	8,0	9,2
Biocombustíveis avançados	41,6	16,2	49,2	18,6	
Combustíveis renováveis	98,4	73,0	106,0	75,4	

* Volumes originais, conforme lançados na Lei Energy Independence and Security Act de 2007.

Fonte: (EPA, 2018), (EUA, 2007)

União Europeia

Em 13 de novembro de 2018, o Parlamento Europeu aprovou uma série de mudanças nos planos de ação climática e energética para a União Europeia. Para 2020 prevalecem as atuais metas do Triplo 20: 20% de redução nas emissões de GEE, comparado a 1990, 20% de participação de fontes renováveis no consumo energético (com 10% no consumo automotivo) e 20% de aumento na eficiência energética, comparados a 1990). Em 2030, as metas serão aumentadas para 40%, 32% e 32,5%, respectivamente (EC, 2018).

Os planos atuais focam em fontes avançadas de energia, como os biocombustíveis de segunda geração. O bloco limitará a participação dos biocombustíveis tradicionais (etanol de cana e milho e biodiesel de oleaginosas), a um máximo de 7% de participação na demanda energética até 2020 e gradualmente diminuídos de modo que, a partir de 2030, sua participação não será mais contabilizada no cumprimento da meta.

8. Novos Biocombustíveis

A conjuntura de preços do petróleo e a situação econômica dos países desenvolvidos, ainda em recuperação, têm reduzido os investimentos nas usinas e projetos de biocombustíveis avançados no mundo. A implementação mundial da produção comercial do etanol de lignocelulose (E2G) segue em ritmo lento, enquanto que outros biocombustíveis avançados (ex.: HVO e BioQAV) e tecnologias automotivas avançadas (ex.: veículos híbridos e elétricos) tem recebido atenção crescente.

No Brasil, existem as plantas comerciais Bioflex-I da GranBio, em São Miguel dos Campos (AL), com capacidade nominal de 60 milhões de litros, e a da Raízen, em Piracicaba (SP), com capacidade de 42 milhões. Também há o projeto experimental no Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), com capacidade de 3 milhões de litros (GRANBIO, 2017) (RAÍZEN, 2018). As unidades comerciais enfrentaram desafios técnicos e realizaram ajustes em seus processos, ainda funcionando abaixo da capacidade nominal. A Granbio operou durante alguns meses no começo de 2019 e deve retomar as operações no início da safra do Nordeste, em agosto. São esperados entre 40 e 45 milhões de litros de etanol celulósico para 2020. A companhia incluiu no rol de seus produtos o licenciamento e a venda de tecnologia e espera comercializar sua primeira licença tecnológica ainda em 2019 (NOVACANA, 2019) .

No exterior, os projetos de E2G não têm conseguido alcançar a produção comercial. As plantas da Abengoa (Salamanca/Espanha) e Beta Renewables (Crescentino/Itália) (ETHANOL PRODUCER MAGAZINE, 2017); (NOVACANA, 2017) fecharam em 2017. A

DowDupont vendeu sua planta de etanol lignocelulósico (Nevada/EUA) para a Verbio, empresa alemã de biocombustíveis (LANE, 2018), conforme anunciado nos planos de reestruturação da empresa.

Dentre os novos biocombustíveis, merecem destaque o HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*, ou óleo vegetal hidrotratado) e o bioquerosene de aviação (BioQAV). O HVO é um combustível obtido através do hidrotratamento²⁹ dos óleos vegetais, com estrutura química idêntica ao dos derivados do petróleo, que se caracteriza como um combustível *drop-in*³⁰. A tecnologia HVO, além de produzir um produto similar ao diesel, também pode ser adaptada para a produção de outros combustíveis (como o BioQAV). A produção de HVO tem crescido na Europa e Estados Unidos, com algo em torno de 15% a 20% de participação no diesel renovável (foram cerca de 5 milhões de toneladas em 2017) (KELLENS, 2018).

Para o BioQAV, a Organização da Aviação Civil Internacional das Nações Unidas (*International Civil Aviation Organization* – ICAO/UN) estabeleceu acordo de redução de emissão com as empresas aéreas denominado CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*), no qual define para a partir de 2021 um crescimento neutro de carbono na indústria da aviação (ICAO, 2018).

Além de instrumentos de compensação de emissões e de promoção de eficiência energética, o CORSIA prevê a utilização de combustíveis alternativos de aviação que sejam *drop-in*, em particular aqueles com processos certificados na ASTM Internacional (*American Society for Testing and Materials International*), vide Tabela 32. As matérias-primas empregadas são definidas conforme as tecnologias passem pelo processo de aprovação do subcomitê “*Aviation Fuels*” da ASTM Internacional (ASTM, 2018).

Tabela 32. Rotas tecnológicas aprovadas para a produção de Querosene de Aviação Alternativo

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

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

Observados os processos tecnológicos certificados pela ASTM Internacional, as seguintes matérias-primas disponíveis no Brasil podem ser utilizadas de forma mais promissora

²⁹ Reação de redução com o hidrogênio.

³⁰ Combustível alternativo que pode substituir o equivalente fóssil, sem necessidade de adaptação do motor.

(em ordem alfabética): babaçu, cana-de-açúcar, macaúba, palma, recursos florestais (eucalipto) e soja.

Cabe enfatizar que ainda existem desafios industriais e econômicos para que o BioQAV possa ser competitivo, no Brasil e no mundo, com o querosene de aviação de origem fóssil. Com o intuito de aprofundar seu conhecimento neste tema, a EPE colaborou com a Agência Alemã de Cooperação Internacional - GIZ³¹ em projeto para a criação de um modelo de referência para o uso de combustíveis sintéticos sustentáveis no Brasil, que buscou analisar os custos reais dos combustíveis, incluindo os “escondidos” (*hidden costs*). Desta forma, intentou-se viabilizar oportunidades locais para combustíveis alternativos de aviação, com base em condições logísticas de abastecimento economicamente restritivas. A pesquisa indicou que o combustível sintético de aviação tem competitividade econômica prevista para após 2030.

9. Emissões de Gases de Efeito Estufa

O Brasil desempenha papel de destaque internacional no que se refere a discussões e negociações acerca das mudanças climáticas. Foi construído no país todo um arcabouço legal cujo objetivo é fomentar a utilização de fontes renováveis, com destaque aos biocombustíveis. Mais um passo importante para este fim foi dado em dezembro de 2017, com o estabelecimento da Política Nacional de Biocombustíveis – RenovaBio, tema que será abordado no item 10 desse documento (BRASIL, 2017c).

A elevada participação de renováveis na matriz energética nacional proporciona uma significativa redução nas emissões de GEE. Quanto aos biocombustíveis líquidos, as emissões evitadas pelo uso de etanol (anidro e hidratado) e biodiesel, em comparação aos equivalentes fósseis (gasolina e diesel), somaram 66,3 MtCO₂ em 2018.

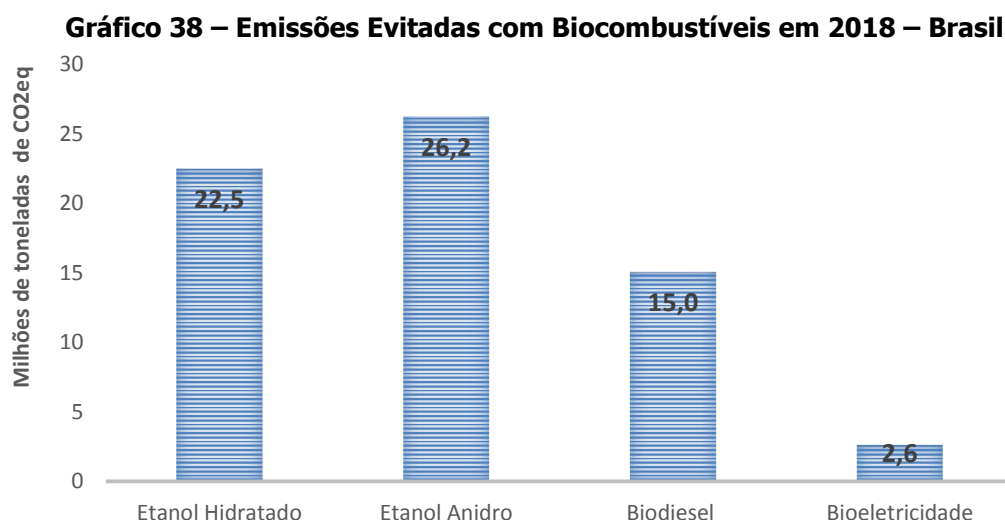
Além dos biocombustíveis líquidos, a bioeletricidade da cana também contribui para a redução das emissões de CO₂. Para estimar as emissões evitadas foi utilizado o fator de emissão de tCO₂ por MWh gerado, calculado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2019). Este indicador tem oscilado nos últimos anos, tanto em virtude da maior participação de térmicas de diversas fontes de combustíveis fóssil na geração de eletricidade nos momentos de escassez hídrica, como na maior contribuição das outras fontes renováveis, como a eólica que apresenta injeção crescente. Em 2018, a redução da geração térmica fóssil (13%) e o crescimento de das eólicas (13%) e hídricas (12%) ocasionou uma redução de 20,2% deste fator, passando de 0,093 tCO₂/MWh para 0,074 tCO₂/MWh.

Considerando a energia exportada e o autoconsumo pelas unidades sucroenergéticas, os valores de CO₂ evitados são expressivos. Contudo, a redução do fator de emissão da matriz impactou diretamente neste indicador, uma vez que a quantidade de energia gerada pelas usinas de biomassa de cana permaneceu sem alterações significativas em

³¹ Projeto IKI – Combustíveis Alternativos sem Impactos Climáticos. A EPE recebeu entre outubro de 2017 e abril de 2018 para intercâmbio um especialista alemão, que desenvolveu sua dissertação de mestrado em Gestão de Energia Renovável, no tema de combustíveis alternativos para aviação na Universidade de Tecnologia de Colônia (Technische Hochschule Köln) (ROTH, 2017).

2018. Assim, a quantidade das emissões evitadas em 2018 foi 20% inferior à de 2017 (3,3 MtCO₂), somando 2,6 MtCO₂, sendo 1,0 advindas do autoconsumo e 1,6 MtCO₂ da energia exportada.

O Gráfico 38 ilustra as emissões evitadas decorrentes do uso de biocombustíveis (etanol anidro e hidratado e biodiesel) e da bioeletricidade da cana.



Fonte: EPE a partir de (EPE, 2019a), (IPCC, 2006), (ROSA, OLIVEIRA, COSTA, PIMENTEIRA, & MATTOS, 2003) e (MCTI, 2019)

10. RenovaBio

A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), promulgada pela Lei nº 13.576, em 26 de dezembro de 2017 (BRASIL, 2017c), 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.

O funcionamento do RenovaBio se baseia em três instrumentos principais: as metas anuais de redução de intensidade de carbono (gCO₂/MJ) para um período mínimo de dez anos, a Certificação de Biocombustíveis e o Crédito de Descarbonização (CBIO), conforme apresentou EPE (EPE, 2018a). Adicionalmente, também se utiliza de políticas públicas de incentivo aos biocombustíveis desenvolvidas ao longo dos anos, como mandatos de adição obrigatória de biocombustíveis aos derivados de petróleo, mecanismos de diferenciação tributária entre renováveis e fósseis, além de linhas de financiamento.

O ano de 2018 foi importante para a implementação da Política, visto que diversas ações estruturantes foram realizadas. Após diversas reuniões, o Comitê RenovaBio encaminhou a proposta das metas nacionais de redução de emissões para a matriz de combustíveis para um período de dez anos, as quais foram aprovadas e publicadas pelo CNPE em junho de 2018, através da Resolução CNPE nº 5 (CNPE, 2018).

Em novembro, a ANP aprovou a Resolução ANP nº 758/2018 que regulamenta a Certificação da Produção ou Importação Eficiente de Biocombustíveis, art. 18 da Lei nº 13.576/2017, assim como define os requisitos para o credenciamento de firmas inspetoras, responsáveis por esta Certificação, e os critérios para cálculo da Nota de Eficiência Energético-Ambiental de produtor e importador de biocombustível (ANP,

2018a). Dentre os itens desta resolução consta a RenovaCalc, ferramenta que contabiliza a intensidade de carbono de um biocombustível (em g CO₂ eq./MJ), comparando-a à do seu combustível fóssil equivalente, para a comprovação do desempenho ambiental da produção de biocombustíveis.

Com a publicação da resolução, iniciou-se o processo de credenciamento de firmas inspetoras, registrando-se quatro empresas até junho de 2019, são elas: Green Domus Desenvolvimento Sustentável Ltda. EPP; SGS ICS Certificadora Ltda.; Instituto Totum de Desenvolvimento e Gestão Empresarial Ltda. e Fundação Carlos Alberto Vanzolini. Consequentemente, surgiram interessados para realizar o processo de certificação de sua produção, que culminará na emissão do Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis. Até a data da publicação deste documento, duas empresas colocaram em consulta pública seus processos de certificação, uma de biodiesel, que utiliza óleo reciclado como insumo para a produção e uma produtora de etanol de primeira geração de cana (ANP, 2019a) .

Em abril de 2019 o MME colocou em consulta pública nova proposta de metas nacionais de descarbonização da matriz de combustíveis para o ciclo 2020-2029 do RenovaBio, a qual será ratificada pelo CNPE em julho deste mesmo ano (MME, 2019a).

Já em junho de 2019, a ANP publicou a Resolução ANP nº 791/2019 que dispõe sobre a individualização das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis (ANP, 2019b) . Nesta resolução detalham-se a forma de rateio das metas globais em metas individuais das distribuidoras, assim como a lista de combustíveis fósseis que possuem biocombustível substituto em escala comercial, a qual terá influência sobre as metas individuais.

Para o segundo semestre deste ano, espera-se a publicação da última resolução que tratará sobre a emissão, o vencimento, a distribuição, a intermediação, a custódia, a negociação e os demais aspectos relacionados aos Créditos de Descarbonização (CBIO), instrumento financeiro negociado em mercado organizado (B3 S.A.). Em paralelo, a ANP está desenvolvendo o Sistema RenovaCalc e o Sistema de formação do Lastro das Notas Fiscais para Emissão de CBIO, que auxiliarão o controle e a armazenagem das informações necessárias ao funcionamento do RenovaBio (PLURAL, 2019).

Desta forma, com todo o arcabouço regulatório estruturado e o início das certificações dos produtores ou importadores de biocombustíveis, o RenovaBio poderá funcionar plenamente em 2020, trazendo os benefícios econômicos, sociais e ambientais para Brasil.

11. O Papel dos Biocombustíveis na Matriz Energética Nacional

11.1. Introdução

O Brasil é reconhecido internacionalmente por sua ampla disponibilidade de recursos energéticos. Por um lado, o país apresenta condições edafoclimáticas bastante favoráveis e extensa disponibilidade de terra, o que favorece o aproveitamento das fontes renováveis. Por outro, possui a gigantesca província petrolífera do Pré-Sal, além de deter uma das principais reservas de urânio do mundo e dominar o ciclo do combustível nuclear. Desta forma, a matriz energética nacional é bastante diversificada e se sobressai mundialmente pelo elevado grau de aproveitamento de biomassa, recursos hidráulicos e, mais recentemente, energia eólica e solar.

Na matriz veicular, a participação de fontes renováveis de energia é, particularmente, bastante expressiva, para o que contribuíram diversas políticas públicas de fomento aos biocombustíveis, que integraram ações de governo, de agentes do setor e da sociedade civil. Dentre os instrumentos regulatórios e econômicos que estruturam as políticas públicas, EPE (EPE, 2016b) destacou os mandatos de adição de biocombustíveis aos derivados de petróleo, os mecanismos de diferenciação tributária entre renováveis e fósseis, além de linhas de financiamento.

Por mandato, toda a gasolina automotiva atualmente comercializada nos postos revendedores contém 27%³² de etanol anidro, assim como ao diesel vendido, adiciona-se 10% de biodiesel. Além disso, considerável parcela da demanda energética de ciclo Otto é abastecida por etanol hidratado, equivalendo a 26,7% em 2018 (EPE, 2019a).

Dentre as importantes políticas públicas de incentivo aos biocombustíveis que foram desenvolvidas pelo governo brasileiro ao longo dos anos, ressaltam-se o Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL), na década de 1970, a inserção da tecnologia *flex fuel* em 2003, e o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), em 2005.

Mais recentemente, a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), que vem se estruturando desde a promulgação da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, revelou outras grandes oportunidades para o Brasil. EPE (EPE, 2018a) salientou como propósitos mais relevantes dessa política: fomentar a expansão apropriada da produção e do uso de todos os biocombustíveis na matriz energética brasileira, com acento na regularidade do abastecimento, e colaborar com previsibilidade para a participação competitiva dos diferentes biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis. O RenovaBio objetiva, ainda, cooperar para o atendimento aos compromissos do Brasil no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

Esta é a décima edição da Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis. Durante o período transcorrido desde a primeira publicação, algumas mudanças foram observadas na matriz nacional e, seguramente, outras virão. Para que o Brasil esteja preparado para

³² A gasolina *premium* contém 25% de etanol anidro, conforme Portaria nº 75 do MAPA (MAPA, 2019b). Entretanto, é responsável por uma fração bastante pequena das vendas do combustível.

aproveitar as circunstâncias favoráveis que o futuro lhe apresenta, é importante que se compreenda o relevante papel dos biocombustíveis na transição energética. Este processo, usualmente, longo e constante, não se circunscreve apenas às alterações observadas na matriz energética primária. Traz consigo, também, profundas modificações na base tecnológica dos conversores, nos padrões de consumo, nas relações socioeconômicas e ambientais, além de implicações geopolíticas.

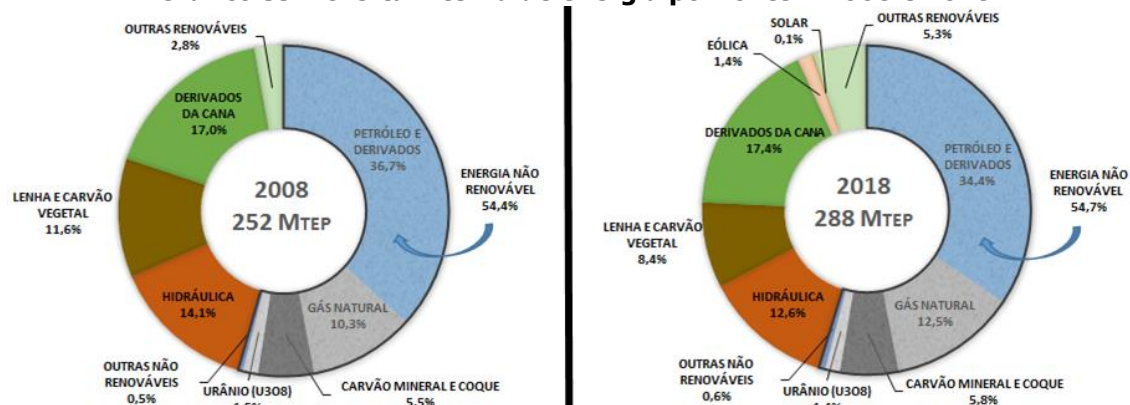
O presente artigo tem como objetivo apresentar as mudanças na matriz energética nacional ao longo dos últimos dez anos, destacando o papel dos biocombustíveis. O estudo relata as principais políticas públicas e como elas refletiram na oferta de energia nacional, os benefícios decorrentes da adoção destas fontes renováveis e como sua contribuição poderá ser fundamental para que a transição energética no Brasil ocorra com a apropriação devida das nossas riquezas nacionais.

11.2. Matriz Energética Nacional

A matriz energética brasileira possui uma parcela expressiva da sua oferta interna de energia advinda de fontes renováveis, as quais corresponderam a 45% em 2018 (EPE, 2019a). O país dispõe de diversas alternativas para o emprego desses recursos energéticos, devido à presença de importantes bacias hidrográficas, favorecendo a construção de hidroelétricas, e por suas características edafoclimáticas, que propiciam a geração de biomassa. Além disso, o regime de ventos e a insolação também oferecem condições favoráveis à inserção de eólicas e solares na matriz elétrica.

As políticas públicas adotadas pelo Governo Federal ao longo dos anos, associadas às condições naturais do país, possibilitaram que o Brasil apresente uma grande diversidade de fontes renováveis na sua matriz energética. Tal variedade compreende os biocombustíveis líquidos, predominantemente etanol e biodiesel; os biocombustíveis sólidos, sendo o mais relevante o bagaço de cana; e os gasosos, com participação ainda incipiente do biogás.

O aproveitamento dos recursos renováveis na matriz nacional é visto como uma das opções mais promissoras para um futuro energético sustentável. Destaca-se a presença da biomassa, que cresceu sua participação devido ao advento de novas tecnologias com alta eficiência e menores impactos ambientais em seu uso, inclusive contribuindo para a mitigação do aquecimento global. Conforme ilustra o Gráfico 39, para os anos de 2008 e 2018, mesmo com o aumento de 36Mtep, esta participação se manteve acima de 40%, enquanto que a média mundial foi de 14% em 2017 (IEA, 2019). Pode-se também observar que os derivados da cana-de-açúcar são a segunda principal fonte na oferta interna de energia, somente atrás do petróleo e seus derivados. Embora sua participação percentual no período tenha permanecido no mesmo patamar, houve um crescimento em valores absolutos superior a 5Mtep.

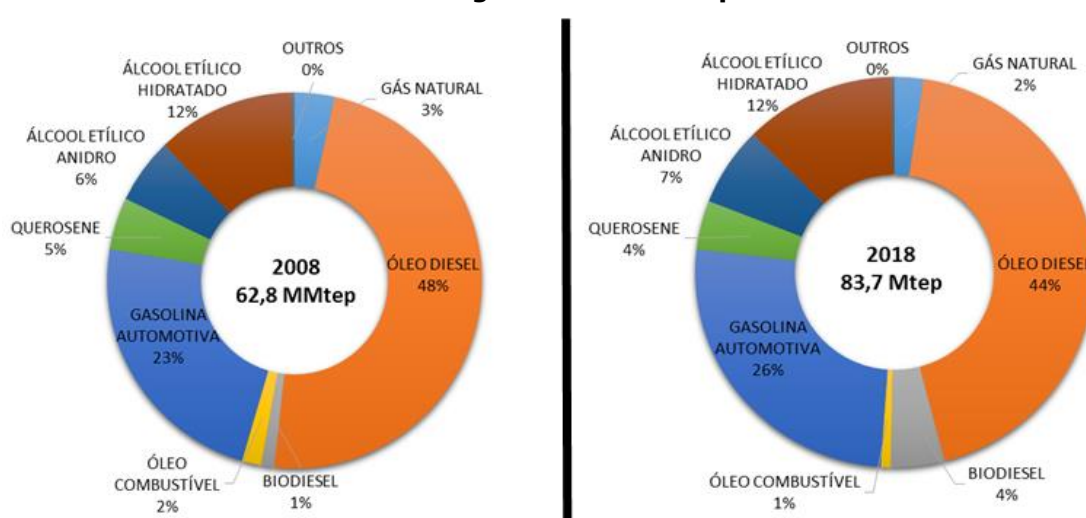
Gráfico 39 - Oferta interna de energia por fonte – 2008 e 2018

Fonte: (EPE, 2019a)

11.2.1. Análise Setorial

O consumo final de energia do Brasil conta com uma participação relevante dos derivados da cana em diversos setores da atividade econômica: no de transportes, representam 19% da energia consumida; no industrial, 16% (no segmento de alimentos e bebidas, 69%); e no energético, 50%. O etanol (anidro e hidratado) é utilizado nos motores de ciclo Otto e o bagaço é fonte energética para produção de vapor na fabricação de etanol e açúcar. Além disso, a biomassa de cana é destinada à geração de energia elétrica, sendo parte consumida nas usinas e parte injetada no Sistema Interligado Nacional – SIN.

O Brasil se apresenta como um caso de sucesso no que se refere à demanda de biocombustíveis no setor de transportes. Conforme ilustra o Gráfico 40, sua participação evoluiu de 18,7% em 2008 para 23,1% em 2018, o que representa um aumento de cerca de 8 Mtep (aproximadamente 40% do incremento de todo o setor). Destaca-se o aumento da participação do biodiesel, que evoluiu de 1% para 4% do consumo final de energia da matriz veicular no período (EPE, 2019a).

Gráfico 40 – Matriz energética- setor transporte – 2008 e 2018

Fonte: (EPE, 2019a)

A trajetória da contribuição dos principais biocombustíveis que integram a matriz energética do Brasil é descrita na próxima seção.

11.2.2. Etanol

No Brasil, a maior parte da produção de etanol se destina ao uso energético, como combustível em veículos automotores, em mistura à gasolina (anidro) ou de forma pura (hidratado). Além disso, o etanol possui uso não energético, principalmente na composição de bebidas alcoólicas, produtos de limpeza e tintas.

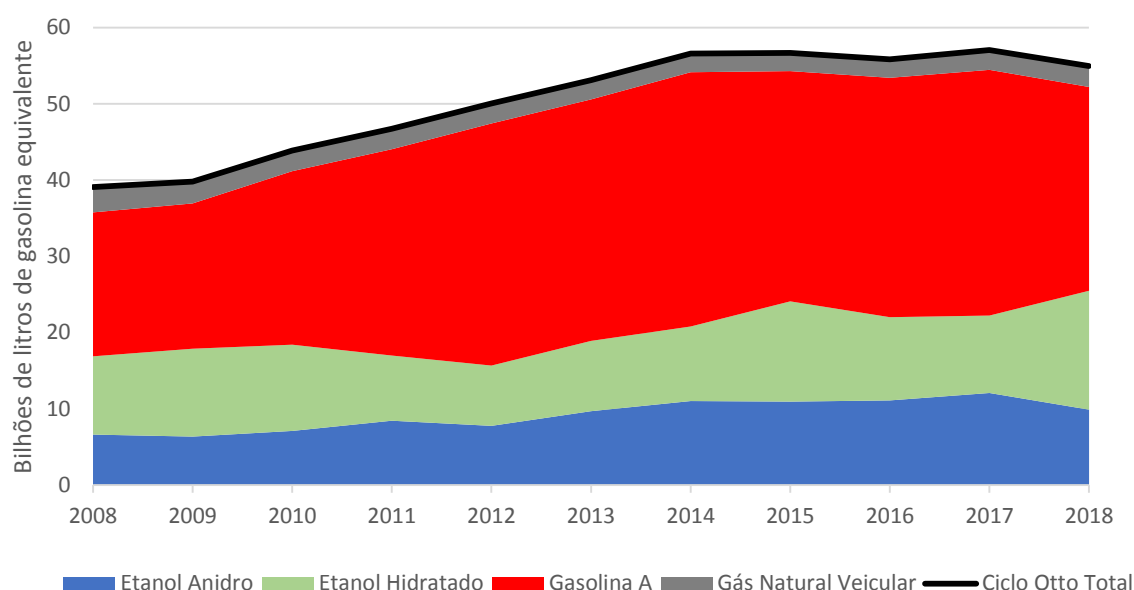
O Proálcool disseminou seu consumo carburante com o desenvolvimento dos veículos movidos exclusivamente a etanol, o que levou a um aumento extraordinário da produção nacional nos anos 1970. Posteriormente, a demanda por hidratado foi impulsionada pela introdução dos veículos *flex fuel* em 2003, os quais permitem a escolha do combustível no momento do abastecimento. A expectativa do aumento da demanda por etanol no Brasil e no mundo levou à internacionalização e à concentração do setor e atraiu o interesse por investimentos na indústria sucroenergética, conforme apontou EPE (EPE, 2013).

A composição da frota brasileira de veículos leves (37 milhões) é majoritariamente *flex fuel*, 76,4% em 2018, resultado da expressiva participação desta categoria no licenciamento, desde sua introdução no mercado automotivo. Ressalte-se que os parâmetros de preço são de vital importância para a escolha do proprietário de veículos *flex*. Desta forma, diversos aspectos relacionados à oferta e demanda do etanol são fundamentais para a competitividade deste biocombustível frente ao seu substituto, a gasolina C.

Do lado da oferta, o consumo do etanol carburante é influenciado pelo preço do açúcar no mercado internacional, pelo desenvolvimento da capacidade produtiva de etanol e açúcar, assim como pela evolução dos fatores de produção agrícola e dos custos de produção, tema aprofundado em EPE (EPE, 2014). Note-se que, apesar do principal insumo para a produção de etanol ser a cana-de-açúcar, nos últimos anos, o uso do milho tem expandido significativamente (vide item 1). Do lado da demanda, esta relação também é impactada pela eficiência dos veículos e, como descrito em EPE (EPE, 2017b), pelos diversos itens que formam o preço desses combustíveis, tais como CIDE, PIS, COFINS e ICMS.

Ressalta-se que os mandatos de adição de anidro na gasolina A, atualmente em 27%, também contribuíram para o crescimento da produção de etanol (EPE, 2016b). Adicionalmente, por intermédio dos incentivos financeiros relacionados a linhas de financiamentos do BNDES, foram contempladas várias atividades do setor sucroenergético, através de programas como PRORENOVA, PASS, PAISS, PROGEREN, FINEM, conforme detalhado em EPE (EPE, 2016b).

Como resultante da variação destes diversos fatores, a demanda carburante de etanol cresceu 9,1 bilhões de litros, entre 2008 e 2018. Observa-se no Gráfico 41 a evolução da participação do anidro e do hidratado no consumo do ciclo Otto (em gasolina equivalente).

Gráfico 41 - Participação do etanol no consumo do ciclo Otto 2008-2018

Fonte: (EPE, 2019a)

Estima-se que a produção de etanol tenha evitado a importação de 218 bilhões de litros de gasolina A no período 2008-2018, considerando as demais condições constantes (*ceteris paribus*), sejam elas: demanda ciclo Otto, preços médios dos combustíveis, produção nacional de gasolina A, dentre outras.

11.2.3. Biodiesel

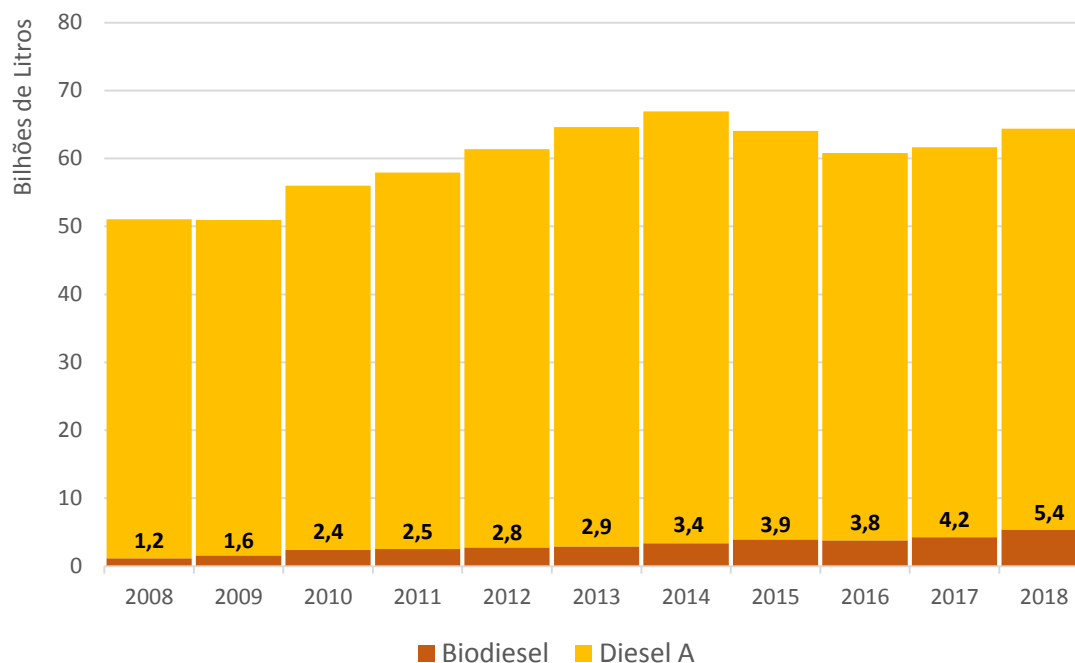
O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), estabelecido por intermédio da Lei nº 11.097/2005 (BRASIL, 2005), foi o instrumento que inseriu esse biocombustível na matriz energética nacional. Sua concepção fundamentou-se em três pilares básicos: a inclusão social através da agricultura familiar, a sustentabilidade ambiental e a viabilidade econômica. O Programa foi construído com o objetivo de permitir, através de diferentes rotas tecnológicas, a utilização das diversas oleaginosas existentes no Brasil, de acordo com as potencialidades de cada região, reduzindo as desigualdades econômicas entre elas.

Entretanto, embora o país possua diversidade de insumos graxos, as principais matérias-primas utilizadas para a produção deste combustível renovável desde a implementação do programa são a soja e a gordura animal, com média de 75% e 17%, respectivamente. A produção também se mostrou fortemente regionalizada: em 2018, as regiões Centro-Oeste e Sul juntas foram as responsáveis por 83% da produção total.

Embora a Lei nº 11.097/2005 estipulasse um cronograma de adição do mandatório iniciando em 2% de biodiesel no diesel (B2), em janeiro de 2008, e alcançando 5% somente no ano de 2013, o B5 foi antecipado para janeiro de 2010, por decisão de política pública, conforme autorizava a Lei. Esse teor se manteve até 2014, quando a Lei 13.033 definiu sua elevação para 6%, em julho, e 7%, em novembro daquele mesmo ano (BRASIL, 2014). Em 2016, a Lei 13.263 (BRASIL, 2016) estabeleceu um cronograma de elevação do mandatório para 8%, 9% e 10%, em até 12, 24 e 36 meses após sua

promulgação. Dessa forma, em março de 2017 passou a vigorar o B8. A adição obrigatória foi alterada diretamente de 8% para 10% em março de 2018, por decisão do CNPE, conforme autorizava a Lei. Observa-se através do Gráfico 42 a evolução do consumo de biodiesel no ciclo diesel.

Gráfico 42 - Participação do biodiesel no consumo do ciclo diesel 2008-2018



Fonte: (EPE, 2019a)

Além do mandato de biodiesel, o Governo Federal também disponibilizou incentivos fiscais para estimular e direcionar o desenvolvimento do setor, como a redução das alíquotas de PIS/COFINS, o Selo Combustível Social e linhas de financiamento do BNDES, como o Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel para “todas as fases da produção do biodiesel, inclusive no que se refere à armazenagem e à logística do escoamento da produção” (BNDES, 2006).

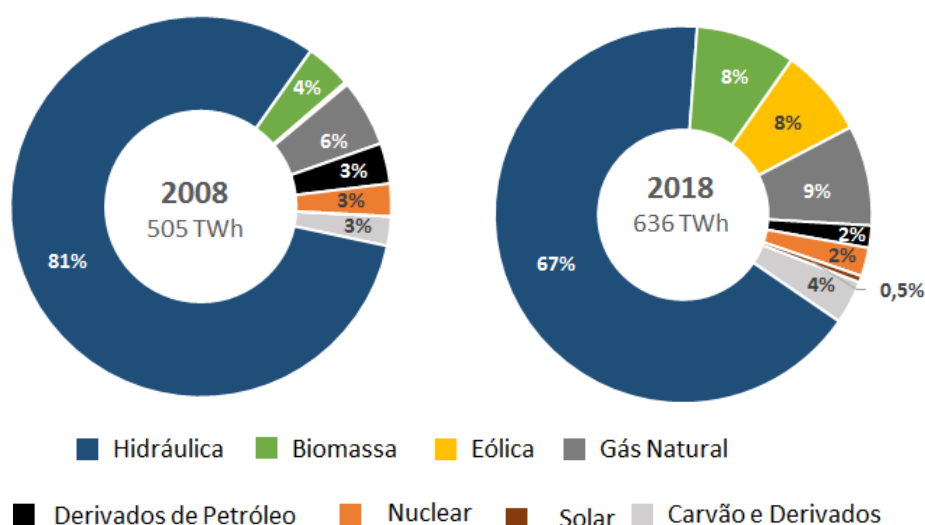
Estima-se que a produção de biodiesel evitou a importação de 27 bilhões de litros de diesel A, no período entre 2008 e 2018, considerando todas as demais condições constantes (*ceteris paribus*), sejam elas: demanda ciclo Diesel, preços médios dos combustíveis, produção nacional de diesel A.

Note-se que o CPNE (CNPE, 2018) autorizou a elevação do percentual de mistura de biodiesel no diesel, de 1% ao ano a partir de 2019, até 15% em 2023, o que sinaliza que sua participação na matriz aumentará, nos próximos anos. Todavia, cabe ressaltar que tal elevação ocorrerá, desde que obedecidas as condicionantes de aprovação de testes nos motores para esse teor, conforme determina a Lei 13.263/2016.

11.2.4. Bioeletricidade

A matriz elétrica também é beneficiada pela presença dos recursos renováveis. As hídricas seguem como a principal fonte de energia elétrica em nosso país, embora sua participação seja decrescente, conforme gráfico a seguir.

Gráfico 43 - Matriz Elétrica - 2008 e 2018



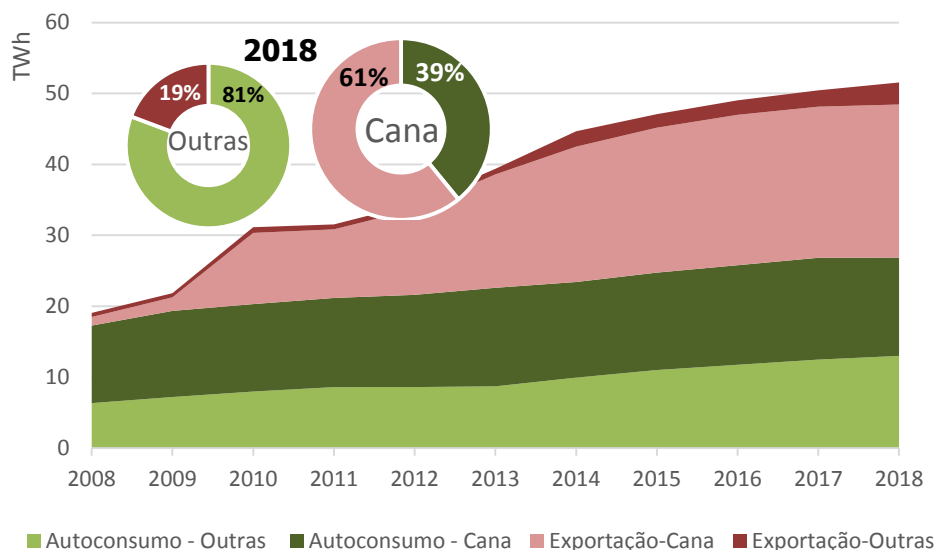
Fonte: (EPE, 2019a)

Como forma de suprir esse *gap*, as usinas térmicas passaram a exercer o importante papel de contribuir para a segurança energética e para o aumento da confiabilidade do sistema elétrico. Dentre as térmicas, as que utilizam gás natural foram as que atuaram de forma mais expressiva. Inicialmente, tal solução foi fomentada com base na política de desenvolvimento de mercado para o gás boliviano relacionado à construção do GASBOL (entrada em operação do trecho Norte em 1999 e trecho Sul em 2000) e ao Programa Prioritário de Termelétricas (PPT) nos anos 2000 (EPE, 2017c). Posteriormente, com base na competitividade dos modelos de negócios GTW (*Gas to Wire*) na boca do poço ou integrados a terminais de regaseificação de GNL (Gás Natural Liquefeito), que foram vencedores em leilões de energia.

Entretanto, também a bioeletricidade tem apresentado participação crescente desde a instituição do novo marco regulatório do setor elétrico através da Lei nº10.848 (BRASIL, 2004). Por intermédio dessa política pública, foram tomadas medidas com o objetivo de fomentar a adoção de um mercado competitivo e garantir o suprimento elétrico, como a execução de leilões para contratação de energia elétrica no mercado regulado, quando o critério de menor tarifa foi adotado.

Em virtude da quantidade significativa de biomassa de cana disponível para a geração, essas térmicas podem vir a representar um destaque ainda maior no cenário elétrico brasileiro, visto que são complementares às hidrelétricas, pois seu período de maior geração ocorre nos meses de maior estresse hídrico, conforme descrito por EPE (EPE, 2015).

Conforme ilustra o Gráfico 44 deste documento, a participação elétrica das unidades produtoras de etanol e açúcar inicialmente estava circunscrita à autoprodução. Diante de medidas que valorizavam a bioeletricidade, seja através de políticas públicas, seja pelos movimentos de fusão ocorridos no setor e sua internacionalização, o segmento vem apresentando nos últimos anos perfil mais exportador. Observa-se também o crescimento de outras fontes na geração com biomassa. A lixívia (licor negro, oriundo da indústria de papel e celulose) apresentou aumento significativo na injeção de eletricidade ao SIN, conforme pontuado no item 5.2 da Análise de Conjuntura.

Gráfico 44 - Participação da biomassa da cana na geração de bioeletricidade

Fonte: (EPE, 2019a)

No período de 2008 a 2018 a bioeletricidade gerou cerca de 420 TWh, sendo que, destes, 170 TWh foram exportados para o Sistema Interligado Nacional, contribuindo com a matriz elétrica brasileira.

11.2.5. Biogás

A participação do biogás na oferta interna de energia tem aumentado vertiginosamente nos últimos anos (EPE, 2019a), porém ainda modesta face ao seu expressivo potencial e pequena em comparação com outras fontes energéticas. É importante destacar que a política pública de fomento à geração distribuída, via promulgação das Resoluções Normativas 482/2012 e 687/2015 da ANEEL, mostrou-se essencial para estimular a maior penetração deste insumo na geração de energia (ANEEL, 2012) (ANEEL, 2015).

Os Planos Decenais de Expansão de Energia vêm sinalizando que o setor sucroenergético pode contribuir de forma contundente na oferta de biogás advindo da biodigestão da vinhaça e da torta de filtro (EPE, 2017a) (EPE, 2018b). Pode cooperar também para a disseminação dessa fonte renovável a grande disponibilidade de insumos dispersos por várias regiões do país, tais como resíduos das unidades de saneamento e da suinocultura. Nesse contexto, estima-se que o uso do biogás será ampliado consideravelmente no Brasil nos próximos anos. Além do desdobramento positivo decorrente da maior oferta de uma fonte energética, obtém-se a solução para um problema ambiental, com o direcionamento destes resíduos para a produção de biogás.

Observando a participação histórica das fontes utilizadas para a geração elétrica é notória a maior inserção do gás natural, que evoluiu de 28,7 TWh para 54,6 TWh, de 2008 a 2018 (EPE, 2019a). Note-se que houve o acréscimo de 26 TWh, quase o dobro, embora sua participação percentual no período tenha permanecido no mesmo patamar, evoluindo de 31% para 34% na geração elétrica pelas térmicas. Este aumento representou aproximadamente 20% do incremento da geração elétrica no horizonte avaliado. Além da redução da participação hídrica, um dos fatores que justificam o aumento do gás natural é o incremento da participação das fontes energéticas de alta

variabilidade, que demandam que haja *back-up* térmico flexível para que sua geração ocorra de forma a minimizar os riscos inerentes ao seu uso. A energia eólica registrou participação de 86 mil tep em 2008 e 4.168 mil tep em 2018 na matriz elétrica. A solar não apresentava registros até 2012, e alcançou 298 mil tep no último ano. O biogás passa a figurar na matriz a partir de 2010, com 15 mil tep, finalizando 2018 com 204 mil tep.

A purificação do biogás dá origem ao biometano, cujo conteúdo energético é similar ao do gás natural. Atendidos os requisitos mínimos determinados pela regulação específica, pode ser aplicado na produção de energia elétrica, em uso exclusivo ou na coqueima com o bagaço em usinas híbridas, em uso conjunto ou em substituição ao diesel nos maquinários do setor agrícola e veículos pesados, além de ser injetado na malha dutoviária de gás natural de origem fóssil.

Nesse sentido, é importante ressaltar a oportunidade criada no contexto do Novo Mercado de Gás. A produção e uso do biogás pode servir para aumentar a oferta de gás natural, bem como para diminuir sua pegada de carbono, evidenciando uma sinergia positiva entre o combustível fóssil e o renovável. Neste aspecto, a produção de biogás amplia tanto a capacidade de atendimento à demanda quanto a abrangência da oferta.

11.3. Perspectivas da Matriz Energética

Há diversos elementos que apontam que o mundo passa por uma nova transição energética embasada em condicionantes como desenvolvimento sustentável, mudanças climáticas e inovações tecnológicas associadas à eletrônica e à entrada na era digital.

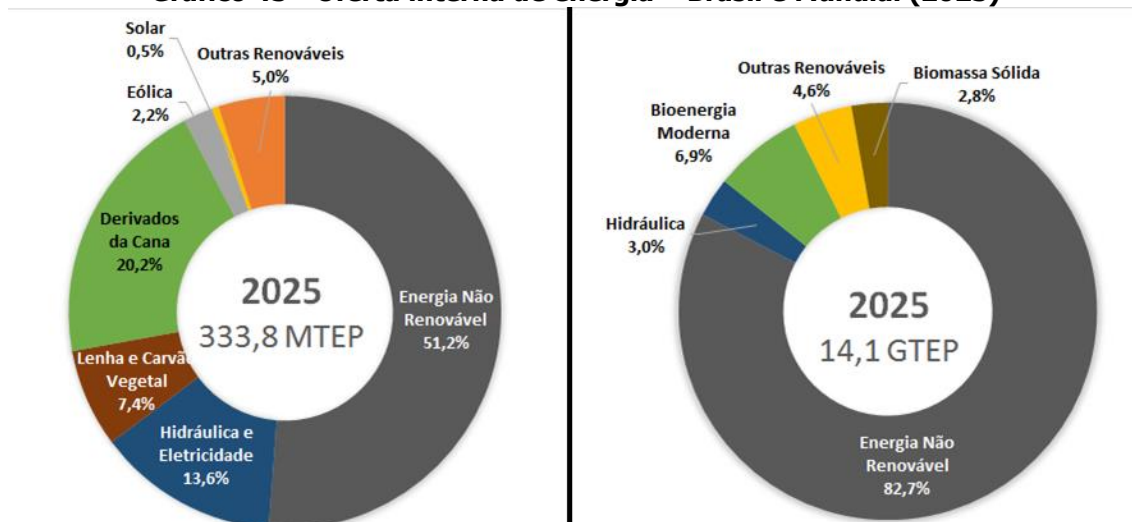
A nova transição energética consiste em um processo de transformações no sentido de uma economia de baixo carbono e menor pegada ambiental, incrementando a eficiência no uso das diferentes fontes de energia e substituindo, progressivamente, recursos energéticos com maior intensidade de carbono e pegada ambiental por aqueles com menores emissões de GEE e impactos ao meio ambiente.

Há que se ressaltar que o ritmo das modificações nas matrizes energéticas primárias e finais em todo o mundo é bastante distinto geograficamente. O Brasil já apresenta um elevado grau de renovabilidade da sua matriz, que equivale a quase o triplo da realidade vivenciada no mundo (EPE, 2019a) (IEA, 2019). Dessa forma, em âmbito nacional, a maior participação dos biocombustíveis contribuirá para que esta transição ocorra com menor uso de recursos fósseis. No que se refere aos transportes, os motores de combustão interna deverão continuar presentes na matriz brasileira nas próximas décadas e sua substituição por tecnologias que utilizem outras formas de propulsão, como os veículos híbridos e elétricos, deve ocorrer de forma mais lenta do que a crescente presença dos biocombustíveis líquidos. No médio e longo prazos, o Rota 2030 deverá contribuir para harmonizar biocombustíveis e as tecnologias automotivas alternativas.

Neste sentido, o Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 estima o aumento da participação das fontes renováveis na matriz energética nacional, saindo de 45,3%, em 2018, para 48,8%, em 2025, conforme ilustra o Gráfico 45. Destaca-se o crescimento das energias eólica e solar, assim como a evolução dos derivados da cana. Na visão da Agência Internacional de Energia (IEA, 2019), a participação da energia não-renovável

na matriz energética mundial continuará a ter grande representatividade em 2025, cerca de 82,7%, mesmo no cenário mais favorável à entrada de renováveis (*Sustainable Development Scenario*). Destaca-se que, comparando-se os anos de 2017 e 2025, apesar de o petróleo cair de 32% para 31% e o carvão de 27% para 22%, o gás natural aumenta sua contribuição de 22% para 24%, enquanto o somatório de renováveis e biomassa sólida aumenta de 14% para 17%. Quando considerado o cenário de manutenção das políticas atuais (*Current Policies*), as fontes não-renováveis apresentam uma pequena redução, de 85,7%, em 2017, para 84,4%, em 2025.

Gráfico 45 - Oferta interna de energia – Brasil e Mundial (2025)



Fonte: (EPE, 2018b) e (IEA, 2019))

Evidencia-se, então, que, no ano de 2025, grande parte dos países ainda se encontrará distante da posição atual do Brasil, em termos de renovabilidade da matriz energética (item 11.2).

As necessidades energéticas do mundo continuarão a crescer, sendo que a busca por uma economia de baixo carbono norteará o futuro para o uso eficiente da energia e para a utilização de fontes de menor intensidade de carbono, incluindo as renováveis. O Brasil já se encontra em posição de destaque e deverá fortalecer ainda mais esse cenário, diante da Política Nacional de Biocombustíveis, que abriu um novo horizonte para a ampliação da participação dos biocombustíveis na matriz energética brasileira.

11.4. Benefícios

A inserção dos biocombustíveis na matriz energética brasileira ocorreu de forma maciça na década de 1970, como uma reação às crises do petróleo. A partir dos anos 1990 houve novos avanços, adicionando o aspecto ambiental à motivação de segurança do abastecimento (redução da dependência do petróleo).

São diversos os benefícios advindos do uso dos biocombustíveis na matriz nacional, os quais podem ser observados nos âmbitos econômicos, sociais e ambientais. Considerando os biocombustíveis líquidos, uma vez que a produção brasileira dos derivados de petróleo, gasolina e diesel, não é suficiente para atender à demanda doméstica, o consumo de etanol e biodiesel atua favoravelmente no sentido de reduzir os riscos relacionados à instabilidade do mercado mundial de petróleo e de aumentar a

segurança do abastecimento de energia. A ausência destes biocombustíveis poderia se desdobrar em aumento da importação dos análogos fósseis, impactando na balança comercial do Brasil.

Os impactos sociais mais evidentes do aproveitamento dos biocombustíveis estão relacionados à criação de emprego e renda, seja na fase agrária de sua produção, ou na etapa industrial. Destaca-se, no caso do biodiesel, a existência do Selo Combustível Social, que beneficiou pequenos agricultores a partir da inserção da agricultura familiar no processo produtivo do biocombustível.

Os benefícios ambientais dos biocombustíveis decorrem da menor geração de poluentes atmosféricos, efluentes líquidos e resíduos sólidos em comparação aos combustíveis fósseis. É importante destacar que a queima de combustíveis fósseis emite vários contaminantes que causam impactos ambientais, tanto de alcance local e regional como os de abrangência global, destacando a chuva ácida, o *smog* fotoquímico e o aquecimento global. Além de contribuir para a mitigação dos gases de efeito estufa (GEE), o uso dessas fontes renováveis ocasiona uma menor emissão de alguns contaminantes locais (tais como: hidrocarbonetos totais, material particulado, SO_x e CO). Cabe pontuar que ocorre o aumento nas emissões de NO_x, no caso do biodiesel, e de aldeídos, no caso do etanol. Desta forma, o uso de biocombustíveis está resultando em um balanço ambiental favorável ao Brasil, tanto no que tange à poluição local e regional, com impactos à saúde, quanto nos reflexos sobre a mudança do clima. Ademais, através de regulamentação específica para a geração distribuída, há estímulo para o aproveitamento energético dos resíduos, originando insumos para geração elétrica, uso veicular, dentre outros.

O Brasil tem sido protagonista nas discussões internacionais sobre mudanças climáticas. Foi signatário do Protocolo de Quioto (ratificado em 1999) e, mais recentemente, comprometeu-se com o Acordo de Paris, celebrado na 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), realizada naquela cidade, em dezembro de 2015. O Acordo de Paris representou uma importante articulação mundial para enfrentar as causas antrópicas do fenômeno da mudança do clima em escala global e promover a adaptação aos seus efeitos, e o Brasil apresentou sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) UNFCCC nesta ocasião (EPE, 2016a).

Na NDC brasileira, o Brasil se compromete a reduzir as emissões de GEE, em 2025, em 37% e, em 2030, fez a indicação de reduzir em 43%, tendo o ano de 2005 como referência. É fundamental destacar que a NDC do Brasil se aplica ao conjunto da economia e, portanto, baseia-se em caminhos flexíveis para atingir os objetivos de 2025 e 2030. Muito embora a NDC do Brasil não estabeleça metas setoriais, em anexo ao compromisso brasileiro apresentado na COP 21 são fornecidas informações adicionais sobre medidas que podem ser adotadas para o atingimento das metas, entre as quais, destaca-se para o setor de energia: “i) aumentar a participação de bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis, aumentando a oferta de etanol, inclusive por meio do aumento da parcela de biocombustíveis avançados (segunda geração), e aumentando a parcela de biodiesel na mistura do diesel”.

Ao se promover o consumo veicular de etanol e biodiesel, o aumento da participação de bioeletricidade e biogás na matriz energética, em substituição aos seus respectivos análogos fósseis, ao mesmo tempo em que o Brasil está fortalecendo a segurança do abastecimento nacional de energia, também está diminuindo a intensidade das emissões de GEE no setor energético, assim como a emissão de poluentes locais.

Considerando os últimos dez anos, a demanda total do ciclo Otto perfaz 525 bilhões de litros de gasolina equivalente (exclusive GNV), sendo 218 bilhões de litros de etanol (em gasolina equivalente). Neste mesmo período, a importação líquida de gasolina foi de 15 bilhões de litros. Desta forma, o uso do etanol contribuiu para que este valor não fosse ainda maior e teve como benefício ambiental diminuir as emissões de GEE, que alcançaram 446 MtCO₂eq.

O biodiesel, por sua vez, participa com percentual obrigatório de adição ao diesel fóssil. Avaliando o período de 2008 a 2018, o total de biodiesel consumido, considerando as diversas alterações percentuais ao longo deste tempo, foi cerca de 34 bilhões de litros. Levando-se em conta que a soja e as gorduras animais somam mais de 90% da matéria prima utilizada para produção deste biocombustível, as emissões evitadas pelo seu uso ultrapassam 88 MtCO₂ eq.

Os benefícios decorrentes da bioeletricidade também estão relacionados à mitigação de emissão de GEE, além de sua complementariedade com a geração hídrica, localizada próxima ao centro de carga. Estima-se que a participação da bioeletricidade da cana foi responsável pela geração de 300 TWh de 2008 a 2018, sendo que destes, 150 TWh foram injetados no Sistema Interligado Nacional. Os cálculos das emissões evitadas decorrentes do uso deste insumo como fonte elétrica somam 25 MtCO₂.

Neste aspecto, considerando o uso de etanol e biodiesel e a bioeletricidade, contabiliza-se a mitigação de 560 MtCO₂ pelo uso destes biocombustíveis.

Desta forma, mostra-se evidente o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética brasileira, com destaque à segurança do abastecimento e à mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

11.5. Considerações finais

Historicamente, o Brasil tem posição de destaque na produção e uso de biocombustíveis, com elevada participação das fontes renováveis na sua matriz energética. Isto é resultado de contínuas políticas públicas que combinaram ações do governo federal, de agentes privados e da sociedade civil no aproveitamento das características edafoclimáticas nacionais.

Ao longo dos dez anos da Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis, tais políticas públicas garantiram às fontes renováveis a manutenção de um percentual acima de 40% na oferta interna de energia, mesmo com um crescimento de 17% desta última. Para o setor de transportes, a participação de fontes renováveis evoluiu de 18,7% para 23,1%, o que representa um aumento de 8Mtep entre 2008 e 2018.

O etanol possui papel fundamental neste crescimento, adicionando cerca de 10 bilhões de litros de gasolina equivalente no consumo carburante do ciclo Otto quando comparados os anos de 2008 e 2018. Grande parte foi motivada pelo êxito na introdução

de veículos *flex fuel*, majoritários na frota total de veículos leves em 2018, assim como, pelo mandato de adição de etanol anidro na gasolina C. O consumo acumulado do etanol carburante, no período 2008-2018, foi de 218 bilhões de litros.

O PNPB introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira, estabelecendo a mistura mandatória ao diesel fóssil a partir de 2008, visando o fomento da indústria nacional, a segurança energética, a economia de divisas e a inclusão social através da agricultura familiar. No período 2008-2018, o consumo acumulado total foi de aproximadamente 34 bilhões de litros. Entretanto, ainda são necessários esforços para a diversificação de matérias-primas e de regiões produtoras, um dos propósitos iniciais do PNPB, uma vez que sua produção se concentra majoritariamente na soja e na gordura animal, cerca de 90% dos insumos totais, e nas regiões Centro-Oeste e Sul.

Resíduo da produção de etanol e açúcar, o bagaço é fonte para geração de bioeletricidade. Ao longo da última década, a exportação ao SIN da energia elétrica do setor sucroenergético tem sido crescente e preponderante, somando cerca de 150 TWh neste período. Importa ressaltar a característica sazonal do bagaço, que apresenta maior geração durante a safra da cana-de-açúcar, concomitante à época de maior estresse hídrico. Mais recentemente é possível observar também a maior participação da lixívia na geração com biomassa.

Ao longo do período de publicação da Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis foi possível observar a introdução do biogás na matriz energética, que, embora incipiente, apresenta um crescimento forte, com indicação de um futuro promissor na matriz nacional.

O Brasil destaca-se no cenário energético mundial pelo caráter renovável da sua matriz, resultado do seu enorme potencial, e, sobretudo, das políticas públicas direcionadas tanto ao fortalecimento da segurança nacional como ao melhor aproveitamento dos recursos renováveis. Desta feita, a singularidade atual da matriz energética brasileira é o propósito futuro de muitas nações, dada a presença significativa de fontes de baixo carbono. Como exposto nesse artigo, o Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 indica que a crescente demanda energética nacional continuará a ser atendida de maneira sustentável.

Além dos inúmeros desdobramentos positivos já citados, cabe ainda ressaltar que há outros benefícios associados ao uso crescente dos biocombustíveis, nas esferas econômica, social e ambiental. O fomento à indústria interna na produção de equipamentos e serviços para atender à demanda, o saldo positivo gerado na balança comercial pela produção e uso de biocombustíveis são alguns dos efeitos positivos do seu uso. Socialmente, destacam-se a criação de emprego e renda, seja na fase agrária, ou na etapa industrial de sua produção. Na esfera ambiental, a diminuição das emissões de gases de efeito estufa associados ao maior uso de biocombustíveis alinha-se ao posicionamento nacional de comprometimento com os impactos das mudanças climáticas e endossa o protagonismo que o Brasil ocupa nas discussões sobre o tema.

A Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis da EPE buscou aprofundar alguns dos principais movimentos de mercado de biocombustíveis no país em seus artigos, tais como: a concentração e internacionalização do setor sucroenergético, a análise dos

custos de produção de etanol e a inserção da bioeletricidade na matriz energética nacional (EPE, 2013) (EPE, 2014) (EPE, 2015).

Nas edições mais recentes, foram analisadas as políticas públicas de incentivo à produção e uso de biocombustíveis no Brasil, os impactos da diferenciação tributária entre a gasolina e o hidratado para Minas Gerais, item de política estadual, e os objetivos e possíveis desdobramentos da Política Nacional de Biocombustíveis – o RenovaBio (EPE, 2016b) (EPE, 2017b) (EPE, 2018a).

Pondera-se, então, que os estudos caminharam no sentido de uma melhor compreensão das políticas públicas, bem como da sua importância para o fomento do mercado de biocombustíveis no Brasil.

Concluída a primeira década da Análise de Conjuntura, esta edição evidencia o relevante papel dos biocombustíveis na matriz energética brasileira, em grande medida orientado por tais políticas, adequadamente direcionadas ao aproveitamento de nossas riquezas nacionais através do desenvolvimento sustentável, tendo como meta o ótimo social.

Observa-se que muitos desafios foram superados e que o Estado brasileiro, ao longo dos anos, soube desenvolver mecanismos para aproveitar as oportunidades concedidas pelas condições edafoclimáticas do país. A Política Nacional de Biocombustíveis vem focando no aprimoramento das políticas públicas e dos aspectos regulatórios que se mostram necessários para a expansão da produção nacional dessas fontes renováveis e para seu uso. Para além desses esforços, preparado o solo fértil onde o RenovaBio possa brotar, espera-se que o setor atue no sentido de ampliar a produção de biocombustíveis no Brasil, fundamentada na previsibilidade e sustentabilidade ambiental, econômica e social.

Referências Bibliográficas

- ABIOVE. (2018a). *Estatística Mensal do Complexo Soja*. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Fonte: www.abiove.org.br
- ABIOVE. (2018b). *Pesquisa de Capacidade Instalada da Indústria de Óleos Vegetais*. Acesso em 8 de 4 de 2019, disponível em www.abiove.org.br/
- ABRACICLO. (2019). *Dados do Setor: vendas atacado 2018, 2019*. Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares. Acesso em 11 de 4 de 2019, disponível em http://www.abraciclo.com.br/images/pdfs/Motocicleta/Vendas-Atacado/2018-12_Vendas_no_Atacado_MOTOCICLETAS.pdf
- ANEEL. (2012). *Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012*. Agência Nacional de Energia Elétrica, Rio de Janeiro. Fonte: www.aneel.gov.br
- ANEEL. (2015). *Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015*. Agência Nacional de Energia Elétrica, Rio de Janeiro. Fonte: www.aneel.gov.br
- ANEEL. (2019). *Aneel homologa limites do PLD*. Agência Nacional de Energia Elétrica. Fonte: www.anp.gov.br
- ANFAVEA. (2019). *Anuário da indústria automobilística brasileira 2018*. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Acesso em 11 de 4 de 2019, disponível em <http://www.anfavea.com.br/anuario.html>
- ANP. (2018a). *Resolução ANP nº 758/2018. Regulamenta a certificação da produção ou importação eficiente de biocombustíveis de que trata o art. 18 da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e o credenciamento de firmas inspetoras*. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 23 de Novembro de 2018, disponível em <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2018/novembro&item=ranp-758-2018>
- ANP. (2018b). *Nota Técnica do Grupo de Trabalho Portaria nº 357/2018 nº 001/2018 - Análise da Tomada Pública de Contribuições (TPC) nº 2/2018 – Venda Direta de Etanol*. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.
- ANP. (2018c). *Resolução ANP nº 719, de 22 de fevereiro de 2018*. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 22 de 2 de 2018
- ANP. (2018d). *Informações de Mercado*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 9 de 4 de 2019, disponível em <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>
- ANP. (2018e). *Tomada Pública de Contribuições nº 2/2018. Venda direta de etanol*. Diário Oficial da União, Brasília, 06 agosto. 2018. Fonte: www.anp.gov.br
- ANP. (2018f). *Leilões de Biodiesel*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 18 de 4 de 2019, disponível em <http://www.anp.gov.br/distribuicao-e-revenda/leiloes-de-biodiesel>
- ANP. (2018g). *Levantamento de preços*. Acesso em 23 de 1 de 2019, disponível em www.anp.gov.br
- ANP. (2019a). *RenovaBio*. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 14 de Junho de 2019, disponível em <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/renovabio>

ANP. (2019b). *Resolução ANP nº 791/2019. Dispõe sobre a individualização das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis, no âmbito da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)*. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 10 de Junho de 2019, disponível em <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2019/junho&item=ranp-791-2019>

ANP. (2019c). *Autorização para produção de biocombustíveis*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 22 de 1 de 2019, disponível em <http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/autorizacao-para-producao-de-biocombustiveis>

ANP. (2019d). *Dados Estatísticos*. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Acesso em 14 de 3 de 2017, disponível em www.anp.gov.br

ASTM. (2015). *Standard Specification for Jet B Wide-Cut Aviation Turbine Fuel. ASTM D6615 - 15a*. American Standard Testing Materials.

ASTM. (2018). *Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons. ASTM D7566 – 18*. American Standard Testing Materials.

BNDES. (2006). *Seminário Nacional de Desenvolvimento Econômico*. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro. Acesso em 25 de Março de 2019, disponível em http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/seminario/Biodiesel_BNDES.pdf

BNDES. (2019a). *BNDES Prorenova*. BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social. Acesso em 2019 de 01 de 24, disponível em <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-prorenova>

BNDES. (2019b). *Comunicação Pessoal*. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Sustentável.

BNDES. (2019e). *Navegador de Financiamentos*. Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social. Acesso em 1 de 31 de 2019d, disponível em <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/navegador#!/>

BNDES. (2019f). *Maior Sistema Brasileiro para Escoar Etanol Terá R\$1,8 Bi de Apoio do BNDES*. Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social - Agência BNDES de Notícias. Acesso em 1 de 3 de 2019, disponível em [https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/detalhe/noticia/Principal-sistema-de-escoamento-do-etanol-brasileiro-tera-R\\$-181-bi-do-BNDES/](https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/detalhe/noticia/Principal-sistema-de-escoamento-do-etanol-brasileiro-tera-R$-181-bi-do-BNDES/)

BRASIL. (1993). *Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências*. Diário Oficial da União, Brasília. Fonte: www.planalto.gov.br

BRASIL. (2004). *Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004*. Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: www.planalto.gov.br

BRASIL. (2005). *Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005*. Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: www.planalto.gov.br

BRASIL. (2016). *Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo*

diesel comercializado no território nacional. Diário Oficial da União, Brasília. Fonte: www.planalto.gov.br

BRASIL. (2017a). *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.* Diário Oficial da União, Brasília. Fonte: www.planalto.gov.br

BRASIL. (2017b). *Decreto nº 9.112, de 28 de julho de 2017. Reduz as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a importação e a comercialização de álcool, inclusive para fins carburantes.* Diário Oficial da União, Brasília. Fonte: www.planalto.gov.br

BRASIL. (2017c). *Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências.* Diário Oficial da União, Brasília. Fonte: www.planalto.gov.br

CADE. (2018). *Nota técnica nº 24/2018/DEE/CADE. Análise sobre a Tomada Pública de Contribuições 2/2018 da ANP a respeito da venda direta de etanol.* Conselho Administrativo de Defesa Econômica, Brasília. Fonte: www.cade.gov.br

CAMEX. (2017). *Resolução CAMEX nº72, de 31 de agosto de 2017. Altera a Lista Brasileira de Exceções à Tarifa Externa Comum do Mercosul referente aos produtos Com um teor de água igual ou inferior a 1% vol (Álcool Etílico).* Secretaria Executiva da Câmara de Comércio Exterior. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 1 de 09 de 2017, disponível em www.planalto.gov.br

CCEE. (2019). *InfoMercado: Dados Individuais.* Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, São Paulo. Fonte: www.ccee.org.br

CEPEA/ESALQ. (2019). *Preços Agropecuários: Etanol (indicador mensal).* Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Acesso em 20 de 4 de 2019, disponível em www.cepea.esalq.usp.br/br

CNPE. (2015). *Resolução CNPE nº 3, de 21 de setembro de 2015. Autoriza e define diretrizes para comercialização e uso voluntário de biodiesel.* Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 14 de 10 de 2015, disponível em www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cnpe/cnpe-2015

CNPE. (2017). *Resolução CNPE nº 23, de 09 de novembro de 2017. Estabelece a adição obrigatória de diesel, em volume, de dez por cento de biodiesel vendido ao consumidor final.* Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 30 de 12 de 2017, disponível em www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cnpe/cnpe-2017

CNPE. (2018). *Resolução CNPE nº 05, de 15 de março de 2018. Estabelece as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis.* Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 06 de Junho de 2018, disponível em http://www.mme.gov.br/documents/10584/71068545/Resolu%C3%A7%C3%A3o+n%C2%BA+5_2018_CNPE.PDF/a46326ab-df5d-4d3f-ad52-b9f1ffc7ab1d

CNPE. (2018). *Resolução CNPE nº 16, de 29 de outubro de 2018. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional.* Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: www.mme.gov.br/documents/10584/71068545/Resolucao_16_CNPE_29-10-18.pdf/

CONAB. (2019a). *Comunicação Pessoal.* Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília.

CONAB. (2019b). *Levantamentos de Safra: cana-de-açúcar. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Fonte: www.conab.gov.br

CONAB. (2019c). *Levantamentos de Safra: cana-de-açúcar. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar*. Companhia Nacional de Abastecimento, Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Fonte: www.conab.gov.br

CONFAZ/MF. (2019). *Alíquotas e reduções de base de cálculo nas operações internas dos Estados e do Distrito Federal, 2018*. Conselho Nacional de Política Fazendária/Ministério da Fazenda. Fonte: www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais

CONSECANA. (2019). *Circulares CONSECANA*. Conselho de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo. Acesso em 9 de 5 de 2019, disponível em www.orplana.com.br

CTC. (2019). *Comunicação Pessoal*. Centro de Tecnologia Canavieira.

DATAGRO. (2019). *Balanço mundial de açúcar. Edição 03-19*. Barueri. Fonte: www.datagro.com

EC. (2018). *Clean Energy for All Europeans*. European Commission, Energy, Bruxelas. Fonte: ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans

EIA. (2019a). *Monthly Energy Review: Renewable Energy. Total Energy Data*. Energy Information Administration, Washington DC. Fonte: www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/index.cfm

EIA. (2019b). *Petroleum and Other Liquids. Imports, Exports and Movements*. Energy Information Association, Washington DC. Fonte: www.eia.gov/petroleum/data.php

ELETROBRÁS. (2018). *Dados de geração e consumo das CGEE participantes do PROINFA*. Centrais Elétricas Brasileiras S.A., Rio de Janeiro. Fonte: <http://eletrobras.com/pt/Paginas/Proinfa.aspx>

EPA. (2018). *Final Renewable Fuel Standards for 2019, and the Biomass-Based Diesel Volume for 2020*. United States Environmental Protection Agency, Washington DC. Fonte: <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-renewable-fuel-standards-2019-and-biomass-based-diesel-volume>

EPE. (2013). *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2012*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br

EPE. (2014). *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2013*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br

EPE. (2015). *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2014*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br

EPE. (2016a). *Documento-Base para a elaboração de uma estratégia de implementação e financiamento da Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil ao Acordo de Paris*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br

EPE. (2016b). *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2015*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br

EPE. (2017a). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2026*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br

- EPE. (2017b). *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2016*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br
- EPE. (2017c). *Panorama da Indústria de Gás Natural na Bolívia*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br
- EPE. (2018a). *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2017*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br
- EPE. (2018b). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2027*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br
- EPE. (2019a). *Balanco Energético Nacional 2019: Ano-base 2018*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br
- ETHANOL PRODUCER MAGAZINE. (2017). *Abengoa completes sale of European ethanol business*. Ethanol Producer Magazine, Grand Forks, ND. Fonte: ethanolproducer.com/articles/14391/abengoa-completes-sale-of-european-ethanol-business
- EUA. (2007). *Ato de Independência e Segurança Energética de 2007*. Congresso dos Estados Unidos da América, Washington DC. Fonte: <https://www.congress.gov/search?searchResultViewType=expanded&q=%7B%22source%22%3A%22legislation%22%2C%22search%22%3A%22%5C%22energy+independence+and+security+act%5C%22%22%2C%22congress%22%3A110%7D>
- FECOMBUSTIVEIS. (2018). Fundação Nacional do Comércio de Combustíveis e de Lubrificantes. Acesso em 4 de 5 de 2018, disponível em <http://www.fecombustiveis.org.br/relatorios/>
- FENAUTO. (2019). *Venda de veículos usados fica quase estável em 2018*. Federação Nacional das Associações dos Revendedores de Veículos Automotores. Acesso em 1 de 5 de 2019, disponível em http://www.fenauto.org.br/index.php?view=single&post_id=590
- GRANBIO. (2017). *Bioflex I: Produção de Biocombustível*. Granbio, São Paulo. Fonte: <http://www.granbio.com.br/conteudos/conheca-a-granbio/>
- ICAO. (2018). *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)*. International Civil Organization, Quebec. Fonte: <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/market-based-measures.aspx>
- IEA. (2019). *World Energy Outlook 2019*. International Energy Agency. Fonte: <https://www.iea.org/>
- IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: volume 2, Energy*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Genebra. Fonte: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>
- KELLENS, M. (2018). *Biodiesel's Past, Present and Future*. BIODIESEL MAGAZINE. BIODIESEL MAGAZINE. Fonte: <http://www.biodieselmagazine.com/articles/2516547/biodieselundefineds-past-present-and-future>
- LANE, J. (2018). *VERBIO North America acquires Iowa cellulosic ethanol facility from DuPont*. BIOFUELS DIGEST. Fonte: <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/11/09/verbio-north-america-acquires-iowa-cellulosic-ethanol-facility-from-dupont/>
- LOGUM. (2018). *Comunicação pessoal*. Rio de Janeiro. Acesso em 29 de 5 de 2018

- LOGUM. (2019). *Informações ANP*. LOGUM LOGÍSTICA S.A., Rio de Janeiro. Fonte: <http://www.logum.com.br/php/informacoes-anp.php>
- MAPA. (2019). *Agroenergia*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Acesso em 4 de 4 de 2019, disponível em <http://www.agricultura.gov.br>
- MAPA. (2019). *Agroenergia*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Acesso em 4 de 4 de 2019, disponível em <http://www.agricultura.gov.br>
- MAPA. (2019b). *Cronologia da Mistura Carburante Etanol Anidro - Gasolina no Brasil*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília. Fonte: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/orientacoes-tecnicas>
- MCTI. (2019). *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*. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília. Fonte: www.mct.gov.br
- MDIC. (2019). *Comexstat*. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. Dados estatísticos das exportações e importações brasileiras. Acesso em 30 de 3 de 2019, disponível em <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>
- MMA. (2019a). *PROCONVE: Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. Acesso em 13 de 5 de 2019, disponível em www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf
- MME. (2017a). *Boletim dos biocombustíveis. Edição nº 109, maio/junho*. Ministério de Minas e Energia, Brasília. Fonte: www.mme.gov.br
- MME. (2017b). *Portaria MME nº 80, de 02 de março de 2017. Estabelece o cronograma para realização de testes e ensaios em motores e veículos necessários à validação da utilização de misturas com adição de biodiesel*. Ministério de Minas e Energia. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 03 de Março de 2017, disponível em www.mme.gov.br
- MME. (2018). *Relatório de consolidação dos testes para validação da utilização de misturas com biodiesel B10 em motores e veículos. Grupo de trabalho para testes com o biodiesel*. Ministério de Minas e Energia, Brasília. Fonte: <http://www.mme.gov.br/documents/1138769/0/MME+Relatorio+B10+30-04-2018+final+v01-+com+Anexos.pdf/>
- MME. (2019a). *Consulta Pública nº 70. Proposta de Metas Nacionais de Descarbonização da Matriz de Combustíveis - Ciclo 2020-2029, submetida à consulta pública, no âmbito da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)*. Ministério de Minas e Energia. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 30 de Abril de 2019, disponível em <http://www.mme.gov.br/web/guest/consultas-publicas>
- MME. (2019b). *Relatório de consolidação dos testes para validação da utilização de misturas com biodiesel B15 em motores e veículos. Grupo de trabalho para testes com o biodiesel*. Ministério de Minas e Energia. Acesso em 15 de Maio de 2019, disponível em <http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/Relatorio+B15+-+B20.pdf/>
- MS. (2018). *Brasil assume meta para reduzir 144 mil toneladas de açúcar até 2022*. Ministério da Saúde. Acesso em 27 de 2 de 2019, disponível em <http://portalms.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/44777-brasil-assume-meta-para-reduzir-144-mil-toneladas-de-acucar-ate-2022>
- NOVACANA. (2017). *Primeira Usina de Etanol Celulósico do Mundo, da Beta Renewables, É Desativada*. Novacana, Curitiba. Fonte: <https://www.novacana.com/n/etanol/2->

geracao-celulose/primeira-usina-etanol-celulosico-mundo-beta-renewables-desativada-071117

NOVACANA. (2019). *GranBio tem novo prejuízo, mas CEO segue acreditando no E2G e na venda de tecnologia*. NOVACANA. Fonte: <https://www.novacana.com/n/industria/financeiro/granbio-novo-prejuizo-ceo-acreditando-e2g-venda-tecnologia-300519>

NTU. (2019). *As mudanças no Proconve e os impactos para o transporte coletivo*. Associação nacional das empresas de transporte urbano. Fonte: <https://www.ntu.org.br/novo/NoticiaCompleta.aspx?idArea=10&idSegundoNivel=106&idNoticia=1093>

PETROBRAS. (2018a). *Fato Relevante - Programa Temporário de Subvenção do Preço do Diesel*. Acesso em 20 de 2 de 2019, disponível em <http://www.petrobras.com.br/>

PETROBRAS. (2018b). *Fato Relevante: Recebimento de pagamento do 1º período da 3ª fase do Programa de Subvenção ao Preço do Diesel*. Acesso em 20 de 2 de 2019, disponível em <http://www.petrobras.com.br/>

PETROBRAS. (2018c). *Fato Relevante: Recebimento de pagamento do 2º período da 3ª fase do Programa de Subvenção ao Preço do Diesel*. Acesso em 20 de 2 de 2019, disponível em <http://www.petrobras.com.br/>

PETROBRAS. (2018d). *Programa de Subvenção ao Preço do Diesel*. Acesso em 20 de 2 de 2019, disponível em <http://www.petrobras.com.br/>

PETROBRAS. (2019a). *Fato Relevante: Recebimento de pagamento do 4º período da 3ª fase do Programa de Subvenção ao Preço do Diesel*. Acesso em 20 de 2 de 2019, disponível em <http://www.petrobras.com.br/>

PETROBRAS. (2019b). *Recebimento de pagamento do 5º período da 3ª fase do Programa de Subvenção ao Preço do Diesel*. Acesso em 20 de 2 de 2019, disponível em <http://www.petrobras.com.br/>

PETROBRAS. (2019c). *Recebimento de pagamento do 6º período da 3ª fase do Programa de Subvenção ao Preço do Diesel*. Acesso em 20 de 2 de 2019, disponível em <http://www.petrobras.com.br/>

PLURAL. (2019). *Workshop Renovabio. Comunicação Pessoal por e-mail em 23 de maio de 2019*. Associação Nacional das Distribuidoras de Combustíveis, Lubrificantes, Logística e Conveniência, Rio de Janeiro.

RAÍZEN. (2018). *Tecnologia em Energia Renovável. Etanol de Segunda Geração*. Raízen, São Paulo. Fonte: https://www.google.com/search?q=sede+da+raizen&rlz=1C1GCEA_en&oq=sede+da+raizen&aqs=chrome..69i57.2976j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8&safe=active&ssui=on

REUTERS. (2019). *Logum obtém R\$1,81 bi do BNDES para novos investimentos em logística de etanol*. REUTERS. Acesso em 03 de Fevereiro de 2019, disponível em <https://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKCN1OX17T-OBRS>

RFA. (2019). *Statistics*. Renewable Fuels Association, Washington DC. Fonte: <https://ethanolrfa.org/statistics/annual-ethanol-production/>

ROSA, L. P., OLIVEIRA, L. B., COSTA, A. O., PIMENTEIRA, C. A., & MATTOS, L. B. (2003). *Geração de Energia a partir de resíduos sólidos. Proceedings of TOLMASQUIM, M.T (Coord) Fontes Alternativas*, 515.

ROTH, F. (2017). *Life Cycle Cost Analysis (LCCA) of the Production and Supply of Aviation Fuel in Brazil – A Cost Mapping Approach of Comparable Scenarios for the implementation of Alternative Jet Fuels*. Fonte: <https://th-koeln.sciebo.de/s/6Rsu8InTTT0BxTI#pdfviewer>

SENADO FEDERAL. (2018). *Projeto de Decreto Legislativo nº 61. Susta o artigo 6º da Resolução nº43, de 22 de dezembro de 2009, da Agência Nacional do Petróleo*. Agência Nacional do Petróleo.

UDOP. (2019). *Cana de açúcar: plantio mecanizado de cana recua*. União dos Produtores de Bioenergia. Acesso em 26 de 2 de 2019, disponível em <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1176338>

UNEM. (2019). *Etanol de Milho no Brasil. Paineis 10 da conferência Abertura de Safra 2019/20*. União Nacional do Etanol de Milho, Ribeirão Preto. Fonte: <https://conferences.datagro.com/eventos/aberturadesafra/?idioma=pt-br>

UNICA. (2013a). *União da Indústria de Cana-de-açúcar: Coletiva de Imprensa: análise da safra 2013/14*. Acesso em 17 de 12 de 2013, disponível em <http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=6288236>

UNICA. (2013b). *Coletiva de Imprensa: análise da safra 2013/14*. União da Indústria de Cana-de-açúcar. Fonte: <http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=12655382>

UNICA. (2014a). *Coletiva de Imprensa: análise da safra 2013/14*. União da Indústria de Cana-de-açúcar. Acesso em 4 de 5 de 2018, disponível em <http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=6288236>

UNICA. (2014b). *Comunicação Pessoal*. União da Indústria de Cana-de-açúcar.

UNICA. (2017). *Comunicação Pessoal*. União da Indústria de Cana-de-açúcar.

UNICA. (2019a). *Acompanhamento de Safra*. União da Indústria de Cana-de-açúcar - UNICADATA. Acesso em 30 de 4 de 2019

UNICA. (2019b). *UNICADATA*. União da Indústria de Cana-de-açúcar, São Paulo. Fonte: <http://unicadata.com.br/>

WHO. (2015). *Guideline: Sugars intake for adults and children*. World Health Organization. Acesso em 23 de 2 de 2017, disponível em http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars_intake/en/