

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL - PPGES**

VICTOR HUGO ALVES DE SOUZA

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO USO DA BIOMASSA NA PRODUÇÃO DE  
ENERGIA**

**VITÓRIA  
2017**

VICTOR HUGO ALVES DE SOUZA

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO USO DA BIOMASSA NA PRODUÇÃO DE  
ENERGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES) do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. D.Sc. Adriana Fiorotti Campos

**VITÓRIA  
2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial Tecnológica,  
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)  
Sandra Mara Borges Campos – CRB-6 ES-000593/O

---

S729i Souza, Victor Hugo Alves de, 1992-  
Impactos socioambientais do uso da biomassa na produção de  
energia / Victor Hugo Alves de Souza. – 2017.  
120 f. : il.

Orientador: Adriana Fiorotti Campos.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento  
Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro  
Tecnológico.

1. Eletricidade. 2. Biomassa. 3. Biocombustíveis. 4. Biodiesel.  
5. Álcool. 6. Energia – Fontes alternativas. I. Campos, Adriana  
Fiorotti. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro  
Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

---

**VICTOR HUGO ALVES DE SOUZA**

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO USO DA  
BIOMASSA NA PRODUÇÃO DE ENERGIA**

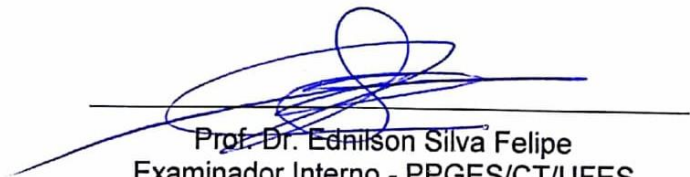
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável na área de concentração Gestão Sustentável e Energia.

Aprovada em 04 de agosto de 2017.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



Profª. D.Sc. Adriana Fiorotti Campos  
Orientadora - PPGES/CT/UFES



Prof. Dr. Ednilson Silva Felipe  
Examinador Interno - PPGES/CT/UFES



17 Prof. D.Sc. Amaro Olímpio Pereira Júnior  
Examinador Externo - PPE/COPPE/UFRJ

Para minha mãe, por todo amor, carinho, por suas orações e ensinamentos e por fazer-me acreditar que além de tudo ser sempre possível, que Deus é bom e nunca erra!

## AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por todo o cuidado e por nunca deixar que nada faltasse;

Aos meus pais, Elias Grigório e Maria Cecília, todo o carinho durante essa caminhada;

À minha família, especialmente às minhas irmãs Débora e Roberta, toda a compreensão dispensada neste período;

Ao melhor amigo, Luan Tolentino dos Santos, todo o incentivo, apoio e ajuda nos momentos mais solitários e difíceis;

Aos amigos do Grupo de Pesquisa em Regulação do Setor Energético, Cynthia de Scarpati, Juçara Galiza e Uonis Pagel, a companhia e os bons papos durante nossa jornada;

Aos amigos do Instituto Eivaldo Lodi – IEL-ES, em especial ao Fernando Gomes, Cassiano Orsi, José Vieira Neto e Kezia Tessaro, por todo apoio e encorajamento durante esta trajetória

Ao amigo Nilson Silva, por todos os momentos de companheirismo e conselhos dispensados durante minha caminhada;

Aos Professores e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, os ensinamentos e por permitirem que isso fosse possível;

À amiga Simone Fernandes pelo ombro amigo, por todo incentivo e por sua amizade;

À querida Adriana Fiorotti Campos, professora, orientadora e amiga, todo o apoio, os bons momentos de trabalho e discussão que tivemos.

“Trabalhar com sustentabilidade é plantar um presente que garanta a subsistência das novas gerações num planeta que pede socorro e se aquece a cada dia. Pois melhor que plantar árvores, despoluir rios, proteger animais, é semear a consciência de que a garantia da vida é respeitar as fronteiras da natureza”.

Nildo Lage

## RESUMO

O cultivo da biomassa para produção de biocombustíveis e geração de eletricidade tem ganhado cada vez mais importância na sociedade, diante da necessidade de diversificação das matrizes energética e elétrica nacional, dentre outros aspectos. No Brasil, o cultivo de insumos vegetais, como a soja e a cana-de-açúcar, para utilização na indústria energética brasileira, tem sido incentivado por meio de legislações e programas setoriais específicos. Tendo isso em vista, esse trabalho tem como objetivo analisar os principais impactos socioambientais da utilização da biomassa para a geração de energia no Brasil. Para tanto, optou-se por uma pesquisa qualitativa, baseada nas pesquisas bibliográfica e documental. As conclusões indicam que o uso da biomassa nessa indústria, apesar dos benefícios, também apresenta desvantagens, dentre eles o êxodo rural, a concentração no uso de terra para monocultivos, os desmatamentos e a influência dessa produção sobre o preço de commodities no mercado internacional. Apesar dos impactos identificados na literatura e discutidos neste trabalho, deve-se salientar que o uso da biomassa contribui para maior diversificação da matriz elétrica e energética nacional, assim como para a mitigação de problemas de ordem ambiental, em detrimento da utilização de combustíveis de origem fóssil.

Palavras-chave: Biomassa. Biocombustíveis. Biodiesel. Etanol. Eletricidade.



## **ABSTRACT**

The cultivation of biomass for the production of biofuels and electricity generation has gained increasing importance in society, due to the need for diversification of the national energy and electric matrix, among other aspects. In Brazil, the cultivation of vegetable inputs, such as soybeans and sugarcane, for use in the Brazilian energy industry, has been encouraged through specific sectoral laws and programs. With this in mind, this study aims to analyze the main socioenvironmental impacts of the use of biomass for the generation of energy in Brazil. For that, a qualitative research was chosen, based on bibliographical and documentary research. The conclusions indicate that the use of biomass in this industry, despite the benefits, also presents disadvantages, among them rural exodus, concentration of land use for monocultures, deforestation and the influence of this production on the price of commodities in the international market. Despite the impacts identified in the literature and discussed in this paper, it should be pointed out that the use of biomass contributes to a greater diversification of the national electric and energy matrix, as well as to the mitigation of environmental problems, compared to the use of fuels of origin fossil.

**Keywords:** Biomass. Biofuels. Biodiesel. Ethanol. Electricity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Brasil: localização das principais plantações de cana-de-açúcar.....	31
Figura 2 – Brasil: macrorregiões das plantações de soja.....	34
Figura 3 – Representação esquemática simplificada das principais rotas de aproveitamento energético da biomassa.....	37
Figura 4 – Cadeia produtiva da cana-de-açúcar .....	40
Figura 5 – Brasil: linha do tempo do etanol .....	43
Figura 6 – Brasil: localização das principais usinas sucroalcooleiras.....	45
Figura 7 – Brasil: linha do tempo do biodiesel.....	52
Figura 8 – Brasil: evolução dos percentuais de adição de biodiesel ao diesel fóssil .....	56
Figura 9 – Brasil: capacidade nominal e produção de biodiesel (b100), segundo grandes regiões brasileiras (mil m <sup>3</sup> /ano) – 2016 .....	57
Figura 10 – Brasil: infraestrutura de produção de biodiesel (b100) - 2015.....	58
Figura 11 – Distribuição geográfica dos projetos de termelétricas a biomassa no Brasil .....	63
Figura 12 – Principais ações estruturantes do modelo híbrido do Setor Elétrico Brasileiro .....	76
Figura 13 – Agentes institucionais do setor elétrico .....	78
Figura 14 – Ambientes de contratação de energia.....	81
Figura 15 – Relação atores <i>versus</i> etapas de comercialização no ACR.....	83
Figura 16 – Representação dos principais impactos e retroalimentação nos sistemas alimentício, agrícola e energético na sequência da introdução de uma procura de biocombustíveis.....	97

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Mundo <sup>1</sup> : emissões de CO <sub>2</sub> por combustível <sup>4</sup> – 1973 e 2014 .....	19
Gráfico 2 – Brasil: evolução da área plantada de cana-de-açúcar (em ha) – anos selecionados .....	30
Gráfico 3 – Brasil: volume de exportações de etanol total em m <sup>3</sup> e de açúcar em toneladas - safras selecionadas .....	32
Gráfico 4 – Brasil: evolução da área plantada da soja (em mil ha) – safras selecionadas .....	33
Gráfico 5 – Brasil: evolução da produção total da soja (em mil toneladas) – anos selecionados .....	35
Gráfico 6 – Brasil: evolução das exportações dos produtos da soja (em mil toneladas) – anos selecionados .....	35
Gráfico 7 – Brasil: resultados das exportações dos subprodutos da soja (em milhões de dólares) – anos selecionados.....	36
Gráfico 8 – Mundo: evolução da produção total de etanol – 2000-2014 (mil barris por dia) .....	40
Gráfico 9 – Mundo: evolução do consumo total de etanol – 2000 - 2014 (mil barris por dia) .....	41
Gráfico 10 – Brasil: evolução da produção de etanol total, anidro e hidratado – 2006-2015 (mil m <sup>3</sup> ) .....	44
Gráfico 11 – Brasil: produção total de etanol – regiões – 2016 (mil m <sup>3</sup> ).....	45
Gráfico 12 – Brasil: evolução do consumo de gasolina e álcool – 10 <sup>3</sup> tep .....	46
Gráfico 13 – Mundo: evolução da produção total de biodiesel – 2000-2014 (mil barris por dia).....	50
Gráfico 14 – Mundo: evolução do consumo total de biodiesel – 2000-2014 (mil barris por dia) .....	51
Gráfico 15 - Brasil: evolução do número de famílias agricultoras nos arranjos do Selo Combustível Social no período 2008 a 2015.....	54
Gráfico 16 – Brasil: evolução do volume de matéria-prima adquirida da agricultura familiar nos arranjos do Selo Combustível Social no periodo 2008-2015 .....	55
Gráfico 17 – Brasil: evolução da produção total de biodiesel – 2005-2017 <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> ) .	55
Gráfico 18 – Brasil: evolução do consumo total de biodiesel – 2006-2015 <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> )..	56

Gráfico 19 – Brasil: matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel – 2016.	59
Gráfico 20 – Matriz Elétrica Mundial – 2014.....	61
Gráfico 21 – Mundo: geração de eletricidade a partir da biomassa e resíduos (bilhão de kWh) - 2005 - 2014.....	62
Gráfico 22 – Matriz Elétrica Brasileira - 2016 .....	65
Gráfico 23 – Brasil: aquisição de energia proveniente da biomassa – 2004-2016 - TWh.....	66
Gráfico 24 – Preço médio dos leilões de contratação – por leilão - R\$/MWh – Abril/2017 .....	67
Gráfico 25 – Geração elétrica a biomassa no mundo, por continentes – 2000 e 2013 (em TWh) .....	73
Gráfico 26 – Brasil: produção de biodiesel por matéria-prima – evolução 2006-2017 .....	93

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das fontes de biomassa.....	18
Quadro 2 – Mundo: percentual de mistura obrigatória do etanol e do biodiesel em combustíveis fósseis – países selecionados.....	38
Quadro 3 – Matéria-prima para produção de biodiesel.....	50
Quadro 4 – Brasil: tratamento tributário - biodiesel <i>versus</i> diesel do petróleo .....	54
Quadro 5 – Marcos institucionais do modelo híbrido do Setor Elétrico Brasileiro	77
Quadro 6 – Empreendimentos em operação.....	79
Quadro 7 – Empreendimentos em construção.....	80
Quadro 8 – Empreendimentos não iniciados .....	80
Quadro 9 – Culturas energéticas básicas para produção de biocombustíveis e alimentação humana .....	89
Quadro 10 – Impactos positivos <i>versus</i> impactos negativos do uso da biomassa .....	105

## LISTA DE SIGLAS

ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
AGR	Agroindustrial
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
APE	Autoprodutor de Energia Elétrica
ARSP <sup>1</sup>	Agência de Regulação Serviços Públicos do Espírito Santo
BC	Biocombustíveis
BIG	Banco de Informações de Geração
BL	Biocombustíveis líquidos
BNDE	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
C&L	Consultoria <i>Coopers &amp; Lybrand</i>
CCEAL	Comercialização de Energia no Ambiente de Contratação Livre
CCEAR	Comercialização de Energia no Ambiente de Contratação Regulada
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CIDE	Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONAB	Companhia Nacional do Abastecimento
DIT	Demais Instalações de Transmissão
EIA	<i>Energy Information Administration</i>

---

<sup>1</sup> Criada pela Lei Complementar nº 827 de 1º de julho 2016, a Agência de Regulação de Serviços Públicos (ARSP) é resultado da fusão da Agência Reguladora de Saneamento Básico e Infraestrutura Viária do Espírito Santo (Arsi) e da Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (Aspe) (ARSP, 2017).

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EOL	Central Geradora Eólica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FETRANSPOR	Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro
FFE	Fundo Federal de Eletrificação
FL	Florestais
FUNAGRO	Fundo de Racionalização da Agroindústria Canavieira do Nordeste
GAF	Gás de alto-forno
GEE	Gases do Efeito Estufa
GERAN	Grupo Especial para Racionalização da Agroindústria Canavieira
GWMéd	Gigawatt médio
ha	Hectare
<i>HLPE</i>	<i>High Level Panel of Experts</i>
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IUEE	Imposto Único de Energia Elétrica
kg	Quilograma
kV	Quilovolt
kW	Quilowatt
LEE	Leilão de Energia Existente
LEN	Leilão de Energia Nova
LER	Leilão de Energia de Reserva
LFA	Leilão de Fontes Alternativas
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCP	Mercado de Curto Prazo
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MLGE	Milhões de Litros de Gasolina Equivalente
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	Medida Provisória

MW	Megawatt
OIS	Operador Independente do Sistema
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OVEG	Programa de Óleos Vegetais
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PDE	Plano Decenal de Expansão Energia
PIE	Produtor Independente de Energia Elétrica
PIS	Programa Integração Social
PLD	Preço de Liquidação das Diferenças
PNE	Plano Nacional de Energia
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Alcool
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PRO-ÓLEO	Plano de Produção de Óleos Vegetais para fins Energéticos
RA	Resíduos Sólidos Animais
REG	Registro
RU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEB	Sistema Elétrico Brasileiro
SECTI	Secretaria da Ciência, Tecnologia, Inovação, Educação Profissional e Trabalho
SIGEL	Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico
SIN	Sistema Interligado Nacional
TWh	Terawatt-hora
UDOP	União dos Produtores de Bioenergia
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFV	Central Geradora Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
<i>UNFCCC</i>	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
UNICA	União da Indústria de Cana-de-açúcar
UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear
<i>WBA</i>	<i>World Bioenergy Association</i>



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1.	OBJETIVOS .....	21
1.1.1.	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>21</b>
1.1.2.	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>22</b>
1.2.	ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	22
1.2.1.	<b>Delimitação .....</b>	<b>22</b>
1.2.2.	<b>Tipos de pesquisa .....</b>	<b>23</b>
1.2.3.	<b>Coleta e tratamento de dados.....</b>	<b>24</b>
<b>2.</b>	<b>COMMODITIES E A ENERGIA PROVENIENTE DA BIOMASSA.....</b>	<b>26</b>
2.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	26
2.2.	O MERCADO DE <i>COMMODITIES</i> .....	27
2.2.1.	<b>A cana-de-açúcar .....</b>	<b>28</b>
2.2.2.	<b>A soja.....</b>	<b>32</b>
2.3.	OS BIOCOMBUSTÍVEIS .....	36
2.3.1.	<b>Etanol.....</b>	<b>39</b>
2.3.1.1.	O etanol no Brasil .....	42
2.3.1.2.	Marcos institucionais do setor sucroenergético brasileiro.....	47
2.3.2.	<b>Biodiesel.....</b>	<b>49</b>
2.3.2.1.	O biodiesel no Brasil.....	52
2.3.2.2.	Marcos institucionais para o biodiesel no Brasil .....	59
2.4.	ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA BIOMASSA .....	61
2.4.1.	<b>Energia elétrica de biomassa no Brasil .....</b>	<b>62</b>
2.4.2.	<b>Participação da biomassa em leilões de contratação de energia .....</b>	<b>66</b>
2.4.3.	<b>Marcos institucionais para geração de eletricidade a partir da biomassa no Brasil.....</b>	<b>68</b>
2.5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	69
<b>3.</b>	<b>SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO .....</b>	<b>72</b>
3.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	72
3.2.	BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO .....	73

3.3.	O MODELO HÍBRIDO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO.....	76
3.3.1.	<b>Planejamento e Operação de Sistema e Ambientes de Contratação</b>	<b>79</b>
3.4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>86</b>
4.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	86
4.2.	O USO DA TERRA NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E A DISCUSSÃO SOBRE A SEGURANÇA ALIMENTAR .....	87
4.3.	IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS RESULTANTES DO USO DA BIOMASSA .....	98
4.3.1.	<b>Impactos Sociais .....</b>	<b>98</b>
4.3.2.	<b>Impactos Ambientais.....</b>	<b>100</b>
4.4.	VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA PROVENIENTE DE BIOMASSA.....	104
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>106</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>108</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mundo tem voltado suas atenções para os impactos ambientais decorrentes do uso de combustíveis fósseis. Nesse cenário, uma das propostas de mitigação desses impactos consiste no incentivo à produção e ao uso de fontes renováveis de energia, conforme destacam Bai, Ouyang e Pang (2016), Chen e Önal (2016) e Rasmussen, Rasmussen e Bruun (2012). Neste ponto, inserem-se os biocombustíveis, combustíveis derivados da biomassa para utilização parcial ou total em motores à combustão interna e geração de energia elétrica. Entre os tipos mais comuns de biomassa utilizada estão os vegetais não lenhosos, tais como os sacarídeos e os celulósicos; os vegetais lenhosos como, por exemplo, a madeira; e os resíduos orgânicos e biofluidos. No Quadro 1 visualiza-se a classificação das fontes de biomassa.

Quadro 1 – Classificação das fontes de biomassa

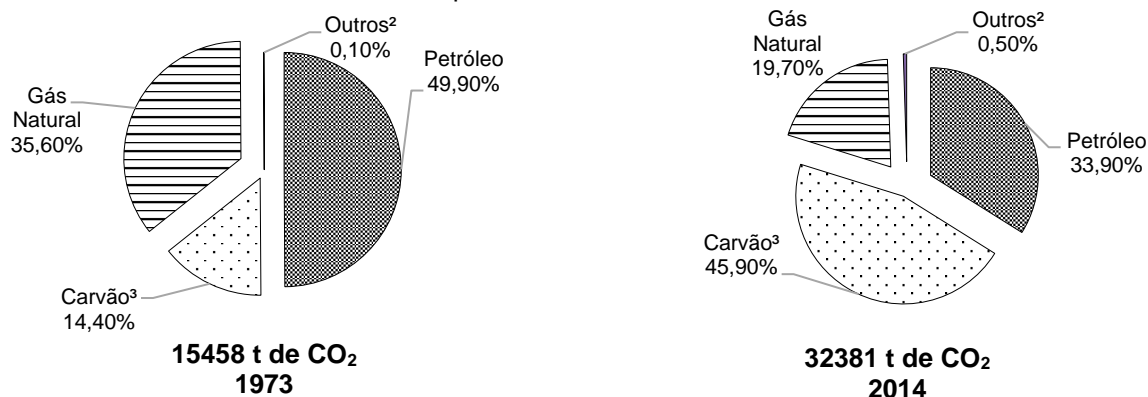
Origem	Fonte Nível 1	Fonte Nível 2
Biomassa	Agroindustrial (AGR)	Bagaço de cana-de-açúcar Biogás (AGR) Capim elefante Casca de arroz
	Florestais (FL)	Lixívia Lenha Gás de alto forno (biomassa) Resíduos florestais Carvão vegetal Biogás - floresta
	Resíduos sólidos urbanos (RU)	Biogás – RU
	Resíduos animais (RA)	Biogás – RA
	Biocombustíveis líquidos (BL)	Etanol Óleos vegetais

Fonte: Adaptado de ANEEL (2017d).

O uso destas fontes renováveis tem sido relevante, especialmente por contribuir para a substituição parcial das fontes fósseis de energia, assim como para o desenvolvimento social, diversificação energética e diminuição da emissão de gases do efeito estufa (GEE) (CARVALHO et al., 2015; MONIRUZZAMAN; YAAKOB; KHATUN, 2016). No que diz respeito às emissões de GEE, mais especificamente, no Gráfico 1 é possível visualizar um comparativo entre os anos de 1973 e 2014 da emissão de CO<sub>2</sub> por combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás

natural). Neste período, a emissão de GEE por esses combustíveis cresceu mais de 200%.

Gráfico 1 – Mundo<sup>1</sup>: emissões de CO<sub>2</sub> por combustível<sup>4</sup> – 1973 e 2014



Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2016).

Notas: (1) inclui aviação internacional e bunkers marítimos internacionais; (2) inclui resíduos industriais e resíduos urbanos não renováveis. (3) nestes gráficos, turfa e petróleo são agregados com carvão; (4) as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da combustão de combustível são baseadas nos balanços energéticos da AIE e nas Diretrizes do IPCC de 2006, excluindo as emissões não-energéticas.

Em se tratando dos biocombustíveis, o etanol e o óleo combustível ganharam notório destaque no Brasil após o primeiro Choque do Petróleo, em 1973, ocasião marcada pelo aumento expressivo do preço do barril de petróleo. Nesse ínterim, o governo implementou, em 1975, o Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL) e o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (PRO-ÓLEO). O objetivo comum de ambos os programas, além de reduzir a dependência por combustíveis fósseis (particularmente os derivados de petróleo), era contribuir para a diversificação da matriz energética do país. Contudo, a baixa nos preços dos barris de petróleo no período de vigência dos programas (OSAKI; BATALHA, 2008; ALVES, 2010) comprometeu a sua continuidade.

Anos mais tarde, em 2004, o governo lançou o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). Dentre os objetivos do Programa destaca-se a inserção do biodiesel na matriz energética, a utilização de mão de obra de famílias agricultoras no cultivo de insumos e diversificação regional dessas produções. Apesar das possibilidades de utilização de diversas matérias-primas para a produção de etanol e biodiesel, verifica-se, no Brasil, a predominância da cana-de-açúcar e da soja.

Além dos biocombustíveis, vale ressaltar a geração de energia elétrica a partir da utilização da biomassa. Em 2004, o governo brasileiro criou, por meio do Decreto

nº 5.025/2004, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), importante instrumento de estímulo à geração de eletricidade através de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), energia eólica e biomassa (florestas, resíduos sólidos urbanos, por exemplo). Paralelamente, destaca-se a implementação dos leilões de energia, que também impulsionaram a utilização da biomassa para geração de energia elétrica.

Apesar dos benefícios decorrentes da utilização da biomassa tanto para a geração de eletricidade quanto para a produção de energia, existe uma problemática que envolve a utilização dos insumos e inclui fatores relacionados à segurança alimentar e à manutenção dessas matérias-primas enquanto *commodities*. Outro fator importante refere-se ao uso da terra. A possibilidade de incremento da oferta de energia a partir da produção dos biocombustíveis tem incentivado a aquisição de terras férteis para plantio e cultivo de insumos renováveis em países menos desenvolvidos, como os africanos (THONDHLANA, 2015). Castanheira e outros (2014) afirmam que o aumento na utilização da terra para produção de biocombustíveis pode levar também ao aumento das emissões de GEE e perda de biodiversidade local.

Os autores Martins (2011), Martins e Stedile (2011), Araújo e outros (2014), Baskar e Aiswarya (2016) e Sajid, Khan e Zhang (2016) criticam a utilização de insumos que também figuram no setor alimentício, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Para eles, essa utilização pode levar ao aumento do preço dos alimentos e, em último caso, à ausência desses alimentos no mercado alimentício.

Martins (2011) acrescenta que o complexo agroquímico a partir da cana e do etanol afeta a segurança alimentar. Isso porque a expansão da cana está pressionando áreas tradicionais de cultivos de alimentos, como soja, milho e café na região Centro-Sul brasileira.

De acordo com Milikkovic, Ripplinger e Shaik (2016), nos EUA, por exemplo, a necessidade de ampliação do cultivo de milho para produção do etanol tem impactado diretamente a plantação de milho (setor alimentício) na cidade de Dakota, pois os grandes produtores têm destinado suas propriedades para fins energéticos.

Ademais, diversos são os impactos provenientes da indústria de agroenergia. Cabe destacar a apropriação privada dos recursos naturais, a degradação ambiental, a superexploração dos trabalhadores, centralização da renda e riqueza e ampliação da desigualdade social (MARTINS, 2011; STEDILE, 2013; SAJID, KHAN, ZHANG, 2016).

Ekener-Petersen, Höglund e Finnveden (2014) acrescentam que, associado ao processo produtivo dos biocombustíveis (que inclui práticas agrícolas como preparação do solo, cultivo, extração, irrigação, adubação, entre outros) há diversos problemas socioambientais, como o risco de segurança para os trabalhadores na aplicação dos pesticidas, esgotamento e contaminação de recursos hídricos, entre outros.

Diante do exposto, o trabalho em tela tem como tema de pesquisa a utilização da biomassa para geração de energia elétrica e produção de biocombustíveis no Brasil, com foco nos impactos socioambientais resultantes dessa utilização. Torna-se relevante também estudar o uso da terra nesse processo e explorar o debate sobre a segurança alimentar.

Esse estudo se justifica pela importância de se avaliar os problemas relacionados à obtenção de energia a partir da biomassa, aspectos que têm ganhado notoriedade ao longo dos anos.

Diante do exposto, a problemática que se coloca nesse projeto é identificar **quais são os impactos socioambientais decorrentes da utilização da biomassa para geração de energia elétrica e produção de biocombustíveis no Brasil?**

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo Geral

Apresentar os impactos socioambientais decorrentes da utilização da biomassa para geração de energia elétrica e produção de biodiesel e etanol no Brasil.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

A partir da definição do objetivo geral, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- Contextualizar o setor energético brasileiro, em especial os mercados de biodiesel e etanol;
- Contextualizar o Setor Elétrico Brasileiro com foco na participação da biomassa como alternativa na geração de energia elétrica;
- Levantar e analisar dados sobre a participação da biomassa na geração de energia elétrica no Brasil.
- Levantar e analisar dados sobre a expansão da área plantada de cana-de-açúcar e de soja no Brasil;
- Identificar os impactos socioambientais resultantes da produção de biocombustíveis a partir do uso da biomassa.

## **1.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS**

### **1.2.1. Delimitação**

A análise dos impactos socioambientais decorrentes do uso da biomassa para geração de energia elétrica e produção de biodiesel e etanol foi realizada considerando o cenário brasileiro como objeto de estudo. Esse trabalho se baseia numa revisão de literatura, a partir da qual apresentam-se diferentes visões sobre as possíveis consequências do uso da biomassa no setor energético. Assim, essa pesquisa não considera a aplicação de outros métodos científicos para comprovação das possibilidades apresentadas.

### 1.2.2. Tipos de pesquisa

A pesquisa desenvolvida para construção desta dissertação pode ser compreendida como uma pesquisa social, cujo objetivo foi descobrir respostas para problemas com o uso de procedimentos de pesquisas científicas. De acordo com Gil (2008) a pesquisa social pode ser subdividida em descrição, classificação e explicação, sendo o primeiro utilizado neste trabalho.

A proposta da pesquisa descritiva é descrever as características e os fenômenos que envolvem a indústria energética brasileira, em especial, a geração de eletricidade e produção de biocombustíveis e os impactos decorrentes do uso da biomassa.

No que se refere à abordagem qualitativa, Teixeira, Zamberlan e Rasia (2009, p. 113) caracterizam esse tipo de pesquisa como uma investigação descritiva, no qual “o ambiente natural é fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave”. Nesse sentido, dois procedimentos técnicos principais de coleta de dados foram utilizados para auxiliar no desenvolvimento, quais sejam a pesquisa bibliográfica e pesquisa documental.

- Pesquisa bibliográfica

Com suporte da pesquisa bibliográfica, houve investigação em materiais já identificados, conhecidos como dados secundários, entre os quais se destacam artigos de cunho científico (publicações em periódicos, impressos diversos, como os relatórios da EPE, ANP, entre outros) e livros (RODRIGUES, 2007). Marconi e Lakatos (2003, p. 183) enfatizam que a finalidade é fazer com que o pesquisador se familiarize com o assunto sobre o qual realizará sua pesquisa. De forma sucinta, as autoras destacam ainda que “[...] a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras”.

- Pesquisa documental

A utilização da pesquisa documental teve como intuito a aproximação do pesquisador à realidade do cenário a ser estudado. Foram utilizados documentos públicos ou privados, tais como registros, publicações parlamentares, fontes



estatísticas, regulamentos, anuários, legislações e decretos, entre outros (FARIAS FILHO; ARRUDA FILHO, 2013; HEERDT; LEONEL, 2007). Sites de cunhos jurídicos, como a Subchefia para Assuntos Jurídicos da Presidência da República e o Legisweb foram utilizados para pesquisa e construção dos marcos institucionais brasileiros do biodiesel e do etanol. Deles obtiveram-se, por exemplo, as legislações, as portarias e os decretos.

Essa pesquisa teve fundamental importância no desenvolvimento da caracterização dos cultivos dos insumos utilizados, tais como a cana-de-açúcar e a soja e na construção das seções de revisão desse trabalho. Gil (2002) aponta diversas vantagens ao uso da pesquisa documental, entre os quais cabe salienta a confiabilidade e estabilidade das informações e o baixo custo.

### **1.2.3. Coleta e tratamento de dados**

A partir da definição dos dados e informações necessárias, procedeu-se com o levantamento de materiais nacionais ou internacionais (artigos, livros, entre outros). Após esse levantamento preliminar, classificou-se quanto ao tipo e fonte, sendo que para a obtenção de informações documentais, pesquisou-se em órgão governamentais, associações e empresas e, para informações bibliográficas, utilizou-se de artigos, dissertações, teses, entre outros. Realizou-se as leituras seletivas e analíticas. O uso da primeira justificou-se em selecionar, dentre os materiais obtidos, quais, de fato, poderiam contribuir com este trabalho. A leitura analítica serviu para identificação dos dados fundamentais e necessários contidos nos referidos materiais.

Assim, de forma que se possa responder ao problemática apresentada aqui, este trabalho está subdividido em quatro capítulos além desta introdução. No segundo, será apresentada uma breve revisão sobre a cana e a soja, incluindo aspectos que envolvem a sua participação no comércio internacional e a produção de energia (biocombustíveis e energia elétrica). No terceiro capítulo será dado enfoque à contextualização do Setor Elétrico Brasileiro e as contribuições que as mudanças

trouxeram para o setor energético. Em seguida, no capítulo quarto, serão apresentados os principais resultados e discussões, salientando-se o uso da terra na produção energética, juntamente com a discussão sobre segurança alimentar. Além disso, neste capítulo também serão apresentados os impactos socioambientais decorrentes do uso da biomassa. Por fim, este trabalho será encerrado com um capítulo de conclusão.

## 2. **COMMODITIES E A ENERGIA PROVENIENTE DA BIOMASSA**

### 2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Cada vez mais o mercado dos combustíveis líquidos renováveis (também conhecidos como biocombustíveis) tem ganhado importância na sociedade. Impulsionados por questões ambientais, diversos países têm instigado a pesquisa, produção e consumo principalmente do etanol e do biodiesel (EKENER-PETERSEN; HÖGLUND, FINNVEDEN, 2014). Além disso, o apoio político juntamente com as necessidades de segurança energética e desenvolvimento rural tem sido essencial para criar a demanda por biocombustíveis (TOMEI; HELLIWELL, 2016; ZABED et al., 2017).

Atualmente, países como Estados Unidos, China, Brasil e Alemanha vêm se destacando como os maiores produtores e consumidores de etanol e biodiesel no mundo. Há também, diversas políticas públicas existentes, com vistas à expansão da produção, dentre as quais destaca-se o uso de percentual obrigatório de mistura tanto do etanol à gasolina quanto do biodiesel ao diesel mineral.

No Brasil, a produção do etanol é proveniente, principalmente, da mandioca e da cana-de-açúcar, matérias-primas utilizadas também no setor alimentício. Embora os insumos possam ser alternados, há predominância na utilização da cana, o que traz impactos diretos para outros mercados, como o de açúcar, por exemplo, que é considerado uma *commodity* e também utilizado no setor alimentício. Além disso, há também a destinação de terras para esses cultivos, em detrimento de outras culturas alimentícias .

Em relação ao biodiesel, inserido na Matriz Energética Nacional por meio do PNPB, previa-se a utilização de diferentes insumos vegetais para a sua produção, entre eles a mamona, a palma (dendê), o pinhão-manso, além de insumos animais, como o sebo bovino. Adicionalmente, o biodiesel também pode ser obtido por meio da utilização da espuma de esgoto e da utilização do óleo residual de fritura. Apesar

disso, mais de 70% da produção deste biocombustível vem utilizando a soja como principal matéria-prima.

Em particular, o etanol e biodiesel, apesar de terem programas específicos iniciados em décadas diferentes, vêm aumentando sua participação tanto na Matriz Energética Brasileira quanto na matriz elétrica nacional. O PROINFA, os leilões de contratação de energia e a geração distribuída, foram importantes incentivos às fontes renováveis para geração de energia elétrica.

Assim como no caso dos biocombustíveis, diversos países também têm incentivado a diversificação das fontes para geração de energia elétrica. Só para se ter ideia, só em 2014 o uso da biomassa e dos resíduos representou 2,15% das fontes na matriz elétrica mundial. Entre os principais tipos de biomassa utilizados na geração de eletricidade estão os resíduos florestais, os resíduos sólidos urbanos, os resíduos animais, os biocombustíveis líquidos e os resíduos agroindustriais.

Deve-se salientar alguns dos benefícios dessa utilização, dentre os quais listam-se (I) a redução das emissões de GEE<sup>2</sup>, (II) os ganhos sociais (geração de emprego e renda) e (III) ganhos econômicos (comercialização dos combustíveis renováveis).

Isto posto, esse capítulo destina-se a apresentação do mercado de *commodities*, especificamente da soja e da cana-de-açúcar, e dos resultados da utilização da biomassa enquanto recurso energético para produção dos biocombustíveis e para geração de energia elétrica, objetos de pesquisa desse trabalho.

## 2.2. O MERCADO DE *COMMODITIES*

As *commodities* podem ser entendidas como produtos naturais ou provenientes de extração e que podem ser estocados por longos períodos de tempo sem perderem sua qualidade. Há também o entendimento global de que *commodities* são produtos que podem ser comercializados internacionalmente (comércio exterior). Outros

---

<sup>2</sup> O Brasil assumiu voluntariamente na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) o compromisso em reduzir as emissões internas de GEE entre 36,1% e 38,9% comparativamente ao atual cenário de negócios até 2020 (ROSA, 2013).

autores definem como sendo um bem não manufaturado ou parcialmente manufaturado passível de negociação no mercado de valores.

No cenário econômico, elas podem ser subdivididas em categorias, quais sejam: agrícolas, minerais, financeiras e ambientais. Do lado dos minerais, destacam-se o minério, o aço, o petróleo e derivados e outros tipos de metais preciosos. No grupo das *commodities* financeiras estão títulos de governo e moedas comercializadas internacionalmente. Nessa conjuntura, o crédito de carbono figura no campo ambiental. Por fim, como exemplo das *commodities* agrícolas pode-se citar o milho, o trigo, o algodão, o cacau, o café, as carnes, o açúcar e a soja.

Uma questão importante que tem sido discutida nos últimos anos, refere-se ao uso das *commodities* agrícolas para a produção de biocombustíveis. O aspecto principal trata da interferência dessa produção no ramo alimentício. Isso porque com o aumento da demanda por biocombustíveis, o preço do mercado de biocombustíveis tem encorajado produtores a substituir produção de alimentos pela produção de *commodities* (FERNANDEZ-PEREZ; FRIJNS; TOURANI-RAD, 2016; VASILE et al., 2016). Essa situação é conhecida como efeito de substituição e impacta diretamente no preço dos alimentos. Para Vasile e outros (2016) o problema da substituição não versa apenas sobre questões de ordem econômica (*commodity*), mas também sobre a problemática da escassez de alimentos.

Tendo em vista essa discussão, nesta seção será dado enfoque a cana-de-açúcar por efeito de sua utilização na produção do açúcar, e a soja, principal insumo na produção de biodiesel no Brasil.

### **2.2.1. A cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar é uma espécie de planta fina de longo caule que pode atingir até seis metros de altura. Da mesma família de plantas como o milho e o arroz, a cultura se desenvolve, preferencialmente, em locais de clima tropical ou subtropical. Contudo, a cultura pode se desenvolver até em solos carentes de recursos naturais e proteger o solo da erosão pluvial, conforme atesta Carvalho (2009). É

considerada uma das principais culturas do mundo por representar uma excelente fonte de mão de obra no âmbito rural em diversos países (NOVACANA, 2016).

No Brasil, a colheita da cana-de-açúcar durante muito tempo foi realizada manualmente (alto índice de empregabilidade no campo). Nesse modelo de colheita, a cana era colhida crua (na forma que estivesse plantadas) ou queimavam-se as palhas para evitar acidentes com pragas e insetos, e logo em seguida as canas eram cortadas pelos agricultores.

Apesar do cunho social que a empregabilidade de cortadores de canas possui, a sistemática de queimadas de canaviais já tem sido inibida, inclusive, por meio de legislações e acordos. O principal fator motivador é a poluição que tal ação ocasiona ao meio ambiental. No Brasil, especialmente na região Centro-sul, há o Projeto de Lei nº 1712/2007, cuja ementa dispõe sobre a mecanização da colheita da cana em detrimento das queimadas. Essa realidade mecanizada já pode ser vista em muitas terras e fazendas. A respeito da adoção de maquinários no processo produtivo, Carvalho (2009) é enfático quando se trata das condições de trabalho dos cortadores de cana. De acordo com o autor, em muitos casos esses trabalhadores vivem uma jornada de trabalho de mais de dez horas, sem contar o tempo se que leva no percurso residência *versus* local de trabalho.

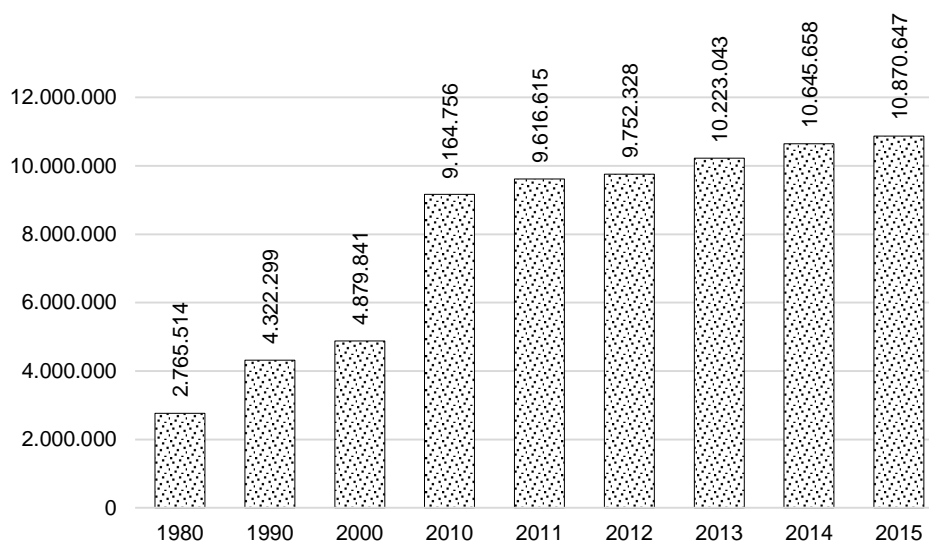
Na agricultura e economia brasileiras os subprodutos da cana-de-açúcar são essenciais. Estes incluem o bagaço, as pontas e palhas, que podem ser usados como combustível em centrais de cogeração, e o melaço, que pode ser convertido em etanol (ROMEU-DALMAU et al., 2016). No Plano Nacional de Energia, a EPE (2007) estima-se que a produção da cana, e conseqüentemente do bagaço e da palha cresça aproximadamente 220% num comparativo à produção de 2010, que foi de 518 milhões de toneladas para a cana, 69,7 milhões de toneladas para o bagaço e 72,2 milhões de toneladas para a palha. Além disso, prevê-se também crescimento na utilização da biomassa de cana na produção de etanol e mais ainda na geração de eletricidade.

De acordo com Carvalho (2009) a cogeração de energia voltou a ser debatida nos últimos anos em função do aumento do preço do petróleo e do gás e também por causa da expectativa de falta de energia elétrica. Hoje a cogeração vem incentivada com intuito de aproveitar os resíduos gerados no processo da cana, por exemplo.

Dentre os subprodutos da cana, destaca-se também o vinhoto<sup>3</sup>, que pode ser utilizado na fertilização do solo, pois possui componentes químicos capazes de enriquecer os solos.

Esse mercado tem se expandido e alcançado novas áreas para expansão do cultivo. No Gráfico 2 apresenta-se a evolução da área plantada de cana-de-açúcar no Brasil.

Gráfico 2 – Brasil: evolução da área plantada de cana-de-açúcar (em ha) – anos selecionados



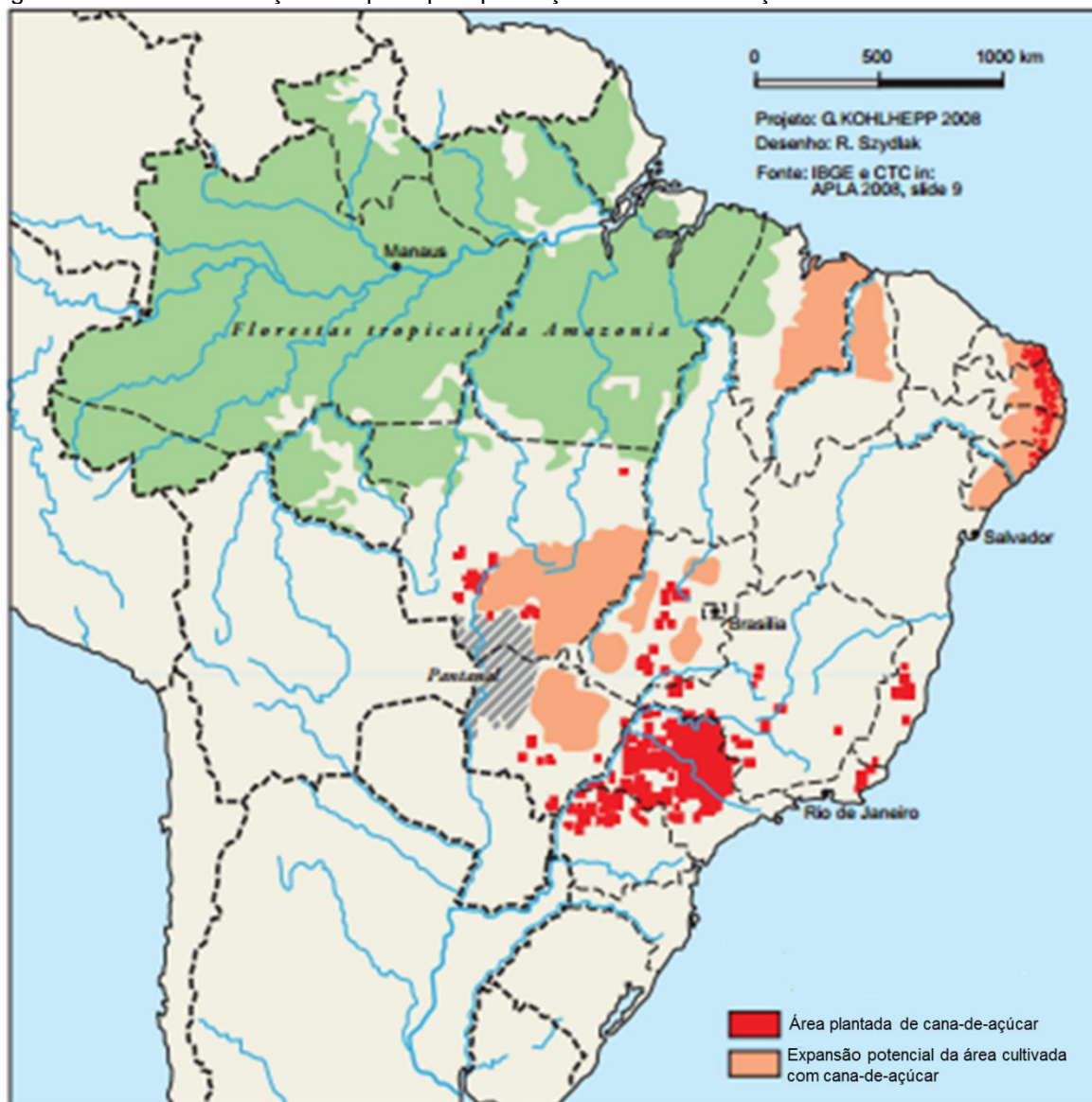
Fonte: Elaboração própria a partir de dados de UNICA (2016).

A partir do Gráfico 2 verifica-se que, na primeira década do século XXI, a área total de cana-de-açúcar plantada no Brasil praticamente dobrou (entre os anos 2000 e 2010). Esse aumento pode ser justificado em virtude da difusão dos veículos *flex-fuel* no Brasil, que propiciou um novo estágio de expansão no Brasil, estimulando a oferta em função do atendimento à demanda (FREITAS; KANEKO, 2011; BARROS; GIL-ALANA; WANKE, 2014). Koizumi (2015) observa que a demanda por etanol tem estimulado a expansão da área cultivada de cana-de-açúcar, que no caso do Brasil, tem competido com café, laranja, arroz e outros produtos.

Todo esse plantio de cana-de-açúcar está distribuído principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste, onde também se encontram as principais usinas sucroalcooleiras do país (Figura 1).

<sup>3</sup>É um resíduo da fabricação do álcool e rico em matéria orgânica.

Figura 1 – Brasil: localização das principais plantações de cana-de-açúcar



Fonte: Adaptado de Kohlhepp (2010, p. 233).

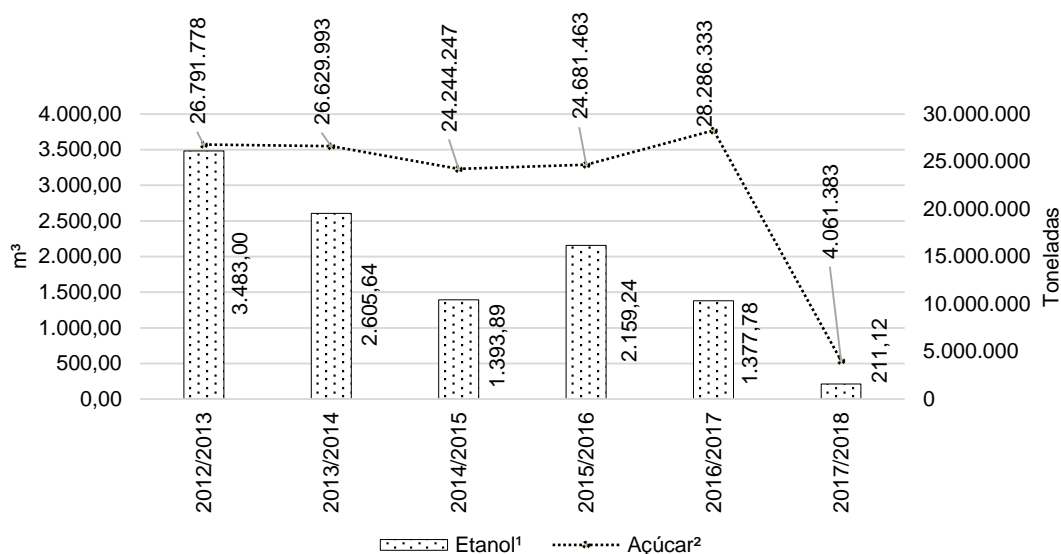
As colorações vermelho e rosa permitem observar, respectivamente, a localização das áreas cultivadas com cana-de-açúcar e os locais com potencial expansão da área cultivada.

Essa expansão cada vez maior da área plantada de etanol tem resultado em grandes volumes de produção. Na safra 2017/2018 a cana-de-açúcar teve rendimento em 651.841 mil toneladas. Na mesma safra, o açúcar e o etanol total (anidro e hidratado) renderam, nesta ordem, 38.734 mil toneladas e 27.254 mil metros cúbicos (UNICA, 2017b).

No Gráfico 3 apresentam-se os volumes exportados de etanol e de açúcar.



Gráfico 3 – Brasil: volume de exportações de etanol total em m<sup>3</sup> e de açúcar em toneladas - safras selecionadas



Fonte: Elaboração própria a partir de UNICA (2017a).

Notas: (1) Valores atualizadas até maio/2017; (2) Valores atualizados até maio/2018.

O volume das exportações do etanol e do açúcar na safra 2016/2017 rendeu ao país o equivalente à \$ 11.788.738,00 milhares de dólares. Considerando os dados para exportação do açúcar até maio de 2018, o valor arrecado soma mais de um milhão e oitocentos mil dólares.

### 2.2.2. A soja

De acordo com o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016), a soja é a cultura oleaginosa que apresentou maior crescimento nos últimos anos. Silva e outros (2010) destacam que somente a partir de 1970 é que a produção da soja tornou-se de fato expressiva e ganhou importância nacional e internacionalmente. Os principais produtos originários da soja são o farelo, utilizado na fabricação de ração animal, o óleo vegetal, utilizado na produção de biodiesel e o óleo comestível, de cozinha. Apesar do baixo teor de óleo que soja possui (Tabela 1) se comparada a outras culturas como o coco a palma e o pinhão-manso, este insumo se tornou dominante para o biodiesel como excedente da enorme produção do agronegócio para exportação e para alimento no mercado interno (ROSA, 2013).

Tabela 1 – Teor de óleo por potencial matéria-prima para produção de biodiesel

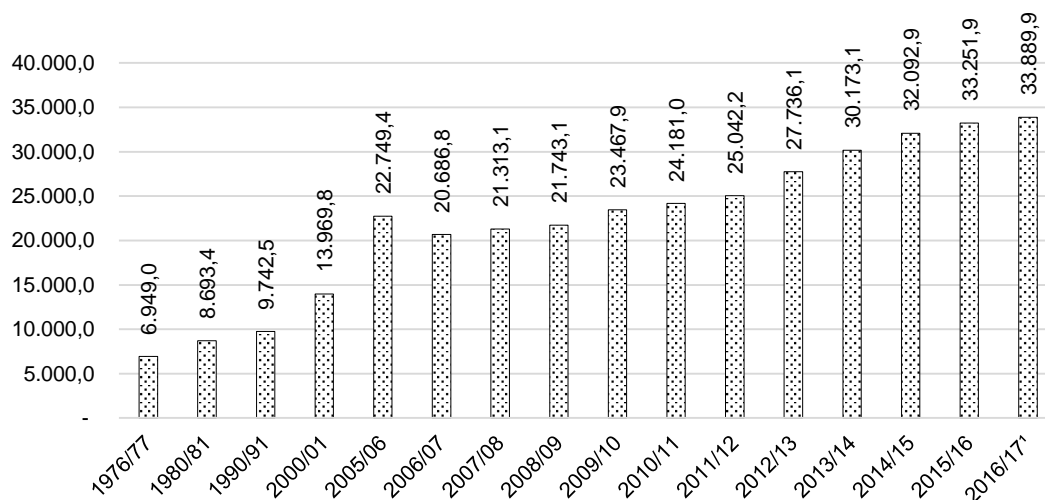
Tipo de óleo	Matéria-prima	Teor de Óleo (%)
Comestível	Soja	15-20
	Colza	38-46
	Girassol	25-35
	Óleo de amendoim	45-55
	Coco	63-65
	Palma	30-60
Não comestível	Pinhão-manso	35-40
	<i>Pongamiapinnata</i>	27-39
	<i>Neem</i>	20-30
	Mamona	53
Outras Fontes	Sementes de borracha	40-50
	<i>Sea mango</i>	54
	Semente de algodão	18-25
	Microalga	30-70

Fonte: Baskar e Aiswarya (2016, tradução nossa).

Especialmente na região Sul do Brasil (segunda maior produtora de soja), ainda há incidência da colheita dos grãos da oleaginosa manualmente, pois há maior concentração de agricultores familiares na região (SILVA et al., 2010). No Centro-oeste, maior região produtora de soja do Brasil, a colheita é realizada de forma mecanizada.

Na safra da soja 2015/2016 o total de área plantada da oleaginosa no Brasil foi de 33.251,9 mil hectares, um crescimento de 478,5% em relação à safra de 1976/1977 cuja área plantada alcançou a marca de 6.949.000 hectares. A evolução da área plantada de soja no país pode ser visualizada no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Brasil: evolução da área plantada da soja (em mil ha) – safras selecionadas



Fonte: Elaboração própria a partir de Conab (2017).

Nota 1: Estimativa em junho/2017.

Como pode-se verificar, particularmente após o ano de 2005 houve aumento expressivo na área total plantada da soja no Brasil. As macrolocalizações das plantações podem ser visualizadas na Figura 2.

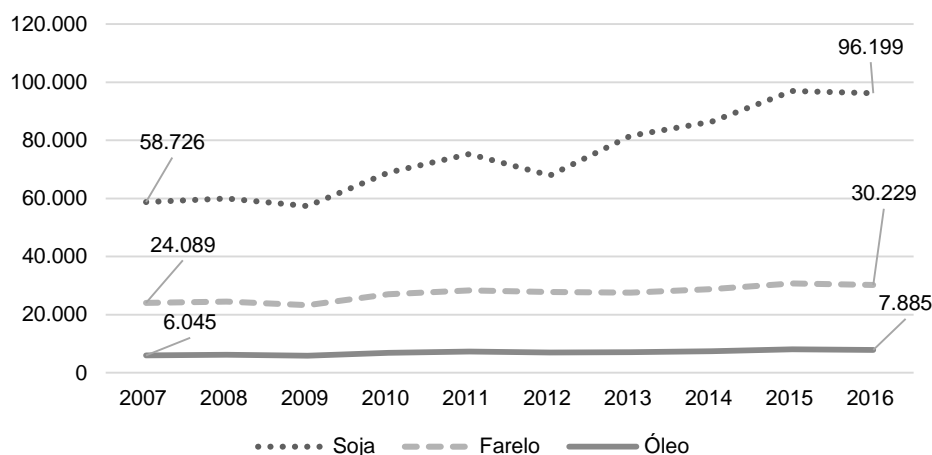
Figura 2 – Brasil: macrorregiões das plantações de soja



Fonte: EMBRAPA (2012, p. 28).

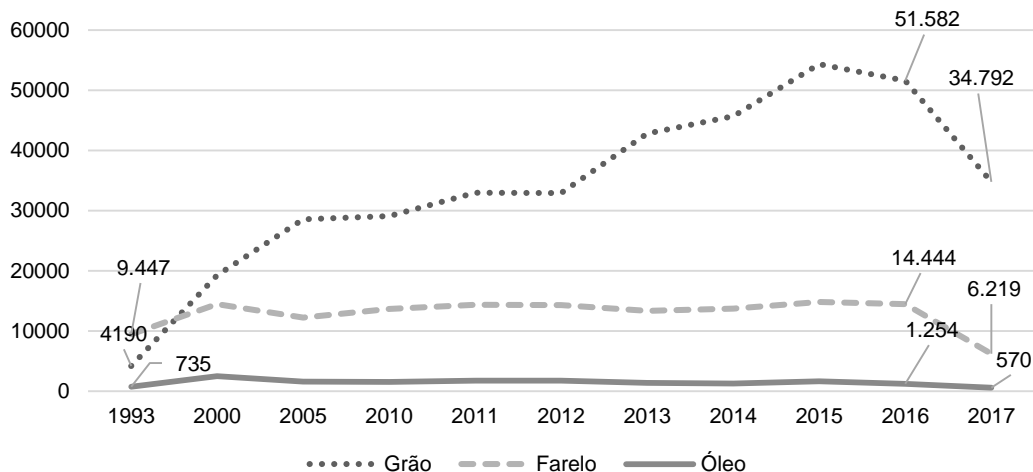
A região Centro-sul detém as maiores áreas plantadas no país. Na última safra da soja (2016/2017) produziu-se 86.508,60 mil toneladas do grão, um rendimento equivalente à 3,04 kg por hectare de área plantada (CONAB, 2017). A produção total da soja (em grão, farelo e óleo bruto acrescido do óleo refinado) em 2015 foi de 134.313 mil toneladas. Desse volume, 49,94% foi destinado ao mercado de exportação (ABIOVE, 2017c). Nos Gráficos 5 e 6 apresentam-se as evoluções da produção total da soja e das exportações dos produtos resultantes.

Gráfico 5 – Brasil: evolução da produção total da soja (em mil toneladas) – anos selecionados



Fonte: Elaboração própria a partir de ABIOVE (2017c).

Gráfico 6 – Brasil: evolução das exportações dos produtos da soja (em mil toneladas) – anos selecionados



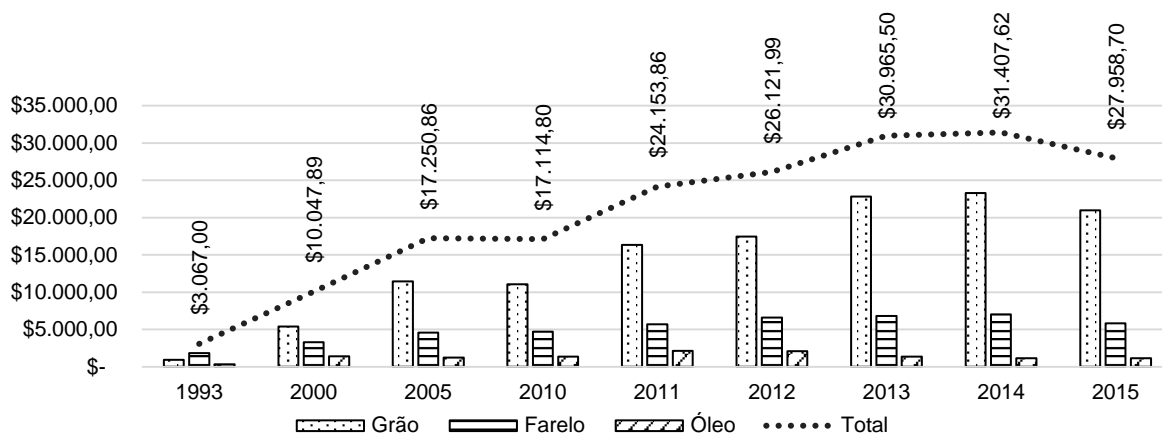
Fonte: Elaboração própria a partir de ABIOVE (2017d).

Nota: Os dados referentes ao ano de 2017 foram atualizados até o mês de maio/2017.

Como pode-se observar, em 2016, o volume total exportado de grão de soja foi o equivalente à 51.582 mil toneladas. O Gráfico 36 permite ainda observar que até o mês de maio do ano de 2017, as exportações dos grãos de soja correspondem à 67,44% do volume exportado durante todo o ano anterior. Além dos grãos, houve exportação dos farelos de soja. Com volume total de 14.444 mil toneladas, em 2016, as exportações dos farelos representam crescimento de 152% se comparado ao ano de 1993. As exportações de óleo de soja também apresentam crescimento se comparado ao primeiro ano do gráfico, aproximadamente 170%. O volume total exportado em 2016 foi de 1.254 mil toneladas.

Com esse volume de exportações, só em 2016 o Brasil obteve como resultado a quantia de \$ 26.422,38 milhões de dólares. A evolução dos resultados com as exportações dos subprodutos da soja poderá ser vista no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Brasil: resultados das exportações dos subprodutos da soja (em milhões de dólares) – anos selecionados



Fonte: Elaboração própria a partir de ABIOVE (2017d).

Nota: Os dados referentes ao ano de 2017 foram atualizados até o mês de junho/2017.

Como pode-se ver, as exportações dos subprodutos da soja já renderam, em 2017, o equivalente à \$ 16.002,07 milhões de dólares, aproximadamente 63% das exportações realizadas em 2016.

### 2.3. OS BIOCOMBUSTÍVEIS

Os biocombustíveis são derivados da biomassa renovável, capazes de substituir parcialmente ou totalmente os combustíveis fósseis, derivados do petróleo e gás natural, em veículos automotores ou gerar energia (ESCOBAR et al., 2009; CAMPOS; MORAES, 2012). São exemplos o etanol<sup>4</sup>, o biodiesel<sup>5</sup>, o biogás<sup>6</sup> e o

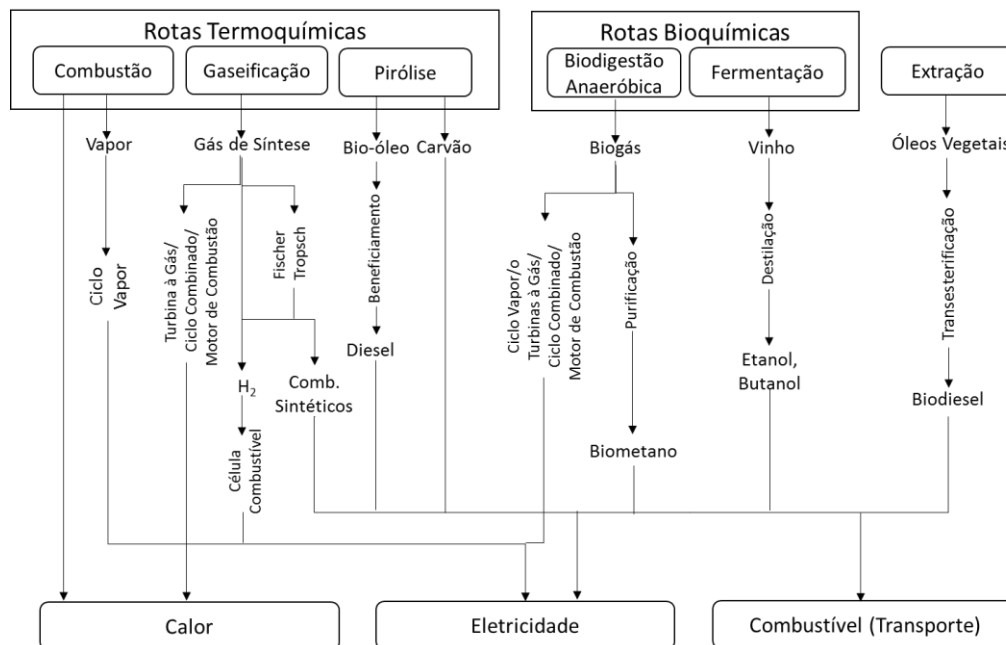
<sup>4</sup> De acordo com Jank e Nappo (2009, p. 25), “o etanol, também chamado de álcool etílico, pode ser produzido pela fermentação do caldo de cana-de-açúcar e do melaço. É usado de diversas formas há milhares de anos e, recentemente, emergiu como principal combustível para motores de combustão interna, depois da gasolina”.

<sup>5</sup> De acordo com Campos e Moraes (2012, p. 94-95), “o biodiesel é um combustível produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais. Dezenas de espécies vegetais presentes no Brasil podem ser usadas na produção do biodiesel, entre elas soja, dendê, girassol, babaçu, amendoim, mamona e pinhão-mansão”.

<sup>6</sup> O biogás é um composto gasoso combustível com alta capacidade energética, semelhante ao gás natural. Possui composição típica de cerca de 60% de CH<sub>4</sub>, 35% de CO<sub>2</sub> e 5% de outros gases,

biometano<sup>7</sup>. Na Figura 3 observa-se as principais rotas de aproveitamento energético da biomassa.

Figura 3 – Representação esquemática simplificada das principais rotas de aproveitamento energético da biomassa



Fonte: Adaptado de Tolmasquim (2016, p. 178).

No que se refere ao volume de produção mundial, os cinco maiores produtores de biocombustíveis são os Estados Unidos, o Brasil, a Alemanha, a China e Argentina.

O Brasil e os Estados Unidos lideram a produção de biocombustíveis no mundo. Só em 2014 o volume total gerado por esses dois países foi de 490 e 1.019 mil barris por dia, respectivamente (EIA, 2017b).

Os Estados Unidos e o Brasil também figuram entre os maiores consumidores de biocombustíveis no mundo, juntamente com Alemanha, China e França. De acordo com EIA (2017a), somente os EUA consumiram o equivalente a 977 mil barris por dia de combustíveis renováveis.

---

como O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, vapor d'água, etc. A matéria-prima para sua produção é oriunda de produtos e resíduos da agricultura; da pecuária; e outros concentrados em aterros ou biodigestores e cuja relevância local justifica seu aproveitamento como fonte para geração de energia elétrica, térmica ou automotiva (PAGEL, 2017p. 48).

<sup>7</sup> O biometano é um biocombustível gasoso de "segunda geração" constituído essencialmente de CH<sub>4</sub> e derivado da purificação do biogás. Oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular e às instalações residenciais e comerciais, o biometano é uma opção mais simples e imediata, com mesmo uso, produção e valoração econômica ao do gás natural (PAGEL, 2017, p. 51).

O consumo e a produção nesses países devem-se, em parte, aos incentivos governamentais existentes. Trumbo e Tonn (2016) ressaltam a importância das políticas públicas como ferramenta para estimular um ambiente favorável à produção de biocombustíveis e capaz de atrair investimentos para o setor. Enciso e outros (2016) e Deppermanne outros (2016) afirmam que através de políticas públicas, que primam pela redução de emissões de GEE e da dependência de combustíveis fósseis, o aumento na produção de biocombustíveis tem sido estimulado de maneira substancial em diversos países, como Estados Unidos, Brasil, Argentina e Austrália. Assim, valores significativos de oferta e de demanda por biocombustíveis em todo o mundo existem em virtude, sobretudo, da determinação de percentuais obrigatórios de mistura aos combustíveis fósseis, como no caso do Brasil, que vem praticando a mistura do etanol à gasolina em 27% e do biodiesel ao diesel mineral em 7%. No Quadro 2 apresentam-se a mistura obrigatória nos maiores produtores e consumidores de combustíveis renováveis.

Quadro 2 – Mundo: percentual de mistura obrigatória do etanol e do biodiesel em combustíveis fósseis – países selecionados

PAÍS	% DE ADIÇÃO OBRIGATÓRIA	
	Etanol	Biodiesel
1. Alemanha	10%	6,25%
2. Argentina	5%	10%
3. Brasil	27%	8% <sup>1</sup>
4. Canadá	5%	2%
5. China	10%	10%
6. Colômbia	10%	5%
7. Espanha	8,5% <sup>2</sup>	8,5% <sup>2</sup>
8. Estados Unidos	15%	10%
9. Indonésia	3%	2,5%
10. Tailândia	Sem percentual definido	5%

Fonte: Elaboração própria a partir de BIODIESELBR (2012a; 2015); Brasil (2014; 2016); Honty e Gudynas (2007) e UNICA (2010, 2014).

Notas: (1) De acordo com a Lei nº 13.623/2016 o percentual de mistura obrigatória de biodiesel ao diesel mineral passará de 8% para 9% até março de 2018 e para 10% até março de 2019; (2) previsão para 2020 na Espanha; (3) elaborado em 2016 e atualizado em 2017 para Brasil.

De acordo com Barskar e Aiswarya (2016), há estimativa de redução em cerca de 30% do consumo de petróleo e derivados até 2035, em todo o mundo. Para suprir a demanda por combustíveis, para veículos automotores, principalmente, acredita-se que ocorrerá aumento significativo da oferta dos biocombustíveis nos próximos anos.

Na Oferta Interna de Energia (ano base 2016), do total energético ofertado os derivados da cana-de-açúcar representam 17,50% da oferta, enquanto que o biodiesel, juntamente com outras renováveis não ultrapassam os 4,50% (EPE, 2017a). Já na Matriz Energética Mundial (ano base 2014), somados, esses dois biocombustíveis representam 10,30% de toda a oferta (IEA, 2016).

As seções seguintes serão destinadas à apresentação do cenário do etanol e do biodiesel no mundo e no Brasil, e da geração de energia elétrica.

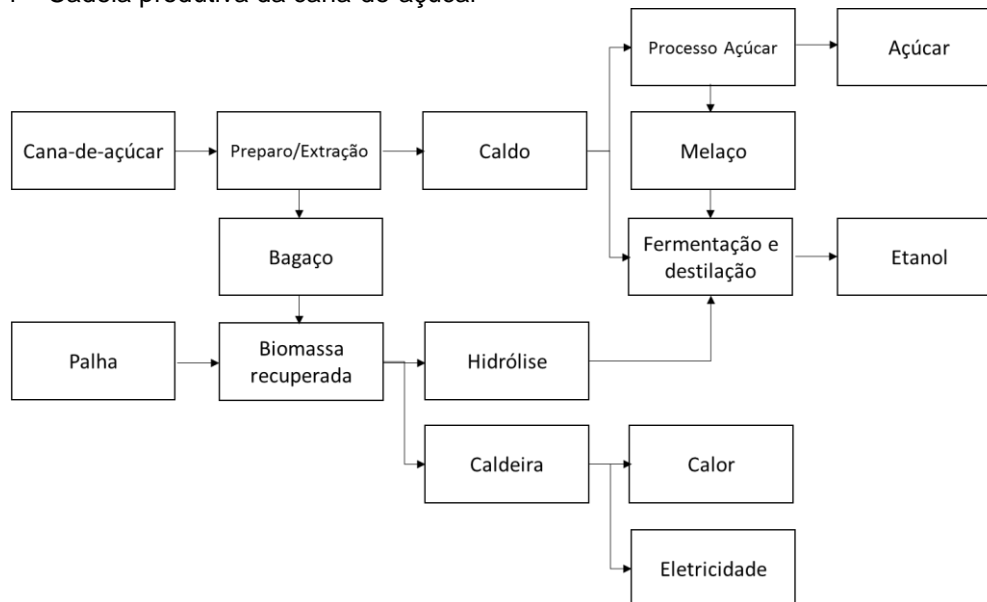
### 2.3.1. Etanol

De maneira simplificada, o etanol pode ser entendido como um biocombustível obtido a partir de diferentes vegetais, como o milho, a beterraba, o trigo e a cana-de-açúcar, sendo esta última a matéria-prima que oferece maior vantagem energética e econômica (CAMPOS; MORAES, 2012; ZABED et al., 2017). O etanol de cana-de-açúcar é considerado uma das alternativas de energia renovável com melhor custo/efetividade para mitigação das emissões de gases do efeito estufa (SOUZA et al., 2015; ZABED et al., 2017), pois reduz em até 90% as emissões de gases do efeito estufa, quando substitui totalmente a gasolina (JANK; NAPPO, 2009). Nguyen, Hermansen e Sagisaka (2009) ressaltam que a conversão da cana-de-açúcar em bioenergia contribui para a substituição da energia fóssil, através do etanol e da geração de eletricidade. O processo de conversão da cana em recursos energéticos pode ser visualizado na Figura 4. O etanol é produzido em três diferentes tipos: o comum, também conhecido como o hidratado; o anidro; e o neutro (VECCHIA, 2010). De acordo com Vecchia (2010, p. 153) o álcool neutro é “usado na elaboração de bebidas em geral, cosméticos e produtos farmacêuticos”. O etanol hidratado é produzido para suprir as demandas dos veículos *flex-fuel*, ou seja, aqueles que podem funcionar exclusivamente utilizando-se tanto o álcool ou a gasolina. Em alguns casos, misturam-no a aditivos que beneficiam o funcionamento do motor veicular, criando uma subcategoria, a do etanol aditivado. O etanol anidro, por sua vez, é utilizado em misturas à gasolina. Em ambos os



casos, há contribuição para a redução das emissões de gases do efeito estufa. Nesta pesquisa só serão considerados o etanol anidro e o hidratado, utilizados como combustíveis.

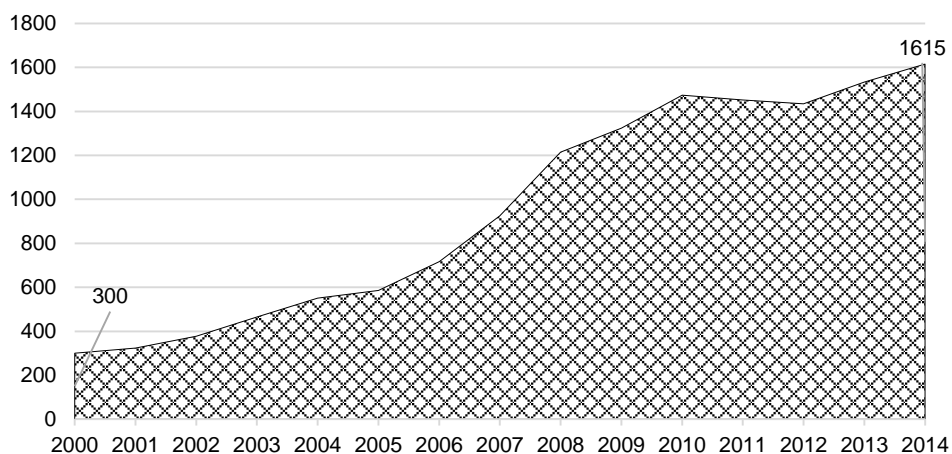
Figura 4 – Cadeia produtiva da cana-de-açúcar



Fonte: Adaptado de EPE (2007, p. 128).

A produção de etanol (anidro e hidratado) no mundo cresceu consideravelmente nos últimos anos. No Gráfico 8 apresenta-se a evolução da produção entre 2000 e 2014.

Gráfico 8 – Mundo: evolução da produção total de etanol – 2000-2014 (mil barris por dia)



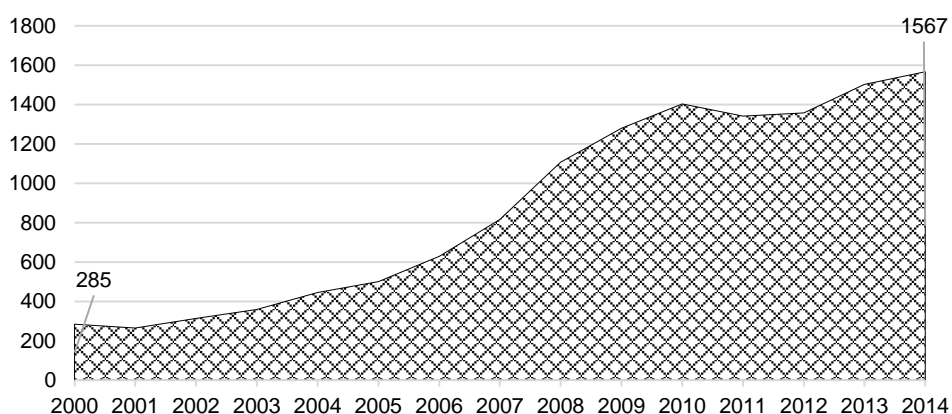
Fonte: Elaboração própria a partir de EIA (2017b).

O crescimento da produção foi de 300 mil barris por dia nos anos 2000 para 1615 mil barris por dia em 2014. Deste total (2014), o equivalente a 57,95% (936 mil barris por dia) foi produzido pelos Estados Unidos, considerado maior país produtor

de etanol do mundo. O Brasil e a China também figuram como principais geradores desse biocombustível juntamente com o Canadá e a França.

O Brasil esteve no topo da produção entre os anos 2000 e 2005, porém foi ultrapassado pelos Estados Unidos, que vem liderando a produção até então. A China, atingiu uma produção equivalente à 46 mil barris por dia, seguida pelo Canadá e França, que tiveram, respectivamente, 31 e 18 mil barris por dia de etanol produzidos. No que diz respeito ao consumo mundial de etanol, no Gráfico 9 apresenta-se a evolução entre os anos de 2000 e 2014.

Gráfico 9 – Mundo: evolução do consumo total de etanol – 2000 - 2014 (mil barris por dia)



Fonte: Elaboração própria a partir de EIA (2017a).

Assim como a produção, o consumo também evoluiu com o passar dos anos, com um aumento de 1.282 mil barris por dia no mesmo período. Os maiores consumidores mundiais de etanol combustível são os Estados Unidos, o Brasil, a China, o Canadá e a Alemanha (EIA, 2017a).

Conforme mencionado anteriormente na seção sobre os biocombustíveis, os programas de incentivos e as políticas públicas (como o uso de percentual obrigatório) têm atuado como atores estratégicos no mercado dos biocombustíveis, incentivando cada vez mais a produção e o consumo das fontes renováveis. Um exemplo disso é o Brasil, com o percentual de 27%<sup>8</sup> de mistura obrigatória do etanol à gasolina.

<sup>8</sup> De acordo com a Lei 13.033/2014 o percentual de mistura obrigatória do etanol à gasolina pode ser alterado para, no máximo, 27,5%, conforme viabilidade técnica (BRASIL, 2014). Contudo, a Resolução do Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool (CIMA) nº 1 de 0403/2015 recomendou a fixação em 27% para mistura do etanol à gasolina comum e aditivada, e 25% para gasolina Premium (CIMA, 2015). Esta foi a última alteração no percentual de mistura do etanol à gasolina.

### 2.3.1.1. O etanol no Brasil

No Brasil, a produção de etanol é concentrada na cana-de-açúcar. O país utilizou o etanol em automóveis pela primeira vez na década de 1920<sup>9</sup>, mas somente na década de 1970 em meio ao primeiro Choque do Petróleo, com a criação do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), é que esse biocombustível teve impulso e tornou-se parte integrante da Matriz Energética Brasileira (JANK; NAPPO, 2009).

No ano de 1973, em função do primeiro Choque do Petróleo, o preço do barril do combustível fóssil aumentou significativamente (o preço do barril saltou de US\$ 3,00 para US\$ 12,00), implicando dificuldades em sua aquisição por diversos países, principalmente aqueles em desenvolvimento, como o Brasil. Esse cenário fez com que o governo brasileiro instituisse, por meio do Decreto nº 76.593/1975, o PROÁLCOOL (BRASIL, 1975). Além da redução da dependência dos combustíveis fósseis (ROSA, 2013), o PROÁLCOOL almejava a introdução do etanol como fonte de energia na Matriz Energética Brasileira. Além disso, Stattman, Hospes e Mol (2013) destacam o cunho social do Programa no sentido de estimular a indústria do etanol no Nordeste com geração de renda para os trabalhadores rurais dos canaviais.

Apesar de muitos autores caracterizarem o Programa como uma solução para a má fase enfrentada por países dependentes do petróleo e derivados, Campos e Moraes (2008) apontaram que o PROÁLCOOL não foi um projeto econômico e que o desabastecimento do álcool entre 1989 e 1990, em função da destinação da cana para produção de açúcar, colocou em dúvida o seu desenvolvimento. Além disso, criticaram o Programa pela concentração geográfica da produção (em São Paulo) e pelas más condições de trabalho na indústria da cana (STATTMAN; HOSPES; MOL, 2013).

Embora o Programa tenha impulsionado a produção e a comercialização de etanol enquanto vigorava a crise, com o declínio nos preços do petróleo e alta do preço

---

<sup>9</sup> Nesta década o governo resolveu utilizar o combustível a partir da cana-de-açúcar como complemento à gasolina.

do açúcar<sup>10</sup>, os produtores de cana perceberam vantagem em destinar o insumo para produção do açúcar, em vez do mercado de combustíveis.

Na Figura 5 apresentam-se os principais acontecimentos brasileiros relacionados à indústria do etanol, entre eles, a evolução dos percentuais obrigatórios de adição à gasolina e a chegada da tecnologia *flex-fuel*.

Figura 5 – Brasil: linha do tempo do etanol

2015	Aumento do Percentual de mistura para 27%;
2011	ANP assume a regulação do etanol;
2005	Os produtores são obrigados a usar coloração de cor alaranjada no etanol – objetivo de reduzir a não conformidade do produto;
2003	Tecnologia <i>flex-fuel</i> é inaugurada no Brasil;
1990	Extinção do IAA – Instituto do Açúcar e do Alcool
1985	Percentual de mistura entre 20% e 25%;
1983	Mais de 90% dos veículos brasileiros eram movidos somente à álcool;
1979	Percentual de mistura fixado em 15%;
1975	Criação do PROÁLCOOL;
1938	Percentual de mistura fixado em 5%
1933	Criação do IAA – Instituto do Açúcar e do Alcool;
1920	Primeira utilização do etanol em veículos no Brasil.

Fonte: Adaptado de NOVACANA (2017); BRASIL (1990).

Anos mais tarde, porém, com a chegada da tecnologia *flex-fuel* para veículos automotores, em 2003, o setor sucroalcooleiro viu-se novamente impulsionado. A inserção desse tipo de veículo no mercado automobilístico brasileiro contribuiu para o aumento significativo da produção de álcool no Brasil<sup>11</sup> (CAMPOS; MORAES,

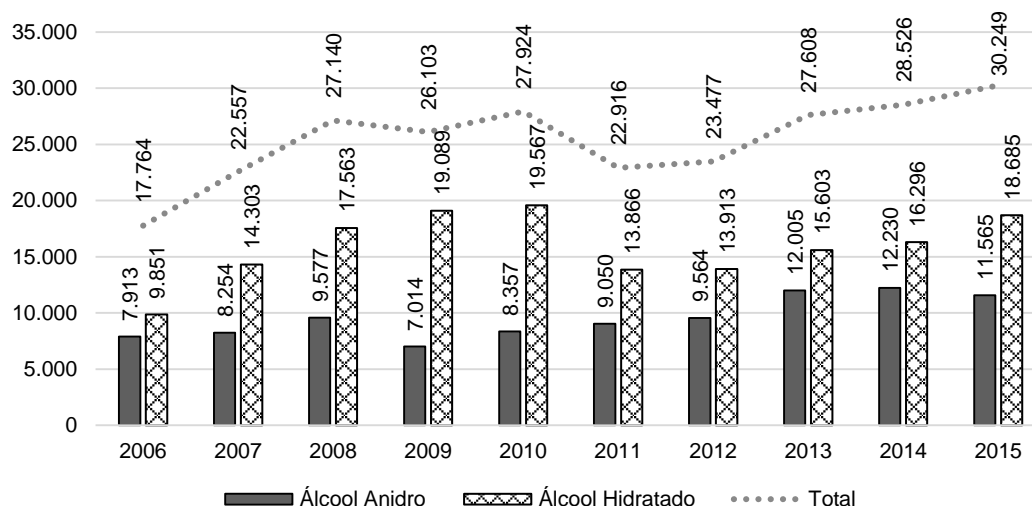
<sup>10</sup> De acordo com Campos (2014, p. 9) “Em 1986 [...] a OPEP diminuiu o preço do petróleo e tentou estabelecer uma guerra de preços (contrachoque do petróleo). [...]. Os preços permaneceram relativamente baixos, quando comparados aos do período dos choques do petróleo, mas não representavam os interesses do cartel em ser um regulador do mercado”. Isso significou, para os consumidores, vantagem para voltarem-se ao consumo de derivados de petróleo. Em virtude da ausência da demanda por etanol, os produtores acabaram por destinar seus rendimentos agrícolas à produção de açúcar.

<sup>11</sup> A entrada dos veículos *flex-fuel* no mercado automobilístico brasileiro foi fundamental para a retomada do mercado de etanol no país, contribuindo para a expansão da produção de álcool hidratado “que passou de 5 bilhões de litros em 2000 para 19 bilhões de litros em 2009. A evolução da produção total de etanol anidro e hidratado no Brasil cresceu 144%, entre 2000 e 2009, alcançando 26,1 bilhões”. Além disso, “os veículos *flex-fuel* e os movidos exclusivamente a álcool

2012). A tecnologia *flex-fuel*, que permite aos veículos automotores funcionarem com o álcool ou com a gasolina, possibilita ao consumidor final a oportunidade em optar pelo combustível que for mais viável economicamente, isto é, mais barato. Além do viés econômico, a tecnologia contribui para o aquecimento do mercado de etanol, uma vez que cria a demanda por esse biocombustível, o que conseqüentemente, atende às demandas ambientais (uso cada vez maior de combustíveis renováveis, por exemplo). Assim como a tecnologia *flex-fuel*, os percentuais obrigatórios de adição de etanol à gasolina também contribuíram diretamente para formação da demanda pelo etanol.

Diante desse cenário, a indústria sucroalcooleira precisou incentivar a produção de etanol para atender a demanda que se formava com o apoio desses mecanismos. A evolução dessa produção, entre os anos de 2005 e 2014 pode ser visualizada no Gráfico 10.

Gráfico 10 – Brasil: evolução da produção de etanol total, anidro e hidratado – 2006-2015 (mil m<sup>3</sup>)

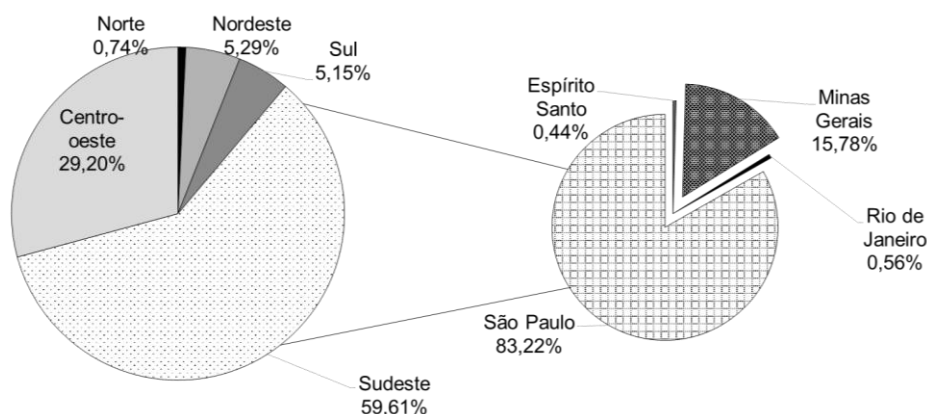


Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2016).

Em 2015 o volume total de etanol (anidro e hidratado) produzido no Brasil foi maior que 3 milhões de m<sup>3</sup>, um percentual 170% maior em relação ao volume produzido em 2006. Desse total, mais da metade correspondeu ao álcool hidratado. No ano seguinte, a produção alcançou o patamar 28.692.674 m<sup>3</sup> de etanol. Cabe salientar, ainda, nessa produção, a participação da região Sudeste como a maior produtora de etanol no país, conforme apresenta-se no Gráfico 11.

---

hidratado têm alíquotas do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) menores em relação aos veículos a gasolina” (CAMPOS; MORAES, 2012, p.91).

Gráfico 11 – Brasil: produção total de etanol – regiões – 2016 (mil m<sup>3</sup>)

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de ANP (2017b).

Como pode ser observado, o Estado de São Paulo, na região Sudeste, foi, em 2016, o maior produtor de etanol no Brasil (produção equivalente à 83,22%), seguido pelo Estado de Minas Gerais, com produção equivalente à 15,78% do total.

O destaque dos Estados da Região Sudeste se deve, sobretudo, à localização das principais usinas sucroalcooleiras do país, como pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6 – Brasil: localização das principais usinas sucroalcooleiras



Fonte: UDOP (2016).

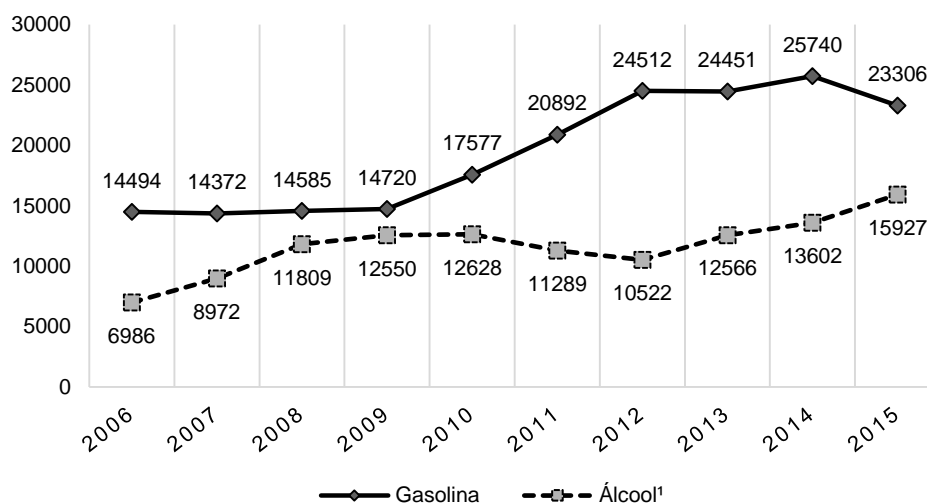
A maior parte das usinas também é autossuficiente em energia elétrica, pois aproveitam o bagaço proveniente da moagem da cana para geração de sua própria

energia. O caldo da cana-de-açúcar contém aproximadamente um terço da energia total da planta, quanto que o bagaço, as pontas e as folhas são responsáveis pelos outros dois terços (MARTINS, 2011; VECCHIA, 2010). Adicionalmente, o processo de aproveitamento para geração de energia, chamado de cogeração, acaba gerando excedentes que podem ser comercializados (JANK; NAPPO, 2009).

Sobre o consumo brasileiro de etanol, em 2016 o total foi de 26.198 mil m<sup>3</sup>. Cabe salientar, contudo, que aproximadamente 85% de todo o etanol produzido foi consumido pelo mercado de combustíveis (grande parte pela região Centro-Sul), sendo que a maior parte dele foi o hidratado.

A evolução do consumo total de gasolina e etanol no Brasil nos últimos dez anos, período compreendido entre os anos de 2006 e 2015, pode ser vista no Gráfico 12.

Gráfico 12 – Brasil: evolução do consumo de gasolina e álcool – 10<sup>3</sup> tep



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da EPE (2016).

Nota 1: Inclui Álcool Etílico, Anidro e Hidratado.

Conforme pode ser visto anteriormente, o consumo da gasolina manteve-se crescente até o ano de 2014. Em 2015, o consumo deste derivado de petróleo apresentou queda de aproximadamente 9% em relação ao ano anterior. No caso do etanol (considerando os três tipos principais produzidos no Brasil – anidro, hidratado e etílico) o consumo passou por uma recessão entre os anos de 2010 e 2012, retomando o crescimento no ano seguinte. No que diz respeito ao ano de 2006, o consumo cresceu 228%.

### 2.3.1.2. Marcos institucionais do setor sucroenergético brasileiro

Esta seção destina-se à apresentação dos Marcos Institucionais do setor sucroenergético brasileiro, onde serão apresentados os programas e seus respectivos objetivos, e as legislações, decretos e portarias existentes no país.

De acordo com Carvalho (2009) e Rosa (2013) a existência de programas e fundos federais é que corroborou para a retomada do setor sucroalcooleiro do Brasil entre as décadas de 1960 e 1990. Entre as principais iniciativas pode-se destacar (I) o Fundo de Recuperação da Agroindústria Canavieira; (II) o Fundo de Racionalização da Agroindústria Canavieira do Nordeste; (III) o Fundo Especial de Exportação; (IV) o Plano de Expansão da Indústria Açucareira Nacional; (V) o Programa de Racionalização da Agroindústria Canavieira; (VI) o Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar; e (VII) o Programa Nacional do Alcool.

O primeiro, Fundo de Recuperação da Agroindústria Canavieira, datado de 1961, objetivava expandir a produção de açúcar e garantir a exportação e comercialização do produto no mercado internacional. O Fundo de Racionalização da Agroindústria Canavieira do Nordeste (FUNAGRO), segundo Marco Institucional de destaque do setor, foi criado em 1963 e administrado pelo Grupo Especial para Racionalização da Agroindústria Canavieira (Geran – extinto em 1971). O Fundo tinha como missão aumentar a oferta de açúcar muito em decorrência do aumento da demanda no mercado externo, por meio da redução dos custos de produção e aprimoramento do setor. O Fundo Especial de Exportação (inaugurado em 1965), assim como os dois anteriores, possuía propósitos de benefícios para o mercado externo. Este terceiro Programa visava garantir preços para o mercado internacional, “regulando a produção de cada região por meio de aplicação dos saldos das exportações” (CARVALHO, 2009, p. 28).

O quarto marco destacado é o Plano de Expansão da Indústria Açucareira Nacional, que também foi criado em 1965. Os fundamentos desse Programa estavam em elevar a produção nos seis anos seguintes para 100 milhões de sacos de açúcar. Esse objetivo privilegiaria as usinas que se instalassem em regiões de cultivos de café nos Estados de São Paulo e Paraná. O quinto marco, Programa de Racionalização da Agroindústria Canavieira, foi inaugurado no ano de 1971, seis



anos depois do Fundo Especial de Exportação e do Plano de Expansão da Indústria Açucareira Nacional. Tinha como pressupostos a redução dos custos de produção e o aumento da produtividade, além do apoio à modernização das grandes unidades industriais, com maiores capacidades de produção e com concessão de linhas de créditos (ROSA, 2013). Dois anos mais tarde, o Programa foi transformado no Programa de Apoio à Agroindústria Açucareira. Ainda em 1971 foi criado o Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar, sexto marco institucional. Esse Programa esperava que houvesse modernização da produção por meio da inserção de novas variedades de cana que fossem mais produtivas e mais duráveis (melhoramento genético da cultura) (ROSA, 2013). Além disso, esperava, com ajuda do Programa, melhor aproveitamento da matéria-prima, isto é, utilização por completo do insumo, seja para produção de açúcar, ração animal, adubo, ou co-geração de energia (CARVALHO, 2009).

Por último, destaca-se a criação do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), em 1975. Lançado na década dos Choques do Petróleo, o PROÁLCOOL tinha como objetivos a inserção do etanol combustível na Matriz Energética Brasileira ao mesmo tempo em que incentivava a redução da dependência por combustíveis derivados do petróleo (CARVALHO, 2009; ROSA, 2013). De acordo com Carvalho (2009, p. 41),

O PROÁLCOOL garantia até 80% do financiamento do investimento fixo das destilarias anexas e autônomas, com juros de 4% ao ano, pagamento em 12 anos com carência de 3 anos. A cana e outras matérias-primas tinham financiamento com juros de 7% ao ano, pagamento em 5 anos com carência de até 2 anos. O Programa financiava também a estocagem do álcool nas destilarias, além de dar garantias de compra do produto pela Petrobrás.

Além dos fundos e programas, o setor sucroalcooleiro do Brasil ainda contou com diversos incentivos em formas de legislações. Esses impulsos surgiram ao longo da existência do setor e tinha como objetivo solidificar a produção, o consumo, o comércio, entre outros. Entre os principais destacam-se o Decreto nº 22.789/1933 de criação do IAA (Instituto do Açúcar e do Álcool) que tinha poderes para estipular ou sugerir medidas para regulamentação do etanol e açúcar no Brasil, fomentar a produção de álcool anidro e estabelecer os preços para comercialização do mesmo. Além disso, o referido Decreto isentou de impostos ou taxas todo o álcool anidro produzido no Brasil, toda aguardente e álcool destinados a fabricação de álcool

anidro, e todo álcool utilizado na preparação de carburantes; o Decreto nº 76.593/1975 que criou o Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL); o Decreto nº 83.700/1979 responsável pela criação do Conselho Nacional do Álcool (CNAL), que por sua vez formulava e fixava as diretrizes do PROÁLCOOL; o Decreto 94.541/1987 que estabeleceu as regras para escoamento, comercialização e estocagem do etanol combustível; o Decreto nº 3.546/2000 que criou o Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA), que tinha por atribuição deliberar sobre as políticas e atividades do setor sucroalcooleiro do país, além de aprovar os programas de produção de álcool etílico e seus respectivos valores de comercialização; a Lei nº 8.029/1990 que extinguiu o IAA e Lei nº 11.097/2005 que modificou a ANP incorporando além do Petróleo, o Gás Natural e os Biocombustíveis e que dispôs sobre a inserção dos biocombustíveis na Matriz Energética Nacional e a Portaria MAPA nº 75/2015, que fixou o percentual obrigatório de mistura do etanol à gasolina em 27% para a gasolina comum e 25% para a Premium.

### **2.3.2. Biodiesel**

De acordo com Campos e Moraes (2012), o biodiesel é um biocombustível renovável, que pode ser obtido com a utilização de vários insumos vegetais, animais ou até mesmo da espuma presente no esgoto, através de processos como o craqueamento<sup>12</sup> e a transesterificação<sup>13</sup>. De forma complementar, a Lei nº 11.097/2005 define o biodiesel como derivado da biomassa vegetal para uso em motores de combustão interna e como substituto ao diesel de petróleo (BRASIL, 2005).

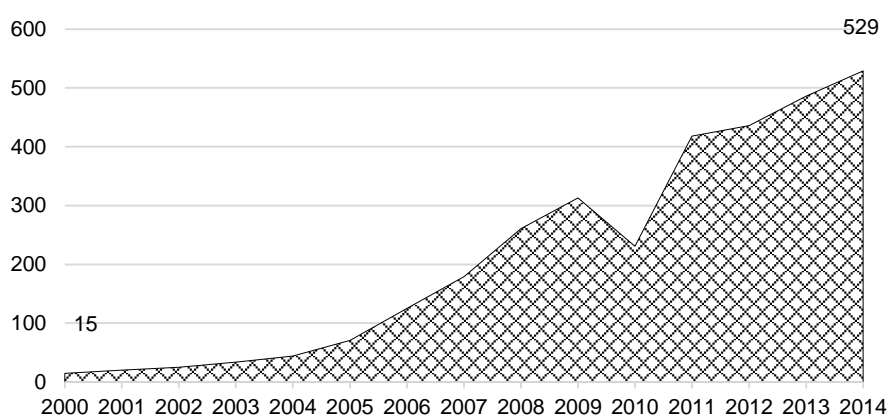
---

<sup>12</sup> Craqueamento é um processo que culmina na quebra das moléculas do óleo obtido por meio do aquecimento em alta temperatura (cerca de 450°C) (TRZECIACK et al., 2008).

<sup>13</sup> A transesterificação ou esterificação é um processo químico de interação entre um éster e um álcool que resulta em novo éster e novo álcool e, que, por consequência, acabam alterando a estrutura do óleo obtido (estrutura molecular) (TRZECIACK et al., 2008).

No mundo, a produção de biodiesel cresceu significativamente entre os anos 2000 e 2014. De acordo com EIA (2017b), nos anos 2000, a produção atingiu um volume de 15 mil barris por dia, alcançando um volume superior a 520 mil barris de biodiesel produzidos por dia em 2014 (Gráfico 13). No período de 15 anos a produção de biodiesel no mundo aumentou em 3.526% aproximadamente. Atribui-se esse crescimento ao fato de que países como os Estados Unidos têm investido fortemente em alternativas frente problemas ambientais decorrentes do uso dos derivados do petróleo. Outros destaques dessa produção são o Brasil e a Alemanha, segundo e terceiro maiores países produtores.

Gráfico 13 – Mundo: evolução da produção total de biodiesel – 2000-2014 (mil barris por dia)



Fonte: Elaboração própria a partir de EIA (2017b).

A produção de biodiesel em todo o mundo envolve diversos insumos, entre os quais cabe destacar o uso de oleaginosas. No Quadro 3, é possível visualizar os tipos de matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel.

Quadro 3 – Matéria-prima para produção de biodiesel

MATÉRIAS GRAXAS	MATÉRIA-PRIMA		ORIGEM
<b>Tipo I</b>	Óleos e Gorduras Vegetais	Óleos de dendê, mamona, girassol, amendoim, babaçu, soja, pinhão-manso e nabo forrageiro	Agricultura familiar e agronegócios
	Óleos e Gorduras Animais	Sebo bovino	Matadouros e frigoríficos
<b>Tipo II</b>	Óleos de fritura usados resultantes de processamento comercial e industrial		Redes de "fast-food", indústria alimentícia.
	"Nata sobrenadante" ou espuma do esgoto		Estações de tratamento de esgotos
	Resíduos agrícolas e industriais de natureza graxa (borras)		Agroindústrias

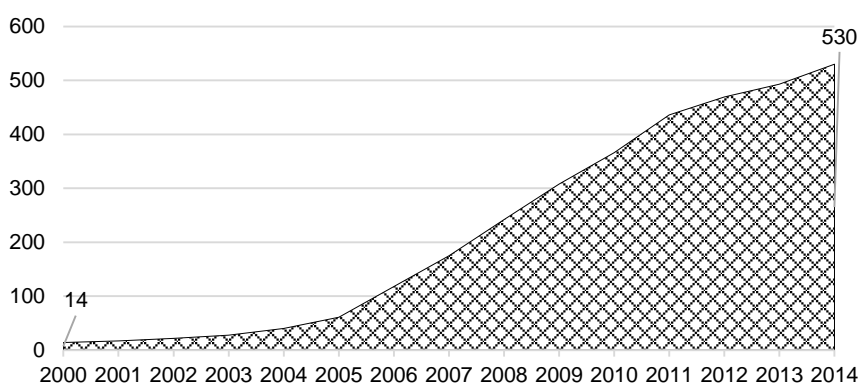
Fonte: SECTI (apud FETRANSPOR, 2008. p. 14).

Nos Estados Unidos, a principal matéria-prima tem sido a soja e o óleo residual de fritura. Na Alemanha, o óleo proveniente da colza. Já no Brasil, destacam-se o uso da soja e do sebo animal, principalmente o bovino.

Outros insumos (escuma de esgoto, por exemplo) vêm sendo estudados como potencial insumo para produção de biodiesel, em países como a Coreia do Sul. Um estudo realizado nesse país asiático apontou a existência de 445,5 vezes mais lipídios por grama desta matéria-prima se comparado com a soja, predominantemente utilizada na geração de biodiesel no Brasil (BIODIESELBR, 2012b). Araújo e outros (2014) destacam que a justificativa mundial para a produção de biodiesel recai sobre o aquecimento global.

Assim como no caso do etanol, diversos países vêm incentivando a produção e o uso do biodiesel em veículos automotores por meio da fixação obrigatória do percentual de mistura. Essa estratégia tem implicado efeitos positivos sobre o volume total de biodiesel consumido mundialmente. No Gráfico 14 apresenta-se as evoluções do consumo total no mundo.

Gráfico 14 – Mundo: evolução do consumo total de biodiesel – 2000-2014 (mil barris por dia)



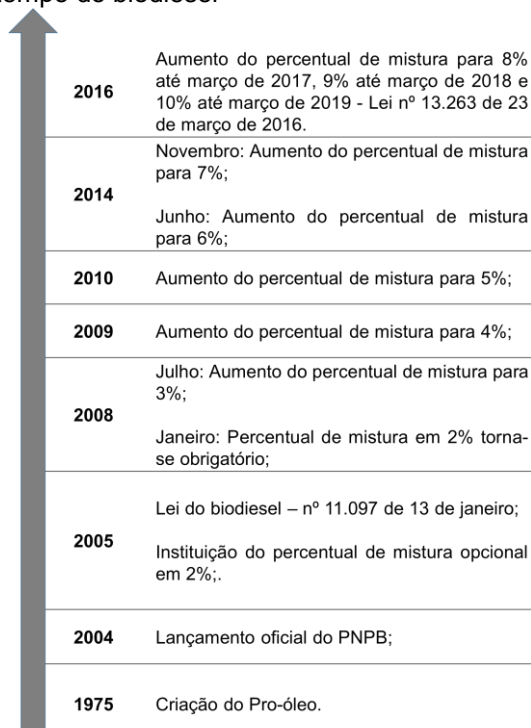
Fonte: Elaboração própria a partir de EIA (2017a).

A partir de 2010 os Estados Unidos passaram a liderar o mercado consumidor. O Brasil, considerado o segundo maior consumidor de biodiesel no mundo, despertou sua atenção somente em 2004, quando, de fato, o mercado brasileiro de biodiesel passou a receber atenção governamental, conforme será visto na próxima seção.

### 2.3.2.1. O biodiesel no Brasil

Foi a partir da década de 1970, marcada pelo primeiro Choque do Petróleo que o governo brasileiro concebeu a utilização do óleo vegetal para fins energéticos. Na Figura 6 apresentam-se os principais acontecimentos brasileiros relacionados à indústria do biodiesel entre eles, a evolução dos percentuais obrigatórios de adição ao diesel fóssil.

Figura 7 – Brasil: linha do tempo do biodiesel



Fonte: Adaptado de ANP (2016).

Com vistas à redução da dependência por derivados do petróleo, em especial, o óleo diesel, é que foi criado o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (PRO-ÓLEO), na década de 1970. O objetivo do Programa era criar produção sobressalente de óleo que pudesse tornar a cadeia produtiva competitiva, com previsão de mistura ao diesel mineral em 30%. No entanto, com a baixa nos preços dos barris de petróleo em 1986 e conseqüentemente dos seus derivados, o PRO-ÓLEO não foi à frente (OSAKI; BATALHA, 2008; ALVES, 2010).

Contudo, foi em 2003 que se retomaram os estudos para a inserção do Biodiesel na Matriz Energética Brasileira. O momento sucedeu à crise hídrica dos anos 2000 e conseqüente crise energética nacional, com episódios de racionamento de

energia elétrica. Nesse mesmo momento, o mundo estava em alerta por conta do volume de gases do efeito estufa emitidos pelo consumo total de energia fóssil (aproximadamente 26.970 milhões de toneladas métricas) e os consequentes impactos sobre a camada de ozônio (EIA, 2016).

Em 2004, o governo brasileiro decidiu lançar oficialmente o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Entre os principais objetivos do Programa estavam a inserção de uma nova fonte de energia na Matriz Energética Brasileira, além dos objetivos sociais de inserção da agricultura familiar no processo produtivo do biodiesel (por meio da geração de emprego), a diversificação de matérias-primas e a desregionalização, ou seja, produção em vários Estados brasileiros. Instituído por meio da Lei nº 11.097/2005, o Programa contribuiu para que o biodiesel ganhasse cada vez mais espaço no mercado de combustíveis (BRASIL, 2005; VACCARO et al., 2010).

Para garantir a oferta, o governo tratou de criar o Selo Combustível Social, uma espécie de certificação concedida ao produtor de biodiesel que adquirisse matérias-primas do agricultor familiar. Entre os principais benefícios do Selo estava o tratamento tributário (Quadro 4) no qual receberiam redução ou isenção total do IPI, CIDE e PIS/COFINS sobre o insumo adquirido. Entre as obrigações do produtor estava também a aquisição de quantidade mínima de matéria-prima; celebração de contratos de compra e venda com os agricultores familiares e a prestação do serviço de capacitação e assistência técnica (MDA, 2017).

Além de incentivar a oferta do biodiesel no Brasil, o mecanismo também promoveria a inclusão dos agricultores familiares, um dos objetivos do PNPB. Como pode ser observado, caso os produtores adquirissem mamona ou palma da agricultura familiar no Norte, Nordeste ou Semiárido, não haveria incidência sobre o CIDE, redução de 100% sobre o PIS/COFINS além da alíquota zero para o IPI.

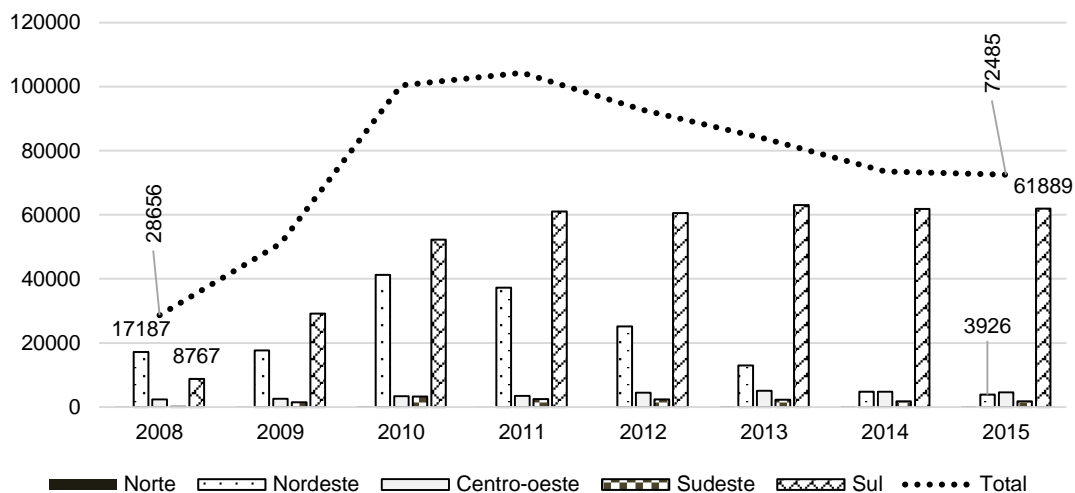
Quadro 4 – Brasil: tratamento tributário - biodiesel *versus* diesel do petróleo

Tributos Federais	BODIESEL				DIESEL DE PETRÓLEO
	AGRICULTUR A FAMILIAR NO NORTE, NORDESTE, E SEMI-ÁRIDO COM MAMONA OU PALMA	AGRICULTURA FAMILIAR	NORTE, NORDESTE E SEMI-ÁRIDO COM MAMONA OU PALMA	REGRA GERAL	
<b>IPI</b>	Alíquota zero	Alíquota zero	Alíquota zero	Alíquota zero	Alíquota zero
<b>Cide</b>	Inexistente	Inexistente	Inexistente	Inexistente	R\$ 0,07
<b>PIS/COFINS</b>	Redução de 100%	Redução de 68%	Redução de 31%	R\$ 0,22	R\$ 0,15
<b>Total de Tributos Federais</b>	R\$/litro	R\$/litro	R\$/litro	R\$/litro	R\$/litro
	R\$ 0,00	R\$ 0,07	R\$ 0,15	R\$ 0,22	R\$ 0,22

Fonte: PRATES; PIEROBON; COSTA (2007, p. 54).

O mecanismo Selo Combustível Social contribuiu fortemente para o aumento do número de famílias agricultoras no processo produtivo do biodiesel, conforme pode ser visto no Gráfico 15.

Gráfico 15 - Brasil: evolução do número de famílias agricultoras nos arranjos do Selo Combustível Social no período 2008 a 2015

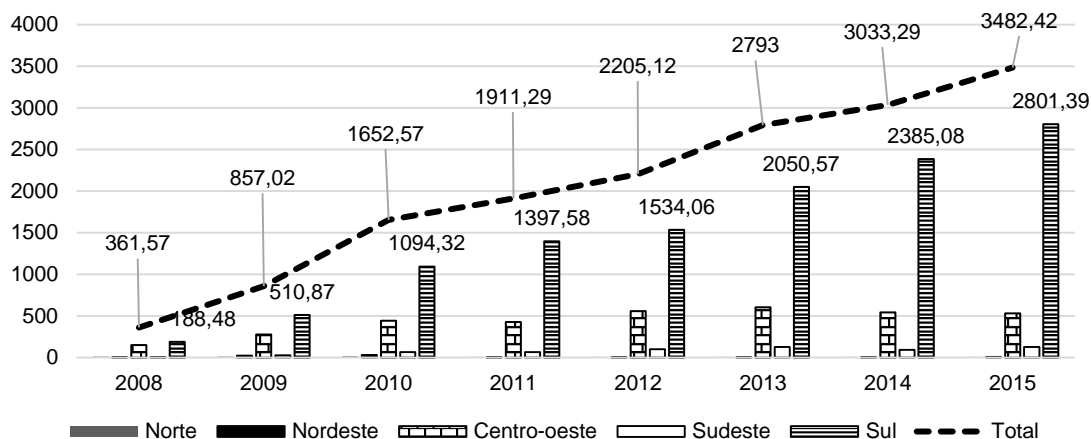


Fonte: Elaboração própria a partir de MDA/SFA (2017).

Como pode-se observar, das regiões que o Programa pretendia desenvolver, Norte e Nordeste, apenas esta última teve participação expressiva no número de família. Porém, a partir de 2010, essa região começou a apresentar queda, resultando em aproximadamente 437% inferior ao primeiro ano, 2008. Por outro lado, o Sul brasileiro vem se destacando como a região que mais inclui famílias agricultoras

via Selo Combustível Social no processo de fornecimento de insumos para produção de biodiesel. A participação da agricultura familiar como fornecedora de insumos pode ser visualizada no Gráfico 16.

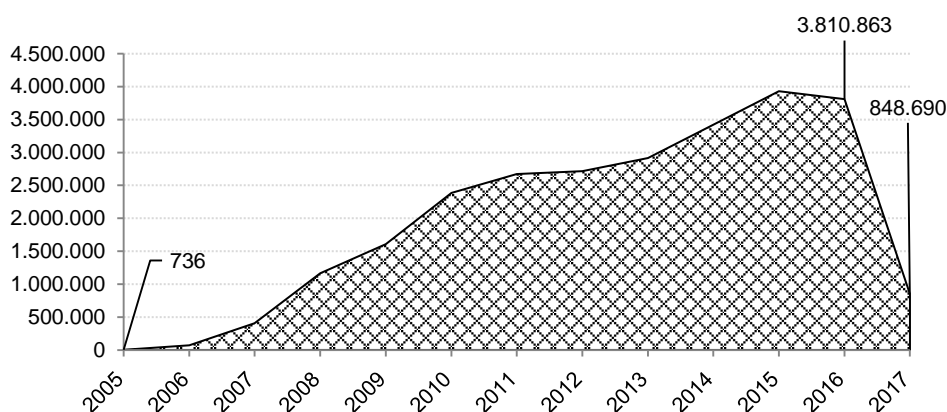
Gráfico 16 – Brasil: evolução do volume de matéria-prima adquirida da agricultura familiar nos arranjos do Selo Combustível Social no período 2008-2015



Fonte: Elaboração própria a partir de MDA/SFA (2017).

No Gráfico 17 apresenta-se a evolução da produção de biodiesel no Brasil.

Gráfico 17 – Brasil: evolução da produção total de biodiesel – 2005-2017<sup>1</sup> (m<sup>3</sup>)



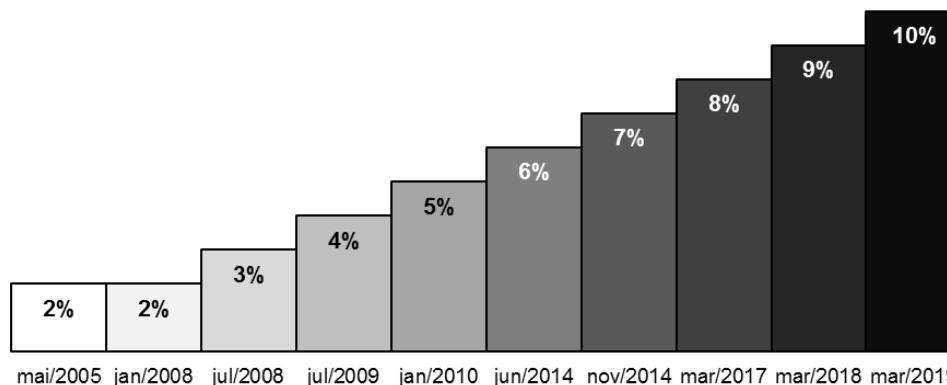
Fonte: Elaboração própria a partir de ABIOVE (2017a).

Nota 1: Dados até maio de 2017.

No que diz respeito à demanda por biodiesel, com o intuito de garantir a procura, o governo implementou, inicialmente, o percentual opcional de mistura do biodiesel ao diesel mineral em 2%. Esse percentual permaneceu em vigência por três anos, quando se tornou obrigatório em janeiro de 2008. Essa sistemática serviu como estímulo governamental para apoio aos alcances dos objetivos do Programa, além de apoiar a indústria de biodiesel (STATTMAN; HOSPES; MOL, 2013). Na Figura 8 é possível visualizar a evolução do percentual obrigatório de adição do biodiesel ao diesel fóssil no Brasil.



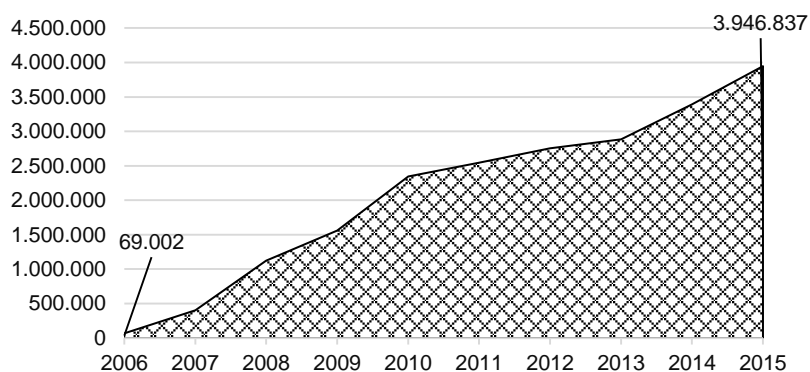
Figura 8 – Brasil: evolução dos percentuais de adição de biodiesel ao diesel fóssil



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Campos e outros (2014) e Brasil (2014; 2016).

Ainda em 2008, o percentual subiu para 3% contribuindo para o aumento da demanda do biodiesel. Entre julho de 2009 e junho de 2014, o percentual evoluiu de 4% para 6%, ainda em caráter obrigatório. No final de 2014, a Lei nº 13.033/2014 incrementou o percentual para 7%. Recentemente, em março de 2016, a ex-presidenta da República Dilma Vana Rousseff implementou a Lei nº 13.623, que estabeleceu o percentual obrigatório para 8% em 2017 e estipulou para os meses de março de 2018 e março de 2019 os percentuais 9% e 10%, respectivamente.

A evolução do consumo do biodiesel desde a criação do PNPB pode ser visualizada no Gráfico 18.

Gráfico 18 – Brasil: evolução do consumo total de biodiesel – 2006-2015<sup>1</sup> (m<sup>3</sup>)

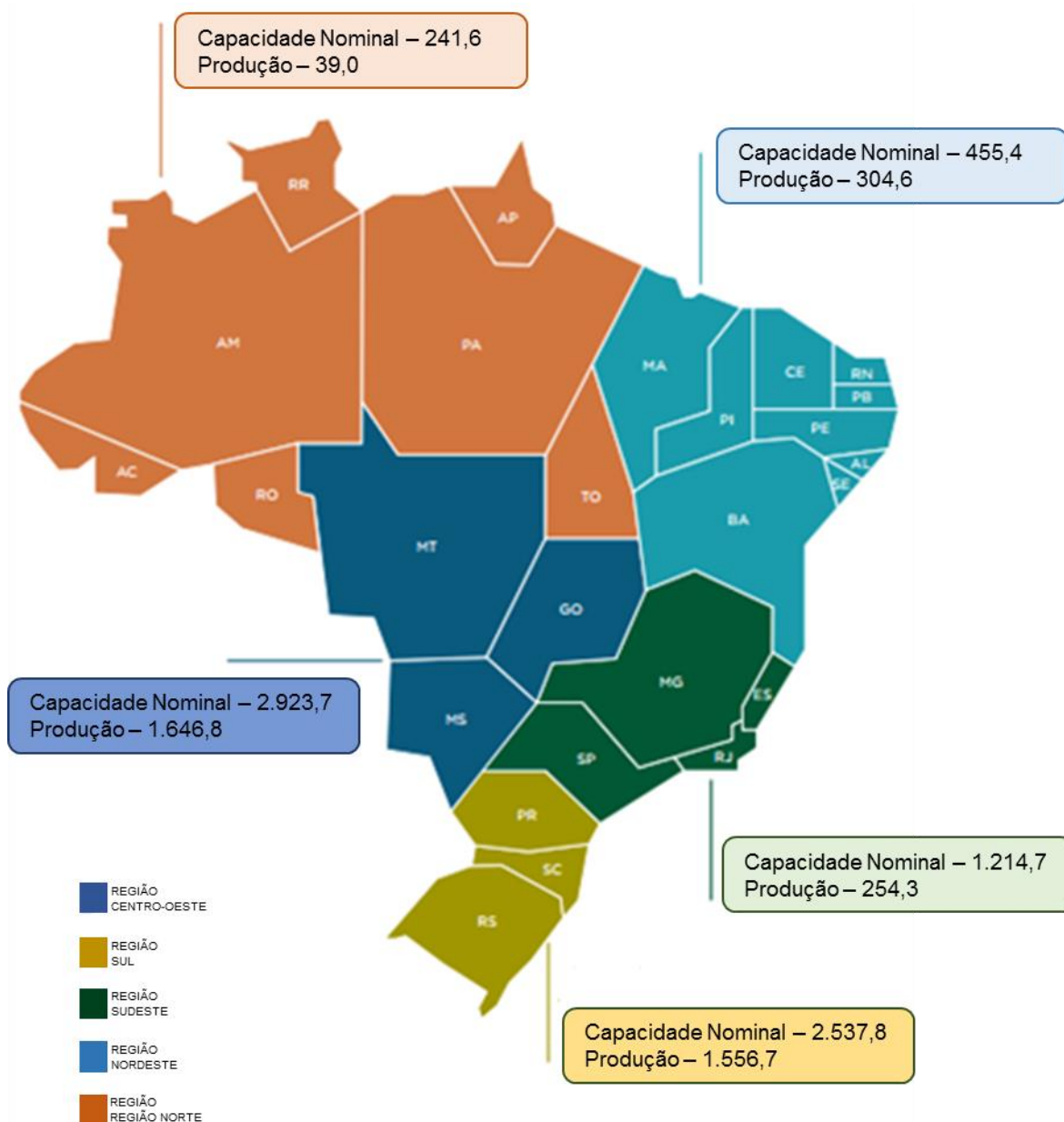
Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2016).

Notas: (1) A partir de 2008 a mistura de biodiesel puro (B100) ao óleo diesel passou a ser obrigatória. Entre janeiro e junho de 2008 a mistura foi de 2%, entre julho de 2008 e junho de 2009 foi de 3% e entre julho e dezembro de 2009 foi de 4%.

O PNPB esperava, por meio do objetivo de desregionalização, contribuir com o desenvolvimento sócio-econômico das regiões Norte e Nordeste. Contudo, o que se observa é que com o passar dos anos a produção do biodiesel tornou-se concentrada, focando apenas nas regiões Centro-Oeste e Sul.

Dados da ABIOVE (2017a) indicam que 43% de toda a produção nacional de biodiesel em 2016 corresponderam aos esforços da região Centro-Oeste, enquanto que outros 40,84% corresponderam à produtividade da região Sul, conforme pode ser visto na Figura 9, onde apresentam-se a capacidade nominal (quanto se pode produzir) e produtiva que essas regiões possuem. Isso é justificado, também, pelo volume de usinas localizadas em cada região (ver Figura 9) (ANP, 201a).

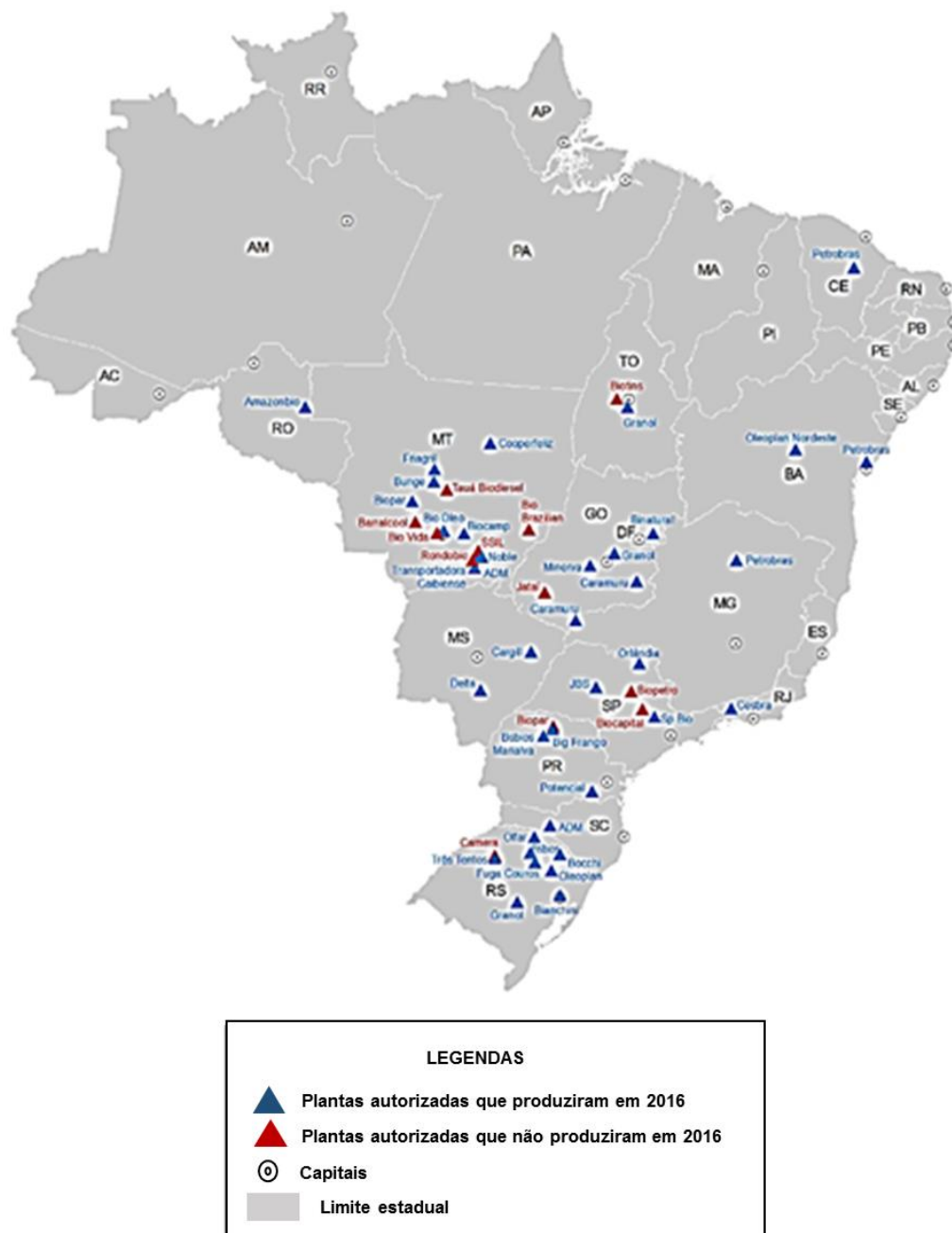
Figura 9 – Brasil: capacidade nominal e produção de biodiesel (b100), segundo grandes regiões brasileiras (mil m<sup>3</sup>/ano) – 2016



Fonte: ANP (2017a).

De acordo com BIODIESELBR (2017) entre usinas ativas, inativas e em construção, somam-se 74, sendo que 18 estão localizadas na região Sul, 31 na região Centro-oeste (regiões que mais produzem biodiesel no Brasil), 13 na Sudeste, seis na região Norte e seis na região Nordeste.

Figura 10 – Brasil: infraestrutura de produção de biodiesel (b100) - 2015

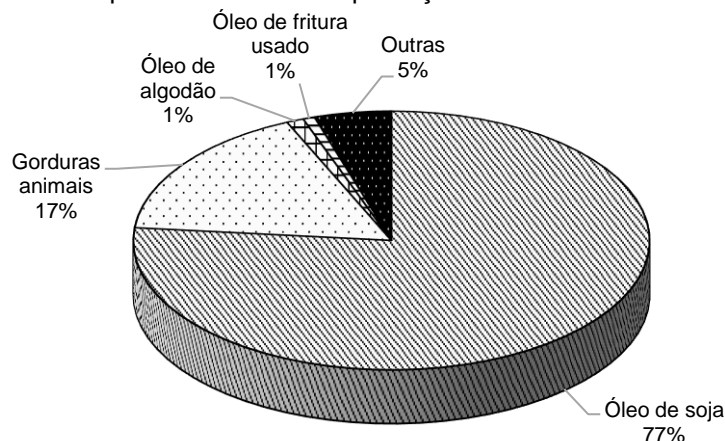


Fonte: ANP (2017a).

Outro ponto de destaque do PNPB refere-se a missão de diversificação dos insumos utilizados. Inicialmente o objetivo era fazer com que a palma e a mamona

obtivessem êxito e se tornassem os insumos promissores e ideais para a produção (OLIVEIRA; COELHO, 2017). Contudo, o que se verifica é a primazia da soja enquanto matéria-prima usada na produção brasileira de biodiesel (Gráfico 19).

Gráfico 19 – Brasil: matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel – 2016.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ABIOVE (2017b).

Aproximadamente 77% de todo insumo utilizado refere-se à soja. Essa predominância na utilização de um único insumo, em virtude de já possuir estrutura logística e capacidade para escoamento da produção, tem suscitado forte debate a respeito da segurança alimentar e do uso da terra.

### 2.3.2.2. Marcos institucionais para o biodiesel no Brasil

Conforme visto na seção anterior, nos anos 1970, durante os Choques do Petróleo o Plano de Reprodução de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-Óleo) foi criado e o óleo vegetal foi utilizado pela primeira vez como combustível no Brasil. De acordo com BODIESELBR (2014) o objetivo do Programa era “gerar excedentes de óleo vegetal que tornassem seus custos de produção competitivos com os do petróleo. Previa-se uma mistura de 30% de óleo vegetal ao óleo diesel, com perspectivas de sua substituição integral em longo prazo”. No entanto, com a queda nos preços dos barris de petróleo, as iniciativas do Programa perderam força e o mesmo foi encerrado em 1986.

Ainda na década de 1980 houve outras iniciativas relacionadas à produção de biodiesel. A primeira, chamada de Dendiesel, incentivava o cultivo de dendê para

produção de biodiesel e consequente substituição ao diesel de petróleo. Já o Programa de Óleos Vegetais (OVEG), 1983, permitiu o teste da utilização de biodiesel (B100 e do B30). Os custos de produção, se comparado ao diesel mineral, foi o fator impeditivo da produção comercial do combustível renovável, mesmo tendo os resultados constatado a viabilidade técnica do produto.

Anos mais tarde, porém, o governo brasileiro voltou a pensar no biodiesel para fins energéticos. Surgiram, então, novas iniciativas em sua defesa. Um exemplo é o Probiodiesel, criado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, em 2002, tinha como objetivo promover pesquisa e produção de biodiesel de forma que fosse possível a adição ao diesel de petróleo em 5% até o ano de 2005 e em 20% até o ano de 2020 (BIODIESELBR, 2014).

Apesar desse Programa não ter ido à frente, a criação do atual Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), dois anos depois, voltou a movimentar o mercado do biodiesel no país. Outra ação que pode ser destacada, é a criação do Grupo de Trabalho Interministerial para realização de estudos sobre a viabilidade do biodiesel como combustível para veículo automotor. Entre os resultados do referido estudo ressalta-se que “o biodiesel pode contribuir favoravelmente para o equacionamento de questões fundamentais para o país, como geração de emprego e renda, inclusão social, redução das emissões de poluentes, das disparidades regionais e da dependência de importações de petróleo, envolvendo, portanto, aspectos de natureza social, estratégica, econômica e ambiental” (BIODIESELBR, 2006).

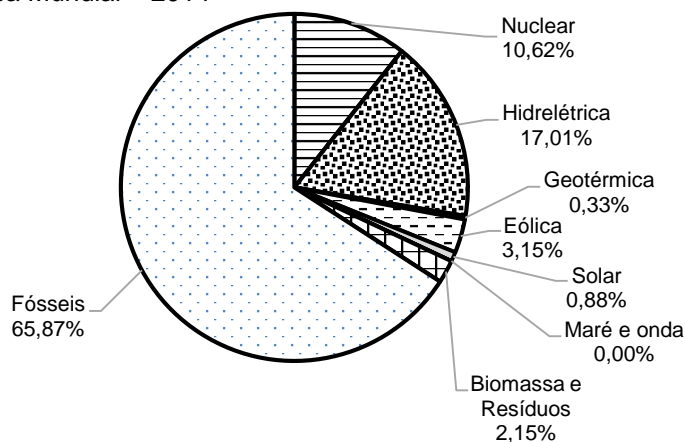
Muitas foram as ações de origem privada ou pública para pesquisa e desenvolvimento do biodiesel enquanto combustível automotivo no Brasil. Além de planos, programas, grupos de pesquisa etc., encontram-se as legislações, decretos e resoluções criados para incentivo e proteção do setor. Nesse sentido, salientam-se o Decreto nº 9920/2003, que instituiu o Grupo de Trabalho Interministerial para estudar a viabilização do biodiesel como fonte alternativa de energia; o Decreto nº 5.297/2004 de criação do Selo Combustível Social, que também estabeleceu os coeficientes de redução do PIS/PASEP e COFINS para produção e comercialização do biocombustível; o Decreto nº 5.298/2004, que alterou a alíquota de Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para a cadeia do biodiesel; o

Decreto nº 5.448/2005 que regulamentou a inserção do biodiesel na Matriz Energética Nacional, estabelecendo em dois por cento o percentual optativo de mistura do biodiesel ao diesel mineral; a Portaria MME nº 483/2005 que estabeleceu as diretrizes para realização, pela ANP, dos leilões para aquisição de biodiesel; Decreto nº 6.458/2008, responsável pela ampliação no leque de matérias-primas da agricultura familiar, processo de aquisição por produtores de biodiesel e redução das alíquotas de PIS e COFINS; a Lei nº 11.097/2005, de definição do biodiesel e biocombustíveis, de instituição do PNPB, de inserção do biodiesel na Matriz Energética Nacional e de modificação da ANP; a Lei nº 13.033/2014 que estabeleceu novos coeficientes de mistura obrigatória do biodiesel ao diesel mineral; a Resolução ANP nº 31/2005 que regulamentou a realização de leilões públicos para aquisição de biodiesel; a Resolução ANP nº 07/2008, que estabeleceu as especificações do biodiesel a ser comercialização, entre outras.

#### 2.4. ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA BIOMASSA

No mundo, a utilização dos resíduos provenientes da biomassa na geração de energia elétrica já é uma realidade. Na oferta mundial de energia de 2014, o uso da biomassa e dos resíduos representou 2,15%, de um total de 22.683 GWh, conforme pode ser visto no Gráfico 20.

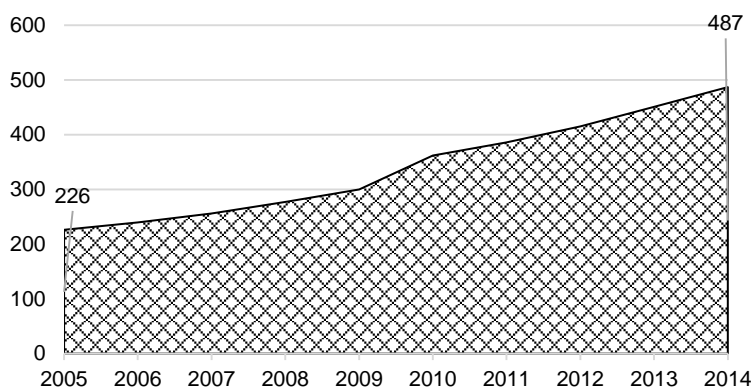
Gráfico 20 – Matriz Elétrica Mundial – 2014



Fonte: Elaboração própria a partir de EIA (2017c).

No Gráfico 21 apresenta-se a evolução da geração de energia elétrica no mundo, entre os anos de 2005 e 2014. Em volume, o aumento representou 215%.

Gráfico 21 – Mundo: geração de eletricidade a partir da biomassa e resíduos (bilhão de kWh) - 2005 - 2014



Fonte: Elaboração própria a partir de EIA (2017c).

O aumento da geração diversificada de energia elétrica, isto é, a partir de fontes não convencionais, como a utilização dos resíduos, se justifica, sobretudo, pela expansão no consumo total de energia elétrica e, principalmente, ao aproveitamento dos resíduos gerados. De 1981 a 2014, o consumo total saltou de 7.480 GWh para 20.715 GWh.

Esse crescimento também tem sido reflexo dos diversos investimentos no setor no mundo. De acordo com Tolmasquim (2016), entre os anos 2000 e 2013 foram investidos 220 bilhões de dólares, no mundo, na geração elétrica a partir da biomassa. A expectativa é que entre os anos de 2014 e 2020, sejam investidos no setor um total de 150 bilhões de dólares. Para os anos seguintes, 2021 a 2030, a expectativa é de haja aumento de 146%. Entre 2031 e 2040, espera-se que o setor receba o equivalente à 290 bilhões de dólares.

#### 2.4.1. Energia elétrica de biomassa no Brasil

Os diversos incentivos do governo brasileiro vêm, desde a reestruturação do setor elétrico nacional, contribuindo para o aumento da participação da biomassa nesse segmento (TOLMASQUIM, 2016). São políticas, planos e programas que objetivam

diversificar a matriz de insumos na oferta de energia elétrica, mercados competitivos descentralizados e a necessidade, em nível internacional, pelo uso cada vez maior de fontes alternativas de energia.

Só para se ter ideia, em 2004, o governo brasileiro, por meio do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica<sup>14</sup> (PROINFA), havia contratado 27 projetos de biomassa. Atualmente, existem 533 projetos já em operação, 11 em construção e 38 projetos ainda não iniciados (ANEEL, 2017b). Na Figura 11 visualiza-se a distribuição geográfica desses projetos.

Figura 11 – Distribuição geográfica dos projetos de termelétricas a biomassa no Brasil



Fonte: ANEEL (2016).

<sup>14</sup> Criado pela Lei nº 10.438/2002 o PROINFA tinha o intuito de promover a diversificação da Matriz Energética Brasileira, buscando alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica, permitindo também a valorização das características e potencialidades regionais e locais. Além do incentivo à geração de energia elétrica a partir da energia eólica, também buscou incentivar a geração de eletricidade a partir de pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e de biomassa (MME, 2017).



Como pode-se perceber, a maioria dos projetos em operação no Brasil está situada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. Entre os insumos utilizados na geração destacam-se 86 empreendimentos a base de resíduo de floresta, 17 com uso de resíduos sólidos urbanos, 11 de resíduos animais, dois à base de biocombustíveis líquidos e 413 com utilização de resíduos agroindustriais (predomínio do bagaço da cana-de-açúcar (ANEEL, 2017c). Na Tabela 2 apresentam-se alguns empreendimentos a biomassa, em operação e a potência instalada por fonte.

Tabela 2 – Usinas termelétrica a biomassa em operação no Brasil e potência outorgada (PO) e potência fiscalizada (PF) (GW) – 2017

(continua)

Fonte		APE <sup>1</sup>	PIE <sup>2</sup>	REG <sup>3</sup>	Total
Bagaço <sup>4</sup>	Unid.	70	212	113	395
	PO	1,39	9,41	0,383	11,191
	PF	1,27	9,36	0,378	11,016
Biogás – RA <sup>6</sup>	Unid.	-	-	11	11
	PO	-	-	0,002	0,002
	PF	-	-	0,002	0,002
Biogás – RU <sup>7</sup>	Unid.	-	6	10	16
	PO	-	0,098	0,033	0,131
	PF	-	0,087	0,029	0,116
Biogás – AGR <sup>8</sup>	Unid.	-	-	3	3
	PO	-	-	0,001	0,001
	PF	-	-	0,001	0,001
Capim Elefante	Unid.	-	2	1	3
	PO	-	0,064	0,001	0,065
	PF	-	0,064	0,001	0,065
Carvão – RU	Unid.	-	-	1	1
	PO	-	-	0,002	0,002
	PF	-	-	0,002	0,002
Carvão Vegetal	Unid.	1	2	4	7
	PO	0,007	0,018	0,015	0,04
	PF	0,007	0,018	0,015	0,04
Casca de Arroz	Unid.	1	3	8	12
	PO	0,005	0,020	0,019	0,044
	PF	0,005	0,020	0,019	0,044
GAF <sup>5</sup> a biomassa	Unid.	3	1	6	10
	PO	0,088	0,01	0,018	0,116
	PF	0,085	0,01	0,018	0,113
Lenha	Unid.	1	-	1	2
	PO	0,011	-	0,003	0,014
	PF	0,011	-	0,003	0,014
Licor Negro <sup>9</sup>	Unid.	9	6	2	17
	PO	1,454	1,039	0,008	2,501
	PF	1,444	0,808	0,008	2,26

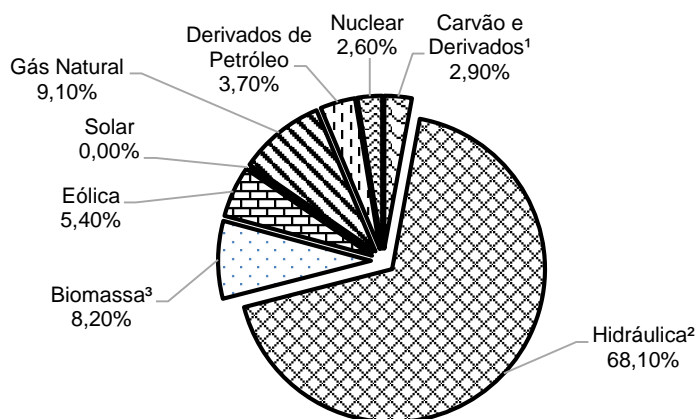
					(conclusão)
Óleos Vegetais	Unid.	-	-	2	2
	PO	-	-	0,004	0,004
	PF	-	-	0,004	0,004
Resíduos Florestais	Unid.	8	10	32	50
	PO	0,147	0,163	0,076	0,386
	PF	0,147	0,163	0,075	0,385

Fonte: Elaboração própria a partir de ANEEL (2017a).

Notas: (1) APE: Autoprodutor de energia elétrica. É a pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo; (2) PIE: Produtor independente de energia elétrica. É a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco; (3) REG: As usinas sujeitas à Registro (REG) são aquelas com capacidade reduzida (até 1 MW para hidráulicas e até 5 MW para as demais fontes). A usina pode gerar energia para consumo próprio ou vender no mercado livre, conforme seu interesse e possibilidade; (4) um empreendimento termelétrico à bagaço de cana, com 1.200 kW, consta como não informada a destinação de energia; outro, consta a destinação para APE e para PIE; (5) GAF: Gás de alto-forno; (6) Biogás de Resíduos Sólidos Urbanos; (7) Biogás de Resíduos animais; (8) Biogás de Resíduos Agroindustriais; (9) É também conhecido como lixívia negra, líquido resultante do cozimento da madeira; (10) Nesta Tabela não foram consideradas informações de projetos a biomassa fora do APE, PIE e REG.

Na matriz elétrica brasileira (Gráfico 22) o uso da biomassa (lenha, bagaço da cana, lixívia e outros) corresponde a 8,2% do insumo usado na geração de energia. As fontes mais utilizadas são a hidráulica (68,1%) seguida pelo uso do gás natural (9,1%).

Gráfico 22 – Matriz Elétrica Brasileira - 2016



Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2017b).

Notas: (1) inclui gás de coqueria; (2) inclui importação; (3) inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações.

Com o intuito de aumentar cada vez mais o uso da biomassa na geração elétrica brasileira existe uma regulamentação específica, que incentiva

[...] a possibilidade de comercializar a energia produzida com consumidores que têm demanda de 500 kW ou superior; redução de 50% ou mais nos encargos por uso das redes de transmissão e distribuição; e

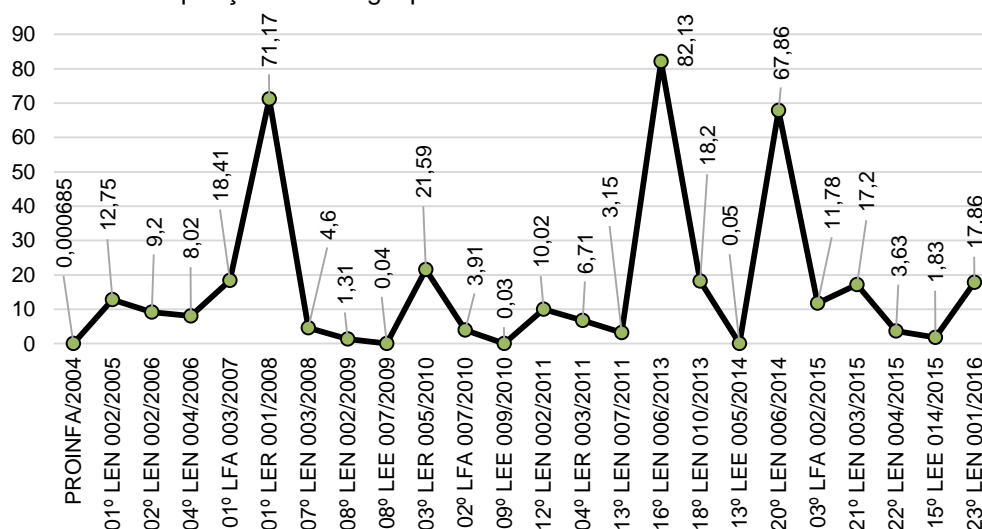
dispensa de licitação para obter a autorização, bastando ao empreendedor solicitá-la à ANEEL (TOLMASQUIM, 2015, p. 228).

Para que possa garantir o abastecimento a todos os consumidores, os agentes distribuidores podem adquirir energias advindas da geração distribuída<sup>15</sup>, de usinas que produzam energia a partir do uso da fonte eólica e da biomassa, de centrais termonucleares, entre outros (TOLMASQUIM, 2015).

## 2.4.2. Participação da biomassa em leilões de contratação de energia

Os leilões de comercialização de energia elétrica, desde 2004, já contemplam a aquisição de energia gerada a partir do uso da biomassa (bagaço da cana, biogás, capim elefante, casca de arroz, cavaco/resíduo de madeira, cavaco de madeira e criadouro agrícola). No Gráfico 23 é possível visualizar a aquisição de energia elétrica a partir da biomassa desde 2004 a 2016, em TWh.

Gráfico 23 – Brasil: aquisição de energia proveniente da biomassa – 2004-2016 - TWh



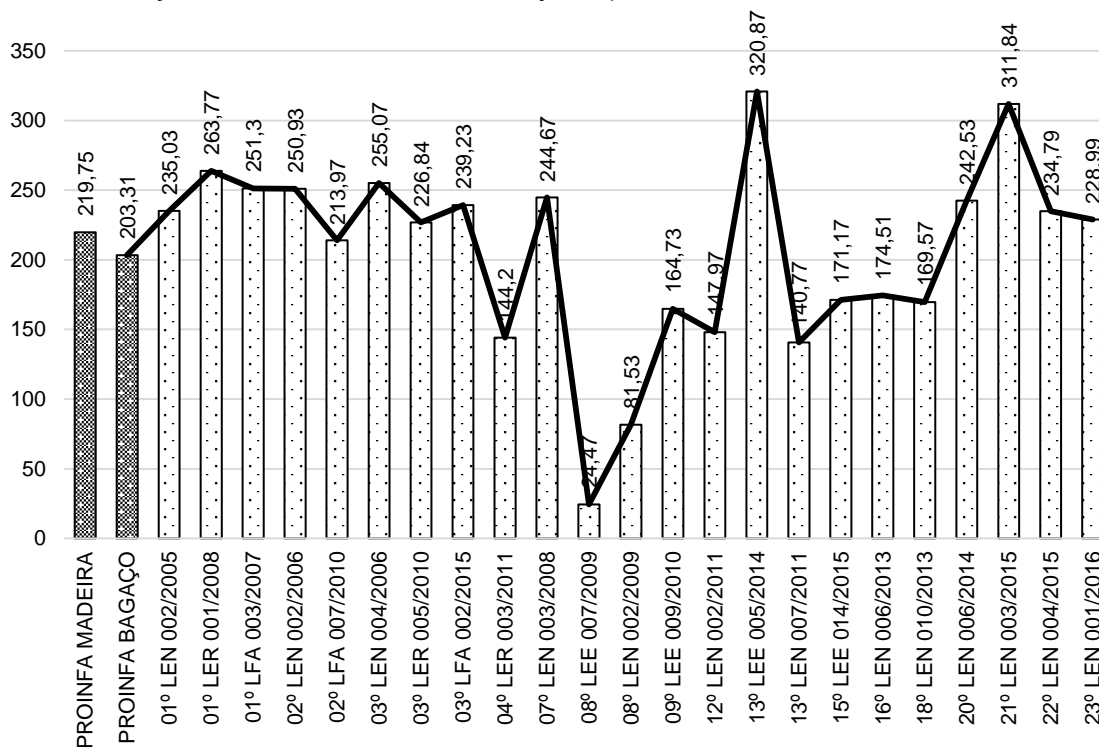
Fonte: Elaboração própria a partir de CCEE (2017) e Brasil (2004b).

Nota: O PROINFA estimulou a geração de energia proveniente de PCH, biomassa e eólica. Neste gráfico, considerou-se apenas a contratação de energia proveniente da utilização do bagaço e de madeira. Nos dados obtidos para as contratações via leilões (CCEE, 2017), apenas houve participação da energia proveniente do bagaço.

<sup>15</sup> De acordo com Tolmasquim (2015, p. 63) trata-se da “[...] geração descentralizada de pequeno porte (pequenas centrais hidrelétricas e termelétricas, geração a partir de fontes renováveis e cogeração) conectada diretamente ao sistema elétrico da distribuidora compradora”.

Conforme pode ser visto, os leilões realizados nos anos de 2008, 2013 e 2014 foram os maiores em termos de aquisição de energia elétrica a partir da biomassa. Os volumes adquiridos foram, respectivamente, 71,17 TWh, 82,13TWh e 67,86TWh. No Gráfico 24 apresentam-se os preços praticados nos leilões de contratação de energia proveniente da biomassa.

Gráfico 24 – Preço médio dos leilões de contratação – por leilão - R\$/MWh – Abril/2017



Fonte: Elaboração própria a partir de CCEE (2017) e Brasil (2004b).

Notas: (1) O preço médio foi atualizado mediante índices IGP-M (para o PROINFA) e IPC-A (para todos os leilões seguintes); (2) O PROINFA estimulou a geração de energia proveniente de PCH, biomassa e eólica. Neste gráfico, considerou-se apenas a contratação de energia proveniente da utilização do bagaço e de madeira. Nos dados obtidos para as contratações via leilões (CCEE, 2017), apenas houve participação da energia proveniente do bagaço.

O Gráfico anterior permite observar o ano os leilões do ano de 2009 (08º LEE e 08º LEN) foram os anos com menor preço pago por leilão de energia, enquanto que o 13º LEE e o 21º LEN foram os leilões com os maiores valores já pagos em leilões de energia elétrica a partir de biomassa.

Além do PROINFA, os leilões de contratação também contribuem para a expansão da diversificação da geração de eletricidade. Além disso, deve-se salientar algumas resoluções específicas, conforme poderá ser visto na próxima seção.

### **2.4.3. Marcos institucionais para geração de eletricidade a partir da biomassa no Brasil**

Em função da necessidade de diversificar as fontes para geração de eletricidade no Brasil, o governo estimulou, por meio do PROINFA a utilização de insumos renováveis como a energia eólica e a biomassa nessa geração. Além disso, por meio da ANEEL, promoveu a criação das Resoluções 482/2012 e 687/2015, que tinham por objetivo estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.

Entre os principais marcos institucionais criados para esse incentivo, cabe ressaltar a Lei nº 10.438/2002 que além de criar o PROINFA, criou também a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE)<sup>16</sup>, a Lei nº 12.490/2011, que incentivou a geração de eletricidade a partir da biomassa e de subprodutos da produção de biocombustíveis; o Decreto nº 5.025/2004, que dispôs sobre o PROINFA, apresentando definições de Pequena Central Hidrelétrica (PCH), Produtor Independente Autônomo (PIA) e Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE) e deixando à cargo do Ministério de Minas e Energia (MME) a administração do PROINFA; o Decreto nº 5.163/2004, que regulamenta a comercialização de energia elétrica, no Ambiente de Contratação Livre (ACL) ou Ambiente de Contratação Regulada (ACR), proveniente de geração distribuída e de usinas que produzam energia elétrica a partir de fontes eólicas, PCH e biomassa. Além disso, o referido Decreto estabeleceu a ANEEL como responsável pelas regras e procedimentos de comercialização e definições importantes, tais como o do ACR, ACL, consumidor potencialmente livre e consumidor livre; a Portaria MME nº 672/2014 que trata dos leilões de compra de energia elétrica proveniente de novos empreendimentos de geração a partir de fonte termelétrica a gás natural ou a biomassa; a Portaria MME nº 428/2015 que dispõe sobre a contratação (no CCEAR) de energia elétrica

---

<sup>16</sup> “A Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) é um encargo setorial que possui diversos objetivos, como: promover a universalização do serviço de energia elétrica em todo o território nacional; conceder descontos tarifários a diversos usuários (Baixa Renda, Rural, Irrigante etc.); custear a geração de energia nos sistemas elétricos isolados (Conta de Consumo de Combustíveis – CCC); pagar indenizações de concessões; garantir a modicidade tarifária; promover a competitividade do carvão mineral nacional; entre outros” (ANEEL, 2015, acesso em: 23 out. 2017).

proveniente de fonte termelétrica, inclusive biomassa; a Resolução ANEEL n° 271/2007 que estabelece procedimentos e redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para empreendimentos hidroelétricos e a base em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, com potência injetada inferior ou igual a 0,03 GW; e, por fim, a resolução ANEEL n° 376/2009 que dita as condições para contratação de energia elétrica, por consumidor livre, no âmbito SIN.

## 2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado nessa seção, o apelo por ações de mitigação dos impactos ambientais é um dos fatores preponderantes de estímulo ao aumento da produção e consumo de biocombustíveis no mundo e a geração diversificada de energia elétrica.

Além do problema de ordem ambiental, tem-se também a grande dependência do petróleo e seus derivados e a necessidade de diversificação da oferta de energia. Outros objetivos, tais como o de desenvolvimento social e econômico, a partir da expansão de determinadas fontes também contribuem para a ampliação do uso de fontes renováveis.

Apesar de o PROÁLCOOL não ter sido criado com vistas aos problemas de ordem ambiental, entre os principais feitos do Programa está a inserção do etanol na Matriz Energética Brasileira. Ainda que fosse considerado uma solução para a dependência dos derivados de petróleo no mercado, o Programa entrou em declínio por causa da redução do preço do barril de petróleo e em virtude de o comércio internacional para o açúcar ter se tornado mais atraente. Assim, diversos produtores de etanol decidiram destinar sua produção para a indústria de açúcar e não de etanol. O resultado desse cenário foi a escassez de etanol no mercado brasileiro e diversos veículos automotores, movidos à álcool combustível, totalmente parados.

Em 2003, com a chegada da tecnologia *flex-fuel* o mercado viu-se novamente aquecido, fato que corroborou para o aumento da produção e consequente aumento do consumo de álcool.

O setor sucroenergético pode contar, ao longo de todos esses anos, com diversos incentivos, entre os quais destacam-se programas e diversos marcos legislativos. Além disso, as políticas públicas também corroboraram e ainda contribuem para o crescimento do setor. O fato de tornar obrigatório a adição de etanol à gasolina de petróleo no teor de 27% contribui também para que exista demanda pelo produto.

No caso do biodiesel, os dados obtidos relatam o uso pela primeira vez como combustível na década de 1970, através do Pró-óleo. No início dos anos 2000 que o governo brasileiro voltou a refletir na necessidade de diversificação da Matriz Energética Brasileira. Como resultado de estudos do Grupo de Trabalho Interministerial para realização de estudos sobre a viabilidade do biodiesel como combustível para veículo automotor, instituiu-se o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). O Programa tinha como objetivos a inserção de mais uma alternativa na matriz energética, o desenvolvimento regional (por meio da participação na oferta de insumos diversos) principalmente no Norte e Nordeste brasileiros e a inserção da agricultura familiar no processo produtivo.

Embora claramente definidos, nem todos objetivos foram plenamente alcançados. As regiões Sul e Centro-oeste são as maiores produtoras de biodiesel no Brasil, e a soja é a matéria-prima mais utilizada. O objetivo da inclusão da agricultura familiar também não foi plenamente alcançado, muito em função do fato da região Centro-oeste ser grande produtora e fazer uso da colheita mecanizada da soja e de já existir estrutura e logística para escoamento da produção dessa matéria-prima. Com a isenção fiscal de PIS e COFINS, por exemplo, fez garantir a oferta de biodiesel. E com a fixação de percentual obrigatório de biodiesel ao diesel mineral (atualmente em 8%) fez garantir a demanda.

Além disso, diversas legislações, como, por exemplo, a Lei nº 13.033/2014 que aumenta os percentuais de mistura obrigatória para os 8%, 9% e 10% nos anos de 2017, 2018 e 2019; e o decretos, juntamente com os leilões para comercialização do biodiesel produzido foram essenciais para manutenção e permanência ativa do Programa no Brasil.

No que diz respeito à geração de eletricidade a partir do uso da biomassa, como visto, o governo brasileiro começou a incentivar tal utilização em 2004, por meio da criação do PROINFA. Além do uso da biomassa, o Programa também incentivava a geração a partir da fonte eólica e de pequenas centrais hidrelétricas.

De acordo com o que foi apresentado, a geração de eletricidade a partir da biomassa apesar de ter indicado queda nas Américas e no continente Europeu, mostrou crescimento substancial de 272% no total (entre os anos de 2000 e 2013). Com o investimento previsto para o setor entre os anos de 2014 e 2020 no patamar de 660 bilhões de dólares, espera-se que este crescimento continue em ascensão.

Outra informação importante trazida aqui refere-se ao volume de projetos em operação, construção e não iniciados, para geração de eletricidade no país a partir da biomassa. Ao todo somam-se mais de 500. O uso da biomassa no setor já tem implicado em diversas participações em leilões, conforme mostra-se no Gráfico 30. A energia produzida é adquirida por meio das modalidades contratação de energia nova, de reserva, existente e de fontes alternativas.

Resumidamente, a produção e uso dos biocombustíveis e a geração de eletricidade a partir da utilização da biomassa contribuiu para a diversificação energética, redução das emissões de gases do efeito estufa, diminuição da dependência do petróleo e de derivados e inclusão, mesmo que aquém do esperado, de famílias agricultoras no processo de produção de etanol e de biodiesel.



### 3. SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

#### 3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

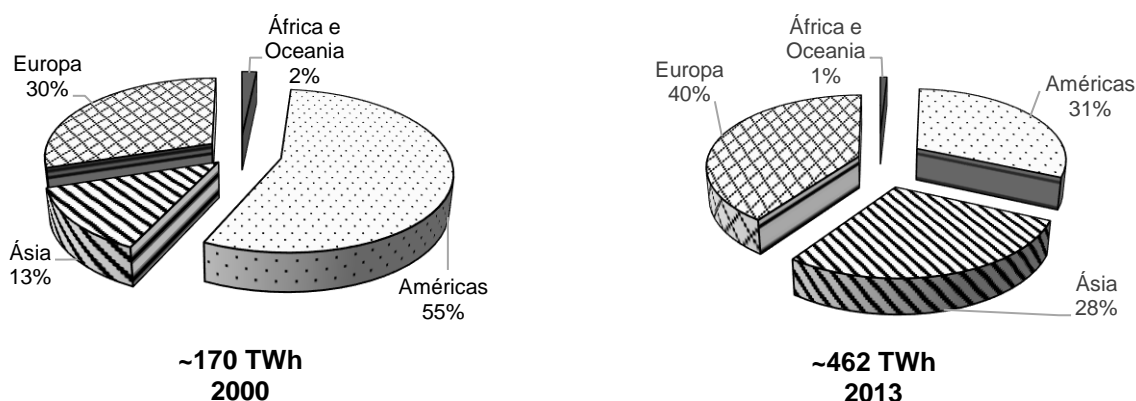
O Setor Elétrico Brasileiro (SEB) desde a década de 1940, passou por constantes transformações, a contar da participação do Estado como agente empreendedor até a atual configuração (Estado Regulador), com total desverticalização (TOLMASQUIM, 2015).

No Brasil, de acordo com a EPE (2017b) em 2016, 68% da energia elétrica gerada correspondeu à utilização de hidrelétricas. Ocorre que em períodos de poucas chuvas e secas, como a atual crise hídrica enfrentada pelo governo (desde 2015) há considerável queda nessa geração. Esses eventos forçam o setor a recorrer ainda mais às termelétricas, que se utilizam de combustíveis fósseis para a geração de eletricidade. Além dos prejuízos ao meio ambiente, corrobora para possíveis “apagões”, aumento das bandeiras tarifárias de cobrança pelo uso de energia e racionamentos (cenário brasileiro de 2001/2002).

No mundo, a utilização da biomassa para fins elétricos já é uma realidade. Entre os anos 2000 e 2013 houve crescimento de 15% no uso da biomassa para este fim na Ásia. Nas américas houve queda de 24% nesse uso e no continente europeu, redução de 10%. Apesar de dados registrarem queda nesse uso nas Américas e Europa nos últimos anos (entre 2000 e 2013) a geração total evoluiu 272% (WBA, 2016). Essa evolução pode ser vista no Gráfico 25.

Esse crescimento, sobretudo, tem refletido os investimentos apresentados para o setor. No Brasil, essa fonte vem ganhando espaço em função dos diversos incentivos adotados no país. Em 2004, haviam sido contratados apenas 23 projetos a biomassa, já em 2017, somam-se mais de 533 os projetos em operação, construção e ainda não iniciados (ANEEL, 2017b).

Gráfico 25 – Geração elétrica a biomassa no mundo, por continentes – 2000 e 2013 (em TWh)



Fonte: Elaboração própria a partir de WBA (2016).

Nesse sentido, estudar o Setor Elétrico Brasileiro, especialmente a participação da biomassa e a possibilidade no uso dos resíduos gerados para diversificação na geração de eletricidade no país, torna-se necessário. Para tanto, esse capítulo será subdividido em três partes além desta introdução. Na primeira uma breve contextualização será exposta, seguida pela apresentação da atual configuração do Setor Elétrico Brasileiro, considerando informações de seu planejamento. Por fim, algumas considerações finais serão apresentadas.

### 3.2. BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO

Na primeira configuração do Setor Elétrico Brasileiro, a produção de eletricidade no país era explorada por empresas internacionais, sem quaisquer legislações específicas que regulassem a atividade no setor. Com a publicação do Código das Águas e a Constituição de 1934, houve mudanças neste cenário. A União passou a concentrar as concessões de todas as fases da indústria de energia elétrica, quais sejam: (1) Geração, (2) Transmissão e (3) Distribuição.

Anos mais tarde, em 1945, com a criação da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf), novamente houve modificação no cenário elétrico brasileiro. Desta vez, o Estado tornou-se responsável pela construção de grandes usinas e de sistemas de transmissão e os Estados-membros ficaram responsáveis pela distribuição da energia elétrica produzida (TOLMASQUIM, 2015).

Com o intuito de incentivar a expansão da oferta de energia elétrica na década de 1950, foi criado o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico (BNDE), responsável pelo Fundo Federal de Eletrificação (FFE) e pelo Imposto Único de Energia Elétrica (IUEE), ambos instituídos pela Lei nº 2.308/1954. Esse objetivo foi fortalecido com a criação das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRÁS), fundada na década de 1960 com vistas ao planejamento, financiamento e expansão da oferta de energia elétrica. No início dos anos de 1970, ainda com o intuito de ampliação, criou-se a garantia de remuneração de 10% a 12% e a equalização tarifária<sup>17</sup> para concessionárias do serviço público de energia elétrica.

Apesar de todos os esforços governamentais, o setor elétrico passou por sua primeira crise ainda na década de 1980. De acordo com Tolmasquim (2015) entre os principais motivos que levaram a instauração da crise estão a extinção do IUEE e o uso das tarifas como instrumento político monetária para contenção da inflação. Esse contexto juntamente com a necessidade de tornar o mercado mais competitivo corroborou para que se instaurasse no Brasil a primeira grande reforma no Setor Elétrico Brasileiro. Entre os principais objetivos da reforma estavam o de equalizar o déficit fiscal, aumentar a eficiência das empresas de energia e restaurar o fluxo de investimentos (TOLMASQUIM, 2015).

Além disso, a primeira reforma almejava a desverticalização das empresas nas áreas de geração, transmissão, distribuição e comercialização, transformando a primeira e a atividade de comercialização mais competitivas, por meio da livre contratação. As atividades de transmissão e distribuição mantiveram-se com suas tarifas reguladas (monopólios naturais).

Sequencialmente, em 1995, houve a criação de duas figuras importantes para o setor, a do Produtor Independente de Energia (PIE)<sup>18</sup> que podia comercializar a energia elétrica por sua conta e risco e a do Consumidor Livre<sup>19</sup>, que podia celebrar

---

17 “A equalização das tarifas consistia no ajuste da remuneração das concessionárias por meio da transferência de recursos excedentes de empresas superavitárias para deficitárias”. (TOLMASQUIM, 2015, p. 5).

18 Silva (2015, p. 53) define PIE como “a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida por sua conta e risco”.

19 São definidos como “aqueles consumidores que, ao apresentar (na primeira etapa da aplicação da lei) uma carga instalada superior a 10 kW atendida por uma tensão nunca inferior à 69 kV, têm o direito de opção de compra, total ou parcial, de um PIE” (SILVA, 2015, p. 53).

contratos de compra e venda de energia com o PIE. Ainda na última década do século XX criou-se a ANEEL (Lei nº 9.427/1996) com o objetivo de regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica no país. O ano de 1996 foi marcado ainda pela contratação da consultoria *Coopers & Lybrand* (C&L) para esboçar o novo modelo do setor elétrico (SILVA, 2015). Conforme salientado por Silva (2015), esse esboço deveria resultar em um novo modelo de setor elétrico que considerasse as privatizações, regras para o livre acesso à rede de transmissão, novas formas de comercialização e requisitos novos de regulação para o setor. Cabe ressaltar que esta consultoria também esteve responsável pela criação do novo modelo setorial da Inglaterra, fortemente desregulado, conforme destaca Tolmasquim (2015).

O esboço criado (1997) tinha como principais recomendações a livre comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), o estabelecimento de contratos iniciais para transição de modelos, a criação do Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE)<sup>20</sup> para compra e venda de energia livremente negociada, a desverticalização das empresas do setor, a criação do Operador Independente do Sistema (OIS) e a organização das atividades financeiras e de planejamento. Houve também a criação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), pessoa jurídica de direito privado que executaria as atividades de coordenação e controle da transmissão de energia no âmbito do SIN.

Apesar das mudanças estabelecidas a partir do novo modelo, a nova configuração não foi capaz de viabilizar investimentos públicos nem de promover a competitividade para o setor, fato que, juntamente com a falta de planejamento, contribuiu para a crise de racionamento de energia (TOLMASQUIM, 2015). Assim, tornou-se necessário estabelecer uma configuração que primasse pela segurança no abastecimento e autonomia energética. Diante desse contexto, iniciou-se uma nova reforma para formatação de um novo modelo para o setor, conforme será visto na seção 3.3.

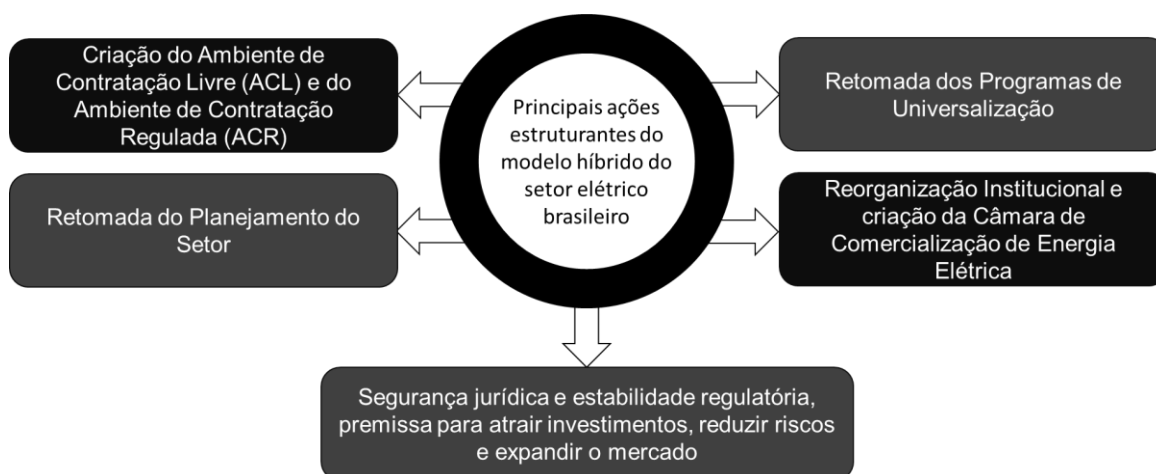
---

<sup>20</sup> “O MAE seria o foro adequado para fixar um preço de referência para energia vendida por meio de contratos bilaterais entre geradoras e distribuidoras ou entre PIEs e consumidores livres. O MAE também estabeleceria o preço à vista da energia, com base no custo marginal de curto prazo de geração. Os custos de transmissão seriam pagos em separado dos custos de geração” (TOLMASQUIM, 2015, p. 11).

### 3.3. O MODELO HÍBRIDO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

A fim de que possa ser diferenciado do modelo anterior, adotar-se-á aqui o termo Modelo Híbrido do Setor Elétrico Brasileiro como a nova configuração planejada para o setor elétrico. De acordo com Tolmasquim (2015) e Silva (2015) o que difere o novo modelo dos anteriores é o fato de objetivar a segurança de abastecimento, a modicidade tarifária e a universalização dos serviços de energia elétrica. Na Figura 12 apresentam-se as principais ações estruturantes previstas no modelo híbrido do setor elétrico.

Figura 12 – Principais ações estruturantes do modelo híbrido do Setor Elétrico Brasileiro



Fonte: Elaboração própria a partir de Tolmasquim (2015).

O primeiro movimento governamental em prol do desenvolvimento e implementação do modelo híbrido foi a Portaria MME de nº 40/2003, cuja finalidade foi de criar um grupo de trabalho para formular a proposta do novo modelo. Entre os principais assuntos de discussão do referido grupo estava a decisão sobre qual modelo de comercialização adotar (ou o Modelo de Comprador Único<sup>21</sup> ou o Modelo de Contratação Multilateral de Geração<sup>22</sup>). O Modelo de Contratação Multilateral de Geração acabou saindo-se vitorioso.

A proposta final para o modelo híbrido foi apresentada em 2003, sendo a mesma aprovada pela Resolução CNPE nº 09/2003. Ainda em 2003, as MP nº 144/2003 e

<sup>21</sup> Neste modelo, o Comprador Único estaria representado pela Eletrobrás, que firmaria contratos de longo prazo com as geradoras. Neste caso, o ALC seria completamente eliminado, juntamente com a extinção do MAE.

<sup>22</sup> Neste modelo, não haveria um único comprador, mas um conjunto de distribuidores que trabalhariam conforme demanda de energia, designados por contratos.

MP nº 145/2003, foram editadas e encarregaram-se, respectivamente, do modelo de comercialização de energia e da criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

O processo de implementação do modelo híbrido rendeu fortes discussões e grande participação social, representada, por exemplo, por associações de geradores, distribuidores e consumidores. Tal processo permitiu ainda, no âmbito legislativo, a proposição de diversas emendas às MP nº 144/2003 e MP nº 145/2003, que quando convertidas em leis, resultaram em atos normativos, conforme pode ser visualizado no Quadro 5.

Quadro 5 – Marcos institucionais do modelo híbrido do Setor Elétrico Brasileiro

ARCABOUÇO LEGAL		DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA
DECRETOS	Decreto nº 5.081 de 14 de maio de 2004.	Regulamenta a atuação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).	<a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5081.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5081.htm</a>
	Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004.	Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração, entre outras providências.	<a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.htm</a>
	Decreto nº 5.177 de 12 de agosto de 2004.	Dispõe sobre atribuições, organização e funcionamento da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).	<a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5177.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5177.htm</a>
	Decreto nº 5.184 de 16 de agosto de 2004.	Cria a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e aprova seu Estatuto Social.	<a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5184.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5184.htm</a>
	Decreto nº 5.195 de 26 de agosto de 2004.	Institui o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE).	<a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5195.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5195.htm</a>
RESOLUÇÃO	Resolução CNPE nº 05 de 21 de julho de 2003.	Aprova as diretrizes básicas para a implementação do novo modelo do Setor Elétrico.	<a href="http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139143/Resolucao05.pdf/55c40dc3-4936-46f5-aa04-4fc4525a494d">http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139143/Resolucao05.pdf/55c40dc3-4936-46f5-aa04-4fc4525a494d</a>
	Resolução CNPE nº 09 de 10 de dezembro de 2003.	Aprova o relatório e proposta de encaminhamento das medidas legais pertinentes e necessárias para a implementação do novo modelo do Setor Elétrico.	<a href="http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139143/Resolucao09.pdf/1a2946f3-be4d-40e5-8e45-76696bf01faf">http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139143/Resolucao09.pdf/1a2946f3-be4d-40e5-8e45-76696bf01faf</a>
LEIS	Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004.	Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências.	<a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.847.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.847.htm</a>
	Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004.	Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nos 5.655/1971, 8.631/1993, 9.074/1995, 9.427/1996, 9.478/1997, 9.648/1998, 9.991/2000, 10.438/2002, e dá outras providências.	<a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.848.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.848.htm</a>

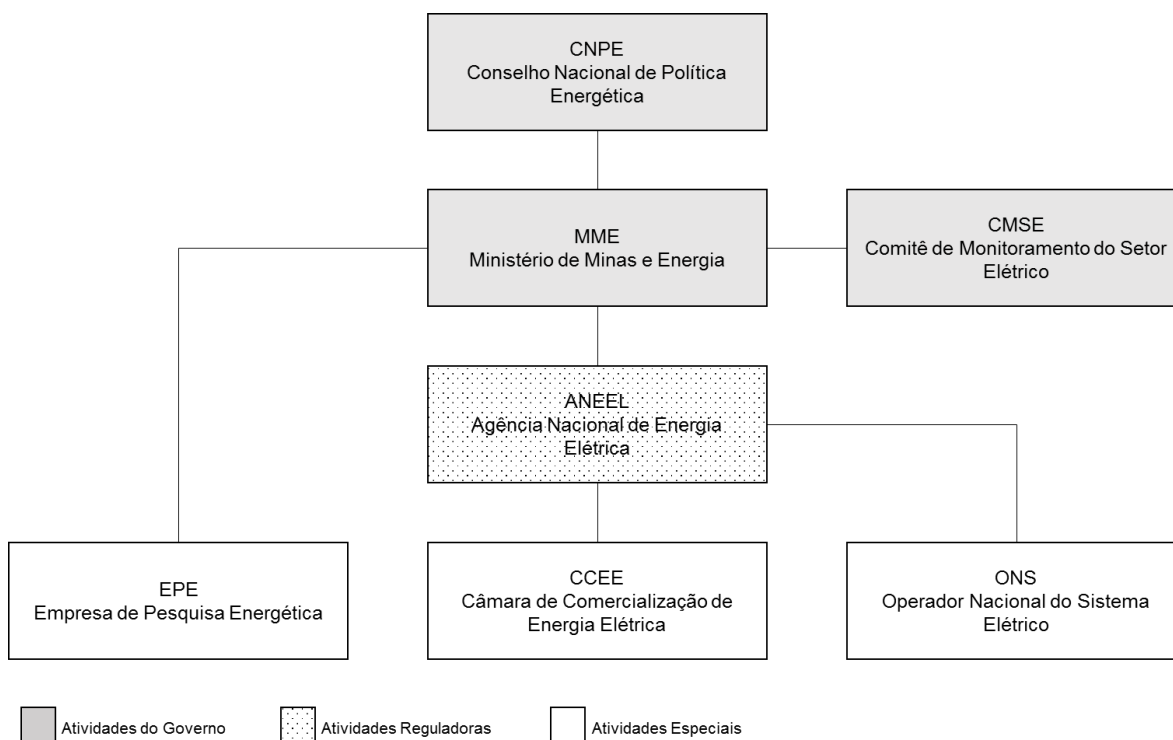
Fonte: Elaboração própria a partir de Tolmasquim (2015).

Além dos atos normativos que regem o setor, o sistema elétrico brasileiro conta ainda com agentes institucionais, os quais desempenham atividades de governo, de regulação e atividades especiais.

Os agentes que desempenham atividades de governo, isto é, “[...] de iniciativa, de fixação de objetivos do Estado e de manutenção da ordem jurídica” (são o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) (TOLMASQUIM, 2015, P. 31).

As atividades de regulação, tais como, a edição de normas, decisões discricionárias estão à cargo da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Já as atividades complementares, técnicas, como a operação do sistema elétrico e a operacionalização da comercialização de energia, por exemplo, são de responsabilidade da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). A interação entre esses agentes pode ser vista na Figura 13.

Figura 13 – Agentes institucionais do setor elétrico



Fonte: Tolmasquim (2015, p. 31).

### 3.3.1. Planejamento e Operação de Sistema e Ambientes de Contratação

O planejamento do SEB pode ser entendido, resumidamente, como o pensar na expansão do setor para atendimento da demanda futura de energia elétrica a um baixo custo e com segurança no abastecimento e na operação segura e econômica (TOLMASQUIM, 2015).

No que diz respeito à expansão do setor, há o chamado planejamento da expansão, realizado pela EPE. Neste, determinam-se as estratégias necessárias para a expansão que se deseja no setor.

Para a operação do sistema, tem-se o planejamento de operação, que visa buscar alternativas que possam tornar a operação do sistema segura, em termos de abastecimento, por exemplo, e economicamente viável.

O atual sistema elétrico brasileiro conta com 4.662 empreendimentos em operação, com potência instalada de mais de 152 GW. Destes empreendimentos, quase 63% correspondem à Usina Termoeletricas (UTE), seguidos pelos 13% que representam as Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH), conforme pode ser visto no Quadro 6.

Quadro 6 – Empreendimentos em operação

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)
CGH – Central Geradora Hidrelétrica	609	534.150	536.151
EOL – Central Geradora Eólica	427	10.434.039	10.434.043
PCH – Pequena Central Hidrelétrica	435	4.988.143	4.976.899
UFV – Central Geradora Fotovoltaica	44	27.761	23.761
UHE – Usina Hidrelétrica	219	101.138.278	93.216.340
UTE – Usina Termelétrica	2.926	42.806.130	40.990.395
UTN – Usina Termonuclear	2	1.990.000	1.990.000
<b>Total</b>	<b>4.662</b>	<b>161.918.501</b>	<b>152.167.589</b>

Fontes: ANEEL (2017a).

De acordo com o Banco de Informações de Geração da ANEEL (BIG, 2017a) há expectativa de que nos próximos anos haja um incremento de mais de 24 GW na capacidade de geração do país, advindos de 267 empreendimentos em construção e mais 552 projetos ainda não iniciados.



Quadro 7 – Empreendimentos em construção

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Outorgada (kW)</b>
CGH – Central Geradora Hidrelétrica	3	4.048
EOL – Central Geradora Elétrica	160	3.733.700
PCH – Pequena Central Hidrelétrica	29	374.791
UFV – Central Geradora Fotovoltaica	37	1.063.400
UHE – Usina Hidrelétrica	6	1.922.100
UTE – Usina Termelétrica	31	2.950.506
UTN – Usina Termonuclear	1	1.350.000
<b>Total</b>	<b>267</b>	<b>11.398.545</b>

Fonte: ANEEL (2017a).

Como pode ser visto no quadro anterior, dos novos projetos, as Usinas Termelétricas (que podem utilizar a biomassa na geração de energia elétrica), correspondem à 11,61% dos projetos em construção (total de 267 projetos). Dos empreendimentos não iniciados, correspondem à 23,55% (total de 552 projetos) (ver quadro 8).

Quadro 8 – Empreendimentos não iniciados

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Outorgada (kW)</b>
CGH – Central Geradora Hidrelétrica	40	31.881
CGU – Central Geradora Undi-elétrica	1	50
EOL – Central Geradora Eólica	172	3.940.950
PCH – Pequenas Central Hidrelétricas	127	1.662.450
UFV – Usinas Fotovoltaicas	74	1.916.997
UHE – Usinas Hidrelétricas	8	731.540
UTE – Usinas Termelétricas	130	4.923.089
<b>Total</b>	<b>552</b>	<b>13.206.957</b>

Fonte: ANEEL (2017a).

A partir dos quadros apresentados, percebe-se a grande participação que a fonte hidrelétrica tem e pode vir a ter na matriz elétrica brasileira (grande dependência de uma única fonte pode trazer sérios problemas em momentos de escassez hídrica e/ou pluviométrica). Esse motivo, entre outros, tem levado a busca da expansão do setor a partir de geração de outros tipos de energia. Nesse sentido, podem-se destacar as usinas termelétricas que fazem uso de biomassa e resíduos (geração complementar). Assim, como pode-se perceber, apesar de serem apenas 31 os projetos em construção de usina termelétrica, dos não iniciados somam-se 130.

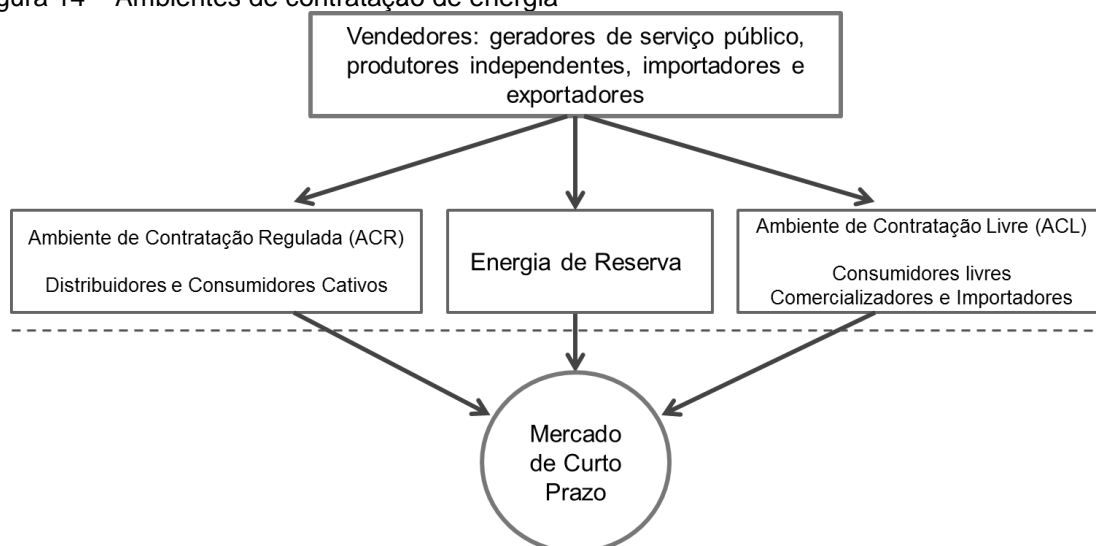
O planejamento tanto para expansão quanto para operação do sistema elétrico se mostra importante pois, com os dados resultantes é que se verifica a quantidade de projetos que serão necessários para o suprimento das demandas de energia.

Quando o planejamento é feito, realizam-se os leilões de contratações de energia. Muitos destes, são firmados por meio de contratos de compra e venda. Entre os principais tipos, encontram-se os contratos de comercialização de energia no ambiente de contratação livre (CCEAL) e os contratos de comercialização de energia no ambiente de contratação regulada (CCEAR).

O primeiro tipo, CCEAL, é resultado da negociação no ACL e serve para determinar os volumes de energia para compra e venda. Já os contratos do tipo CCEAR são bilaterais de compra e venda, celebrados entre vendedor e distribuidor no ACR.

A regulamentação do novo modelo do setor elétrico estabeleceu que todo consumidor esteja 100% coberto, isto é, que haja disponibilidade de energia elétrica em todo o tempo. Isto foi feito para que a oferta pudesse ser incentivada. A comercialização da energia no SEB somente é possível nos ACR e ACL, conforme informado anteriormente, e sob o estabelecimento de contratos de compra e venda, registrados na CCEE (SILVA, 2015; TOLMASQUIM, 2015). Para um melhor entendimento, apresenta-se, na Figura 14, a interação desse mercado.

Figura 14 – Ambientes de contratação de energia



Fonte: Adaptado de Tolmasquim (2015).

No ACL, estão os consumidores livres (compram de qualquer fornecedor, com exceção dos distribuidores) e os comercializadores e importadores (compram de

qualquer fornecedor e vende para qualquer consumidor, com exceção dos cativos) (TOLMASQUIM, 2015). O ACL é o ambiente onde corre as compras e vendas de energia (contratos conhecidos como bilaterais). Nestes casos, o consumidor livre pode comprar parte ou o total de sua carga. As formas de comercialização previstas neste ambiente são (1) leilão; (2) chamada pública e (3) oferta pública, ambos obedecendo aos critérios de transparência, publicidade e garantia de acesso a todos os interessados. No ACL a ANEEL é quem acompanha os processos de comercialização.

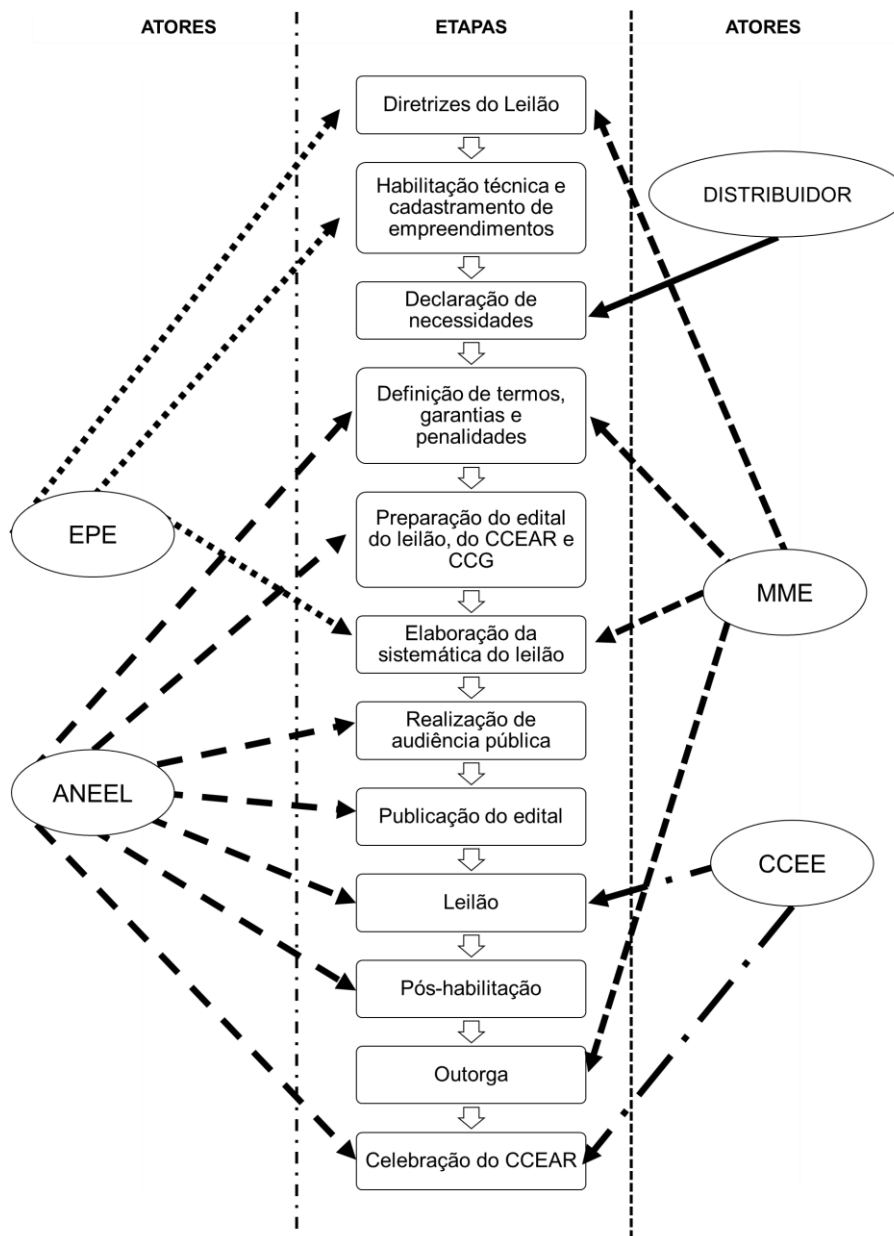
A energia de reserva, por sua vez, como o próprio nome já diz, é uma energia suplementar, cujo objetivo de sua utilização é aumentar a segurança energética. Esse tipo de energia advém de usinas especialmente contratadas para esta finalidade. Geralmente, são contratadas através de leilões realizados pela ANEEL. Neste caso, o MME, com base dos estudos da EPE, determina o quanto deverá ser contratado. O leilão somente não é aplicável quando a energia de reserva for oriunda de fonte nuclear.

O mercado de curto prazo (MCP), simbolizado pela circunferência na Figura 14, representa os principais atores da comercialização de energia elétrica. Após a contabilização do que foi gerado e o que foi consumido, há a liquidação da diferença, que é valorada, conforme Tolmasquim (2015, p. 108) como “Preço de Liquidação das Diferenças (PLD)”.

Já o ACR conforme demonstrado na Figura 14 é composto pelos distribuidores e consumidores cativos, que negociam a compra da energia conforme preço estabelecido pela ANEEL.

O ACR é formado pelos distribuidores integrantes do Sistema Interligado Nacional (SIN) e é o espaço onde a comercialização de energia é realizada conforme diretrizes da ANEEL e preços determinados pela CCEE. O processo de comercialização no ACR envolve, conforme Tolmasquim (2015) diversas etapas e participantes, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Relação atores versus etapas de comercialização no ACR



Fonte: Elaboração própria a partir de Tolmasquim (2015).

Dentro do ACR, os geradores são classificados como “energia existente” e “energia nova”. A principal diferença é que no caso do primeiro, os geradores detêm a outorga de concessão, permissão ou autorização e já receberam o título para geração de energia. No caso dos geradores classificados como energia nova, os mesmos ainda não detêm a outorga nem tampouco receberam o título para geração de energia. Neste último cenário, a energia comercializada torna-se mais cara.

A Lei nº 10.848/2004 determinou o processo de licitação tanto para aquisição de energia existente quanto para nova e fontes alternativas. No caso das usinas que

se utilizam de fontes alternativas, a classificação “nova” ou “existente” não é aplicável.

Os tipos mais comuns de contratações existentes no ACR são (1) energia nova (que preveem a construção de novas usinas hidrelétricas e termelétricas); (2) energia alternativa (provém do uso de fontes alternativas renováveis); (3) energia existente (são energias advindas de centrais elétricas já em operação comercial); (4) energia de ajuste (contratação complementar de energia contratada em leilões) e (5) geração distribuída (geração de energia elétrica de pequeno porte ligada na rede de distribuição de qualquer fonte e não despachada).

Assim como o PROINFA, os leilões são instrumentos importantes no sistema elétrico brasileiro. Por meio deles, é que os diversos tipos de contratações são realizados. Um exemplo, é o caso da energia elétrica gerada a partir da biomassa.

### 3.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo encarregou-se, inicialmente, de contextualizar o Setor Elétrico Brasileiro desde a sua primeira configuração à atual, chamada aqui de modelo híbrido.

Conforme pode ser visto, o Estado participava do setor até mesmo como empreendedor, numa estrutura totalmente verticalizada, isto é, o controle das atividades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica estava nas mãos do governo. Essa formatação inicial perdurou até aproximadamente os anos de 1980, quando se decidiu por extinguir o IUEE e usar tarifas como instrumento político para contenção da inflação. Aliado a isso, objetivava-se também aumentar a competitividade do setor elétrico. Esses motivos contribuíram para a primeira grande reforma do setor. Entre as mudanças da nova proposta, ressalta-se:

- Comercialização livre no SIN;
- Contratos Iniciais para transição dos modelos;
- Criação do MAE para compra e venda de energia;

- Desverticalização das empresas do setor;
- Criação do ONS;
- Organização das atividades financeiras.

Apesar das diversas proposições de melhorias para o setor, o novo modelo não foi a frente, inviabilizando investimentos públicos e impedindo a promoção da competitividade. Esses fenômenos juntamente com a ausência de planejamento culminaram em uma crise de racionamento de energia (nos anos 2001 e 2002).

Diferentemente de sua formatação anterior, o modelo híbrido trouxe consigo uma maior competitividade, com a criação do Ambiente de Contratação Regulada e do Ambiente de Contratação Livre, local no qual a figura do produtor independente de energia pode comercializar sua produção livremente.

Mesmo com as modificações ocorridas no Setor Elétrico Brasileiro, a geração de eletricidade no país ainda é oriunda, em sua maioria, da fonte hidráulica, fato este que pode ocasionar racionamento, aumento da bandeira tarifária, entre outros problemas. Por esses motivos, sobretudo, é que o governo tem incentivado o uso de fontes renováveis como a biomassa na cogeração de energia.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Apesar da maior parte da energia consumida advir de origens fósseis, as fontes renováveis vêm se destacando, por sua produção e consumo. Nesse cenário, salientam-se os biocombustíveis e a energia elétrica, ambos provenientes da biomassa, conforme apresentado no decorrer deste trabalho, pois vêm apresentando crescimento em todo mundo.

A expansão da produção de biocombustíveis tem sido alvo de diversos debates em todo mundo. Pesquisadores e vários autores (por exemplo, ESCOBAR et al., 2009; JANK; NAPPO, 2009; NGUYEN; HERMANSEN; SAGISAKA; 2009); CAMPOS; MORAES, 2012; CARVALHO et al., 2015; BARSKAR; AISWARYA, 2016; TRUMBO; TONN, 2016; ZABED et al., 2017) discutem sobre o aspecto positivo dessa evolução, que considera a geração de empregos, redução direta de gases de efeito estufa, promoção do desenvolvimento sustentável e diversificação energética. Outros autores, como, por exemplo, Fernandez-Perez, Frijns e Tourani-Rad (2016); Vasile e outros (2016); Sajid, Khan e Zhang (2016), em contrapartida, trazem para o debate as consequências que o crescimento tem causado à sociedade e ao meio ambiente.

A indústria atual desses produtos energéticos está baseada na utilização de insumos orgânicos, biomassa, que necessitam de espaço e mão de obra para plantio e cultivo. A produção, que vem crescendo com o passar dos anos, traz consigo uma necessidade cada vez maior de uso de terra, muitas das quais já vem sendo adquiridas em países ainda em desenvolvimento por países maiores (GIOVANNETTI; TICCI, 2016; HULES; SINGH, 2017). Além disso, a mudança na forma de colheita, passando da manual para a mecânica, a concentração da produção, os monocultivos, e o uso de produtos agrotóxicos trazem sérias implicações para o setor.

O governo brasileiro, com intuito de fazer com que haja, de fato, crescimento e diversificação nas ofertas internas de energia e eletricidade, criou programas setoriais específicos e legislações, como o caso do PROÁLCOOL, PNPB e PROINFA. Apesar de o primeiro não estar mais ativo, alguns de seus propósitos ainda perduram. No caso do PNPB, em razão da existência de legislações, decretos e diversos incentivos, é que o Programa se mantém ativo.

Isto posto, este capítulo será dividido em mais três seções além das considerações iniciais. Na primeira seção, tratar-se-á do uso da terra para produção energética e sobre a segurança alimentar. Em seguida, será debatido a respeito dos impactos socioambientais resultantes do uso da biomassa e, na medida em que se seguem, algumas oportunidades de melhorias serão colocadas. Na quarta seção apresentar-se-á uma contraposição de vantagens e desvantagens do uso da biomassa.

#### 4.2. O USO DA TERRA NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E A DISCUSSÃO SOBRE A SEGURANÇA ALIMENTAR

Para muitos autores, os inúmeros incentivos para produção de biocombustíveis a partir de culturas alimentares é o que tem provocado diversos impactos socioambientais, entre os quais destacam-se a elevação do preço dos alimentos e a apropriação indevida de recursos naturais da terra.

O uso da terra está diretamente relacionado a questões ambientais, econômicas, políticas e sociais, que variam através do tempo e espaço e incluem uma gama de interações entre fatores humanos e meio ambiente (USTAOGLU et al., 2016). Para Deininger e Byerlee (2012) o uso da terra, enquanto agricultura possui papel fundamental para a segurança alimentar, redução da pobreza e amplo desenvolvimento.



De acordo com Paschalidou, Tsatiris e Kitikidou (2016)<sup>23</sup> apenas 2% das terras agrícolas globais são destinadas à produção energética. O percentual pareceria insignificante se não fosse a necessidade cada vez maior da produção de alimentos combinada com a escassez hídrica, dificultando este processo. De forma geral, Deininger e Byerlee (2012) destacam que a expansão do número e tamanho de grandes fazendas, influenciadas pelos motivos anteriormente mencionados, é, muitas vezes, justificada pela economias de escala em plantações, entre outros. Gorender (2013) em seu estudo intitulado “Gênese e Desenvolvimento do Capitalismo no Campo Brasileiro” já havia mencionado essa expansão do sistema latifundiário, destacando como destino áreas litorâneas ou em proximidades, grandemente influenciada por empresas multinacionais instaladas no país.

O incremento substancial na produção dos biocombustíveis tem provocado uma corrida em nível mundial para aquisição de terras férteis para plantio e cultivo de insumos renováveis para geração de energia elétrica e produção de biocombustíveis. Conforme Thondhlana (2015)<sup>24</sup>, Romeu-Dalmau e outros (2016)<sup>25</sup> e Bilgili e outros (2017)<sup>26</sup> o desenvolvimento dos biocombustíveis propicia benefícios tais como a redução da dependência de combustíveis fósseis; redução da importação de combustíveis; geração de eletricidade como subproduto dessa produção; melhoria econômica da moeda local através da exportação; criação de empregos; transformação de assentamentos rurais empobrecidos, entre outros. Em 2013, o “*The High Level Panel of Experts*” (HLPE, 2013) destacou que o rápido desenvolvimento dos biocombustíveis implicou em mudanças nos sistemas

---

<sup>23</sup> Os autores aplicaram a metodologia da Análise SWOT em seu estudo na Grécia para avaliar a utilização de culturas energéticas para alimentos ou energia. OS resultados que os pontos fortes da aplicação da análise SWOT está relacionado com desenvolvimento da economia rural. As fraquezas incluem efeitos ambientais no solo, água, ar e a biodiversidade.

<sup>24</sup> O autor buscou em seu trabalho (estudo de caso no Zimbábue) avaliar os processos e as implicações da aquisição de terra no país. Os resultados apontaram que, apesar das promessas de melhorias de meios de vida, as expectativas das comunidades locais não foram atendidas.

<sup>25</sup> No estudo de caso que os autores fizeram no Malawi, Moçambique e Suazilândia (ambos países africanos) eles buscavam identificar os impactos decorrentes de mudanças no uso da terra em função de culturas alimentares. Os resultados mostraram que as alterações no uso do solo podem afetar diretamente o sequestro de carbono. Identificaram também que das culturas estudadas para produção de biocombustíveis, a cana-de-açúcar substituiu os usos da terra por estoques de baixa emissão de carbono (baixa densidade floresta e agricultura) e, como resultado, os ganhos de carbono ocorreram devido à mudança no uso da terra

<sup>26</sup> Os autores desenvolveram, em seu estudo, revisão de literatura almejando analisar primeiro a causalidade potencial da energia da biomassa para as emissões de CO<sub>2</sub> e o desenvolvimento econômico presentes em literatura científica. O local de estudo foi os EUA e como resultado, identificaram relação entre o uso de energia proveniente da biomassa e aumento do PIB per capita.

agrícolas, resultando em desafios variados para a segurança alimentar. De forma complementar, Castanheira e outros (2014) afirmam que o aumento na utilização de terra para produção de biocombustíveis pode levar ao aumento das emissões de GEE, pois para preparação da terra muitas vezes são utilizadas queimadas, e perda de biodiversidade.

Tomei e Helliwell (2016) e Bai, Ouyang e Pang (2016) ressaltam que o debate sobre o mercado alimentício *versus* a produção de biodiesel inclui a discussão sobre a disponibilidade de insumos para o setor alimentício, tendo em vista a destinação desses insumos para a produção de biocombustível, e a expansão das áreas plantadas. No setor, diversas culturas alimentícias são utilizadas na produção energética, como podem ser vistas no Quadro 9.

Quadro 9 – Culturas energéticas básicas para produção de biocombustíveis e alimentação humana

<b>Nome científico</b>	<b>Nome comum</b>	<b>Duração da cultura</b>	<b>Tipo de biocombustíveis produzido</b>	<b>Tipo de alimento</b>
<i>Hordeum vulgare</i>	Cevada	anual	etanol	Alimentação humana e animal
<i>Secale cereale</i>	Centeio	anual	etanol	Alimentação humana e animal
<i>Triticum aestivum</i>	Trigo mole	anual	etanol	Alimentação humana e animal
<i>Zea mays</i>	Milho	anual	etanol	Alimentação humana e animal
<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgo	anual	etanol	Alimentação humana e animal
<i>Beta vulgaris</i>	Beterraba sacarina	anual	etanol	Açúcar e alimentação
<i>Helianthus sp</i>	Girassol	anual	biodiesel	Óleo de girassol e semente de girassol para pássaros
<i>Glycine max</i>	Soja	anual	biodiesel	Alimentação humana e animal

Fonte: Paschalidou, Tsatiris e Kitikidou (2016, p. 639, tradução nossa).

O rendimento da cana-de-açúcar plantada no Brasil para produção de álcool é de aproximadamente 11 mil litros por hectare. Além da produção de açúcar e etanol, a cana-de-açúcar brasileira é utilizada para geração de eletricidade e produção de

rações animais. A beterraba, que é um dos principais insumos utilizados para produção na Europa, possui rendimentos de 10 mil litros por hectare, enquanto que o milho, biomassa muito utilizada para produção de etanol nos Estados Unidos, possui rendimento de 4,6 mil litros por hectare. Os custos de produção de etanol a partir desses insumos, são, respectivamente, U\$ 0,25, U\$ 0,76 e U\$ 0,28 (MANOCHIO, 2014)<sup>27</sup>.

A busca por terras para o cultivo no ramo alimentício tem feito com que países árabes e asiáticos, como a China, por exemplo, adquiram terras em outros territórios. Para Hules e Singh (2017)<sup>28</sup> a necessidade em produzir alimentos, rações, biocombustíveis e biomassa em geral é o que tem incentivado tais aquisições. Entre as principais justificativas estão basicamente o fomento do desenvolvimento rural por meio do incentivo ao cultivo de culturas agricultáveis e a segurança energética, em função da dependência de fontes finitas de energia (THONDHLANA, 2015).

Embora destacado por Thondhlana (2015) que defensores dos “combustíveis verdes e limpos” argumentem que as aquisições de terras podem ocasionar benefícios econômicos e sociais, tais como a criação de empregos, desenvolvimento local, segurança de combustíveis e energia, os impactos dessa aquisição é que, quando em países em desenvolvimento, como os africanos, pode comprometer não só o meio ambiente, mas também poderá contribuir para desarticulação social e cultural (MARTINS, 2011; JANK; NAPPO, 2009; MARTINS; STEDILE, 2011; GIOVANNETTI; TICCI, 2016<sup>29</sup>; AHA; AYITEY, 2017<sup>30</sup>). De forma

---

<sup>27</sup> Deve salientar que, com o passar dos anos, o avanço tecnológico, melhoramento logístico e produtivo contribuíram para a redução dos custos de produção.

<sup>28</sup> Hules e Singh (2017) desenvolveram um estudo baseado em dados comerciais entre a Índia e a Etiópia, entrevistas de especialistas, estudos e relatórios sobre o uso e produtividade de terras conquistadas acerca da aquisição de terras pela Índia na Etiópia. De acordo com os autores, os investimentos no país africano devem-se, sobretudo, ao fato de que a Índia precisa sustentar a crescente população e demandas energéticas.

<sup>29</sup> Giovannetti e Ticci (2016, p. 678, tradução nossa) aplicaram o modelo estatístico de Poisson em seu estudo na África Subsaariana. O estudo demonstrou que “a abundância de recursos hídricos e condições gerais de negócios, segurança e qualidade regulatória facilitam o investimento em terras para biocombustíveis”. Ainda de acordo com os autores (p. 686, tradução nossa), “que os investidores estrangeiros tendem a selecionar países com melhores ambientes institucionais e maiores recursos de recursos terrestres e hídricos. No entanto, eles preferem países com uma proteção mais fraca dos direitos à terra, ou seja, as configurações institucionais da terra que podem facilitar a aquisição de terras e recursos hídricos em condições favoráveis”.

<sup>30</sup> Os resultados do estudo comparativo realizado pelos autores em Gana, demonstram que as plantações locais têm sido deslocadas para ceder lugar à cultivos energéticos, como do pinhão-

complementar, Thondhlana (2015) em seu estudo sobre a aquisição de terras para o desenvolvimento de biocombustíveis no Zimbábue destaca que as comunidades locais onde tiveram terras adquiridas por outras nações não se sentiram beneficiadas. Para ela, os custos decorrentes do desenvolvimento dos biocombustíveis eram maiores do que os benefícios recebidos. Giovannetti e Ticci (2016) corroboram com essa visão uma vez que trazem em seu estudo a confirmação de investimentos internacionais realizados em terras da África Subsaariana, com particular interesse no cultivo de insumos para biocombustíveis. As autoras ainda destacam em sua pesquisa que, desde os anos 2000, 41% dos negócios mundiais realizados no continente africano tiveram, por objetivo, cultivar pelo menos uma cultura que pode ser usada para a produção de biocombustível.

De acordo com Martins e Stedile (2011), um em cada seis habitantes passa fome no mundo. No meio rural, os que morrem poderiam produzir seu próprio alimento, mas a ambição pelo plantio e cultivo de insumos para biocombustíveis muitas vezes impedem tal realização. Sobre isso, Gorender (2013) vai além, destacando ainda que muitos produtores que poderiam viver da renda da terra e de excedentes, se contentam com “salário”, muitas vezes baixos, pois são estabelecidos pelo capital industrial, que controla e dita o que será e quanto será produzido.

Accorsi e outros (2016) destacam que a demanda global por alimentos irá duplicar até 2050. Se a estimativa de crescimento da população mundial se cumprir (até 2050 chegar a 9 bilhões) a produção agrícola terá que aumentar em 70% sua oferta de alimentos. McLaughlin e Kinzelbach (2015) salientam ainda que tal aumento desafiará a capacidade da sociedade em continuar a crescente oferta de alimentos. Como conciliar tal demanda, se, muito precisamente, a procura por biocombustíveis também crescerá? O aumento da demanda por alimentos não traz como problemas apenas o esgotamento da oferta, mas também pode levar à escassez de recursos naturais, como a água e recursos do solo (McLAUGHLIN; KINZELBACH, 2015).

---

manso. De acordo com Aha e Ayitey (2017) o processo de aquisição das terras em Gana não leva em consideração a consulta à população local e não possui uma “compensação justa e adequada”. Concluíram, com base em evidências empíricas, que a crescente apropriação da terra para a produção de biocombustíveis representa graves perigos à segurança alimentar, tendo em vista a insegurança entre os agricultores e a apatia geral em relação à criação de animais.

Autores como Martins (2011), Martins e Stedile (2011), Araújo e outros (2014), Baskar e Aiswarya (2016), Sajid, Khan e Zhang (2016) e Vasile e outros (2016) criticam a utilização de insumos que também figuram no setor alimentício, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Para eles, essa utilização pode levar ao aumento do preço dos alimentos e/ou escassez dos mesmos. Além disso, Vasile e outros (2016)<sup>31</sup> também atribuem aos biocombustíveis o aumento do preço das *commodities*.

Os Estados Unidos, por exemplo, responderam, na safra 2015/2016, por cerca de 40,45% da exportação mundial de milho amarelo. Milijkovic, Ripplinger e Shaik (2016) apontam que essa utilização do milho no país norte americano tem implicado no aumento substancial dos alimentos e na expansão da terra para áreas de florestas tropicais. Os autores destacam ainda que as políticas de etanol nos Estados Unidos ao criarem demanda adicional para o milho provocou uma disputa natural entre os recursos para cultivo e espaço de terra. Martins (2011) afirma que a produção causará um grande impacto em países que dependem da importação desse grão, como, por exemplo, o México (MARTINS, 2011), pois ao invés do uso como *commodity* será destinada ao setor energético. No Brasil, o estudo de Cobuloglu e Büyüktaktın (2015) na bacia do rio em Uberaba (MG) indicou que a destinação desse produto à produção de etanol, tem causado impactos à biodiversidade, pois provoca o deslocamento de pastagens e outras culturas.

No Brasil, conforme Martins (2011) o complexo agroquímico a partir da cana e do etanol afeta a segurança alimentar e a expansão da cana está pressionando áreas tradicionais de cultivos de alimentos, como a soja, milho e café na região Centro-sul do país.

Apesar do PNPB prever a diversidade na utilização dos insumos para produção do biodiesel e por mais que o governo tenha criado o tratamento tributário diferenciado

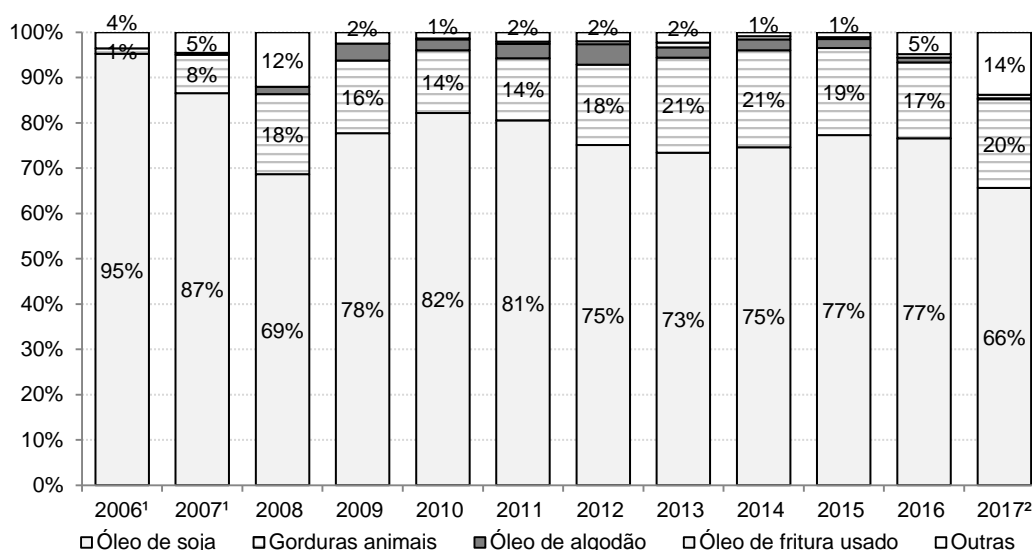
---

<sup>31</sup> A análise documental desenvolvida pelos autores pretendia identificar se há mudanças nos padrões de uso da terra arável determinados pelo aumento da produção de culturas de bioenergia agrícola e qual é a pressão sobre o consumo de alimentos. Os resultados da pesquisa indicaram que “os mercados de energia são colocados em competição com mercados de alimentos para terras cultiváveis escassas, resultando em preços agrícolas mais altos. Uma resposta final à questão da pesquisa é que, em geral, a safra agrícola *versus* safra competitiva tem um impacto considerável no uso da terra e na segurança alimentar, pois foram identificadas correções significativas entre a produção de biodiesel e o preço do trigo, este último como cereal principal projetado para consumo humano e alimentação animal” (VASILE, et al., 2016, p. 404, tradução nossa).

para aquisição de mamona ou palma e apesar do atual percentual obrigatório de mistura ter incrementado a demanda por biodiesel, o que em tese, contribuiria para alcance dos objetivos do Programa, percebe-se que a produção de biodiesel no Brasil tem utilizado predominantemente a soja seguida da gordura animal, como pode ser visualizado no Gráfico 26.

Embora seja o principal insumo utilizado na produção de biodiesel no Brasil, autores como Bergmann e outros (2013) especulam que até 2020 sua utilização será reduzida em até 70%, em função da diversificação que esperam para as culturas oleaginosas enquanto matérias-primas do setor energético.

Gráfico 26 – Brasil: produção de biodiesel por matéria-prima – evolução 2006-2017



Fonte: Adaptado de ABIOVE (2017b) com dados de ANP (2017a).

Notas: (1) dados de ANP (2017a) para os anos de 2006 e 2007; (2) dados de ABIOVE até fevereiro de 2017.

Esperava-se que, principalmente, as regiões Norte e Nordeste tivessem maior produtividade de biodiesel, o que ocasionaria aumento de renda e geração de emprego local. No entanto as regiões Centro-oeste e Sul predominam a produção de biodiesel, com aproximadamente 43% e 40% da produção total.

Esse predomínio da utilização da soja e a concentração regional da produção no Centro-oeste e Sul do país, ocasionam inúmeros prejuízos, entre os quais cabe salientar, o êxodo rural – causado pela utilização de maquinários e monocultivo em terras férteis – que poderiam ser aproveitadas para diversos plantios.

Além disso, destacam-se os impactos da indústria de agroenergia, causados pelo uso de pesticidas que afetam diretamente o equilíbrio do meio ambiente, com a destruição da biodiversidade, alteração do equilíbrio do meio ambiente e mudanças climáticas (STEDILE, 2013; CASTELLANELLI, 2015<sup>32</sup>; MCLAUGHLIN; KINZELBACH, 2015). O Brasil, na safra de cana-de-açúcar de 2009-2010 usou cerca de 1 bilhão de litros de veneno, o equivalente à seis litros por pessoa ou 150 litros por hectare (MARTINS; STEDILE, 2011). Para Stedile (2013) a base da agricultura nacional está em usar cada vez mais agrotóxicos. Além do desequilíbrio ao meio ambiente, o uso de pesticidas na agricultura traz graves consequências para a sociedade, pois sua ingestão, por meio dos alimentos produzidos, pode contribuir diretamente para o aumento de doenças como o câncer.

Essas alterações sofridas pela agricultura, em função da demanda energética e de negócios, podem resultar em severas implicações no campo de alimentos (salinização e baixo rendimento de culturas, por exemplo) ou para a saúde humana (poluição atmosférica ou contaminação de água potável) (McLAUGHLIN; KINZELBACH, 2015). Todos esses mecanismos têm garantido com que cada vez mais os preços de alimentos e outros produtos estejam acima do valor real (STEDILE, 2010).

Nesse sentido, algumas medidas podem ser utilizadas como forma de mitigar os possíveis impactos com essa expansão, como é o caso das certificações socioambientais e programas específicos, que servem para melhorar a imagem de um produto, facilitar a decisão de compra e evitar barreiras nos comércios internacionais. Alguns exemplos de certificações/programas para alimentos são o (I) Cerflor, de responsabilidade do Inmetro, e que garante que produtores de produtos florestais sejam responsáveis socioambientalmente; (II) *Certified Humane – Raised & Handled*, concedido pela Ecocert em produtos de origem animal, que assegura que os animais foram bem tratados e não viveram em condições

---

<sup>32</sup> Em seu artigo de revisão, Castellaneli (2015, p. 9) revelou que “o aumento dos preços da energia, a geopolítica e as preocupações sobre o impacto das emissões de gases de efeito de estufa sobre as alterações climáticas estão aumentando a demanda para a produção de biocombustíveis. A contribuição dos biocombustíveis para o fornecimento de energia deve crescer rapidamente, com impactos benéficos, incluindo reduções de gases de efeito estufa, a melhoria da segurança energética e novas fontes de renda para os agricultores. No entanto, a produção de biomassa para energia, também vai competir com culturas alimentares, dados os escassos recursos de terra e água, sendo esta uma grande preocupação na produção agrícola em muitas partes do mundo”.

insalubres; (III) *Rainforest Alliance*, é concedido aos produtos agropecuários que respeitam o meio ambiente e que primam por boas condições de trabalho para os empregados. A certificação é feita pela Imaflora no Brasil; e, (IV) *Round Table on Responsible Soy (RTRS)*, criado para promover a produção responsável da soja, desde o cultivo até a transformação e comércio, visando garantir ainda que a redução dos impactos sociais e ambientais reduzidos. Do lado dos biocombustíveis, existem as certificações (I) *Biomass Biofuels Sustainability Voluntary Scheme (2BSvs)*, que atende à Diretiva Europeia (2009/28/CE), estabelecendo critérios para os biocombustíveis a partir da biomassa; como, por exemplo, o de que a biomassa não pode advir de áreas com alta biodiversidade ou com grandes estoques de carbono; (II) *Better Sugarcane Initiative (BSI)* que incentiva a produção de cana-de-açúcar com foco na redução dos impactos sociais, ambientais e econômicos; e, (III) *Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB)*, que visa garantir conformidade com os sistemas RSB com os critérios das Diretivas Europeias (ECODESENVOLVIMENTO, 2009; CASTELLANELLI, 2016; OGLOBO, 2017). Entre os princípios dessa certificação estão o planejamento, o monitoramento e melhoria contínua, a redução das emissões de gases de efeito estufa, o desenvolvimento rural e social, a segurança alimentar local, a conservação, o solo, a água.

Embora autores como Jank e Nappo (2009) defendam que exista um falso dilema a respeito da relação alimentos *versus* agroenergia (ou seja, de que os alimentos não são influenciados pela indústria energética), deve-se salientar, assim como defendem Carvalho e outros (2015)<sup>33</sup> e Costa (2017) que o plantio e cultivo de oleaginosas para produção de biocombustíveis deve ocorrer sempre em áreas degradadas, para contribuir sobretudo, com a sua recuperação. De acordo com os autores, culturas oleaginosas, como a palma, possuem propriedades para recuperação de solos degradados.

---

<sup>33</sup> Os autores fizeram uso do suporte de técnicas de processamento geográfico (Terraclass e PRODES) em sua análise sobre a disponibilidade de terras no Estado do Pará (Brasil) para expansão da plantação de palma. Os resultados indicam a existência de 8.264 km<sup>2</sup> de terras degradadas e desmatadas disponíveis para tal expansão (CARVALHO et al., 2015).



Trumbo e Tonn (2016)<sup>34</sup> destacam que a produção de biocombustíveis a partir de outros insumos como os produtos celulósicos podem apresentar vantagens ambientais. Também reiteram o pensamento de Baskar e Aiswarya (2016) e Vasile e outros (2016) que salientam a utilização das algas como insumos para a produção de biocombustíveis e possível alternativa frente aos embates entre biocombustíveis e alimentos. De acordo com os autores, o rendimento pode ser 100 vezes maior do que em casos de utilização de oleaginosas e não acarretaria impactos ou concorrência direta no setor alimentício, pois além de não ser insumo não demandaria espaços de terra para seu cultivo, figurando como excelente alternativa. Além das algas, Bergmann e outros (2013) destacam a palma, o coco, o babaçu, o girassol, a mamona e o algodão como potenciais e promissores insumos.

Os óleos residuais de fritura também se apresentam como alternativa. O uso dessa matéria-prima implica diretamente na redução do impacto ambiental. Entre as principais vantagens estão a redução significativa do uso de terras agrícolas, redução dos custos de produção de biodiesel e redução dos custos de remoção e tratamento das impurezas dos óleos (SAJID; KHAN; ZHANG, 2016).

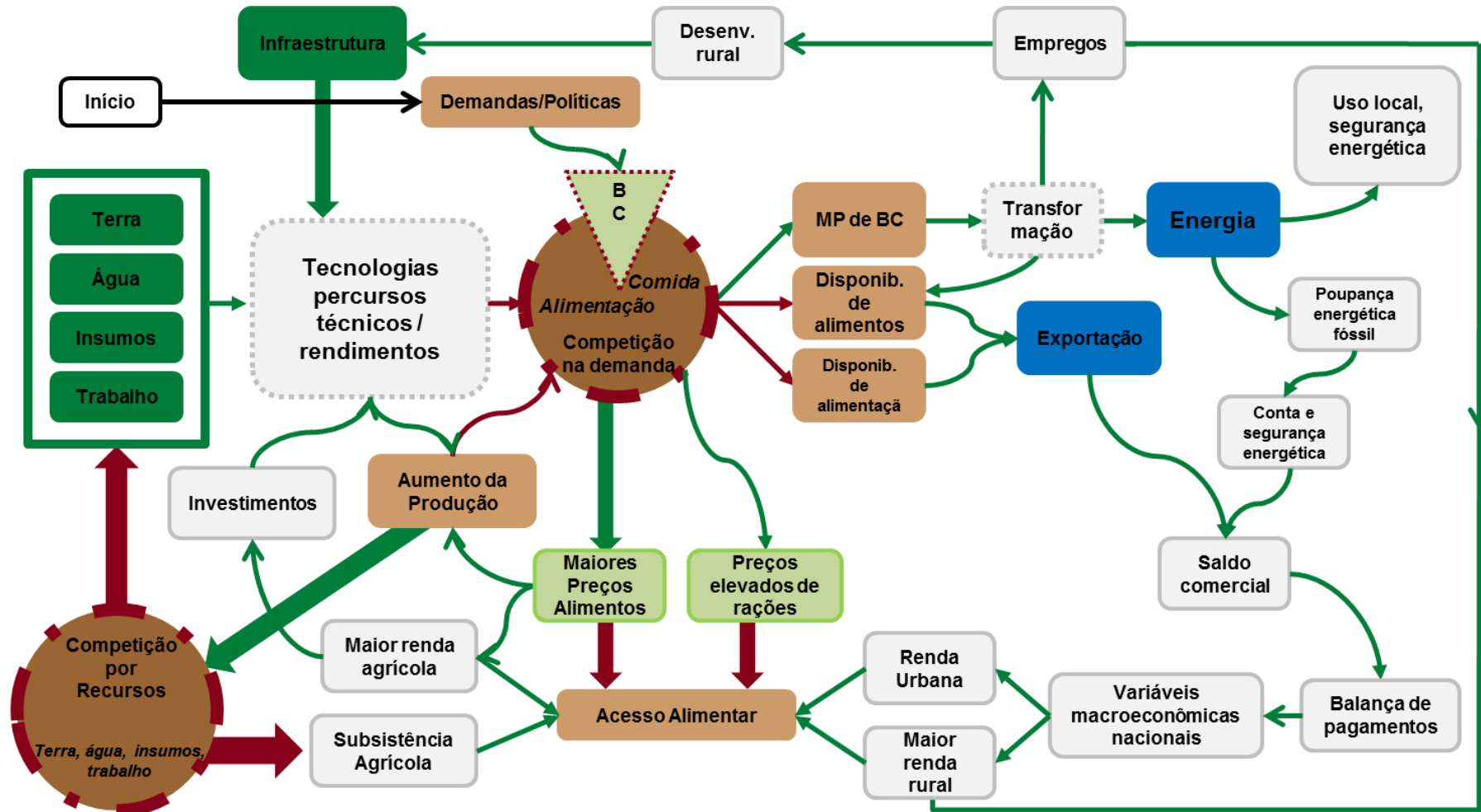
Embora a soja possua variação no teor de óleo entre 15% e 20%, a predominância em sua utilização se justifica em função da infraestrutura (mercado para escoamento, fazendas com plantações, técnicas de cultivos estabelecido, entre outros motivos) que o mercado atual já possui. Outros insumos não foram bem-sucedidos porque na criação do PNPB, por exemplo, não tiveram incentivos suficientes para produção em larga escala, tecnologia para produção e cultivo, mercado para aquisição, entre outros.

Resumidamente, na Figura 16 apresentam-se as principais implicações que a demanda crescente por biocombustíveis traz para os sistemas alimentício, agrícola e energético.

---

<sup>34</sup> Os autores desenvolveram uma metodologia para análise de tendência a partir de indicações de avaliação. A metodologia foi aplicada para avaliar a produção futura de biodiesel a partir de material celulósico e de algas nos Estados Unidos. A análise resultante identifica a degradação ambiental como a fator adverso mais influente. Sugerem ainda que o biodiesel a partir da celulose pode apresentar-se como mais vantajoso.

Figura 16 – Representação dos principais impactos e retroalimentação nos sistemas alimentício, agrícola e energético na sequência da introdução de uma procura de biocombustíveis



Fonte: Adaptado de HLPE (2013, p. 23, tradução nossa).  
 Notas: BC: biocombustíveis; MP: matéria-prima.

Considerando o início representado pelas demandas e políticas para biocombustíveis, as setas de cor vermelhas como impactos negativos e as setas verdes como impactos positivos, tem-se que ao passo em que há aumento da demanda por biocombustíveis, há um desencadeamento de diversos impactos nos sistemas alimentares, agrícolas e energéticos (HLPE, 2013). As políticas em prol dos biocombustíveis incentivam o aumento da demanda por insumos. Esse aumento corrobora com uma série de impactos, como, por exemplo, a maior concorrência no mercado pelas matérias-primas. Ainda, eleva o preço dos alimentos, conforme relatado anteriormente, o que implica na menor disponibilidade dos mesmos. Esse incentivo também instiga a concorrência por recursos da terra e água.

#### 4.3. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS RESULTANTES DO USO DA BIOMASSA

##### 4.3.1. Impactos Sociais

Apesar da utilização da biomassa para fins energéticos no Brasil ser mais “recente”, os biocombustíveis já eram utilizados no mundo há muito mais tempo. Seu uso pode implicar alguns problemas, entre os quais destacam-se:

1. Desemprego ocasionado pelo uso de maquinários no campo;
2. Êxodo rural;
3. Indisponibilidade de insumos;
4. Diminuição da oferta de alimentos oriundos dos insumos usados na produção de biocombustíveis.

A literatura apresenta em seu bojo o trabalho no campo de uma forma bastante rudimentar, em que atividades simples como a preparação do solo, plantio, cultivo e colheita eram feitas quase que predominantemente de forma manual. Contudo, com a globalização e o conseqüente avanço tecnológico, essa sistemática do

trabalho foi sendo alterada, dando lugar aos maquinários, e novas tecnologias para o campo.

Esse avanço, por si só, foi trazendo implicações para o trabalhador rural. A primeira foi a queda na empregabilidade. Com a adoção de máquinas para o trabalho na agricultura, a necessidade de mão-de-obra foi sendo reduzida. A falta de emprego no meio rural provoca êxodo, pois sem oportunidades e condições adequadas para o trabalho, os trabalhadores partem para a cidade em busca de meios para sua subsistência.

Os incentivos dados pelo governo para produção de biocombustíveis e geração de eletricidade a biomassa, têm feito com que as culturas cultivadas para outros fins sejam destinadas para o setor, como ocorre com a cana, por exemplo. Apesar de alguns autores considerarem os combustíveis renováveis como resultado da utilização de subprodutos desses insumos, há que se salientar que cada vez mais terras são destinadas à essas culturas.

Ao observar a composição do Programa PNPB, por exemplo, vislumbra-se que, em sua essência, os incentivos dados eram para utilização da palma e da mamona, sendo esta última não utilizada como alimento. Contudo, em virtude de a soja possuir infraestrutura já estabelecida e logística para escoamento da produção, o setor viu-se beneficiado em seu uso. O resultado foi a predominância na utilização de um único insumo na maior parte da existência do Programa. Além disso, o tratamento tributário diferenciado previa incentivos para a aquisição da mamona ou da palma que adviesse da agricultura familiar do Norte, Nordeste e Semiárido brasileiros, o que não ocorreu. Ou seja, a geração de empregos projetada para essas regiões com a aquisição diferenciada de matéria-prima não aconteceu.

Diante do que foi colocado, acerca dos impactos sociais, propõe-se as seguintes propostas de mitigação:

- **Sobre a empregabilidade:** apesar da agricultura da cana e da soja terem adotado o uso de máquinas no processo produtivo, este fato ocorreu em regiões já desenvolvidas e com estruturas (Sul e Centro-oeste) no que diz respeito ao cultivo desses insumos. Propõe, uma reformulação dos benefícios concedidos aos produtores que adquirirem matérias-primas

surgidas dessas regiões; além de capacitação e acompanhamento técnico dos produtores do Norte e Nordeste; pesquisa, desenvolvimento e adoção de novos insumos, que possam ser cultivados na entre safra da cana e da soja, garantindo ao trabalho rural a empregabilidade anual.

- **Sobre a indisponibilidade de insumos energéticos:** esse fato ocorre em função da concorrência que as matérias-primas para produção de energia têm com o setor de exportação e de alimentos. Ao passo em que há incentivo para produção, desenvolvimento e adoção de novos insumos, como os resíduos, as algas e materiais celulósicos, há a redução dessa indisponibilidade para o setor energético e conseqüente redução da competição com a oferta de alimentos. Assim, o setor energético torna-se menos dependente de um único insumo, podendo recorrer a um catálogo de opções a serem utilizadas. Tanto o biodiesel quanto o etanol podem ser produzidos a partir de diversas fontes de biomassa. Além disso, acredita-se que o incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias para aumento da produtividade dos insumos e produção dos biocombustíveis possa contribuir para minimização desse problema.

É preciso, apesar dos ganhos, continuar investindo em melhorias e no desenvolvimento tecnológico para que outras culturas sejam utilizadas. A diversificação de insumos poderá trazer diversos benefícios sociais, como a empregabilidade constante (uso de culturas alternadas) e o desenvolvimento regional, já que algumas culturas se desenvolvem melhor em determinados locais do que em outros.

#### **4.3.2. Impactos Ambientais**

O uso da biomassa para fins energéticos é incentivado por meio de programas setoriais específicos, sobre a premissa dos benefícios que pode causar – principalmente no que diz respeito à preservação do meio ambiente – pela produção e consumo de energias provenientes de fontes renováveis. De forma

complementar, os impactos resultantes do uso desenfreado de combustíveis de origens fósseis como a gasolina e o diesel mineral são também propulsores para o incentivo à diversificação energética e ao consumo das fontes renováveis.

Dois exemplos de programas retratados ao longo deste trabalho foram o PROÁLCOOL e o PNPB. Particularmente, o primeiro Programa almejava a inserção do etanol dentre as possibilidades de oferta interna de energia, além da redução da dependência dos derivados de petróleo. Já o PNPB, objetivava a redução das emissões de gases do efeito estufa, da dependência do petróleo e derivados e a diversificação das matérias-primas utilizadas para obtenção do produto biodiesel. Contudo, há que se destacar que à medida em que os objetivos desses programas eram alcançados, provocaram outros impactos, muitos, dos quais, estão diretamente relacionados à alteração no uso do solo.

No caso da energia elétrica proveniente do uso da biomassa, os incentivos surgiram em função da necessidade de diversificação da matriz elétrica brasileira (predominantemente composta pelo uso de hidrelétricas). Assim, além do PROINFA, o setor pode contar com os leilões de contratação de energia elétrica proveniente dessa fonte e com a possibilidade da geração distribuída. Esses instrumentos contribuiriam para que o volume de energia gerada a partir da biomassa crescesse com o passar dos anos. Apesar dos benefícios que há na diversificação do uso das fontes para geração de energia elétrica, o uso da biomassa de cana, seja para fins energéticos ou comerciais, pode ocasionar impactos, quais sejam:

1. Desmatamentos e aumento das emissões de GEE provocado por queimadas;
2. Concentração no uso da terra para monocultivos;
3. Apropriação indevida de recursos naturais, erosão do solo, contaminação do solo e lenções freáticos pelo uso de venenos;
4. Deslocamento de pastagens e outras culturas;
5. Mudanças climáticas;

Os primeiros problemas, desmatamentos e aumento das emissões de GEE são resultados da expansão da área plantada de insumos. À medida em que há aumento na demanda, há necessidade de aumento no uso da terra. As queimadas

e os desmatamentos são utilizados para limpeza do local para produção futura, provocando emissões de gases do efeito estufa e alteração da biodiversidade local. Ou seja, apesar de programas preverem a redução das emissões por outros usos, a própria ampliação do cultivo de insumos para a indústria energética pode provocar indiretamente (queimadas) o lançamento desses gases na atmosfera.

Atrelada à questão do desmatamento e queimadas para expansão da área plantada, há também a concentração no uso da terra para produção de monocultivos. Isto é, sendo incentivados pela indústria energética, muitos produtores têm concentrado suas terras para únicos cultivos, criando fazendas só de soja ou somente de cana, por exemplo. A terra, nesses casos, deixa de ser utilizada para produção de outras culturas, pastagens etc., e passa a produzir insumos energéticos.

Para dar conta dos grandes cultivos e dos problemas com pragas e insetos, os produtores acabam ainda fazendo uso de agrotóxicos, também origem de problemas sociais, conforme retratado na seção anterior. No aspecto ambiental, o uso desses produtos se traduz em provocar a contaminação do solo e dos lençóis freáticos. Esses produtos são lançados sobre as plantações que, quando irrigadas, facilitam sua inserção nos solos, provocando os desequilíbrios.

É impossível falar dos impactos ambientais da produção de biocombustíveis sem relacioná-lo à mudança no uso do solo. Complementarmente tem-se, ainda, o deslocamento de pastagens e outras culturas para outras áreas. Na cidade de Uberaba, Minas Gerais, as pastagens foram deslocadas juntamente com outras culturas para dar lugar à expansão da cultura de cana-de-açúcar (VALERA et al., 2016). Assim como no caso dos desmatamentos, o deslocamento ocorre por causa das pressões pela expansão da área de plantação de cana-de-açúcar. Isso é tido como impacto negativo porque além do monocultivo resultante, acaba por destinar a criação de gado para outros locais, usados para plantação de outras culturas ou não apropriado para esta finalidade. De acordo com Valera e outros (2016) essas mudanças podem ter acarretado uma série de outros problemas, como o aumento da erosão do solo e a degradação da qualidade da água com impactos negativos à biodiversidade aquática, sendo classificados como conflitos ambientais de uso da terra.

As mudanças climáticas, origem dos fortes apelos à nível mundial para promoção dos combustíveis renováveis também são impactos destes, pois na medida em que há desmatamentos e queimadas, entre outros problemas, há contribuição para a mudança do clima (pelas emissões de gases como o dióxido de carbono).

Isto posto, cabe propor ações de redução desses impactos. Desta forma, para cada impacto tratado será apresentado uma proposta.

- **Desmatamentos e aumento das emissões de GEE:** um dos propósitos da utilização é reduzir os GEE, contudo, com a rápida expansão do setor há consequentemente aumento nas emissões dos gases, provocado pelos desmatamentos e queimadas, usados para limpeza da terra. Esse impacto poderia ser mitigado se, ao invés de incentivar a produção de biocombustíveis de primeira geração, cuja produção está concentrada predominante em um único insumo, houvesse incentivos para geração dos combustíveis renováveis de segunda (biomassa lignocelulósica) e terceira (biomassa melhorada) geração. No caso do etanol, fazendo uso de insumos celulósicos (bagaço) e de algas, respectivamente (BASKAR; AISWARYA, 2016; VASILE et al., 2016). No caso do biodiesel, incentivando o uso de outras fontes, como a espuma presente no esgoto. Esses insumos não concorreriam por terra, pois o bagaço é subproduto da cana-de-açúcar, já usada em outros segmentos e a espuma está abundante em redes de esgoto ou estações de tratamento.
- **Concentração no uso da terra para monocultivos:** à medida em que outros insumos vão sendo pesquisados e utilizados para a produção de biocombustíveis e geração de eletricidade, mais diversificada fica o uso da terra. Nesse caso, entende-se que, se a produção não dependesse de um único insumo, as plantações na terra não seriam de uma única cultura. Levando-se em consideração ainda que nem todas as culturas são perenes, os produtores poderiam intercalar o cultivo de seus insumos.
- **Apropriação indevida de recursos naturais, erosão do solo, contaminação do solo e lençóis freáticos pelo uso de venenos:** o maior impacto aqui é causado pelo uso de produtos agrotóxicos, bastante disseminados no meio agrícola. Pensando em propostas mitigadoras para



esses problemas, pode-se sugerir a utilização de culturas que sejam mais resistentes a pragas e insetos. Essa característica poderia contribuir para a redução no volume de agrotóxicos usados na produção de matéria-prima. Como visto, o Brasil consome mais de 20% da produção mundial de venenos (STEDILE, 2013).

- **Deslocamento de pastagens e outras culturas:** para reduzir esses impactos, propõe-se que, independentemente da cultura que venha ser utilizada na produção dos biocombustíveis ou para geração de eletricidade, que a mesma seja cultivada em locais degradados. Algumas culturas como a palma (CARVALHO et al., 2015) possuem propriedades que ajudam na recuperação do solo, logo, não seria necessário expandir o plantio para solos ricos em nutrientes e que estejam sendo utilizados na produção de alimentos, por exemplo.
- **Mudanças climáticas:** na medida em que as sugestões supramencionadas vão sendo adotadas, conseqüentemente há benefícios para a mudança climática, pois se não há desmatamento ou queimada, emissão de GEE e uso demasiado de produtos agrotóxicos, não haverá contribuição direta para a mudança do clima.

#### 4.4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ENERGIA PROVENIENTE DE BIOMASSA

De acordo com o que foi apresentado, viu-se que o uso da biomassa para produção dos biocombustíveis e geração de energia elétrica proporcionam diversos benefícios para a sociedade, economia e meio ambiente. No entanto, apesar das inúmeras vantagens que possuem, essa indústria provoca uma série de impactos de cunho socioambiental e econômico. Nesse sentido, essa seção se encarregará de apresentar uma contraposição entre os benefícios e malefícios existentes.

No Quadro 10 apresenta-se um comparativo dos impactos positivos e negativos resultantes da utilização da biomassa para energia.

Quadro 10 – Impactos positivos *versus* impactos negativos do uso da biomassa

CATEGORIA	IMPACTOS POSITIVOS	IMPACTOS NEGATIVOS
1. Social	<p>Criação de empregos no plantio e corte da cana-de-açúcar;</p> <p>Geração de emprego e renda por meio da aquisição de matérias-primas advindas da agricultura familiar.</p>	<p>Más condições de trabalho para os trabalhadores do campo;</p> <p>Êxodo rural provocado para adoção de maquinários no processo produtivo.</p>
2. Ambiental	<p>Possibilidade de captação de gases do efeito estufa por meio do cultivo da cana-de-açúcar;</p> <p>Possibilidade de geração de energia elétrica a partir do uso do bagaço (subproduto da cana-de-açúcar);</p> <p>Recuperação de solos degradados com o uso de oleaginosas;</p> <p>Absorção de gases do efeito estufa por meio do plantio de culturas oleaginosas.</p>	<p>Emissões de Gases do Efeito Estufa provocados pelos desmatamentos e queimadas;</p> <p>Concentração no uso da terra para monocultivos;</p> <p>Contaminação do solo e lençóis freáticos pelo uso de produtos agrotóxicos;</p> <p>Deslocamento de pastagens e outras culturas;</p> <p>Erosão do solo pelo uso intensivo de máquinas para colheita de matéria-prima.</p>
3. Econômico	<p>Desenvolvimento local e regional, dependendo da origem de obtenção da matéria-prima;</p> <p>Diversificação na oferta de insumos para geração de energia elétrica;</p> <p>Redução da dependência de derivados de petróleo e conseqüente diminuição da dívida oriunda dessas aquisições.</p>	<p>Influência sobre os valores de <i>commodities</i>;</p> <p>Aumento no preço de alimentos;</p>

Fonte: Elaboração própria.

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho buscou apresentar os impactos socioambientais resultantes da utilização da biomassa para produção energética.

Como se observou, os combustíveis renováveis que podem ser obtidos a partir de insumos vegetais, têm apresentado expressivo crescimento em países como os Estados Unidos, Brasil e Alemanha, considerados maiores produtores. De igual forma, a geração de eletricidade a partir da biomassa também tem apresentado crescimento na participação da oferta de energia elétrica no mundo. A evolução dessas produções se deve, sobretudo, aos diversos incentivos que existem. Arelado a isso, tem-se também o forte apelo em todo o mundo pelo desenvolvimento equilibrado e sustentável, devido às grandes quantidades de gases do efeito estufa emitidos pela queima de combustíveis fósseis, seja pelo uso em veículos automotores ou para geração de eletricidade.

Há também os incentivos para o consumo dos biocombustíveis. Utilizando-se de percentuais obrigatórios para mistura aos combustíveis de origem fósseis, a indústria de biocombustíveis, em diversos países, vê-se impulsionada. De acordo com o Quadro 2, a Indonésia, dos países selecionados, é o país com menor percentual de mistura do etanol à gasolina, 3% (o maior é o Brasil, com 27%). No caso do biodiesel, o menor percentual é do Canadá, 2% e os maiores, ambos com 10% são a Argentina, China e Estados Unidos. No Brasil o percentual obrigatório para o biodiesel é 8%. Deve-se salientar que políticas como essas têm contribuído para a permanência dos combustíveis renováveis no setor e na oferta mundial de energia. Apesar desses estímulos, há pouco destaque para as fontes renováveis na Matriz Energética Mundial.

Por outro lado, no Brasil, os incentivos têm feito com que tais fontes tenham destaque na Matriz Energética Nacional. A participação dos biocombustíveis na oferta interna de energia do Brasil é justificada também pela existência de programas setoriais específicos no país. Conforme pode ser visto, a década de 1970 registra o lançamento do PROÁLCOOL (Programa Nacional do Álcool). Este Programa almejava, sobretudo, a inserção do etanol na Matriz Energética Nacional e a redução da dependência do petróleo. No entanto, em função da queda do preço

do barril de petróleo (cerca de 1986) e melhora na competitividade da exportação do açúcar nos anos seguintes, o Programa foi descontinuado. Anos mais tarde, porém, com o advento da tecnologia *flex-fuel* em 2003, o mercado de etanol viu-se novamente aquecido. Neste mesmo ano, o governo brasileiro, pressionado pelas metas de redução de gases do efeito estufa, necessidade de diversificação da matriz energética e também redução da dependência, percebeu a necessidade de estímulo ao biodiesel. Assim, em 2004, instituiu o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), vigente até o presente momento.

Já no caso da energia elétrica, como pode ser visto, a criação do PROINFA, em 2004, impulsionou a geração de eletricidade a partir da biomassa. Além do Programa, diversas legislações específicas (como, por exemplo, a Lei nº 10.438/2002 que cria o PROINFA e a Lei nº 10.848/2004 que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica no âmbito do Programa) corroboraram para expansão da utilização desse insumo. Deve-se destacar o amplo crescimento que a geração de eletricidade a partir da biomassa teve nos últimos anos (equivalente a 272% entre os anos 2000 e 2013), e, que apesar de representar pouco mais de 2% na matriz elétrica mundial, no que diz respeito ao Brasil, sua participação alcançou mais 8% de representatividade na oferta interna de energia elétrica. Este trabalho também apresentou a evolução no número de projetos a biomassa existente, que somam mais de 500.

Ainda que sejam considerados solução para os diversos problemas ambientais resultantes da queima de combustíveis fósseis, o uso do insumo biomassa, em especial no Brasil, tem ocasionado diversos impactos para o meio ambiente, sociedade e economia. Como visto, a pressão por insumos em função do aumento da demanda e da oferta faz com que haja expansão da terra agricultável para áreas de pastagens, expulsando gados e outras culturas, como ocorreu em Uberaba, Minas Gerais.

Entre os principais problemas resultantes, cabe destacar, no campo ambiental, o aumento das emissões de gases do efeito estufa em função das queimadas para limpeza da terra, concentração no uso da terra para monocultivos, desmatamentos e erosão do solo. No caso dos impactos sociais, salienta-se o desemprego ocasionado pelo uso intensivo de maquinários no campo e o êxodo rural.

## REFERÊNCIAS

ABIOVE [Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais]. **Biodiesel: entrega e produção – maio/2017**. São Paulo: ABIOVE, 2017a. Disponível em: <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Biodiesel: produção por tipo de matéria-prima – maio/2017**. São Paulo: ABIOVE, 2017b. Disponível em: <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Estatística mensal do completo soja – junho/2017**. São Paulo: ABIOVE, 2017c. Disponível em: <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>>>. Acesso em: 07 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. **Exportações do completo soja – junho/2017**. São Paulo: ABIOVE, 2017d. Disponível em: <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>>>. Acesso em: 07 jul. 2017.

ACCORSI, R; CHOLETTE, S; MANZINI, R; PINI, C; PENAZZI, S. The land-network problem: ecosystem carbono balance in planning sustainable agro-food supply chains. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 158-171, 2016.

AHA, B; AYITEY, J. Z. Biofuels and the hazards of land grabbing: Tenure (in) security and indigenous farmers' investment decisions in Ghana. **Land Use Policy**, v. 60, p. 48-59, 2017.

ALVES, O. F. de. **Análise socioeconômica da implantação de uma usina de biodiesel no estado do Maranhão**. 2010, 126p. Dissertação (Mestrado Profissional em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), Instituto de Engenharia do Paraná, 2010.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Conta do desenvolvimento Energético (CDE)**. Brasília: ANEEL, 2015. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset\\_publisher/CegkWaVJWF5E/content/conta-de-desenvolvimento-energetico-cde/654800?inheritRedirect=false>](http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/conta-de-desenvolvimento-energetico-cde/654800?inheritRedirect=false>)>. Acesso em: 23 out. 2017.

\_\_\_\_\_. **Mapa dos empreendimentos de geração de energia elétrica**. Brasília: ANEEL, 2016. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/portal/home/webmap/viewer.html?webmap=45374c61bd3e40e3a484878003fae937>>>. Acesso em: 27 mai. 2017

\_\_\_\_\_. **Capacidade de geração do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2017a. Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 27 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. **Fontes de energia**. Brasília: ANEEL, 2017b. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Combustivel.cfm>>. Acesso em: 28 mai. 2017

\_\_\_\_\_. **Fontes de energia por classe**. Brasília: ANEEL, 2017c. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CombustivelPorClasse\\_fn1.cfm](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/CombustivelPorClasse_fn1.cfm)>. Acesso em: 28 mai. 2017

\_\_\_\_\_. **Código único de empreendimentos de geração (CEG)**. Brasília: ANEEL, 2017d. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/scg/formacao\\_CEG.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/formacao_CEG.asp)>. Acesso em: 05 mai. 2017.

ANP [Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis]. **Legislação**. Brasília: ANP, 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/distribuicao-e-revenda/leiloes-de-biodiesel/legislacao>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustível 2016**. Brasília: ANP, 2017a. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/anuario-estatistico/2441-anuario-estatistico-2016>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. **Dados estatísticos**. Produção de biocombustíveis. Produção de etanol (metros cúbicos). Brasília: ANP, 2017b. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/dados-estatisticos>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

ARAÚJO, F. D. da S.; ARAÚJO, I. C; COSTA, I. G; MOURA, C. V. R. de; CHAVES, M. H; ARAÚJO, E. C. E. Study of degumming process and evaluation of oxidative stability of methyl and ethyl biodiesel of *Jatropha curcas* L. oil from three different Brazilian states. **Renewable Energy**, v. 71, p. 495-501, 2014.

ARSP [Agência de Regulação de Serviços Públicos do Espírito Santo]. **História**. Vitória: ARSP, 2017. Disponível em: <<https://arsp.es.gov.br/historia>>. Acesso em: 03 jul. 2017.

BAI, Y; OUYANG, Y; PANG, J. S. Enhanced models and improved solution for competitive biofuel supply chain design under land use constraints. **European Journal of Operational Research**, v.249, p. 281-297, 2016.

BARROS, C. P; GIL-ALANA, L. A; WANKE, P. Ethanol consumption in Brazil: empirical facts based on persistence, seasonality and breaks. **Biomass and Bioenergy**, v. 63, p. 313-320, 2014.

BASKAR, C; AISWARYA, R. Trends in catalytic production of biodiesel from various feedstocks. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 496-504, 2016.

BERGMANN, J. C; TUPINAMBÁ, D. D; COSTA, O. Y. A; ALMEIDA, J. R. M; BARRETO, C. C; QUIRINO, B. F. Biodiesel production in Brazil and alternative

biomass feedstocks. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 21, p. 411-420, 2013.

BILGILI, F; KOÇAK, E; BULUT, Ü; KUSKAYA, S. Can biomass energy be a an eficiente policy tool for sustainable development? **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 830-845, 2017.

BIODIESELBR. **Legislação sobre o biodiesel**. Paraná: BIODIESELBR, 2006. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/destaques/analise2/legislacao-sobre-biodiesel.htm>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. **Impostos estrangulam crescimento do biodiesel alemão**. Paraná: BIODIESELBR, 2012a. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/inter/alemanha/impostos-estrangulam-crescimento-biodiesel-alemao-270112.htm>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. **Pesquisadores aperfeiçoam fabricação de biodiesel a partir de esgoto**. Paraná: BIODIESELBR, 2012b. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/outras/pesquisadores-aperfeicoam-fabricacao-biodiesel-esgoto-030912.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. **Brasil**. Paraná: BIODIESELBR, 2014a. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/oleos-vegetais-biodiesel-brasil.htm>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. **Espanha terá mistura de 8,5% de biocombustíveis em cinco anos**. Paraná: BIODIESELBR, 2015. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/espanha-tera-mistura-85-biocombustiveis-cinco-anos-091215.htm>>. Acesso em: 02 jul. 2016.

BRASIL. Senado Federal. **Decreto nº 76.593 de 14 de novembro de 1975**. Institui o Programa Nacional do Alcool e dá outras providências. Brasília: 1975. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=123069>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. **Portaria nº 45, de 30 de março de 2004**. Brasília: 2004. Disponível em: <[http://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/programas/proinfa/Portaria\\_MME\\_n\\_45-2004.pdf](http://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/programas/proinfa/Portaria_MME_n_45-2004.pdf)>. Acesso em: 01 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na Matriz Energética Brasileira; altera as Leis nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Brasília: 2005. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm)>. Acesso em: 12 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Lei nº 13.033 de 24 de setembro de 2014**. Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 8.723, de 28 de outubro

de 1993; revoga dispositivos da Lei no 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências. Brasília: 2014. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2014/Lei/L13033.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13033.htm)>. Acesso em: 12 mar. 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. Brasília: 2016. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2016/Lei/L13263.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13263.htm)>. Acesso em: 07 jul. 2016.

CAMPOS, A. F.; MORAES, N. G. Proálcool e Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): comparação e aprendizado. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Energia (CBE)**. Rio de Janeiro: XII CBE, 2008.

\_\_\_\_\_. **Tópicos em energia**. Teoria e exercícios com respostas para concursos. Rio de Janeiro: Synergia, 2012.

CAMPOS, A. F.; CAROLINO, C.; SANTOS, L. T. dos; SOUZA, V. H. A. de. Políticas energéticas brasileiras: análise comparativa entre o PROÁLCOOL e o PNPB. I: **Anais do 52º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)**. Goiânia: 52º SOBER, 2014.

CARVALHO, C. P. de. **Análise da reestruturação produtiva da agroindústria sucroalcooleira alagoana**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2009.

CARVALHO, C. M. de; SILVEIRA, S.; LA ROVERE, E. L.; IWAMA, A. Y. Deforested and degraded land available for the expansion of palm oil for biodiesel in the state of Pará in the Brazilian Amazon. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 867-876, 2015.

CASTANHEIRA, E. G.; GRISOLI, R.; FREIRE, F.; PECORA, V.; COELHO, S. T. Environmental sustainability of biodiesel in Brazil. **Energy Policy**, v. 65, p. 680-691, 2014.

CASTELLANELLI, C. A. Biocombustíveis e segurança alimentar: uma análise introdutória. **Revista Espacios**, v. 36, n. 23, 2015.

\_\_\_\_\_. **As certificações “verdes” e suas relações com a governança dos biocombustíveis**. Observatório Economía Latinoamericana, 2016. Disponível em: <<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/16/certificados.html>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

CCEE [Câmara de Comercialização de Energia Elétrica]. **Resultado consolidado dos leilões - 05/2017**. São Paulo: CCEE, 2017. Disponível em: <[https://www.ccee.org.br/portal/faces/aceso\\_rapido\\_header\\_publico\\_nao\\_logado/biblioteca\\_virtual?tipo=Resultado%20Consolidado&assunto=Leil%C3%A3o&\\_afLoop=227516048497883#%40%3F\\_afLoop%3D227516048497883%26tipo%3DResultado%2BConsolidado%26assunto%3DLeil%25C3%25A3o%26\\_adf.ctrl-state%3Dze6ccx84o\\_80](https://www.ccee.org.br/portal/faces/aceso_rapido_header_publico_nao_logado/biblioteca_virtual?tipo=Resultado%20Consolidado&assunto=Leil%C3%A3o&_afLoop=227516048497883#%40%3F_afLoop%3D227516048497883%26tipo%3DResultado%2BConsolidado%26assunto%3DLeil%25C3%25A3o%26_adf.ctrl-state%3Dze6ccx84o_80)>. Acesso em: 08 jun. 2017.



CHEN, X; ÖNAL, H. Renewable energy policies and competition for biomass: implications for land use, food prices, and processing industry. **Energy Policy**, v. 92, p. 270-278, 2016.

COBULOGLU, H. I; BÜYÜKTAHTAKIN, I. E. Food vs. biofuel: An optimization approach to the spatio-temporal analysis of land-use competition and environmental impacts. **Applied Energy**, v. 140, p. 418-434, 2015.

CONAB. **Séries históricas de área plantada, produtividade e produção, relativas às safras 1976/77 a 2015/16 de grãos**. Brasília: CONAB, 2017.

Disponível em:

<[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos)>. Acesso em: 08 jul. 2017.

COSTA, A. O. de. **A inserção do biodiesel na Matriz Energética Nacional: aspectos socioeconômicos, ambientais e institucionais**. 2017. Tese (Doutorado Planejamento Energético), Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.

DEININGER, K; BYERLEE, D. The rise of large farms in land abundant countries: do they have a future? **World Development**, v. 40, n. 4, p. 701-714, 2012.

DEPPERMAN, A; OFFERMANN, F; PUTTKAMMER, J; GRETHE, H. EU biofuel policies: income effects and lobbying decisions in the German agricultural sector. **Renewable Energy**, v. 87, p. 259-265, 2016.

ECODESENVOLVIMENTO. **Você conhece os selos de certificações ecológicas?** Salvador: ECODESENVOLVIMENTO, 2009. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/noticias/voce-conhece-os-selos-de-certificacao-ecologicos>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

EIA [Energy Information Administration]. **Indicators**. CO<sub>2</sub> emissions. 2016.

Disponível em:

<<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8&cid=ww,&syid=2002&eyid=2012&unit=MMTCD>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. **Total Biofuels Consumption**. 2014. Washington: EIA, 2017a. Disponível em:

<[https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=00000000000e&c=0000212000g0404800000400000000000000000000000002002&ct=0&tl\\_id=79-A&vs=INTL.79-2-BRA-TBPD.A&cy=2014&vo=0&v=H&start=2008&end=2014](https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=00000000000e&c=0000212000g0404800000400000000000000000000000002002&ct=0&tl_id=79-A&vs=INTL.79-2-BRA-TBPD.A&cy=2014&vo=0&v=H&start=2008&end=2014)>. Acesso em: 24 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Total Biofuels Production**. 2014. Washington: EIA, 2017b. Disponível em:

<[https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=000003g&c=08000212100g000400001000000000000000000000000000000000002002&ct=0&tl\\_id=79-A&vs=INTL.79-1-ARG-TBPD.A&cy=2014&vo=0&v=H&start=2008&end=2014](https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=000003g&c=08000212100g000400001000000000000000000000000000000000002002&ct=0&tl_id=79-A&vs=INTL.79-1-ARG-TBPD.A&cy=2014&vo=0&v=H&start=2008&end=2014)>. Acesso em: 24 jun. 2017



**de utilização de biodiesel B5 nas frotas de ônibus do Estado do Rio de Janeiro** - 2007. Rio de Janeiro: FETRANSPOR, 2008.

FREITAS, L. C. de; KANEKO, S. Ethanol demand under the flex-fuel technology regime in Brazil. **Energy Economics**, v. 33, p. 1146-1154, 2011.

GALIZA, J. de J. M. **Análise técnica e regulatória da geração de energia a partir de biogás de aterros sanitários no Espírito Santo**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável), Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

\_\_\_\_\_. **Métodos e técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIOVANNETTI, G; TICCI, E. Determinants of biofuel-oriented land acquisitions in Sub-Saharan Africa. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 678-687, 2016.

GORENDER, J. Gênese e desenvolvimento do capitalismo no campo brasileiro. In: STEDILE, J. P. **A questão agrária no Brasil**. São Paulo: Expresso Popular, 1. ed, v. 6, 2013.

HEERDT, M. L; LEONEL, V. **Metodologia científica e da pesquisa**: livro didático. 5. ed. Palhoça: Unisul Virtual, 2007.

HLPE [High Level Panel of Expert]. Biofuels and food security, 2013. In: **High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition**. Roma: HLPE, 2013.

Disponível em:

<[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/hlpe/hlpe\\_documents/HLPE\\_Reports/HLPEReport-5\\_Biofuels\\_and\\_food\\_security.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPEReport-5_Biofuels_and_food_security.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2017.

HONTY, G.; GUDYNAS, E. **Agrocombustibles y desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe** – Situación, desafíos y opciones de acción. Centro Latino Americano de Ecología Social, Uruguai, Montevideu, 2007.

HULES, M; SINGH, S; J. India's land grab deals in Ethiopia: Food security or global politics? **Land Use Policy**, v. 60, p. 343-351, 2017.

IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. **Cobertura no uso da terra**. Brasília: IBGE, 2016. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/default.shtm>>. Acesso em: 07 jul. 2017.

IEA [International Energy Agency]. **Key World Energy Statistics**. Paris: EIA, 2016. Disponível em:

<<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2016.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2017

JANK, M. S; NAPPO, M. **Etanol de cana-de-açúcar**. Uma solução energética global sob ataque. 2009. In: ABRAMOVAY, R. Biocombustíveis – a energia da controvérsia. São Paulo: Editora Senac, 2009.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

KOIZUMI, T. Biofuels and food security. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 829–841, 2015.

MANOCHIO, C. **Produção de bioetanol de cana-de-açúcar, milho e beterraba**: uma comparação dos indicadores tecnológicos, ambientais e econômicos. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal de Alfenas– Campus de Poços de Caldas, 2014.

MAPA [Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento]. **Soja**. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, H. A Ameaça à soberania nacional pela expansão do complexo agroquímico a partir da cana-de-açúcar e do etanol. In: STEDILE, J. P. Coletânea de Textos da ENFF. nº 10. **Questão Agrária Contemporânea e os Movimentos Camponeses da América Latina**. São Paulo: 2011.

MARTINS, H; STEDILE, J. P. Soberania Alimentar: Uma Análise dos Povos. 2010. In: STEDILE, J. P. Coletânea de Textos da ENFF. nº 10. **Questão Agrária Contemporânea e os Movimentos Camponeses da América Latina**. São Paulo: 2011.

McLAUGHLIN, D; KINZELBACH, W. Food Security and sustainable resource management. **Water Resources Research**, v. 51, p. 4966-4985, 2015.

MDA [Ministério do Desenvolvimento Agrário]. **Secretaria da Agricultura Familiar do Ministério do Desenvolvimento Agrário - SAF/MDA O Selo Combustível Social**. Brasília: MDA/SFA, 2017. Disponível em: <[http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user\\_img\\_1755/SCS\\_BALANC\\_O\\_2015\\_PARA\\_PUBLICACAO\\_02022017\\_.pdf](http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_img_1755/SCS_BALANC_O_2015_PARA_PUBLICACAO_02022017_.pdf)>. Acesso em: 03 jul. 2017

MILIJKOVIC, D; RIPPLINGER, D; SHAIK, S. Impacts of biofuel policies on the use of land and energy in U. S. agriculture. **Journal of Policy Modeling**, v. 38, p. 1089-1098, 2016.

MONIRUZZAMAN, M; YAAKOB, Z; KHATUN, R. Biotechnology for *Jatropha* improvement: a worthy exploration. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 1262-1277, 2016.

NGUYEN, T. L. T; HERMANSEN, J. E; SAGISAKA, M. Fossil energy savings potential of sugar cane bio-energy systems. **Applied Energy**, v. 86, p. 132-139, 2009.

NOVACANA. **A produção de cana-de-açúcar no Brasil (e no mundo)**. Paraná: NOVACANA, 2016. Disponível em: <<https://www.novacana.com/cana/producao-cana-de-acucar-brasil-e-mundo/>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. **História da legislação sobre o etanol**. Paraná: NOVACANA, [s.d]. Disponível em: <<https://www.novacana.com/etanol/historia-legislacao/>>. Acesso em: 01 mai. 2017

OGLOBO. **Certificados ambientais: 11 selos que você precisa conhecer**. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/revista-amanha/certificados-ambientais-11-selos-que-voce-precisa-conhecer-9623714>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

OLIVEIRA, F. C. de; COELHO, S. T. History, evolution, and environmental impact of biodiesel in Brazil: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, p. 168-179, 2017.

OSAKI, M; BATALHA, M. T. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. In: **Anais do 46º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)**. Rio Branco (AC): 46º SOBER, 2008.

PAGEL, U. R. **Análise da Produção de Energia Elétrica e de Biocombustíveis a partir de Resíduos Sólidos Agropecuários no Brasil**. 2017. 165 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

PASCHALIDOU, A; TSATIRIS, M; KITIKIDOU, K. Energy crops for biofuel production or for food? – Swot analysis (case study: Greece). **Renewable Energy**, v. 93, p. 636-647, 2016.

PRATES, C. P. T.; PIEROBON, E. C; COSTA, R.C. Formação do mercado de biodiesel no Brasil. In: **BNDES Setorial - Biocombustíveis**. Rio de Janeiro: BNDES, 2007.

RASMUSSEN, L. V; RASMUSSEN, K; BRUUN, T. B. Impacts of Jatropha-based biodiesel production on above and below ground carbon stocks: A case from Mozambique. **Energy Policy**, v. 51, p. 728-736, p. 2012.

RODRIGUES, R. M. **Pesquisa acadêmica: como facilitar o processo de preparação de suas etapas**. São Paulo: Atlas, p. 28-49, 2007.

ROMEU-DALMAU, C; GASPARATOS, A; VON MALTITZ, G; GRAHAM, A; ALMAGRO-GARCIA, J; WILEBORE, B; WILL, K. J. Impacts of land use change

due to biofuel crops on climate regulation services: five case studies in Malawai, Mozambique and Swaziland. **Biomass and Bioenergy**, p. 1-11, 2016.

ROSA, L. P. **Modelos e alternativas energéticas**. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2013.

SAJID, Z; KHAN, F; ZHANG, Y. Process simulation and life cycle analysis of biodiesel production. **Renewable Energy**, v. 85, p. 945-952, 2016.

SILVA, J. F.V; RICHETTI, A; HIRAKURI, M. H; CASTRO, A. M. G. Sistema produtivo de soja para a produção de biodiesel. In: CASTRO, A. M. G; LIMA, S. M. V; SILVA, J. F. V. **Complexo agroindustrial de biodiesel no Brasil: Competitividade das cadeias produtivas de matérias-primas**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2010.

SILVA, N. F. **Energias renováveis na expansão do Setor Elétrico Brasileiro: o caso da energia eólica**. Rio de Janeiro: Synergia, 2015

SOUZA, V. H. A. de; SANTOS, L. T. dos; PAGEL, U. R; SCARPATI, C. de B. L; CAMPOS, A. F. Aspectos Sustentáveis da Biomassa como Recurso Energético. **Revista Augustus**, v. 20, nº 40, p. 105-123, 2015.

STATTMAN, S. L; HOSPES, O; MOL, A. P. J. Governing biofuels in Brazil: A comparison of ethanol and biodiesel policies. **Energy Policy**, v. 61, p. 22-30, 2013.

STEDILE, J. P. Reflexões sobre as tendências do capital na agricultura e os desafios do movimento camponês da América Latina. 2010. In: STEDILE, J. P. Coletânea de Textos da ENFF, nº 10. **Questão Agrária Contemporânea e os Movimentos Camponeses da América Latina**. São Paulo: 2010.

\_\_\_\_\_. Tendências do capital na agricultura. In: STEDILE, J. P. (Org); Estevam, D. (Assistente de pesquisa). **A questão agrária no Brasil: o debate na década de 2000**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2013.

TEIXEIRA, E. B; ZAMBERLAN, L; RASIA, P. C. **Pesquisa em Administração**. Ijuí: Editoria Unijuí, 2009.

THONDHLANA, G. Land acquisition for and local livelihood implications of biofuel development in Zimbabwe. **Land Use Policy**, v. 49, p. 11-19, 2015.

TOLMASQUIM, M. T. **Novo modelo do Setor Elétrico Brasileiro**. 2. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2015.

\_\_\_\_\_. (coord). **Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

TOMEI, J; HELLIWELL, R. Food versus fuel? Going beyond biofuels. **Land Use Policy**, v. 56, p. 320–326, 2016.

TRUMBO, J. L.; TONN, B. E. Biofuels: A sustainable choice for the United States' energy future? **Technological Forecasting & Social Change**, v. 104 p. 147–161, 2016.

TRZECIAK, M. B.; NEVES, M. B. das; VINHOLES, P. da S.; VILLELA, F. A. Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de biodiesel. **Informativo Abrates**, v.18, p. 30-38, 2008.

UDOP [União dos Produtores de Bioenergia]. **Mapas**. Araçatuba: UDOP, 2016. Disponível em: <[http://www.udop.com.br/index.php?item=galeria\\_bioenergia#](http://www.udop.com.br/index.php?item=galeria_bioenergia#)>. Acesso em: 03 mai. 2016.

UNICA [União da Indústria de Cana-de-Açúcar]. **Unica aprova introdução de E10 na Alemanha, mas adverte contra restrições ao comércio**. São Paulo: UNICA, 2010. Disponível em: <<http://unica.com.br/noticia/32751495920338419546/unica-aprova-introducao-de-e10-na-alemanha-por-cento2C-mas-adverte-contra-restricoes-ao-comercio/>>. Acesso em 30 mai. 2016.

\_\_\_\_\_. **60 Países já adotam mistura obrigatória de biocombustíveis aos combustíveis fósseis**. São Paulo: UNICA, 2014. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticia/27251092920325965467/60-paises-ja-adotam-mistura-obrigatoria-de-biocombustiveis-aos-combustiveis-fosseis/>>. Acesso em: 22 mai. 2016.

\_\_\_\_\_. **Área cultivada com cana-de-açúcar** – área total por estado. São Paulo: UNICA, 2016. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5>>. Acesso em: 22 mai. 2016.

\_\_\_\_\_. **Exportação e importação**. Exportação anual. São Paulo: UNICA, 2017a. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/listagem.php?idMn=43>>. Acesso em: 28 mai. 2016.

\_\_\_\_\_. **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol** - safra 2016/2017. São Paulo: UNICA, 2017b. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2>>. Acesso em: 25 mai. 2016.

USTAOGLU, E.; CASTILLO, C. P.; JACOBS-CRISIONI, C.; LAVALLE, C. Economic evaluation of agricultural land to assess land use changes. **Land Use Policy**, v. 56, p. 125-146, 2016.

VACCARO, G. L. R.; POHLMANN, C.; LIMA, A. C.; SANTOS, M. S. dos; SOUZA, C. B. de; AZEVEDO, D. Prospective scenarios for the biodiesel chain of Brazilian state. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 1263-1272, 2010.

VALERA, C. A.; VALLE JUNIOR, R. F.; VARANDAS, S. G. P.; FERNANDES, L. F. S.; PACHECO, F. A. L. The role of environmental land use conflicts in soil fertility: a study on the Uberaba River basin, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 562, p. 463-473, 2016.

VASILE, A. J; ANDREEA, I. R; POPESCU, G, H; ELVIRA, N; MARIAN, Z. Implications of agricultural bioenergy crop production and prices in changing the land use paradigm: the case of Romania. **Land use Policy**, v. 50, p. 399-407, 2016.

VECCHIA, R. **O meio ambiente e as energias renováveis**: instrumentos de liderança visionária para a sociedade sustentável. São Paulo: Manole: Minha Editora, 2010.

WBA [World Bioenergy Association]. **WBA Global Bioenergy Statistics**, 2016.

ZABED, H; SAHU, J. N; SUELY, A; BOYCE, A. N; FARUQ, G. Bioethanol production from renewable sources: current perspectives and technological progress. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 475-501, 2017.