UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FAEN - FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

NAIARA LIMA COSTA

BIOCOMBUSTÍVEIS: PRODUÇÃO, TRANSPORTE, USO FINAL E EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA REGIÃO CENTRO-OESTE.

DOURADOS-MS

2017

NAIARA LIMA COSTA

BIOCOMBUSTÍVEIS: PRODUÇÃO, TRANSPORTE, USO FINAL E EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA NA REGIÃO CENTRO-OESTE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a banca examinadora da Universidade Federal da Grande Dourados para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia. Orientador: Professor Dr. Eduardo Mirko Valenzuela Turdera

.

DOURADOS-MS

2017

NAIARA LIMA COSTA

BIOCOMBUSTÍVEIS: PRODUÇÃO, TRANSPORTE, USO FINAL E EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA NA REGIÃO CENTRO-OESTE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia na Universidade Federal da Grande Dourados, pela comissão formada por:

_____

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mirko Valenzuela Turdera
FAEN – UFGD

_____

Prof. Dr. Paulo Sérgio Vasconcelos
FACE – UFGD

_____

Profa. Mestre. Fernanda Cavicchioli Zola
FAEN – UFGD

DOURADOS-MS

2017

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal da Grande Dourados e aos profissionais que a compõem, que em algum momento contribuíram para minha formação.

Ao corpo docente do curso de Engenharia de Energia, pelo conhecimento e instruções proporcionados ao longo desses anos.

Ao professor Dr. Eduardo Mirko Valenzuela Turdera, pelo tempo disponibilizado para orientações, correções e sugestões e, principalmente, por todo conhecimento específico e experiência compartilhados.

Aos meus pais que me mantiveram em outro estado, e proporcionaram a oportunidade de uma escolaridade que a eles não foi concedida. Por toda paciência demonstrada nesses anos, incentivo e apoio.

Aos amigos que fiz na graduação, pelas horas e momentos compartilhados.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma discussão acerca do mercado dos combustíveis líquidos como um todo, mas focando nos biocombustíveis. São quantificadas as emissões veiculares de Gases de Efeito Estufa (GEE) evitadas provenientes da participação dos biocombustíveis no setor de transporte. Inicialmente, é feito um levantamento histórico da produção e demanda de combustíveis líquidos, em âmbito mundial e nacional. Todavia, são discutidas as políticas de incentivo que propiciaram a inserção dos biocombustíveis na matriz energética de países e regiões selecionadas, entre elas se caracteriza o BRICS por ser um grupo com perfil elevado de consumo de energia. Relacionam-se as principais variáveis de influência que englobam o consumo dos biocombustíveis, bem como as tendências de consumo e restrições quanto à sua expansão. Por fim, é apresentada a metodologia de cálculo de emissões e é feita uma discussão das características da frota brasileira e da região Centro-Oeste. Considerando o modal rodoviário se faz uma projeção de GEE dos três principais combustíveis líquidos consumidos no país.

Palavras-chave: biocombustíveis, energia renovável, emissão de Gases Efeito Estufa, setor de transporte.

ABSTRACT

Current dissertation presents a discussion about liquid fuels and biofuel markets at regional and national scope. The research includes the calculation of the Green Houses Gas evited by the use of biofuels at Brazilian vehicular road fleet. First we made an historical survey of the production and demand of liquid fuels, at world and national level. Moreover, we discuss the incentive policies that favored the insertion of biofuels in the matrix energy of countries and regions where biofuel market are consolidated. The BRICS' energy demand and consumption have been analyzed because this group gathers the most population of the world and Brazil is one of the members. Our research brings to discuss which factors, economic, energy or environment, have seen relevant to growing of biofuel globally. Finally, to calculate GHG emissions is presented a methodology and are created scenarios to forecast total GHG emissions from the three liquid fuels more consumed in Brazil.

Keywords: biofuels, GHG emissions; renewable energy; transportation sector

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Produção de biocombustíveis na América do Norte 22
Figura 2. Demanda de combustíveis líquidos na América do Norte 24
Figura 3. Produção de biocombustíveis nas Américas do Sul e Central 26
Figura 4. Demanda de combustíveis líquidos nas Américas do Sul e Central 27
Figura 5. Produção de biocombustíveis na Europa e Eurásia 29
Figura 6. Demanda de combustíveis líquidos na Europa e Eurásia 29
Figura 7. Produção de biocombustíveis na África e Oriente Médio 31
Figura 8. Demanda de combustíveis líquidos na África e no Oriente Médio 31
Figura 9. Produção de biocombustíveis na Ásia 34
Figura 10. Demanda de combustíveis líquidos na Ásia 35
Figura 11. Percentual de participação no mercado de referência 36
Figura 12. Comparação entre produção de combustíveis fósseis e demanda de combustíveis líquidos. 37
Figura 13. Relação entre PIB mundial e do BRICS 40
Figura 14. PIB dos países que constituem o BRICS 41
Figura 15. Emissão de CO_2 do BRICS 42
Figura 16. Consumo de petróleo dos países que constituem o BRICS 44
Figura 17. Consumo de gás natural dos países que constituem o BRICS 45
Figura 18. Consumo de energia elétrica dos países que constituem o BRICS 46
Figura 19. Percentual de participação das fontes primárias 47
Figura 20. Percentual de participação no consumo de petróleo e energia elétrica - 10 principais países 48
Figura 21. Matriz por modal do setor no Brasil 53
Figura 22. Participação do tipo de veículo na frota brasileira 54
Figura 23. Frota veicular da região Centro-Oeste 55
Figura 24. Evolução histórica da produção de etanol 60
Figura 25. Etanol total: Histórico de produção e Moagem 62
Figura 26. Produção, demanda e exportação de etanol 66
Figura 27. Preço médio do etanol 67
Figura 28. Produção histórica de biodiesel 71
Figura 29. Produção histórica de diesel 72
Figura 30. Expectativa da evolução da produção brasileira de biodiesel até 2050 73
Figura 31. Expectativa da produção de biodiesel calculada 74
Figura 32. Expectativa de produção de etanol calculada 75
Figura 33. Intensidade energética brasileira (tep/$1,000 PPP 2011) 79
Figura 34. Correlação entre PIB e consumo de energia. 82
Figura 35. Relação entre PIB per capita e consumo de energia no Brasil 83
Figura 36. Emissões de CO_2 por tep para o Brasil 84
Figura 37. Evolução do consumo de energia per capita do Brasil 85
Figura 38. Consumo de combustíveis líquidos no Brasil 94
Figura 39. Emissões de GEE para o setor de transporte rodoviário brasileiro 95
Figura 40. Consumo de combustíveis líquidos no Centro-Oeste 96
Figura 41. Emissões de GEE para o setor de transporte rodoviário da região Centro-Oeste 97

Figura 42. Emissões evitadas no Centro-Oeste 98
Figura 43. Emissões de GEE para o setor de transporte rodoviário nacional e regional 99
Figura 44. Relação entre emissões e consumo 100
Figura 45. Usinas de biodiesel e usinas de açúcar e álcool do Estado de Goiás..... 116
Figura 46.Usinas de biodiesel e usinas de açúcar e álcool do Estado de Mato Grosso 117
Figura 47. Usinas de biodiesel e usinas de açúcar e álcool do Estado de Mato Grosso do Sul 118

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

APOC – "Anglo-Persian Oil Company"

APROBIO – Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil

BEN – Balanço Energético Nacional

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BRIC – Brasil, Rússia, Índia e China

BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul

CIMA – Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool

CENAL – Comissão Executiva Nacional do Álcool

CEPA USP – Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada da Universidade de São Paulo

CFCs – Clorofluorcarbonos

CNAL – Conselho Nacional do Álcool

CO – Centro-Oeste

CO* – Monóxido de Carbono

CO_2 – Dióxido de Carbono

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

COMPETE – "Programa Operacional Factores de Competitividade"

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DEPEC – Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos – BRADESCO

DF – Distrito Federal

DOU – Diário Oficial da União

EDGAR – "Emissions Database for Global Atmospheric Research"

EE - Eficiência Energética

EIA – “Energy Information Administration”

EISA – “Energy Independence and Security Act”

ENMC – Entidade Nacional para o Mercado de Combustíveis

EPAct – “Energy Policy Act”

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

Esso – “Standard Oil of New Jersey”

EUA – Estados Unidos da América

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FEDER – Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

FQD – “Fuel Quality Directive”

G20 – Grupo dos 20 países mais desenvolvidos e industrializados

GEE – Gases do Efeito Estufa

GgC – Gigagramas de Carbono

GW – Giga Watts

HFCs – hidrofluorcarbonos

H_2O – Vapor d'água

IE – Indústria Energética

IEA – “International Energy Agency”

IPCC – “Intergovernmental Panel on Climate Change”

ISO – "International Organization for Standardization"

Itamaraty – Ministério das Relações Exteriores

LPU - Lei do Preço Único

Mapa – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

N_2O – Óxido nitroso

NDC – Contribuição Nacionalmente Determinada

O_3 – Ozônio

OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OEI – “Organización de Estados Iberoamericanos”

OIE – Oferta Interna de Energia

ONU – Organização das Nações Unidas

OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo

OVEG – Programa de Óleos Vegetais

PCI – Poder Calorífico Inferior

PCS – Poder Calorífico Superior

PDE – Plano Decenal de Expansão

PFCs – Perfluorcarbonos

PIB – Produto Interno Bruto

PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

PPP - Paridade de Poder de Compra

Pró-Álcool – Programa Nacional do Álcool

Pró-óleo – Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos

Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

QREN – Quadro de Referência Estratégico Nacional

RED – Diretiva das Energias Renováveis

RFS – “Renewable Fuel Standard”

SF_6 – Hexafloureto de enxofre

Socal – “Standard Oil of California”

Soconv – “Standard Oil of New York”

tep – Tonelada Equivalente de Petróleo

QAV – Querosene para aviação

UBRABIO – União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene

UF – Unidade Federativa

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14

1.1. Objetivo 16

2.1. Combustíveis líquidos: situação atual 17

2.1.1. América do Norte 19

2.1.2. América do Sul e Central 24

2.1.3. Europa e Eurásia 27

2.1.4. África e Oriente Médio 30

2.1.5. Ásia 32

2.2. Considerações sobre o Mercado mundial de combustíveis líquidos 35

2.3. A Investida dos Energéticos Renováveis 37

2.4. Os BRICS no Mercado Energético 38

2.5. Tendências, Desafios e Restrições dos Biocombustíveis 47

3. O SETOR DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NACIONAL E REGIONAL NO CENTRO-OESTE (CO) 52

3.1. O A Presença Maciça da Frota Veicular num País Continental 52

3.1. Regulação sobre a comercialização e utilização do etanol e do biodiesel 56

3.1.1. Etanol 56

3.1.2. Biodiesel 57

4. O MERCADO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS E A QUESTÃO AMBIENTAL NO BRASIL E NO CENTRO-OESTE 59

4.1. O Proálcool: Origem e Expectativas 59

4.2. Produção de etanol no Centro-Oeste 62

4.3. O Biodiesel e sua Inserção Vagarosa no Mercado 68

4.4. Perspectiva da Oferta e Demanda dos Biocombustíveis 71

5. RELAÇÕES ENTRE O CONSUMO E PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS E INDICADORES ENERGÉTICOS ECONÔMICOS, AMBIENTAIS E SOCIAIS. 77

5.1. Intensidade Energética 77

5.2. Eficiência Energética 80

5.3. Consumo Energético per capita (Brasil e CO) 83

5.4. Correlação Histórica e Cenários para o Consumo de Combustíveis Líquidos e as Emissões de Gases Efeito Estufa no Âmbito Nacional e Regional 86

5.4.1. Contabilização de gases de efeito estufa 87

5.4.1.1. Metodologia top-down 89

4.4.1.2. Discussão dos resultados obtidos 92

6. CONCLUSÕES 101

6.1. Sugestões para trabalhos futuros 103
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 104
ANEXO A 116

1. INTRODUÇÃO

A crescente busca pela diversificação das fontes de energia teve seus primórdios na década de 70, após as denominadas “crises do petróleo”, porém ganhou força principalmente nos últimos anos, assim, vem se evidenciando a substituição de combustíveis fósseis, cujo intuito principal, embora não único, é o de mitigar as emissões de gases que contribuem para o aquecimento global e o efeito estufa.

A busca por fontes de energia renováveis e limpas tornou-se um desafio global, permitindo constante estudo desse novo desafio, de modo que as tecnologias de transformação da energia fossem introduzidas e aprimoradas a partir de tais fontes. Em 1992, decorrente da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, foi ampliada mundialmente a discussão acerca das emissões de gases de efeito estufa (GEE); e em 1998, com a criação do Protocolo de Kyoto, foram estabelecidos percentuais de redução quanto às emissões em períodos pré-definidos para cumprimento de proposta. Assim, o conceito de sustentabilidade deu início a ampliação do planejamento no que diz respeito à utilização de fontes de energia alternativa (INATOMI; UDAETA, 2005).

Contudo, o interesse pelos biocombustíveis antecedeu as discussões relacionadas às emissões mundiais de gases de efeito estufa. Na década de 70 os dois choques do petróleo propiciaram a procura por alternativas renováveis, com a iniciativa de nações maciçamente importadoras do insumo. Surgiram então programas que buscavam o desenvolvimento do uso de energias renováveis, investiam na economia de energia e, implantavam usinas tecnologicamente mais avançadas e menos poluidoras para utilizar energia nuclear, gás natural e carvão mineral. Ainda na década de 1970 nascia a preocupação com a qualidade do ar em grandes centros urbanos e com os efeitos decorrentes das emissões de gases poluentes, fatores que despertaram o interesse por biocombustíveis. Na década de 1990, a partir de tecnologias como a injeção eletrônica e de catalisadores de três vias nos veículos, houve uma redução das emissões gasosas nocivas provenientes do setor de transporte e, assim foi estabelecida a importância do álcool combustível no Brasil, que teve

início na obrigatoriedade da adição de componentes oxigenados na gasolina (LEITE; LEAL, 2007).

Atualmente, dentro do cenário nacional, o setor de transporte tornou-se um dos principais emissores de GEE, visto a tendência do aumento da frota veicular, passando de 29.722.950 veículos em 2000 para 90.686.936 em 2015 e, a extensão territorial brasileira de 8.515.767,049 km^2, segundo publicação do DOU nº 118 de 22/06/2016, conforme Resolução Nº 02, de 21 de junho de 2016 (IBGE, 2017).

O estudo sobre transportes é complexo e vasto e sua motivação depende de divisões que refletem o interesse em questão. Em resumo, aborda soluções e problemas sociais e econômicos estabelecidos em um determinado espaço territorial. Para Ortúzar e Willumsen (2008) os problemas associados ao transporte são mais globais e sérios do que nunca, tanto em países industrializados quanto nos países em desenvolvimento.

A análise global do setor reflete análises multimodais, considerando todos os sistemas de transporte interligados, em função de proposições e tendências atuais como, por exemplo, o fator ambiental. Fatores como os tecnológicos e legais também têm influência na tomada de decisões (QUADROS; RIBEIRO, 2008).

Atualmente caracteriza-se uma série de parâmetros, denominados condições de contorno e/ou restrições para o planejamento. São eles: emissões de poluentes, emissões de ruídos, escassez de combustíveis líquidos, veículos mais econômicos, entre outros fatores. Dessa forma, tem-se o sistema de transporte em um determinado território composto da oferta de infraestrutura (vias) e serviços (operação de veículos) considerando todos os modos de transporte disponíveis que atendem uma determinada demanda dentro de uma região, ou entre uma região e demais regiões (QUADROS; RIBEIRO, 2008).

A extensão do território brasileiro, 5º maior país do mundo, reflete em modais de transporte com impacto direto na economia do país, seja para exportação e/ou importação de mercadorias, visto a distribuição de alimentos e recursos básicos para a população (TURDERA; VARGAS, 2016). Nesse cenário, 9% de toda frota brasileira, considerando todos os tipos de veículos, concentra-se no Centro-Oeste segundo dados do DENATRAN (2015), enquanto que a

região compõe a segunda maior extensão territorial, com cerca 19% do território mundial (IBGE, 2017).

1.1. Objetivo

O objetivo do presente trabalho é analisar o impacto da cadeia de valor dos biocombustíveis, no Brasil e na região Centro-Oeste (CO), desde sua produção e transporte até a utilização final, bem como determinar a contribuição do setor de transporte nas emissões de gases do efeito estufa. Para tal, se faz uma caracterização do mercado mundial e regional de biocombustíveis como um todo, comparando-o com combustíveis convencionais. Enfatiza-se a região Centro-Oeste, visto o potencial que esta tem mostrado tanto na produção de etanol quanto na de biodiesel.

2. CENÁRIO ENERGÉTICO MUNDIAL DOS COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS

2.1. Combustíveis líquidos: situação atual

Após o final da segunda Guerra Mundial o setor de transporte rodoviário tem crescido vertiginosamente, em todas as regiões do planeta. A consolidação da tecnologia dos motores dos ciclos Diesel e Otto, a necessidade de monetizar as reservas disponíveis de petróleo por parte das grandes companhias de petróleo da época (sete irmãs[1]), o baixo preço dos derivados do insumo e o crescimento da população, ávida em consumir bens e serviços derivados do petróleo, propiciaram que nas décadas de 50 e 60 o consumo de petróleo se expandisse vertiginosamente, podendo ser consideradas como a era do apogeu do petróleo. Não necessariamente pelo volume de consumo, com certeza menor que nos dias atuais, mas pela penetração, aceitação e abrangência que teve o petróleo nos diversos setores da economia.

O geólogo norte-americano M. King Hubbert, em artigo publicado em 1956, demonstrou que a projeção máxima das reservas de petróleo dos Estados Unidos, considerando as reservas provadas, deveria ser atingida em cerca de 50 anos, correspondente ao período posterior a data de exploração em grande escala. Após isso viria o declínio da produção dos combustíveis fósseis. No entanto, atualmente, há controversas quanto à abordagem dessa estimativa e, portanto, quanto ao tão falado declínio da produção os combustíveis fósseis,

---

[1] Sete irmãs - eram assim chamadas ás sete maiores companhias de petróleo do mundo, as quais eram detentoras, até inicios da década de 70 de aproximadamente 65% das reservas provadas naquele tempo. As sete companhias que formaram esse Cartel eram:

1. Royal Dutch Shell. Atualmente chamada simplesmente de Shell.
2. Anglo-Persian Oil Company (APOC). Mais tarde, British Petroleum Amoco, ou BP Amoco. Atualmente é conhecida pelas iniciais BP.
3. Standard Oil of New Jersey (Esso). Exxon, que se fundiu com a Mobil, atualmente, ExxonMobil.
4. Standard Oil of New York (Socony). Mais tarde, Mobil, que se fundiu com a Exxon, formando a ExxonMobil.
5. Texaco. Posteriormente fundiu-se com a Chevron, formando a ChevronTexaco de 2001 até 2005, quando o nome da companhia voltou a ser apenas Texaco.
6. Standard Oil of California (Socal). Posteriormente formou a Chevron, que incorporou a Gulf Oil e posteriormente se fundiu com a Texaco.
7. Gulf Oil. Absorvida pela Chevron, posteriormente ChevronTexaco.

devido ás novas descobertas e tecnologia disponível. Apenas para ilustrar a discussão, as reservas dos EUA passaram de 30,2 bilhões de barris em 1993 para 44,2 bilhões de barris em 2013, um aumento de 46,3%; no âmbito mundial as reservas provadas de petróleo em 2013 atingiam 1.687,9 bilhões de barris, equivalente a um crescimento de 62% para o mesmo período avaliado (BP, 2015).

Portanto, o aumento da produção de combustíveis fósseis está fortemente relacionada com o desenvolvimento de novas tecnologias de extração do petróleo, inclusive de poços que até pouco tempo atrás eram considerados exauridos ou depletados. As novas tecnologias têm propiciado que parte do petróleo que ficava indisponível no poço agora seja explorado, assim na realidade houve aumento ou expansão das reservas provadas de campos de petróleo antigos e consolidados e não necessariamente descoberta de novas jazidas (YERGIN, 2011).

Até 2014 o preço do barril do petróleo atingiu patamares inimagináveis, o que possibilitou sua exploração, com novas tecnologias, de jazidas já conhecidas e inclusive de jazidas detentoras de reservas de petróleo não convencionais de combustíveis fósseis, tais como o petróleo de folhelho (*shale oil*) e areias betuminosas (*oil sands*[2]) (Santos et al. 2015). Assim, lembrando a análise do gráfico de reservas-custo de Mckelvey, os custos de extração-exploração têm sido cobertos pelo preço do petróleo no mercado internacional. As reservas prováveis passaram a serem reservas provadas, aumentando as reservas e dilatando a relação R/p. Embora esse quadro da alta do petróleo tenha mudado desde 2014, o investimento feito e a elasticidade da demanda que tem mostrando o mercado mundial de petróleo e de gás natural têm sido suficientes para expandir aumento na produção, principalmente nos Estados Unidos.

Outra variável que influencia muito o consumo de petróleo é a tecnologia dos novos veículos. A evolução tecnológica dos veículos de transporte que usam derivados do petróleo pode se enquadrar no raciocínio do economista austríaco Joseph Schumpeter. Segundo FOUQUET (2008), o economista definiu como

[2] Oil sands. Areias betuminosas são tanto areias soltas ou arenitos parcialmente consolidadas contendo uma mistura natural de areia, argila e agua, saturada com uma forma de petróleo extremamente viscoso, tecnicamente conhecido como betumen ou coloquialmente chamado de alcatrão.

fazer a análise econômica para a mudança tecnológica, considerando-a como um processo de partida desde a invenção ao desenvolvimento e finalizando na divulgação da tecnologia. No estágio da invenção novas ideias são geradas no laboratório. Assim, a tecnologia foi aprimorada para o consumidor final usá-la e desta forma, vende-la como um bem ou serviço através da economia. Portanto, enquanto os estágios de invenção e desenvolvimento são cruciais para a tecnologia, a análise econômica é mais relevante no estágio de difusão e da utilização da tecnologia donde forças de mercado da demanda e da oferta jogam papel fundamental.

Nos próximos parágrafos são apresentados diversos gráficos sobre a produção e demanda de biocombustíveis no âmbito internacional e doméstico. As curvas para a produção e demanda de biocombustíveis foram elaboradas a partir do relatório anual de energia da BP *Statistical Review of World Energy* (2015). A demanda de biocombustíveis não é apresentada pelo relatório de forma isolada, assim, as curvas de demanda apresentadas abaixo levam em consideração, além do etanol e do biodiesel, combustível de refinaria, perdas, querosene de aviação e barcas marítimas, gás natural e derivados do petróleo; enquanto que a produção, apresentada em milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep[3]), detalha especificadamente a produção de biocombustíveis.

Os dados de produção apresentados no relatório são divididos entre combustíveis alternativos e não alternativos. Assim, a produção de combustíveis não alternativos, em milhões de toneladas, é apresentada pelo relatório especificando a exclusão de combustíveis líquidos provenientes da biomassa. Os valores referentes a essa produção correspondem ao petróleo bruto, óleo de xisto, areias petrolíferas e gás natural liquefeito. Para fins comparativos, esses valores serão mencionados nas discussões que seguem, mas sem a apresentação de seus valores, individualizados, em forma gráfica.

2.1.1. América do Norte

A elevada produção de biocombustível na América do Norte, evidenciada na Figura 1, refere-se principalmente ao que é produzido nos Estados Unidos da

[3] 1 tep= 41,87 x 10^9 J= 39,68 x 10^6 Btu= 10,0 x 10^9 cal= 11,63 x 10^3 kWh

América (EUA) (BP, 2015). Os EUA como país, se tornou em 2006 o maior produtor mundial de biocombustíveis, com uma produção de pouco mais que 9,7 milhões de tep, ultrapassando o Brasil que no ano de referência produziu 8,7 milhões (Figura 3, página 26). Como mencionado anteriormente, a demanda de combustíveis não é apresentada no relatório de forma separada, dessa forma a produção de combustíveis referente a esse ano foi de 304,6 milhões de toneladas, enquanto que o consumo foi de 930,7 milhões de toneladas (Figura 2, página 24).

A liderança mundial quanto à produção do insumo pode ser atribuída ao estabelecimento das primeiras metas referente a esse tipo de energia, a partir do *Energy Policy Act* de 2005 (EPAct 2005), que estabeleceu uma série de medidas para a inserção de biocombustíveis, tais como programações para a adição de combustíveis renováveis à gasolina por refinarias, formuladores, distribuidores e importadores; essa medida, denominada RFS ("Renewable Fuel Standart"), é estabelecida pela Seção 1501 da legislação norte-americana. As primeiras metas estabelecidas pela legislação foram datadas a partir de 2006, que englobou medidas como: a utilização de biocombustíveis (em bilhões de galões anuais), o percentual mínimo de combustível renovável na gasolina e adições de etanol celulósico (PIRES; SCHECHTMAN, s.d.).

A partir de 2006, a taxa de crescimento média na produção do insumo foi de aproximadamente 15%; com o aumento gradativo em sua produção, o país apresentou maior percentual de crescimento no ano de 2007, onde a taxa foi de 38,1% comparado ao ano anterior, enquanto que o menor percentual foi verificado entre os anos de 2011 e 2012, com valor respectivo de aproximadamente -0,1% (BP, 2015). Referente a 2007, *o Energy Independence and Security Act* (EISA) re-editou o RFS, criando um novo programa conhecido como RFS2 que, estabeleceu como principal mudança o aumento dos volumes obrigatórios dos combustíveis renováveis. Com a expansão do RFS2, tem-se atualmente a meta de 36 bilhões de galões até 2022, além de volumes mínimos de biocombustível celulósico e de biodiesel originado de biomassa (PIRES; SCHECHTMAN, s.d.).

Em 2014, último ano de referência, os EUA produziram pouco mais de 30 milhões de tep, sendo responsável por 42,5% da produção mundial de biocombustíveis. O grande volume da produção estadunidense é atribuído por

Pires e Schechtman *Op. cit*., a uma série de combinações de padrões regulatórios e incentivos financeiros para sua promoção. No que tange ao mercado varejista, verifica-se maior demanda de biocombustíveis no país originada pela obrigatoriedade do etanol na gasolina, destacando a utilização do milho como insumo principal para obtenção de tal.

No que diz respeito ao Canadá, o país possui a terceira maior reserva de petróleo do mundo, cerca de 172,9 bilhões de barris em 2014. A produção de combustíveis referente a esse ano foi de 209,8 milhões de toneladas (5,0%) com demanda de 103,0 milhões de toneladas (2,4%). A taxa de crescimento média dos últimos 10 (dez) anos referente à demanda do país equivale a 0,3%, apresentando declínio, ainda que pouco considerável, nos anos de 2005, 2006, 2008, 2009, 2012 e 2014 (BP, 2015). Destes valores, tem-se que entre os anos de 2005 e 2009, um terço da demanda energética canadense foi consumida pelo setor de transporte (EPE, 2015).

Tendo em vista o potencial energético do Canadá, e visando a diminuição dos GEE, em 2006 foi incorporado o Mandato Nacional de Biocombustíveis ("National Biofuels Mandate"), integrando a Estratégia Nacional para Combustíveis Renováveis ("Renawable Fuels Strategy") que passou por uma série de revisões e emendas, até que em 2010, uma das mais importantes regulamentações, foi incluída a obrigatoriedade de 5% de etanol na gasolina (CHAGAS, 2008). Em números absolutos tem-se a elevação da produção de 0,16 milhões de tep para 0,46 milhões de tep entre os anos de 2006 e 2007, evidenciando um crescimento aproximado de 188%, com uma média de crescimento de 14,52% até o período de elaboração do relatório. Já em 2014 a produção canadense foi de 1,14 milhões de tep, participando com 1,6% da produção mundial.

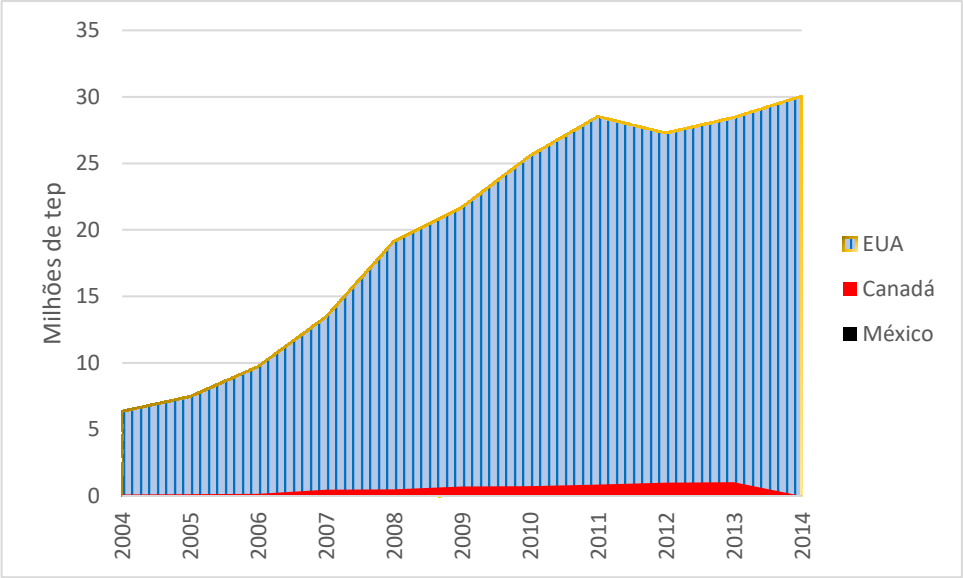

Figura 1. Produção de biocombustíveis na América do Norte

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

Referente ao México, o país incorporou a produção de biocombustíveis em 2007, produzindo o equivalente a 0,004 milhões de tep e mantendo a produção até 2009. Em 2010, com um crescimento de 225% o país produziu 0,013 milhões de tep e manteve crescimento médio de quase 5% até 2012. Em 2013 o crescimento da produção foi 278,6%, dessa forma a produção de 0,053 milhões de tep se manteve até 2014.

O crescimento referente à 2010 é atribuído ao estabelecimento de metas que foram consideradas em 2009, visando a inserção do etanol à gasolina nas principais cidades do país (GUIDO JÚNIOR, 2010). Os principais insumos em potencial para utilização no México são a cana-de-açúcar e o grão de sorgo, para o etanol; e o óleo de palma, mamona e pinhão manso para a produção de biodiesel (GARCÍA, et. Al, s.d.).

Atualmente, a produção do país, excluindo os biocombustíveis, equivale a 137,1 milhões de toneladas (3,2%) e o consumo total a 85,2 milhões de toneladas (2,0%).

Referente à demanda de combustíveis líquidos na América do Norte, essa é a segunda maior, com 1024,4 milhões de toneladas (24,3%), atrás somente da Ásia que tem percentual de participação mundial de 33,9%. A constituição dessa parcela segue a tendência de produção, os EUA é o maior consumidor da região (19,9%), assim como maior país consumidor do mundo, seguido por Canadá

(2,4%) e México (2,0%). A produção de combustíveis fósseis da região é de 866,8 milhões de toneladas e a de biocombustíveis é de 31,2 milhões de tep, não são capazes de suprir a necessidade de demanda, quando considerado os três países em destaque; assim, mais de 126 milhões de toneladas demandados não são produzidos regionalmente. Entretanto, faz-se necessário evidenciar que Canadá e México produzem mais do que consomem, quase 159 milhões de toneladas, dessa forma, a importação da região, considerando apenas valores absolutos, é atribuída aos EUA.

A devida consideração associada ao mercado discerne esse comportamento. Uma vez que considerado o tipo de petróleo (leve ou pesado) e produtos derivados, o país se torna o maior importador de petróleo em escala mundial. Segundo dados do EIA (2014), cerca de 40% da demanda estadunidense é suprida pela importação. Quanto à sua exportação, segunda maior em escala mundial, atrás da China, essa se dá essencialmente pelo óleo refinado, em combustíveis e demais produtos, visto que a política de refino do país proíbe a exportação de petróleo produzido em seu território. Tal medida é adotada em função da segurança energética, pela oferta interna compatível com a demanda (BRASIL, 2015).

A importação do país mostra tendência de declínio, através da junção entre redução de consumo, ainda que de forma pouco acentuada, e a crescente produção de biocombustíveis. Um dos fatores de influência para tal comportamento é o crescimento populacional, visto a redução em taxa de crescimento. Por exemplo, entre os anos de 2005 e 2010, a população do país cresceu pouco mais de 4,7%, de 298,16 milhões para 312,24 milhões e; entre 2010 e 2015 a taxa de crescimento foi de 4,1%. A projeção realizada pela ONU (2015) apresenta essa redução de forma gradativa, assim, para 2050 espera-se um crescimento pouco maior que 2,2%.

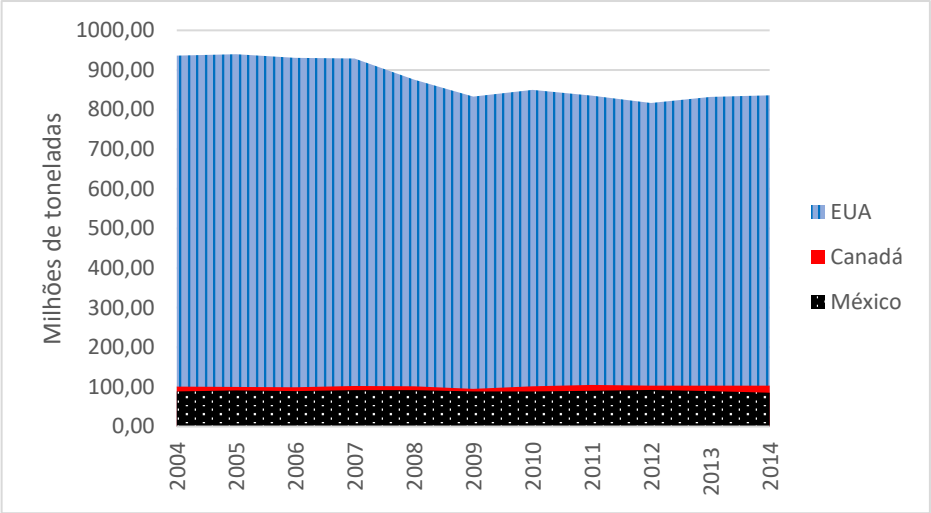

Figura 2. Demanda de combustíveis líquidos na América do Norte

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

2.1.2. América do Sul e Central

Atualmente o Brasil é o segundo maior produtor de biocombustíveis em âmbito mundial, evidenciando seu destaque na participação da matriz energética no setor e se sobressaindo principalmente quando comparado aos demais países da América do Sul e Central, como apresentado na Figura 3.

A produção brasileira de biocombustíveis teve início com a criação do programa Proálcool, vide seção 4.1, que objetivou a substituição em larga escala de combustíveis derivados do petróleo. Seu desenvolvimento partiu da busca pela diminuição da dependência externa oriundas do choque do preço do petróleo, assim, entre 1975 e 2000 o país produziu cerca de 5,6 milhões de veículos movidos a álcool hidratado. Referente a esse período há a estimativa de que 110 milhões de toneladas de carbono foram deixadas de serem emitidas à atmosfera, além de reduzir a importação em 550 milhões de barris de petróleo e proporcionar uma economia de aproximadamente 11,5 bilhões de dólares (BIODIESEL BR, s.d.). Houve também a adoção de medidas auxiliares como, por exemplo, a adição de 25% de etanol à gasolina e o biodiesel adicionado ao diesel.

Dentre as mais recentes políticas de incentivo, teve-se em 2008 a criação da Petrobras combustível, subsidiária com enfoque na produção de

biocombustíveis de forma sustentável, operando em conjunto com agricultores que cultivam plantas utilizadas para a produção de biocombustíveis nas usinas. O programa tem atuação na produção de biodiesel e etanol, com ênfase no cultivo de mamona, girassol, soja e dendê (PETROBRAS, 2016). Referente a esse período, o crescimento da produção foi de 24,8%, ou seja, pouco mais de 14 milhões de tep.

A taxa de crescimento média para a produção brasileira de biocombustíveis nos últimos 10 anos é de 9,52%, com 16,7 milhões de tep referentes ao ano de 2014 (23,5%) (Figura 3, página 26). Enquanto que a produção de demais combustíveis é de 122,1 (2,9 %) e; demanda de 142,5 (3,4%), em milhões de toneladas (Figura 4, página 27).

Na Colômbia a produção teve início em 2005 e, a partir de 2006 foi incorporado o E10 (10% etanol e 90% gasolina), nas cidades com população superior a 500 mil habitantes, sendo estas: Bogotá, Cáli, Medellín, Barranquilla, Cartagena e Bucaramanga; nesse ano o crescimento associado à medida correspondeu a 835,7%, aumentando a produção de 0,014 para 0,13 milhões de tep (Figura 3). Para o atendimento da demanda, foram necessários aproximadamente 150 mil hectares de cana-de-açúcar, além de 9 destilarias para a produção de 985 milhões de litros de etanol anual (Mapa, 2009).

Em 2012, foi inserido o B10 (10% de biodiesel e 90% de diesel), essa porcentagem enfatiza a importância governamental quanto à inserção dos biocombustíveis, visto que através da regulação de preços e margens ao longo da cadeia foi possível a caracterização do crescimento (BNDES, 2013). Em 2014 a produção de biocombustíveis colombiana correspondia a 0,9% da mundial, com 52,2 (1,2%) e 14,5 (0,3%), em milhões de toneladas, referentes a produção de demais combustíveis e demanda, respectivamente (Figura 4).

A regulamentação argentina estabeleceu em 2009 a obrigatoriedade da mistura de 5% de etanol na gasolina e 5% de biodiesel no diesel mineral, nesse período o crescimento da produção de biocombustíveis foi de 65,8% (Mapa, 2009). Em 2013 esse valor foi aumentado para 10%, entretanto, entre os anos de 2012 e 2013 houve uma queda na produção de 20,2%, enquanto que de 2013 para 2014 o aumento foi de 30,8% (Figura 3).

Em 2014 a produção de biocombustíveis argentina correspondia a 2,6 milhões (3,6%) da mundial, com 29,5 (0,7%) milhões de toneladas de

combustíveis líquidos produzidos e 30,9 (0,7%) milhões de toneladas consumidos, relacionados a produção e demanda (Figura 3 e 4).

No país apesar da importação de diesel, exportação de óleo de palma e impostos sobre a exportação, o biodiesel ainda mantém preço superior ao diesel (BNDES, 2013). O governo argentino, assim como o brasileiro e colombiano, fornece isenção de impostos para o biodiesel (Mapa, 2009).

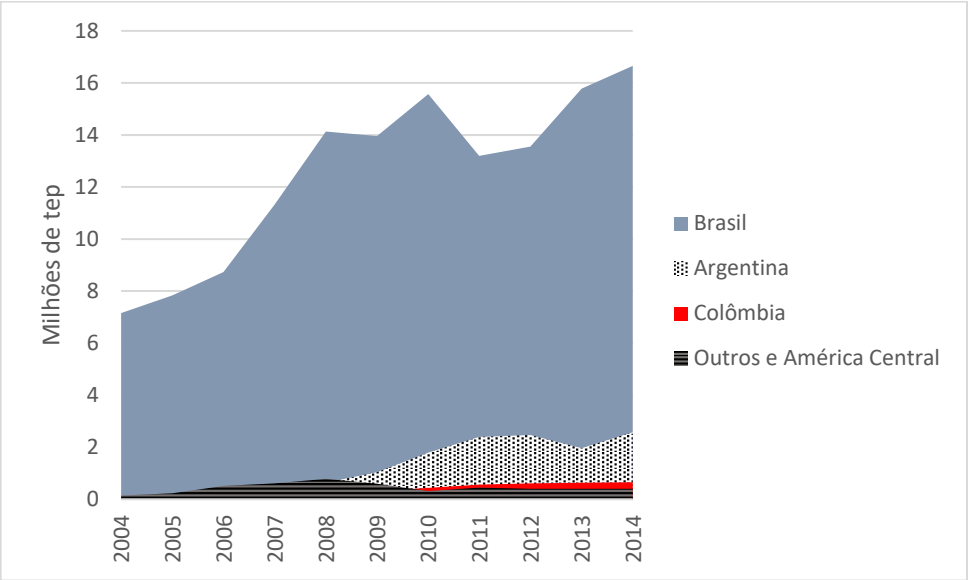

Figura 3. Produção de biocombustíveis nas Américas do Sul e Central

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

O consumo de combustíveis líquidos nas Américas do Sul e Central apresentam valores compatíveis com os de produção. Enquanto a produção, considerando apenas os combustíveis fósseis, é de 391,0 milhões de toneladas, a demanda pelo insumo é de 326,5 milhões de toneladas. Ambas as Américas somam 7,8% da demanda mundial, onde os maiores consumidores são Brasil (3,4%), outros e América Central (1,4%), Venezuela (0,9%) e Argentina (0,7%). A Venezuela, apesar de não aparecer entre os produtores de biocombustíveis, por outro lado, tem a maior produção de combustíveis fósseis da América do Sul (3,9%), seguida pelo Brasil (2,9%).

Dentre os países em análise, apenas o Brasil possui produção menor que demanda (14,3%). A importação brasileira, intensificada em derivados, se dá principalmente pelos energéticos (56,2%), compondo essa parcela, destaca-se

o óleo diesel (48,4%) e o querosene para aviação – QAV (22,3%). Em 2011, a gasolina passou a ser adquirida externamente, assim, o insumo representa o terceiro maior produto importado no Brasil, dentre os energéticos, com 17,2% de participação; tal importação se deu em função de restrições da oferta de etanol, aumento da frota de veículos leves e investimentos pouco significativos na expansão da produção da gasolina brasileira. Em virtude de tais restrições, o Plano Decenal de Expansão - PDE - prevê a importação do insumo nos próximos anos (BRASIL, 2015). Quanto à parcela não energética (43,8%), os principais produtos importados que compõem essa fração são a nafta (62,6%) e o coque (26,6%) (ANP, DEPEC Bradesco, 2017).

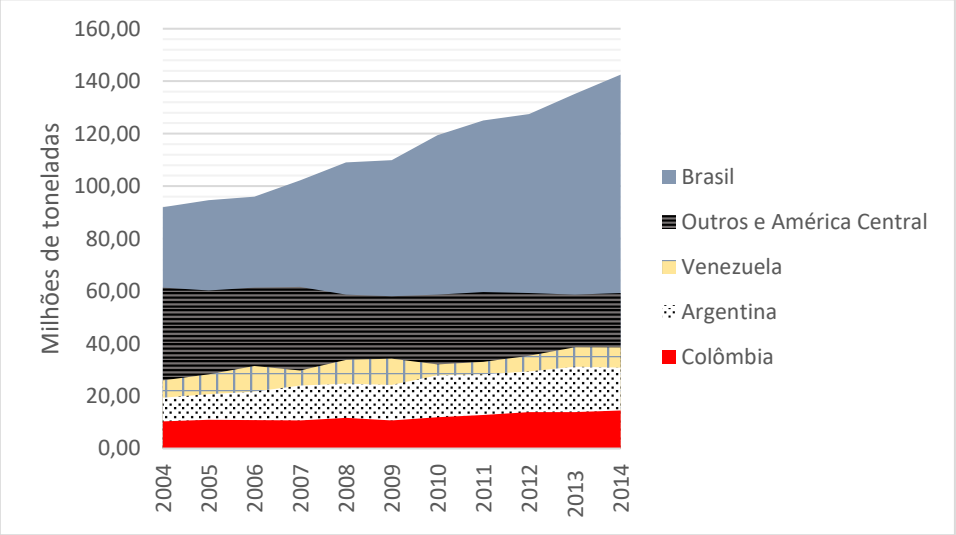

Figura 4. Demanda de combustíveis líquidos nas Américas do Sul e Central

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

2.1.3. Europa e Eurásia

Os estados-membros da União Europeia[4] são obrigados a utilizar, no mínimo 10% de sua energia proveniente de fontes renováveis no setor de transporte. O primeiro incentivo europeu em destaque se deu através de uma diretiva não obrigatória da Comissão Europeia de 2003 que recomendou a esses

[4] A União Europeia é formada por: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Holanda, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Tcheca, Romênia e Suécia (EUROPEAN UNION, 2016).

países a substituição de 2% da demanda de combustíveis veiculares por biocombustíveis até 2005 e de 5,75% até 2010. Uma de suas políticas é a denominada Diretiva das Energias Renováveis - RED - que apresenta diversos critérios referentes à sustentabilidade, visando a redução de emissões e minimização de mudanças no solo, tais como o estabelecimento de 20% de energias renováveis em sua matriz energética até 2020, com participação de 10% do consumo com biocombustíveis (Mapa, 2009). Outra regulamentação, a Diretiva para a Qualidade dos Combustíveis, FQD (*Fuel Quality Directive*), obriga a redução das emissões de carbono das unidades de fornecimento de combustível com transporte em até 6% até 2020, uma das maneiras para sucesso é a utilização de biocombustíveis (ENMC, s.d.).

A Europa de forma geral tem como principais políticas: redução de 20% dos gases do efeito estufa, subsídios agrícolas e isenção fiscal (Mapa, 2009).

A Alemanha, principal produtora do insumo, apresenta taxa média de crescimento para os últimos 10 anos de 14,7%, com o maior percentual referente a 2005 (71,3%), e participação em âmbito global de 3,8%. Porém, apesar da maior produção em números absolutos, evidencia-se a importância dos demais produtores, visto o aumento em suas participações. O percentual de crescimento da França, segundo maior produtor, é de 22,9%, intensificado em 2008 (79,5%) com atual participação mundial de 3,2%. Também em 2008 é apresentada a maior taxa de crescimento de outros países da Europa e Eurásia, correspondente a 90,4%, enquanto que o crescimento médio da década para tais é de 26,4% e participação em âmbito mundial de 1,8%; Por fim, destaca-se a taxa de crescimento média da Holanda, correspondente a 129,3% e participação de 2,0% (Figuras 5 e 6).

A produção de combustíveis fósseis líquidos, em milhões de toneladas, só é fornecida para outros países europeus e Eurásia, visto que o relatório apresenta apenas as maiores participações. Para esses países a produção é de 19,1 milhões de toneladas (0,5%). Em contrapartida, os dados referentes ao consumo mostram a participação dos quatro países listados, correspondendo a 111,5 (2,6%); 76,9 (1,8%); 39,6 (0,9%) e 31,3 (0,7%), em milhões de toneladas, para Alemanha, França, Holanda e Outros países e Eurásia, respectivamente. Além destes, Rússia (3,5%), Espanha (1,4%), Reino Unido (1,6%) e Itália (1,3%) compõem os maiores consumidores da Europa. Da mesma forma, a produção

europeia é intensificada na Rússia (12,7%), porém não há a participação do país na produção de combustíveis derivados da biomassa.

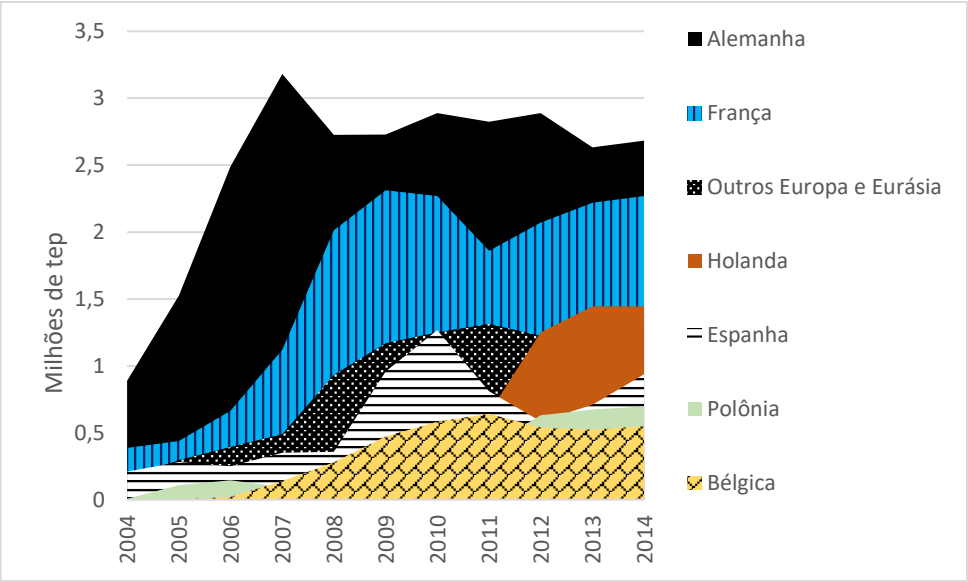

Figura 5. Produção de biocombustíveis na Europa e Eurásia

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

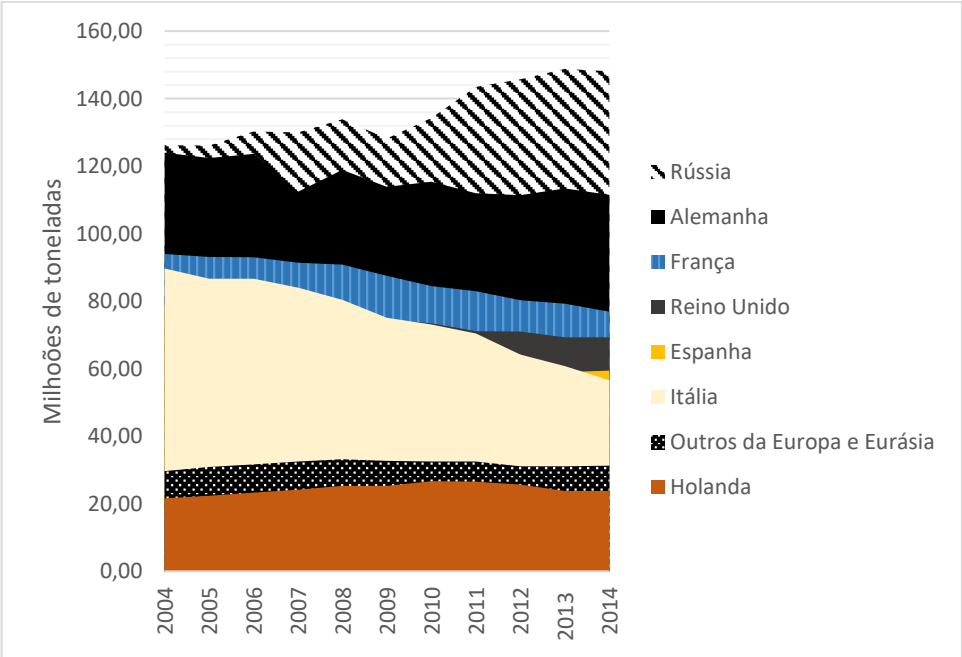

Figura 6. Demanda de combustíveis líquidos na Europa e Eurásia

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

2.1.4. África e Oriente Médio

Na África os principais países que destacam os biocombustíveis são: África do Sul, Zimbábue, Nigéria e Sudão; porém os valores são bastante baixos comparados ao resto do mundo. O continente africano apresenta, de forma geral, condições favoráveis para o cultivo da agricultura voltada à bioenergia, visto a quantidade de terras e potencial de aumento. O cultivo varia de acordo com o país, por exemplo, na África do Sul a produção viável se dá principalmente da soja, canola, girassol e beterraba, enquanto que no Zimbábue tem-se, além da soja e do girassol em comum, o *jatropha* e o algodão se mostram favoráveis a agricultura. Entretanto, uma das maiores preocupações africanas é a competitividade com o alimento, esse é um dos fatores determinantes para diversas regiões mundiais, porém isso é intensificada no continente africano, principalmente em determinadas regiões, visto a ineficiência operacional dessa sustentabilidade (AMBIENTE E ENERGIA, 2016).

Em termos absolutos a produção africana em 2010, ano de maior contribuição, foi de 0,032 milhões de tep, dessa forma o continente não apresenta percentual de participação mundial. Entretanto a taxa de crescimento em 2008 foi de 83,3%, de forma que a produção fixada desde 2004 em 0,006 milhões de tep passou a 0,011 milhões de tep; tal crescimento também é observado no ano seguinte, com 54,5%. A partir de 2010 a produção africana decaiu, e em 2014 o valor correspondeu a 0,021 milhões de tep (Figura 7). O continente produz 9,3% de demais combustíveis; com consumo de 4,3% (Figura 8). Faz-se importante ressaltar a importância do continente quanto ao número de reservas provadas de petróleo, em âmbito mundial, sendo este de 7,6% em 2014 (BP, 2015).

Em contrapartida, no Oriente Médio[5] a principal causa para a baixa produção de biocombustíveis é a grande quantidade de reservas de petróleo, correspondente a 47,7% do total global e o custo baixo da produção. Porém, deve considerar-se também, a pouquíssima disponibilidade de terras aptas para o cultivo de oleaginosas ou gramíneas, matéria-prima dos biocombustíveis. Na

[5] A região é constituída por 15 países, sendo eles: Afeganistão, Arábia Saudita, Bahrain, Catar, Emirados Árabes Unidos, Iêmen, Irã, Iraque, Israel, Jordânia, Kuwait, Líbano, Omã, Síria e Turquia; juntos, esses países possuem uma população de pouco mais que 260 milhões de pessoas, a menor dentre as regiões destacadas (ONU, 2015).

Figura 7 é evidenciada a ausência de participação da indústria de biocombustíveis, sem percentual participativo em escala global; enquanto que na Figura 8 evidencia-se elevada demanda da região por combustíveis (9,3%).

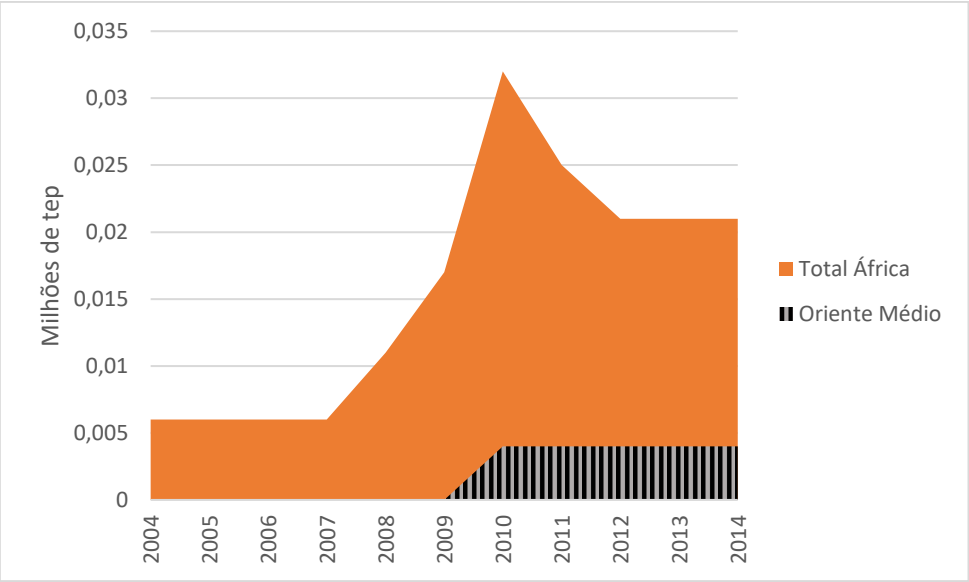

Figura 7. Produção de biocombustíveis na África e Oriente Médio

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

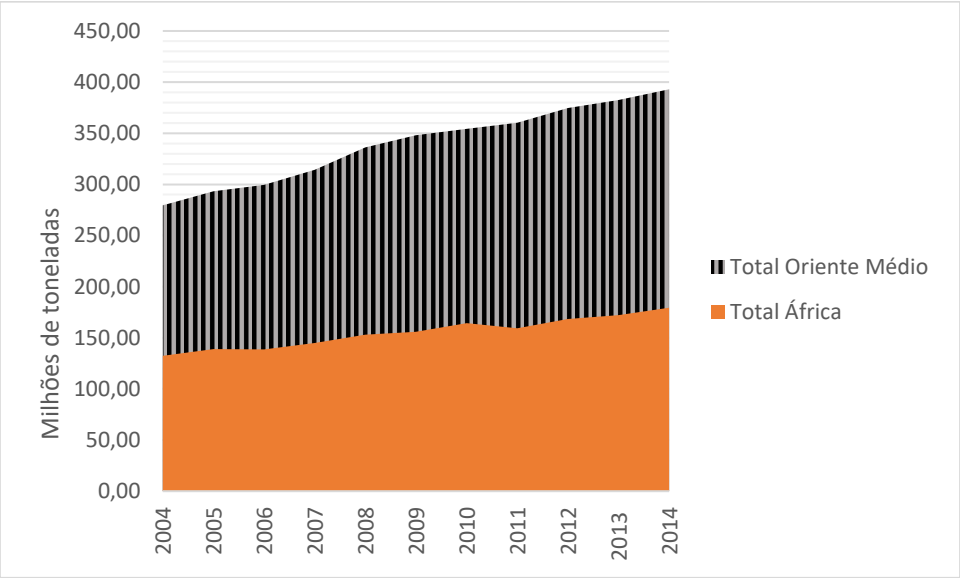

Figura 8. Demanda de combustíveis líquidos na África e no Oriente Médio

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

O Oriente médio, apesar de possuir a maior reserva de petróleo mundial, 810,7 bilhões de barris, e a maior produção de combustíveis fósseis, 1.339,5 (31,7%), possui característica de consumo diferenciada, visto que a demanda da região é de 393 milhões de toneladas (9,3%), terceira maior em escala mundial. Assim, atribui-se à região a maior parcela de exportação mundial do insumo (BP, 2015).

Os maiores consumidores do território são Arábia Saudita (3,4%) e Irã (2,2%) e, ambos correspondem as duas maiores parcelas das reservas de petróleo, com 15,7% e 9,3% do total mundial, respectivamente.

A África, segunda maior população continental com mais de 1,17 bilhões de habitantes (ONU, 2015) e detentora de 129,2 bilhões de barris (7,6%) de petróleo, possui o menor consumo (4,3%) de combustíveis líquidos mundial. Nessa parcela, as maiores contribuições são atribuídas ao Egito (0,9%), África do Sul (0,7%) e Argélia (0,4%), com 2,2% associado aos demais países em âmbito mundial. No continente africano, apenas 45% do que é produzido apresenta demanda interna, em valores absolutos.

Segundo a ONU (2016), apesar de a situação africana ter melhorado consideravelmente desde o final da Segunda Guerra Mundial, onde quase todos os países estavam sujeitos a dominação ou administração colonial, hoje a independência da África ainda está associada a desafios, que incluem a pobreza extrema, doenças, desertificação e países em conflitos regionais e, por sua vez limitam o desenvolvimento do continente.

2.1.5. Ásia

A China é a detentora do segundo maior crescimento referente à produção de biocombustíveis considerando esse período, com 16,1% nos últimos 10 (dez) anos. O país foi o maior produtor asiático até o ano de 2014, quando a Indonésia assumiu a colocação com uma produção aproximadamente de 0,4 milhões de tep superior (Figura 9) (BP, 2015).

A China faz uso de óleos reciclados em suas cidades mais populosas para produção de biodiesel, quanto ao etanol utiliza-se o milho. O programa de etanol chinês é controlado pelo governo e se concentra em cinco usinas estatais. Esse programa teve crescimento limitado pelo mesmo, a fim de evitar a competição

com o alimento, devido à grande população do país. Dentre as medidas adotadas tem-se o impedimento de novas áreas de plantio e retirada de isenções, que passaram a ser cobradas em 2015 (BNDES, 2013). No ano de 2014 a parcela na produção mundial foi de 2,9% quanto aos biocombustíveis, 5% em demais combustíveis e 12,4% de demanda total.

Já na Indonésia, maior país produtor com 3,5% da parcela mundial atual, através do estabelecimento da obrigatoriedade da mistura, além de incentivos e isenções fiscais por parte do governo, teve um crescimento médio dos últimos dez anos de quase 124%. Todavia, o país integra a OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) e teve sua atenção atraída aos biocombustíveis com o considerável declínio de suas reservas de petróleo (MASIERO; LOPES, 2008) O diesel é fortemente subsidiado no país e seu custo é absorvido pelo governo, visto tais isenções no país. O prazo estipulado para a maior inserção dos biocombustíveis na matriz indonésia é maior, por meio de Decreto presidencial estabeleceu-se que até 2030 a participação seja correspondente a 5% da matriz energética do país, com ênfase nos biocombustíveis originados da cana-de-açúcar e mandioca para o etanol e palma e *jatropha* para o biodiesel (BNDES, 2013). A Indonésia produziu em 2014 um total de 2,4 milhões de tep de biocombustíveis, 852 milhões de litros (1,0%) de demais combustíveis e demanda 1.641 milhões de litros (1,8%).

Na Tailândia, terceiro maior produtor asiático, em 2007 entrou em vigor a mistura E10, o que apresentava uma demanda na época de 1,5 bilhões de litros, nesse ano o crescimento foi de 390,1%. Em 2009 eram nove as destilarias construídas. As principais matérias primas em utilização eram melaço da cana e mandioca. Em 2014 tem-se a correspondência de: produção de biocombustíveis de 0,9%; produção de demais combustíveis de 0,4% e demanda de 1,3%.

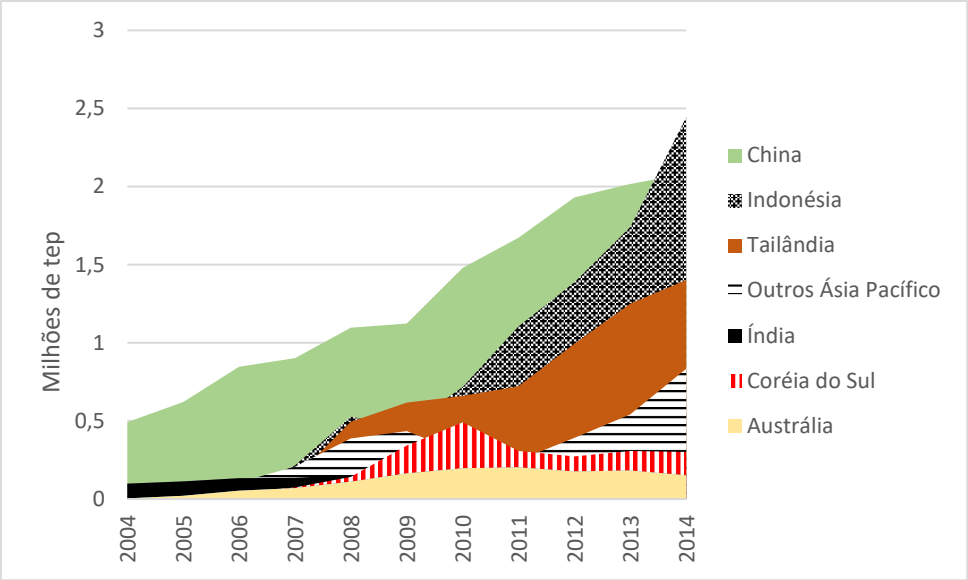

Figura 9. Produção de biocombustíveis na Ásia

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

Globalmente a Ásia é a maior consumidora de combustíveis líquidos (33,9%), visto que o continente concentra a maior parcela da população mundial, mais de 4,3 bilhões de pessoas (60%). Incluída nessa fração, a China corresponde atualmente a 19,1% da população e compreende a segunda maior demanda global de combustíveis líquidos, atrás somente dos EUA; ao país também é atribuído a maior importação e exportação de petróleo e seus derivados (BRASIL, 2015). Entretanto, a Índia com participação de 17,5% da população, segunda maior do globo, tem significativa parcela quanto ao elevado consumo asiático, com 4,3% de contribuição, assim como o Japão, que apesar de possuir 1,7% da população global, demanda 4,7% do que é consumido mundialmente. À China, Japão e Índia é atribuída a segunda, terceira e quarta posição referente à importação mundial, respectivamente (EIA, 2014).

Nesse âmbito é importante ressaltar que, China e Índia, concentram juntos mais de 36,6% da população mundial, com mais de 2,6 bilhões de pessoas e, juntas demandam 16,7% do consumo mundial. Não obstante, os EUA, com pouco mais que 4,4% da população global, cerca de 325,1 milhões de pessoas, apresenta demanda superior ao montante desses dois países (19,9%). Ainda que sejam considerados os dois maiores consumidores asiáticos, China e Japão, respectivamente, a parcela de participação destes na demanda mundial (17,1%) não é equivalente ao consumido pelos estadunidenses.

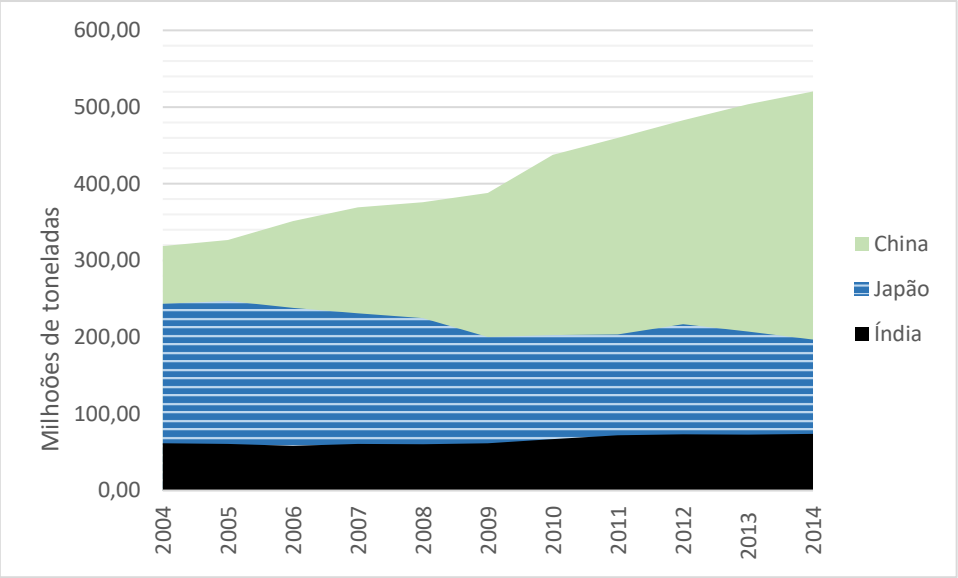

Figura 10. Demanda de combustíveis líquidos na Ásia

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

2.2. Considerações sobre o Mercado mundial de combustíveis líquidos

Na Figura 11 são apresentadas as parcelas de contribuição referentes a produção de biocombustíveis em escala global e o que é demandado de combustíveis para cada região. A porcentagem produzida reflete a importância dos principais produtores (EUA, Brasil, Alemanha e Indonésia), com destaque para as políticas públicas adotadas por tais países. Quanto à demanda, houve um progressivo aumento da produção de biocombustíveis, visando, sobretudo, substituir parte da utilização de combustíveis fósseis (BP, 2015).

É importante destacar que na Figura 11 o percentual de participação não utiliza o mesmo valor de referência. Dessa forma, referente à produção, esse percentual informa a participação de toda produção mundial de biocombustíveis, assim, os 45% atribuídos à América do Norte são em função dos 70,8 milhões de tep produzidos mundialmente. Da mesma forma, a demanda de 24% dos combustíveis líquidos, é em função dos 4.211,1 milhões de toneladas produzidos mundialmente. Ambas as considerações são realizadas para o ano de 2014.

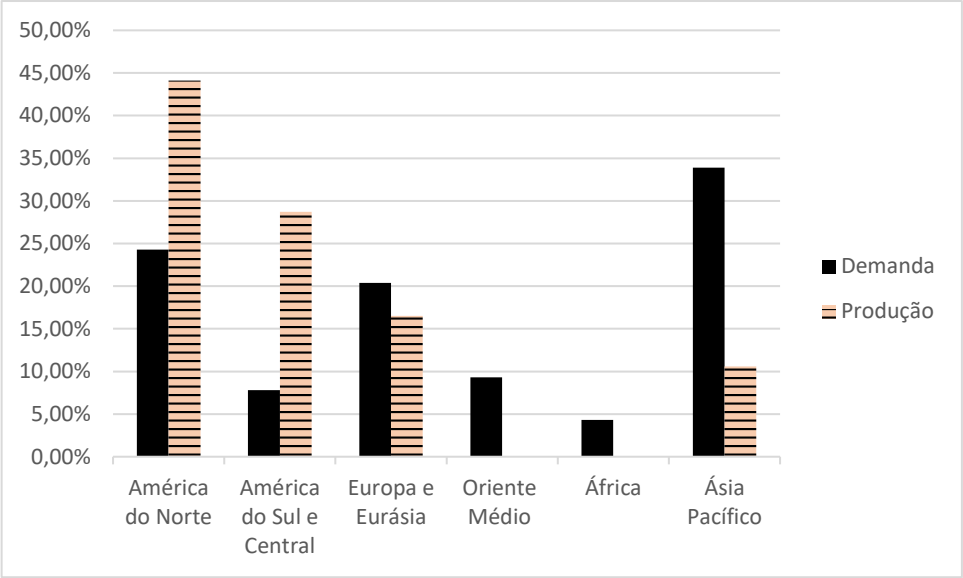

Figura 11. Percentual de participação no mercado de biocombustíveis

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

Na Figura 12 (página 37), é apresentada a produção, em valores absolutos, referente a produção de combustíveis líquidos fósseis e a demanda de combustíveis líquidos, de maneira geral.

As menores produções de combustíveis fósseis estão compreendidas pelas Américas do Sul e Central, ambas com 9,3% de participação mundial. Da mesma forma, a demanda por parte das duas regiões são as menores do globo. Assim, América do Sul e América Central juntas demandam 7,8% e a África 4,3% da demanda total, respectivamente

A terceira menor produção é a asiática, 396,7 milhões de toneladas, com 9,4% de fração global; contudo o continente possui a maior demanda do insumo, 33,9%; à essa região é atribuída a maior importação de petróleo global. De forma antagônica, o Oriente Médio caracteriza-se por uma produção acima da que é demandada pela região, 31,7% e 9,3%, nessa ordem, com a maior parcela de exportação do insumo.

Por fim, os dois comportamentos mais equilibrados são referentes a América do Norte e Europa e Eurásia, onde a parcela demandada, ainda que superior a produzida, não distancia-se de forma considerável. Dessa forma a produção da América do Norte corresponde a 20,5% da global e sua demanda à 24,3%; enquanto que, Europa e Eurásia produzem 19,8% e demandam 20,4%.

A atual produção global de combustíveis fósseis corresponde a 4.220,5 milhões de toneladas, das quais 4.211,1 milhões de toneladas são demandados. A diferença entre oferta e demanda se deve aos estoques de combustíveis líquidos.

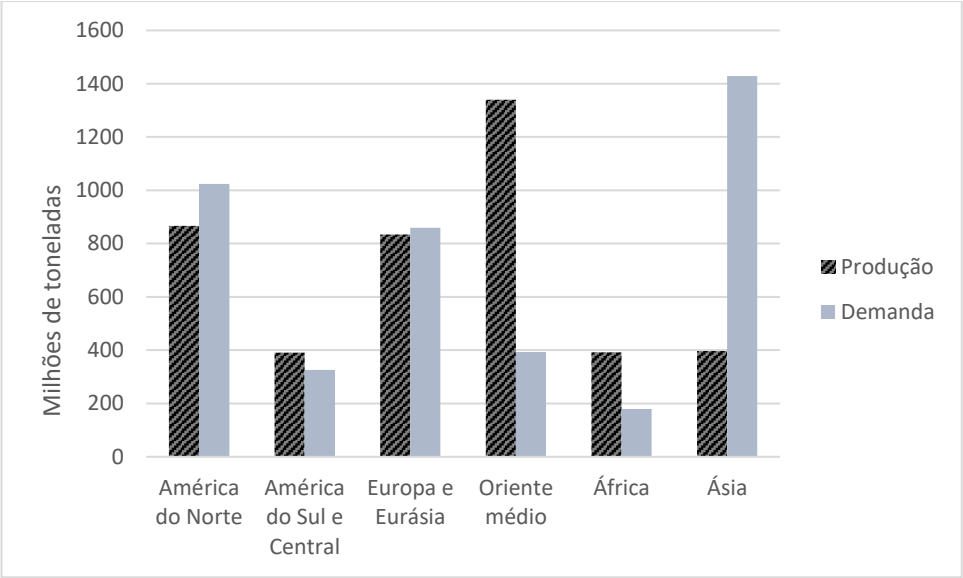

Figura 12. Comparação entre produção de combustíveis fósseis e demanda de combustíveis líquidos.

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

2.3. A Investida dos Energéticos Renováveis

A investigação sobre novas formas de energia alternativa tem sido orientadas pelo aumento da demanda por biocombustíveis, decorrente do contínuo aumento do preço do petróleo; pelos benefícios provenientes ao setor agrícola, através da implantação de projetos específicos com finalidades energéticas, objetivando a promoção do desenvolvimento regional sustentável e; a redução de emissões de gás carbônico, que além de trazer benefícios ambientais possibilita a comercialização por meio de créditos no mercado do carbono (MASIERO; LOPES, 2008).

As fontes de biomassa que compõem a agricultura energética são: madeira, para produzir metanol, briquetes ou carvão vegetal; resíduos e rejeitos agropecuários e agroindustriais, para gerar calor e energia elétrica; e, quanto

aos biocombustíveis veiculares, tem-se a disponibilidade da agricultura voltada aos cultivos ricos em carboidratos e amiláceos, para o etanol; e lipídios animais e vegetais para a produção de biodiesel (OKADA,2008).

Para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2006), o Brasil apresenta uma gama de vantagens, frente a outros países, que possibilitam a liderança quanto à agricultura de energia e o mercado da bioenergia. Uma das vantagens em destaque refere-se à possibilidade de direcionamento de novas terras para essa agricultura, visto que esse fator não implica na redução da área utilizada quanto à produção de alimentos.

A localização geográfica do país é outro fator determinante. Assim, por situar-se em zonas tropicais e subtropicais, a incidência solar em todo o território brasileiro torna-se crucial para o desenvolvimento das culturas. Há ainda características como a diversidade climática e biodiversidade, aliadas as reservas de água doce. Em consequência a estes fatores, têm-se modelos denominados “janelas produtivas” que determinam riscos referentes às culturas, de forma que seja feita a caracterização de culturas segundo, por exemplo, sua necessidade hídrica (OKADA, 2008).

A inclusão da tecnologia na agricultura brasileira, também foi um dos principais fatores determinantes para a inclusão do país no mercado mundial doméstico, evidenciando a importância da tecnologia e pesquisa no setor. Por fim, tem-se o mercado consumidor suficientemente grande para a geração de ganhos em escala, reforçando a competitividade.

Atualmente no Brasil, o etanol e o biodiesel são os principais biocombustíveis utilizados, viabilizando a redução de mudanças climáticas e da poluição atmosférica (PETROBRAS, 2016). Entretanto, sua produção e utilização veicular em escala só foi possível através do amadurecimento e consistência do modelo produtivo (SANTOS; FAVARO; PARENTE, 2014).

2.4. Os BRICS no Mercado Energético

O termo BRIC foi criado em 2001 pelo economista inglês Jim O'Neill, chefe de pesquisa do grupo financeiro Goldman Sachs. No relatório do banco de

investimentos, o acrônimo foi utilizado para evidenciar os países com potencial de crescimento econômico, sendo estes: Brasil, Rússia, Índia e China;

A elaboração foi embasada no comportamento histórico, no âmbito mundial, através de comparações entre medidores econômicos, tais como a relação entre a paridade do poder de compra e o produto interno bruto (NEILL, 2001). O relatório foi o pioneiro para a união destes países que, em 2006, através do estreitamento de suas relações políticas, deram início a reuniões com o propósito de elaboração de medidas, visando a melhoria em seu desenvolvimento de forma conjunta (RIBEIRO, s.d.).

Na primeira reunião formal, em 2009, foi debatida a conjuntura econômica de desigualdade social, situação econômico-financeira mundial e a continuidade de cooperação entre os países. Em função da realização em período coincidente com a crise iniciada em 2008, enfatizou-se reformas de instituições financeiras internacionais, bem como a atuação do G20 financeiro[6] para recuperação da economia mundial (ITAMARATY, s.d.). Em 2010, as discussões foram fundadas em políticas públicas de inclusão social e sustentabilidade, além do estabelecimento de que o crescimento econômico seria utilizado para a redução da pobreza.

Em 2011, com a integração da África do Sul ao grupo, foi acrescida a letra "s" (South África) ao termo. Para Lima (s.d.) a inclusão do país foi um elemento valioso, considerando o amparo da representatividade geográfica, visto as amplas pretensões no plano internacional, uma vez que até então o grupo era composto por um representante da América, um da Eurásia e dois da Ásia.

Na Figura 13 é apresentada a comparação entre o Produto Interno Bruto (PIB) mundial e o do BRICS entre 1990 e 2015, segundo o intervalo fornecido pelo Banco Mundial. É importante salientar que, segundo dados da ONU (2015), são reconhecidos atualmente 195 países, notabilizando a significativa participação dos países que compõem o BRICS, principalmente tendo em vista que mais de 22% do PIB mundial refere-se aos EUA.

[6] G20 financeiro: O grupo G20 é formado por ministros de finanças e chefes de bancos centrais de 19 nações e a União Europeia. Incluem o G20: Alemanha, Canadá, Estados Unidos, França, Itália, Japão, Reino Unido, Rússia, Brasil, Argentina, México, China, Índia, Austrália, Indonésia, Arábia Saudita, África do Sul, Coreia do Sul e Turquia.

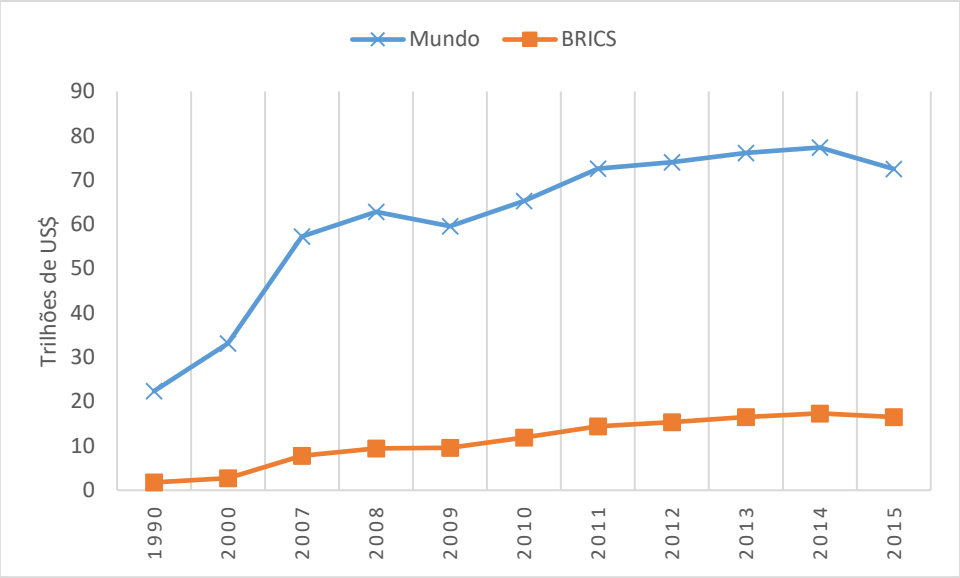

Figura 13. Relação entre PIB mundial e do BRICS

Elaborado a partir de The World Bank, 2015.

Dentre as políticas adotadas pelo BRICS estão as dinâmicas intensas de industrialização, urbanização e desenvolvimento de infraestrutura. Entretanto, a sustentação do desenvolvimento de nações é paralela ao aumento da demanda por energia interna. Assim, em função de uma exploração historicamente extrativista, tem-se atualmente a consciência dos problemas acarretados em função do maior consumo energético, dessa forma, associa-se o crescimento aos problemas decorrentes das práticas envolvidas nesse processo, tais como as emissões de GEE.

Em 1990, o PIB dos países que hoje integram o BRICS correspondia a 7,9% do PIB mundial, cerca de 1,8 trilhões de dólares (US$). Em 2009, com o estabelecimento dos países como um grupo e, em consequência das primeiras medidas adotadas, esse valor respondia por 16,1% do PIB mundial, mais de 9,6 trilhões de US$, com cerca de 2,0% de crescimento em relação ao ano anterior. Segundo dados do Banco Mundial, em 2015 o PIB correspondia a 22,8% do mundial, com aproximadamente 16,5 trilhões de US$. Entre os anos de 2009 e 2015 o crescimento do PIB do BRICS foi de aproximadamente 71,8%, enquanto que o PIB em escala mundial cresceu 21,7% (The World Bank, 2015).

Na Figura 14 é apresentado o PIB para os países que compõem o BRICS, enquanto que a Figura 15 (página 42) apresenta as emissões de CO_2 destes. A relação entre o parâmetro econômico e a medida de emissões de GEE é

correlacionada, ou seja, o crescimento de bens e serviços produzidos implica em uma quantidade maior de emissões. Nesse aspecto tem-se a exclusão do Brasil, que apesar de apresentar o segundo maior PIB, emite de forma contida e linear, além de apresentar valores, associados às emissões, relativamente baixos em comparação aos demais países. Isso se dá principalmente pela composição da matriz energética nacional, visto que a energia elétrica é produzida majoritariamente por hidrelétricas e, estas têm como característica a geração limpa, quando considerado sua operação (BEN, 2015).

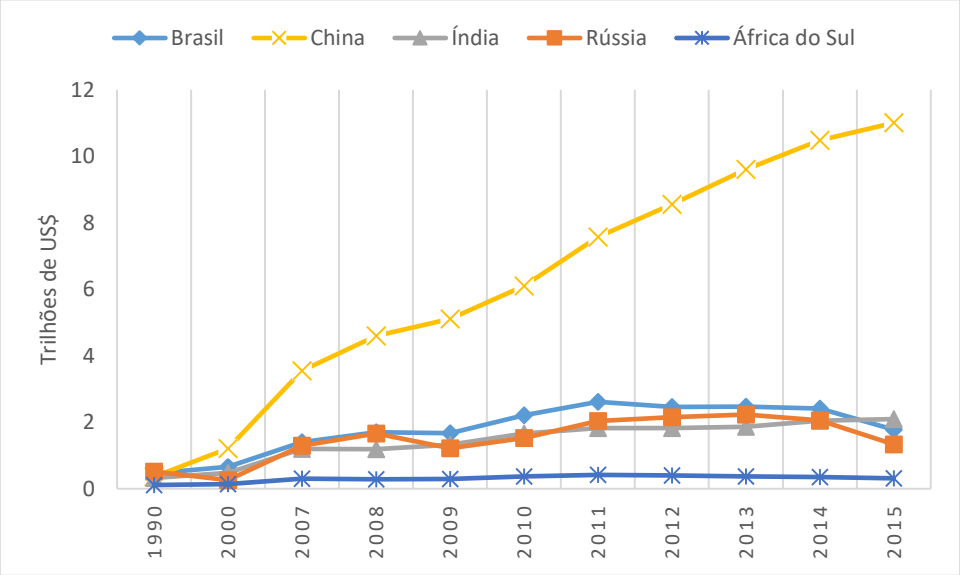

Figura 14. PIB dos países que constituem o BRICS

Elaborado a partir de The World Bank, 2015.

As emissões dos países comportam-se, de forma geral, com características semelhantes. A China, maior país em população (19,1%) e segundo maior consumidor de petróleo (12,4%), é também o país que mais emite do BRICS, com uma taxa de crescimento média no período em análise de 8,3%. A maior demanda de combustível líquido refere-se aos EUA com 19,9% de participação.

Rússia e Índia, recentemente inverteram posição quanto ao que é emitido, assim, enquanto a Rússia deixou de ser o segundo país que mais emite do BRICS, aliada a menor taxa de crescimento, cerca de 0,08%, referente às emissões de CO_2; a Índia teve aumento de 6,7% nesse mesmo índice. Nesse

período, a o país europeu teve uma redução de -1,9% em sua população, enquanto a população indiana cresceu 4,5% (ONU, 2015).

O Brasil, quinto maior país do mundo em população (2,8%) e quinto maior consumidor mundial de combustíveis líquidos (3,4%), com mesma parcela de participação da Arábia Saudita e atrás do Japão (4,7%), tem a segunda menor taxa de emissão do grupo (BP, 2015). O território brasileiro, quinto maior em extensão demográfica global, tem matriz energética predominantemente limpa, quanto à sua geração elétrica, "equilibrando" o impacto gerado pelo transporte rodoviário, maciçamente abastecido com combustíveis fósseis (EPE, 2015).

Em relação à África do Sul, menor país em extensão do BRICS e mais baixo produto interno bruto do grupo, faz-se presente a menor quantidade emitida (EDGAR, 2015). Entretanto, a relação entre o PIB e a quantidade emitida, nesse caso, não apresenta à similaridade expectável, por exemplo, em comparação com o Brasil, o país tem um PIB cerca de 5,6 menor, todavia a diferença entre a quantidade emitida dos dois países é de apenas 8,1%, evidenciando a necessidade de uma política de inclusão ambiental no país africano, que reduza efetivamente as emissões do país.

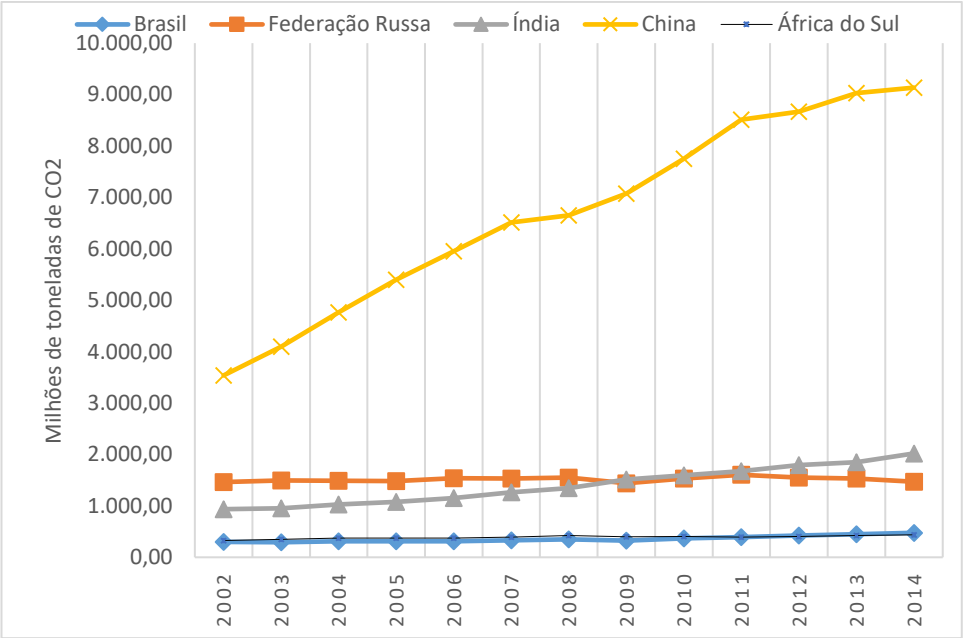

Figura 15. Emissão de CO_2 do BRICS

Elaborado a partir de EDGAR, 2015.

* Brasil e África do Sul aparecem na Figura 15 sobrepostos.

Um dos principais indicadores de desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de uma sociedade consiste na quantidade consumida de energia. Esse reflexo se dá pelo ritmo das atividades dos setores industrial, comercial e de serviços. Assim, uma vez que seja proporcionado à população a utilização de bens e serviços, tais como automóveis e eletrodomésticos/eletroeletrônicos, associa-se o aumento da demanda de energia, no primeiro caso quanto aos combustíveis e no segundo à energia elétrica (ANEEL, 2008).

Uma vez que o grupo caracteriza-se pela predominância de regiões populosas, aliado a um progressivo crescimento econômico, têm-se a elevação do consumo energético desses países. Dessa forma, nas Figuras 16, 17 e 18 são apresentados o consumo de energia do BRICS, objetivando evidenciar a questão energética desses países, através da influência de três análises de demanda, são elas: petróleo, gás natural e energia elétrica.

Inicialmente, referente ao consumo de petróleo (Figura 16), assim como discutido na seção 2, tem-se o maior consumo atribuído aos países asiáticos, China e Índia, respectivamente, seguidos por Rússia, Brasil e África do Sul.

O maior crescimento, quanto ao consumo do insumo, entre o período de 2009 e 2013, em função do surgimento do grupo, refere-se à China (30,0%), seguida por Brasil (23,0%), Rússia (16,0%), Índia (15,0%) e África do Sul (4,0%) (BP, 2015).

Referente à essa demanda, não é observada a relação entre o que é consumido e a quantidade de reservas provadas de petróleo, assim, dentro do grupo, o maior percentual de participação mundial, em jazidas, é atribuído à Rússia, 6,1% do mundial, enquanto que, Brasil e Índia, apesar de apresentarem similaridade na caracterização do consumo, apresentam reservas provadas significativamente menores, com 1,0% e 0,3% de participação, respectivamente. Por fim, o consumo chinês, consideravelmente superior ao dos demais países, engloba apenas 1,1% das reservas; e a África do Sul não apresenta percentual de participação quanto as jazidas.

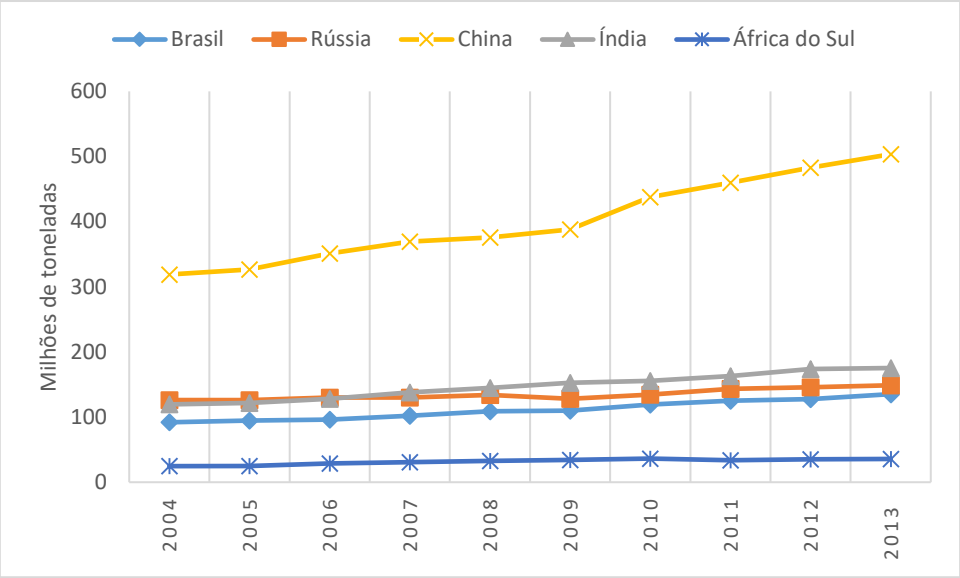

Figura 16. Consumo de petróleo dos países que constituem o BRICS

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

Em relação ao gás natural, depois de décadas de atribuição como subproduto do petróleo, o insumo teve sua inserção como fonte energética promovida pelo seu grande potencial de utilização em quase todos os setores de atividade econômica (TURDERA, 2009). Todavia, segundo o relatório BP "Statistical Review of World Energy" (2015), o consumo mundial de gás natural teve aumento de 0,4%, consideravelmente abaixo da média dos últimos 10 anos (2,4%); a maior redução é atribuída à União Europeia, com declínio de -11,6%. Da mesma forma, a produção do insumo cresceu 1,6%, anteriormente em 2,5%, considerando o mesmo período.

Referente aos países do BRICS as maiores reservas provadas são respectivamente: Rússia (17,5%), China (1,8%), Índia (0,8%) e Brasil (0,2%). A África do Sul não é listada no relatório, e a parcela a qual está inclusa (outros da África) apresenta percentual de participação de 0,6%. Quanto à Rússia, o país detém a segunda maior reserva de gás natural do mundo, com 32,6 trilhões de metros cúbicos, atrás apenas do Irã, que participa de 18,2% do total global (BP, 2015).

Outrossim, a produção de gás natural segue a tendência participativa: Rússia (16,7%), China (3,9%), Índia (0,9%), Brasil (0,6%) e outros países africanos (0,6%), em âmbito mundial. O país europeu apresenta a segunda maior

fração de participação mundial, entretanto, nesse índice a maior produção refere-se aos EUA (21,4%), ainda que o país seja o quinto maior em reservas (5,2%). Irã, detentor do maior número de jazidas, tem 5% de participação nesta.

Quanto à Figura 17, o maior consumo, de gás natural, assim como a produção corresponde a Rússia (12,0%), posteriormente aparecem China (5,4%), Índia (1,5%), Brasil (1,2%) e África do Sul (0,1%), esse último, aparecendo pela primeira vez de forma individualizada.

De maneira geral, o gás natural tem sua utilização concentrada na Europa e Eurásia, 29,6% do mundial, em função de sua utilização por uma gama de países, com destaque para a Rússia; e a América do Norte, 27,7%, decorrente da utilização dos Estados Unidos, que desde a década de 20 detém a maior participação do consumo do insumo (TURDERA, 2009).

A maior taxa de crescimento referente à demanda de gás natural atribui-se ao Brasil (86,0%), visto o aumento de consumo de 18,1 milhões de tep para 33,6 milhões de tep, entre 2009 e 2013. O mesmo comportamento é conferido à China, que teve crescimento de 85,0%. África do Sul e Rússia tiveram taxa de consumo acrescida em 17,0% e 6,0%, nessa ordem e, de forma oposta, a Índia teve uma redução na demanda do insumo em -2,0%.

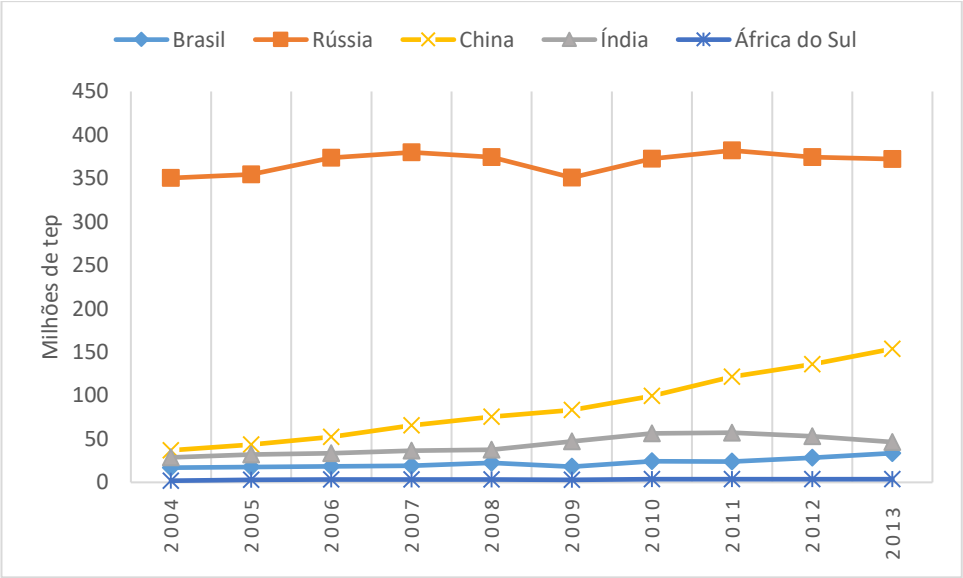

Figura 17. Consumo de gás natural dos países que constituem o BRICS

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

Por fim, é apresentado o consumo de energia elétrica, com maior parcela de participação do BRICS referente à China (24,1%), seguida por Índia (4,5%), Rússia (4,3%), Brasil (2,5%) e África do Sul (1,1%) (Figura 18) (EPE, 2015).

A China, assim como maior consumidora, também é o país com a maior capacidade de geração elétrica no mundo, 1.174,3 GW, em 2013, 21,2% do mundial. Estados Unidos e Japão ocupam o segundo e terceiro lugar, respectivamente, com 19,2% e 5,3% de participação, seguidos pela Índia, com 4,6% e Rússia, com 4,2%. O Brasil, décimo país em capacidade instalada de geração, participa com 2,2%. Referente à África do Sul, o país é apresentado em conjunto com a parcela referente aos demais países do mundo, com participação total de 33,2%.

O consumo de energia elétrica foi intensificado nos países asiáticos, com maior taxa de crescimento da China, mais de 149,3%, seguida pela Índia, que cresceu 97,6%, considerando todo período em análise. Entre 2009 e 2013, esse aumento foi de 49,0% e 35,0%, para China e Índia, respectivamente. Nesse segundo período, o único país que apresentou redução de consumo foi a África do Sul, -3,0%. Brasil e Rússia cresceram 21,0% e 8%, nessa ordem.

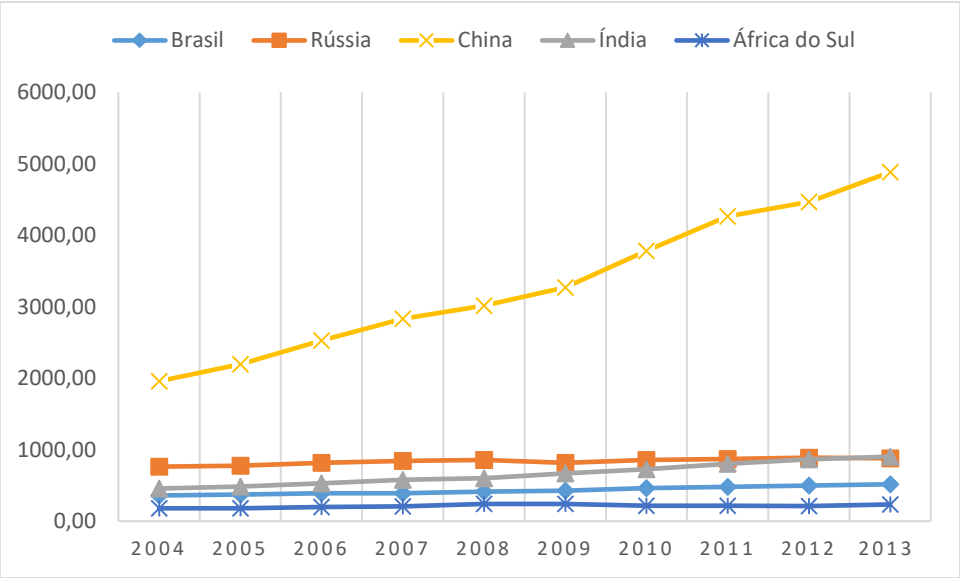

Figura 18. Consumo de energia elétrica dos países que constituem o BRICS

Elaborado a partir de: EPE, 2015; The World Bank, 2013 & BEN, 2015.

2.5. Tendências, Desafios e Restrições dos Biocombustíveis

A Agência Internacional de Energia (IEA) acredita que a capacidade de aumento da produção de combustíveis fósseis continuará nas próximas décadas. Em contrapartida, alguns autores sugerem que o maior aumento não se dará pela produção de combustíveis fósseis, mas quanto à demanda deste, Evidenciando a necessidade do avanço de energias renováveis como solução para a crescente necessidade energética (ALVES, 2013).

Na Figura 19 é apresentado o percentual de participação mundial das principais fontes primárias energéticas, para o ano de 2014. Enfatizando a maciça presença de combustíveis que associam maiores emissões de GEE e, evidenciando a limitação e a necessidade de expansão acerca da utilização de fontes renováveis.

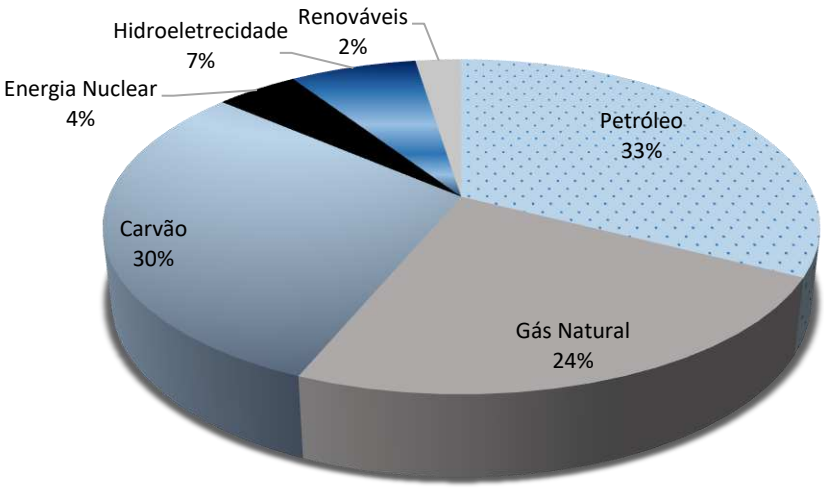

Figura 19. Percentual de participação mundial das fontes primárias

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015.

De forma complementar, na Figura 20 é apresentado o percentual de participação dos dez principais países consumidores de combustíveis líquidos e energia elétrica, a fim de ilustrar a tendência de consumo mundial a partir das nações com maior percentual participativo.

Como já mencionado, embora a participação em bens e serviços sejam distintas, automóveis e eletrodomésticos no exemplo anteriormente citado, ambos os consumos são relacionados. Isso posto, tem-se o reflexo das mesmas nações predominantes quanto à demanda dos dois insumos (ANEEL, 2008).

O petróleo corresponde a maior parcela global de energia primária consumida (Figura 19) e, sua utilização é intensificada principalmente pela demanda estadunidense (19,9%) e chinesa (12,4%) (Figura 20). Em contrapartida, a demanda de eletricidade apresenta caracterização do consumo desconforme, assim, EUA consome 19,1% e a China 24,1%. Nesse cenário, a relação dos demais países é bastante símile, e seus percentuais participativos consideravelmente inferiores às duas principais economias listadas.

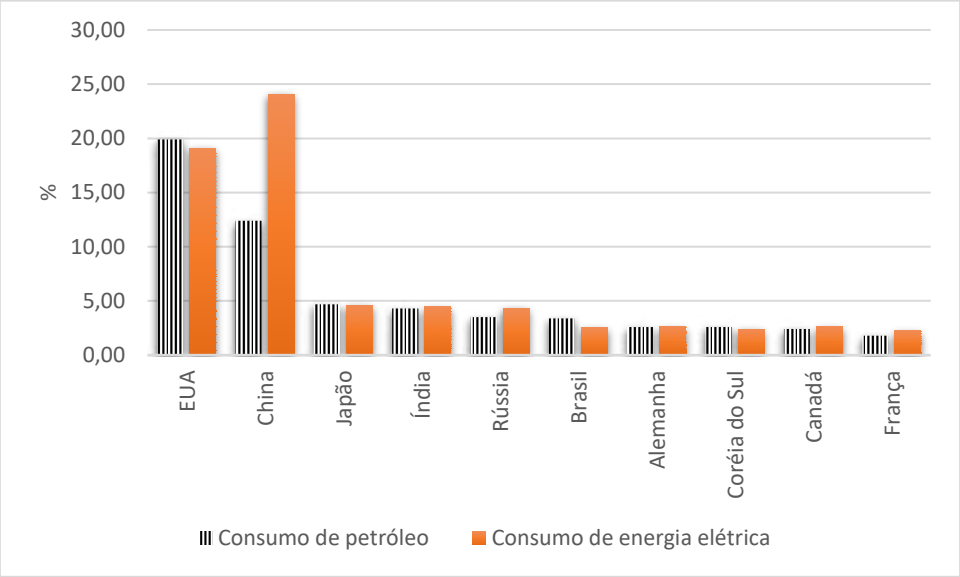

Figura 20. Percentual de participação no consumo de petróleo e energia elétrica - 10 principais países

Elaborado a partir do BP Statistical Review of World Energy, 2015 & EPE, 2016.

A Figura 20 reflete a predominância de duas características dos países listados: países desenvolvidos e países em desenvolvimento. No primeiro caso, referente à EUA, Japão, Alemanha, Coréia do Sul, Canadá e França, todos integrantes da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE[7], a parcela correspondente à utilização de combustíveis líquidos

[7] Os países da OCDE relacionados pela IEA são: Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, República Tcheca, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, Itália, Japão, Coréia, Luxemburgo, México, Países

corresponde a 34,0%, enquanto que a parcela associada ao consumo de energia elétrica pelos mesmos países é de 33,6%, em âmbito global. Da mesma forma, os países em desenvolvimento do BRICS, China, Índia, Brasil e Rússia, detêm 23,6% do consumo de combustíveis líquidos e 35,42% do consumo de energia elétrica.

Historicamente, países desenvolvidos economicamente são assíduos consumidores de energia, entretanto, em função de uma economia comparativamente estável, a quantidade a ser acrescida na produção industrial ou no consumo de bens começa a apresentar limitações, bem como maiores preocupações ambientais. No caso específico da OCDE, tem-se adoção de fontes energéticas que associem menos poluentes, como a substituição do carvão por gás natural, por exemplo (MONTES, 2000).

Sociedades com maior poder aquisitivo tiveram acesso a bens de consumo a partir da segunda metade do século XX, ademais, a eficiência associada aos processos energéticos nesses países tende a garantir um menor volume de energia (ANEEL, 2008). Outra tendência dessas nações é a redução, em valores absolutos ou em taxa de crescimento, de sua população.

Em análise particular aos biocombustíveis, Urquiaga, Alves e Boodey (2005), consideram que a produção de biocombustíveis, independente do estado da matéria, apresenta causas de caráter econômico, social e ambiental. Quanto aos biocombustíveis líquidos em veículos, especificadamente do ponto de vista ambiental, destacam duas principais motivações, são elas: condições de possibilitem a redução de emissões de gases ou partículas veiculares, que demostrem prejuízos a saúde humana ou ao meio ambiente, tais como o monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de enxofre e nitrogênio; e a redução de gases contribuintes para os denominados GEE, com ênfase no dióxido de carbono. Ainda segundo os autores, a utilização de biocombustíveis como, por exemplo, carvão vegetal, lenha, óleo de dendê e a partir da esterificação de óleos vegetais como metanol e etanol, são alternativas viáveis.

Entre os desafios dos biocombustíveis destaca-se o aumento do cultivo de culturas agrícolas, de forma que este não afete a produção de alimentos;

Baixos, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, República Eslovaca, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia, Reino Unido e Estados Unidos.

adaptação com os impactos das mudanças climáticas globais na agricultura e; competição, em condições desiguais, com os combustíveis convencionais (FAPESP, 2013).

Durães (2008) atribui o crescimento da energia da biomassa, dos últimos 30 anos, aos biocombustíveis líquidos. Para o autor a produção do insumo reflete na quantidade de áreas, produtividade e volume da produção de alimentos; frisando o fato de que, a produção brasileira não compete de forma direta com a produção de alimentos, visto que, no Brasil, a agroenergia tem alicerces na cana-de-açúcar, para a produção de etanol; e principalmente na soja, quanto à produção de biodiesel.

Artaxo (2013), em entrevista à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP destaca entre as principais restrições à expansão da produção de biocombustíveis, as mudanças climáticas. Para o autor isso se dá em função das restrições do clima, ao aumento progressivo da temperatura e as mudanças no padrão da chuva. Tais fatores afetam diretamente culturas agrícolas, com destaque as mais utilizadas, tais como cana-de-açúcar, milho, soja, colza, beterraba e girassol. À medida que as mudanças climáticas se intensificam, necessita-se de uma transição para um padrão de clima que se adeque a esta modificação, considerando a produção das espécies e os sistemas socioeconômicos, porém o tempo que essas culturas necessitam para tal, é maior do que é observado quanto a mudança climática.

Outro fator de influência é a composição dos preços, visto que os subsídios recebidos pelos combustíveis fósseis são superiores as fontes renováveis (FAPESP, 2013). Segundo dados da IEA (2015), em 2012, os subsídios aos combustíveis fósseis, em âmbito mundial, alcançaram 544 bilhões de dólares, enquanto que, os subsídios destinado as fontes renováveis de energia foram de 101 bilhões de dólares. No ano seguinte, os subsídios aos combustíveis fósseis ascenderam a 550 bilhões de dólares, mais de quatro vezes o valor referente às fontes renováveis de energia. Contudo, o cenário apresentou mudanças em 2015, assim, o valor subsidiado referente aos combustíveis fósseis foi de 325 bilhões de dólares, reflexo da reformulação dos subsídios.

Apesar dos combustíveis fósseis serem fortemente subsidiados, discussões acerca do tema visam a racionalização e abandono gradual dos

subsídios ineficientes às energias fósseis, que encorajam o consumo com desperdício e inibem o investimento em formas de energia limpa (IEA, 2013).

3. O SETOR DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NACIONAL E REGIONAL NO CENTRO-OESTE (CO)

3.1. O A Presença Maciça da Frota Veicular num País Continental

O modelo brasileiro de transporte ocorreu em resposta ao processo de colonização, visto o desenvolvimento determinado pelos países europeus colonizadores. Dessa forma, inicialmente o transporte era predominantemente marítimo, em função da exportação de produtos primários, com destaque para o café. Posteriormente, em continuidade ao modelo exportador de produtos, foram construídas as primeiras ferrovias, a primeira em 1854 e, essas estão voltadas aos portos (BARAT, 1978, ROCHA, 2015). A utilização ferroviária foi estendida até 1920, porém a ampliação do sistema ferroviário, em países extensos territorialmente como no caso do Brasil, implica em um elevado custo.

Em 1934, foram elaboradas as primeiras adoções para o estabelecimento de um sistema de transporte no país. Na década de 1940, com o processo de industrialização brasileiro, aliado à involução do transporte ferroviário mundial e a crescente participação da indústria automobilística, se deu início a composição atual da matriz de transporte brasileira (ROCHA, 2015).

Subsequente, o sistema hidroviário, assim como o ferroviário, sofreu declínio em sua utilização, aliado ao desestimulo de inovações e ao sucateamento consequente (CEPA USP, s.d.). Tendo isso em vista, o Brasil teve o crescimento da infraestrutura rodoviária, em período coincidente com o de crescimento industrial e a grande oferta de petróleo a custo baixo, por meio do predomínio do transporte de carga através de caminhões. Assim, o estabelecimento do modal rodoviário como preferência do transporte brasileiro, teve predomínio associado ao custo de implantação por quilometro e, à possibilidade de ampliação segundo a demanda.

Recentemente, o transporte aéreo se mostrou como um dos setores mais ativos economicamente, exercendo papel fundamental nas relações econômicas, além do transporte de passageiros e carga. No Brasil o transporte

aéreo responde a 2,45% da matriz de passageiros e 0,31% da de cargas (ROCHA, 2015).

A apresentação do modal de transporte atual do Brasil é mostrada na Figura 21, com amplo predomínio do modal rodoviário.

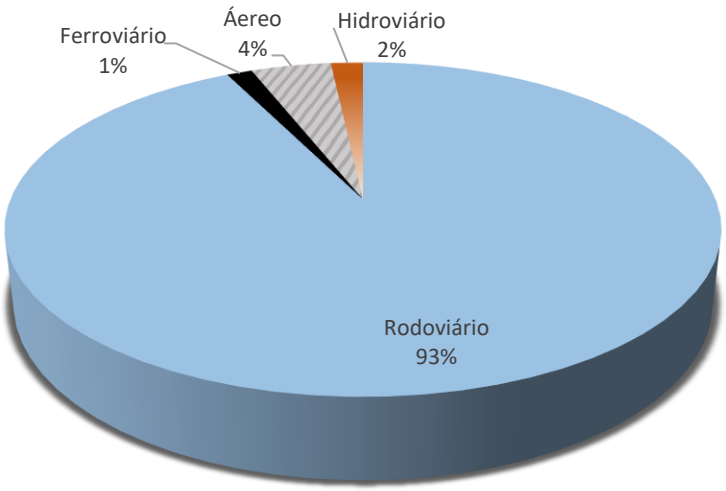

Figura 21. Matriz por modal do setor no Brasil

Elaborado a partir de BEN, 2015

O setor de transportes, no Brasil, demanda 32,5% da energia do país. Assim, a predominância de 93% do transporte rodoviário implica em 30,1% da demanda de toda a matriz energética brasileira, com 58% dessa segunda parcela associada ao transporte de passageiros. Essa demanda de energia é atendida predominantemente pela utilização de gasolina e etanol (EPE, 2014).

A frota de veículos brasileira, em dezembro de 2015, era de 90.686.936 veículos (DENATRAN, 2015). Desse total, 9,3% estão concentrados no Centro-Oeste, com a composição de: 1,8% no Distrito Federal; 3,9% em Goiás; 1,8% em Mato Grosso e 1,6% em Mato Grosso do Sul. A três parcelas mais significativas da frota brasileira, refere-se aos automóveis (54,94%); seguido pelas motocicletas (22,29%) e caminhonetes (7,3%), como apresentada na Figura 21.

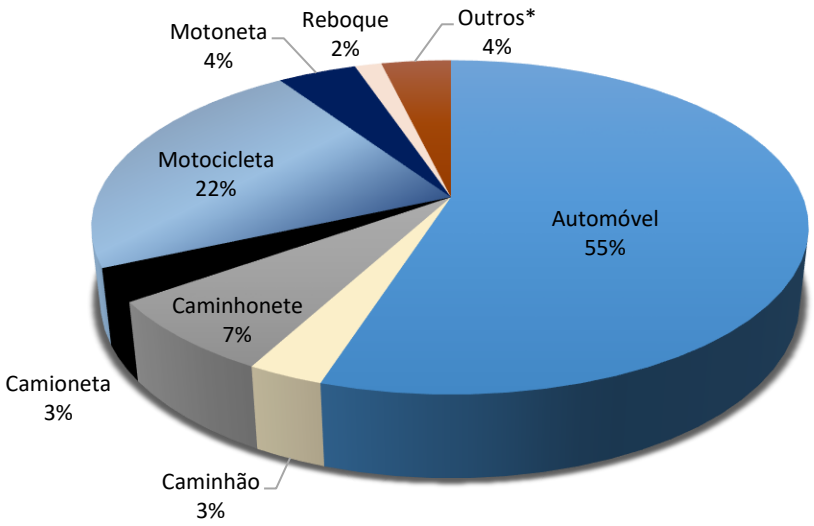

Figura 22. Participação do tipo de veículo na frota brasileira

Elaborado a partir de DENATRAN, 2015.

*Outros: Bonde, caminhão trator, chassi plataforma, microônibus, ônibus, quadriciclo, reboque, semi-reboque, side-car, outros, trator esteira, trator rodas, triciclo e utilitário.

O perfil da frota da região Centro-Oeste (CO) é fornecida na Figura 23. Visando a melhor visualização desta, são apresentadas as quatro maiores participações e, nas séries “caminhonete” e “motocicleta” estão incluídos os percentuais participativos de “camionetas” e “motonetas”, respectivamente.

Desse modo, mais 49,3% da frota regional refere-se aos veículos leves e 2,9% aos veículos pesados. Referente às caminhonetes essa contribuição é de 11,7% na região, enquanto que considerando a mesma análise em âmbito nacional, tem-se percentual de participação de 10,5%; da mesma forma, Centro-Oeste e Brasil, englobam 29,0% e 26,5% das motocicletas, respectivamente.

É interessante destacar que a frota de ônibus, apesar do baixo percentual participativo, pouco mais de 6%, em âmbito nacional e regional, faz-se significativa pela quantidade de quilômetros rodados, ou seja, pelo elevado consumo de combustíveis associados a esta (DENATRAN, 2015).

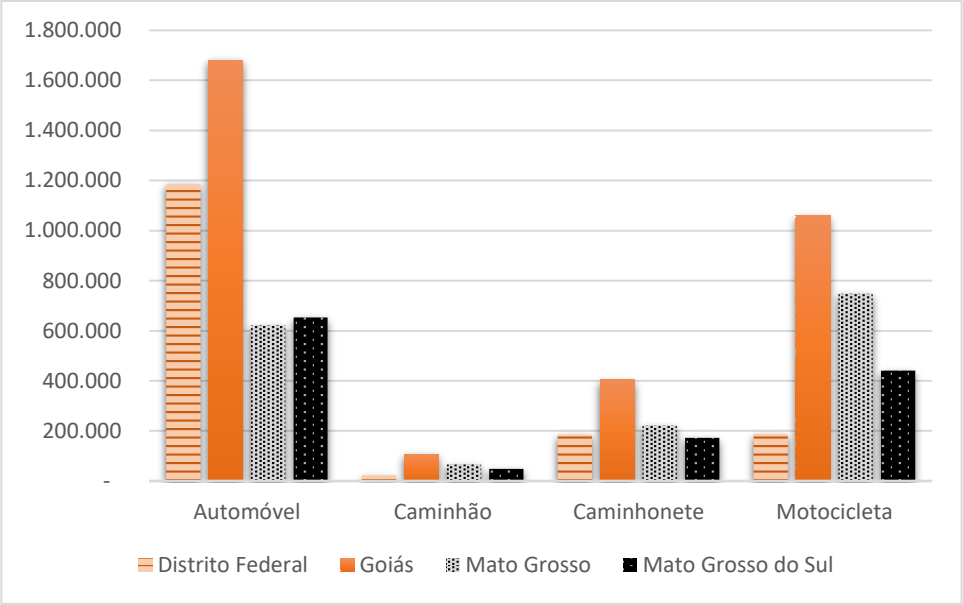

Figura 23. Frota veicular da região Centro-Oeste

Elaborado a partir de DENATRAN, 2015.

Também publicado pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), em estatística referente ao combustível utilizado, o percentual de participação de veículos que apresentam a possibilidade de utilização de dois tipos de combustível, sejam esses gasolina e/ou etanol ou biodiesel, é de 97,3%. Desse total 89,8% dos veículos fazem uso do etanol e 7,5% do biodiesel[8].

Seguindo essa análise, a parcela de carros "flex fuel" (álcool e gasolina) é de 34,4% e os veículos movidos somente a álcool correspondem a 4,6%. Veículos movidos a álcool/gasolina/gás natural, denominados "tri fuel" correspondem a 0,6%, somando 542.949 veículos, nacionalmente.

É significativo destacar que, na década de 1980 a frota brasileira teve participação de 93% do etanol. Porém, em função de circunstâncias desfavoráveis e da redução do preço do petróleo, o declínio na produção de veículos movidos pelo insumo foi vertiginoso. Na década de 90, o percentual de fabricação de veículos leves foi de 10% e a contínua redução se dá nos dias atuais (TURDERA; VARGAS, 2016). Assim, atualmente a maior parcela de

[8] O levantamento leva em consideração os seguintes combustíveis e/ou combinações deste: Álcool; Álcool/Gás Natural Combustível; Álcool/Gás Natural Veicular; Álcool/Gasolina; Diesel; Diesel/ Gás Natural Combustível; Diesel/ Gás Natural Veicular; Elétrico/Fonte externa; Elétrico/Fonte interna; Gás metano; Gás Natural Veicular; Gasogênio; Gasol/ Gás Natural Combustível; Gasolina; Gasolina/Álcool/Gás Natural; Gasolina/elétrico; Gasolina/Gás Natural Veicular.

utilização do etanol se dá pela mistura obrigatória e pelos veículos “flex”, como apresentado.

Referente à região Centro-Oeste, 1,83% dos veículos que apresentam possibilidade de operação com dois combustíveis concentra-se no Distrito Federal, 3,7% em Goiás, 1,9% no Mato Grosso e 1,5% no Mato Grosso do Sul, considerando o percentual de participação à nível nacional. Nessa mesma análise, os veículos alocados no CO correspondem a: 9,9% de veículos “flex”, 8,6% de veículos à álcool e 0,6% de veículos “tri fuel” (DENATRAN, 2015).

Em âmbito regional, 86,7% da frota utiliza etanol e 8,8% diesel, com percentual de participação de 95,6% em abastecimento fazendo uso, ainda que de forma obrigatória, da parcela de bioenergia. O maior percentual na participação do etanol é atribuído à Goiás (41,8%), seguido por Distrito Federal, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, com aproximadamente 20,8%, 20,8% e 16,5%, respectivamente. Referente ao diesel, as maiores parcelas são referem-se à Goiás (40,1%), Mato Grosso (27,3%), Mato Grosso do Sul (19,6%) e Distrito Federal (12,8%). De forma geral, 3,8% da frota regional é abastecida somente à álcool, 36,1% é "flex fuel" e apenas 0,3% "tri fuel".

3.1. Regulação sobre a comercialização e utilização do etanol e do biodiesel

3.1.1. Etanol

Entre os marcos da política energética do etanol destaca-se a criação do Próalcool, primeiro regulamentador da utilização do insumo. Subsequente, por meio da criação da atual Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), pela Lei do Petróleo, foram criadas as demais regulamentações do setor. Atualmente cabe a ANP a atribuição da maior parte dessas regulamentações, tais como: produção, distribuição, comercialização e especificações gerais. Quanto ao percentual de mistura, este é regulamentado pelo Conselho Interministerial do Açúcar e Álcool (CIMA), por meio do Ministério da Agricultura,

Pecuária e Abastecimento (Mapa) (NOVA CANA, s.d.). O histórico dessas regularizações é apresentado abaixo.

- Proálcool: 1977 (4,5%), 1979 (15%) e 1985 (22%) – Adições de álcool anidro estabelecidas;
- Lei n° 8.723, de 28 de outubro de 1993 – Obrigatoriedade de 22% de álcool anidro misturado à gasolina, com variação máxima de 1% para mais ou para menos;
- Decreto N° 2.607, de 28 de maio de 1998 – Obrigatoriedade de 24% de álcool anidro à gasolina.
- Decreto Nº 3.552, de 4 de agosto de 2000 – Obrigatoriedade de 20% de álcool anidro à gasolina.
- Decreto Nº 3.824, de 29 de maio de 2001 – Obrigatoriedade de 20% a de álcool anidro à gasolina.
- Resolução CIMA (Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool) nº 35, de 22 de fevereiro de 2006 – Obrigatoriedade de 20% de álcool anidro à gasolina
- Resolução CIMA nº 37, de 27 de junho de 2007 - Obrigatoriedade de 25%
- Resolução MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) n° 7, de 11 de janeiro de 2010, percentual de 20% durante fevereiro, março e abril daquele ano e 25% após esse período.
- Resolução MAPA nº 678, de 31 de agosto de 2011, obrigatoriedade de 20% de álcool anidro à gasolina;
- Resolução MAPA nº 75, de 5 de março de 2015 e Resolução Nº 1, de 4 de março de 2015, do Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA), obrigatoriedade de 27% álcool anidro à gasolina e 25% na gasolina “premium”.

3.1.2. Biodiesel

Da mesma maneira, o arcabouço regulatório do biodiesel estruturou a formação de sua cadeia produtiva, através das regulações embasadas nas diretrizes estabelecidas pelo Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), além de órgãos com atribuições técnicas como o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), Ministério de Minas e Energia (MME) e a ANP (CASTRO; CARNEIRO, 2016).

- Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): 2005 a 2007 - Opção de 2% de biodiesel no diesel mineral;
- Lei Nº 11.097, de 13 de janeiro 2005 - Janeiro a junho de 2008 - Obrigatoriedade de 2% de biodiesel ao diesel mineral;
- Resolução CNPE (Conselho Nacional de Política Energética) 2/2008 - Julho de 2008 a julho de 2012 - Obrigatoriedade de 3% de biodiesel ao diesel mineral;
- Alteração pelo CNPE - A partir de 2013 - Obrigatoriedade de 5% de biodiesel ao diesel mineral;
- Lei Nº 13.033, de 24 de setembro de 2014. I - 6% (seis por cento), a partir de 1º de julho de 2014;

I - 8% (oito por cento), em até doze meses após a data de promulgação desta Lei; II - 7% (sete por cento), a partir de 1º de novembro de 2014.

II - 9% (nove por cento), em até vinte e quatro meses após a data de promulgação da Lei; (Redação dada pela Lei nº 13.263, de 2016);

III - 10% (dez por cento), em até trinta e seis meses após a data de promulgação da Lei.

- Lei Nº 13.263, de 23 de março de 2016 – I - 8% (oito por cento), em até doze meses após a data de promulgação da Lei;

II - 9% (nove por cento), em até vinte e quatro meses após a data de promulgação da Lei;

III - 10% (dez por cento), em até trinta e seis meses após a data de promulgação da Lei.

4. O MERCADO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS E A QUESTÃO AMBIENTAL NO BRASIL E NO CENTRO-OESTE

4.1. O Proálcool: Origem e Expectativas

O programa brasileiro Proálcool (programa nacional do álcool), criado no governo do presidente Ernesto Geisel, em 14 de novembro de 1975, teve como propósito o estimulo da produção de álcool, buscando o atendimento das necessidades do mercado nacional e da política dos combustíveis automotivos. A produção do álcool, independente do insumo (cana de açúcar, mandioca, etc), deveria ser incentivada pela expansão da oferta das matérias primas de acordo com o decreto, com ênfase no crescimento da produção agrícola, modernização e ampliação das destilarias existentes e de instalações de novas unidades. Segundo Nitsch (1990) o programa é o maior e mais duradouro esforço de substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis em termos mundiais.

Entre 1975 e 1979, todo o esforço foi direcionado para a produção de álcool anidro, objetivando a mistura com a gasolina. De 1980 a 1986, em função da triplicação do preço do barril, decorrente do segundo choque do petróleo, as compras do produto correspondiam a 46% da pauta de importações brasileiras. Nesse período foram criados organismos como o Conselho Nacional do Álcool (CNAL) e a Comissão Executiva Nacional do Álcool (CENAL) visando acelerar as contribuições do programa (BIODIESEL BR, 2006).

Entre 1989 e 1995, o mercado petrolífero é alterado, através das quedas dos preços do barril de óleo bruto pela metade e do aumento dos preços internacionais do açúcar. Esse período foi chamado de “contra-choque do petróleo” e atribuiu incertezas quando ao futuro dos programas que visavam a substituição de combustíveis fósseis. A política energética brasileira sentiu o efeito da mudança de preço em 1988, quando o país teve redução nos recursos públicos que subsidiavam investimentos em energia. O período de crise econômica coincidente assimilou a especulação de que o programa era inflacionário e participativo no escoadouro de finanças públicas (NITSCH, 1990). Como consequência à escassez de subsídios, os preços pagos aos produtores do insumo caíram de forma considerável, essa queda ficou refletida na produção

interna. Complementar à discussão, a Figura 24 apresenta a evolução da produção de etanol, evidenciando os períodos acima citados.

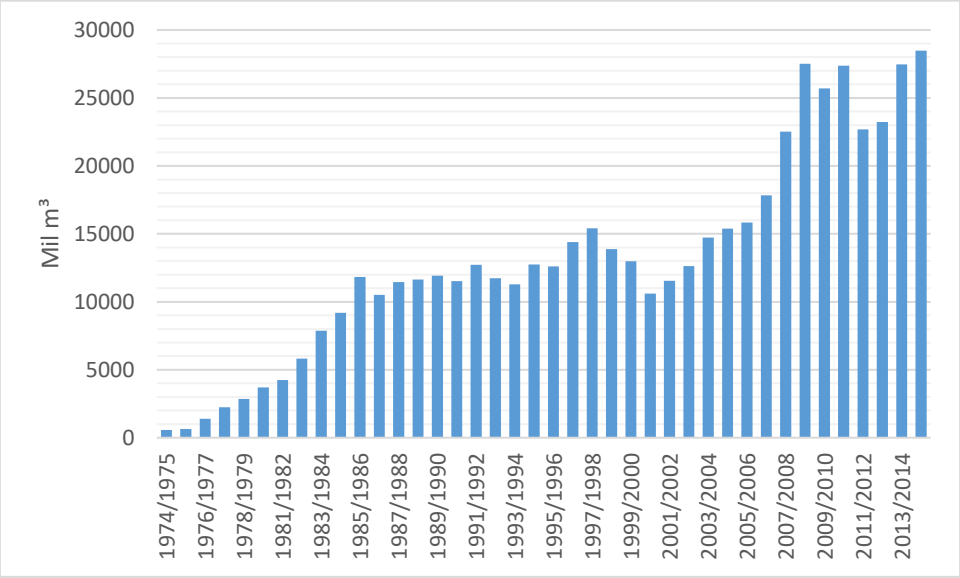

Figura 24. Evolução histórica da produção de etanol

Elaborado a partir de UNICA, 2016; CRUZ; GUERREIRO; RAIHER, 2009.

Do lado da demanda, houve o estímulo através da manutenção do preço, aliada à redução de impostos aos veículos movidos pelo combustível; entretanto, no fim da década de 80, em função da crise de abastecimento do insumo, houve decréscimos significativos da procura, assim como da venda de automóveis abastecidos a álcool (BIODIESEL BR, 2006).

De 1995 a 2000, os mercados de álcool, anidro e hidratado, através da liberação de todas as fases: produção, distribuição e revenda, proporcionaram a definição do setor. Assim, o preço passou a ser determinado pelas condições de oferta e demanda (*Id. Ibid*).

Em 1997, foi criado o Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA), e em 1998 a Medida Provisória nº 1.662, referente a medidas quanto à redução de emissão de poluentes por veículos automotores, estabeleceu a obrigatoriedade de 22% de álcool etílico anidro à gasolina, com limite de 24%. No período dessa pesquisa, o preço do etanol atinge 27% do preço do litro da gasolina comum (*Id. Ibid*.).

O consumo interno do combustível foi fortalecido com a introdução da tecnologia “flex” em 2003 e, em função do aumento de vendas de carros que

utilizam a tecnologia, tem-se a significativa elevação da participação dos biocombustíveis. A mudança da indústria automobilística resulta no contínuo crescimento do setor sucroalcooleiro, evidenciando a importância que o insumo apresenta hoje no setor energético brasileiro (*Id. Ibid*.).

Atualmente, o país vive o aumento da produção canavieira, objetivando o suprimento do combustível em grande escala. Tal expansão reflete-se em áreas não tradicionais, por exemplo, interior paulista, espalhando-se pelo Cerrado (*Id. Ibid*.).

A corrida para ampliação das unidades e construção de novas usinas é movida atualmente pelas decisões do setor privado, convictos de que o álcool terá, a partir de agora, um papel fundamental como combustível (*Id. Ibid*.).

A Figura 25 apresenta o histórico de produção e moagem de cana de açúcar (em mil m³), para os principais estados produtores nacionais, nos últimos 35 anos. Evidencia-se a tendência de aumento na produção do etanol no Centro-Oeste intensificada nos últimos dez anos, com destaque para Goiás e Mato Grosso do Sul. Na safra 2014/2015 as maiores parcelas de contribuição eram: São Paulo (48,2%), Goiás (14,8%), Minas Gerais (9,6%), Mato Grosso do Sul (8,8%), Paraná (5,7%), Mato Grosso (4,1%) e Alagoas (1,9%) (UNICA, 2016).

É importante destacar que para melhor visualização, o eixo secundário apresenta os valores apenas para o Estado de São Paulo (em tracejado), visto a elevada produção do estado em comparação com os demais.

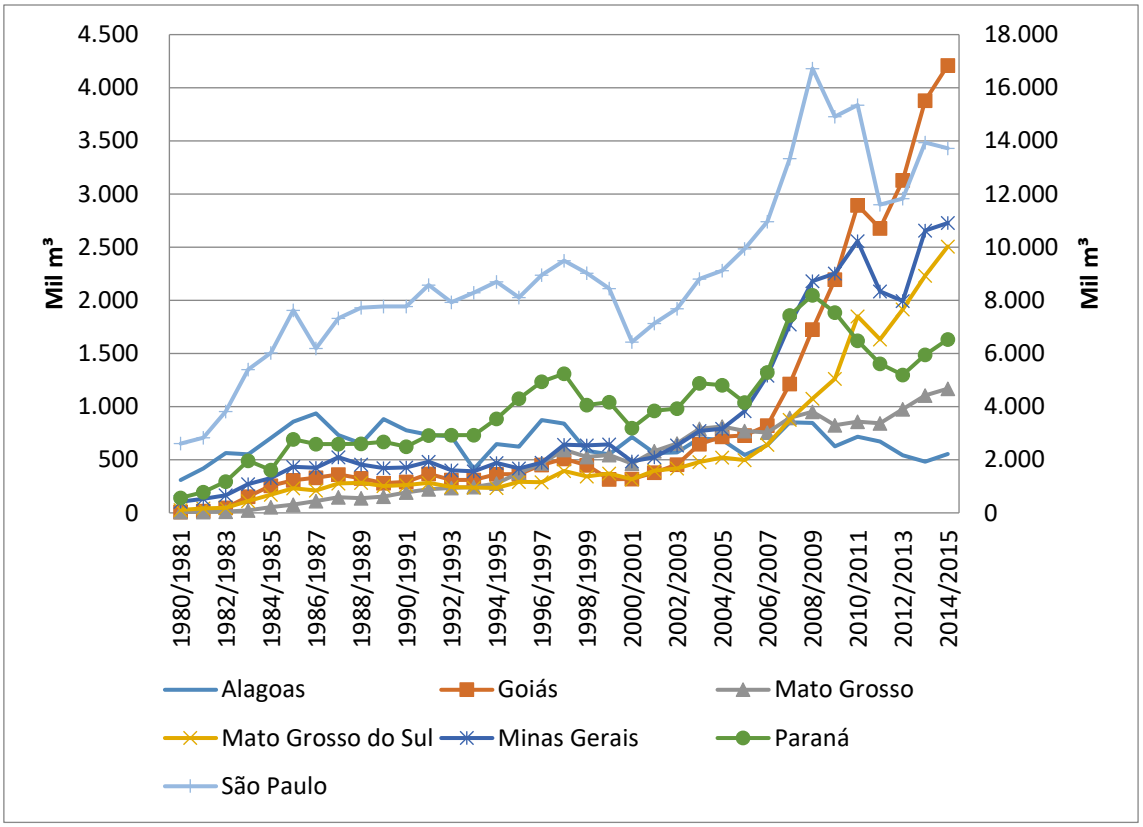

Figura 25. Etanol total: Histórico de produção e Moagem

Elaborado a partir de UNICA, 2015.

4.2. Produção de etanol no Centro-Oeste

Nos últimos anos, o crescimento notório da produção da soja, cana-de-açúcar e pecuária bovina no Centro-Oeste, foi fator determinante para a participação da região na bioenergia (CORREA, 2013). Em 2014 a área plantada de cana-de-açúcar correspondia a 18,3% da área brasileira. Atualmente, além da cana-de-açúcar, utilizada como matéria prima do etanol, os dois principais insumos referentes a produção de biocombustíveis são respectivamente a soja e o sebo bovino, assim, a região apresenta fatores fundamentais para o desenvolvimento energético nesse âmbito (BIODIESEL BR, 2016).

Segundo a ANP, no ano de 2014 foram produzidos no Brasil mais de 28 milhões de metros cúbicos de etanol. Desse total, aproximadamente 27,7% foi produzido no Centro-Oeste, o equivalente a quase oito milhões de metros cúbicos.

O Sudeste é a maior região produtora de etanol, com aproximadamente 58,7% de partição, onde mais de 82% da produção da região é atribuída ao estado de São Paulo. Dessa forma, somente a produção paulista corresponde a 48,2% da produção nacional (UNICA, 2016).

A segunda maior produção do insumo pertence ao CO, com destaque para Goiás, que contribui com cerca de 53,4% da produção regional e 14,8% da produção brasileira. O estado é o segundo maior produtor de etanol do Brasil, seguido por Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, que produzem 9,6% e 8,8% do nacional, respectivamente. Nordeste, Sul e Norte dão continuidade ao percentual de participação por região, com aproximadamente 7,1%, 5,6% e 0,8%, respectivamente.

De maneira geral, os estados da região Centro-Oeste englobam a segunda, quarta e sexta maior produção de etanol do Brasil; referentes aos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, nessa ordem. A participação regional produzida se dá por: Goiás 53,4%, Mato Grosso do Sul 31,8% e Mato Grosso 14,8%.

O percentual de produção é consequente à quantidade de usinas em operação e à área plantada, assim como apresentado na tabela 1. Na região, a área plantada é de quase 2 milhões de hectares para o abastecimento de 72 usinas (Nova Cana, 2016)

A disposição das usinas é apresentada no Anexo A (página 116), destacando os municípios em que essas estão inseridas. Nessa análise, no estado de Goiás, a maior concentração de usinas sucroalcooleiras se dá no Sul da região e, em menor proporção na região norte. Do mesmo modo, em Mato Grosso do Sul estão instaladas 75% das usinas de etanol na região Sul, concentradas em um raio de 250 quilômetros do município de Dourados; as demais usinas do estado assemelham-se por estarem introduzidas em municípios que fazem divisa com outros estados, nesse caso, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso. Por último, Mato Grosso, ainda que mantenha a maior dispersão das usinas, também apresenta predomínio da região.

Em relação às vendas, são consideradas duas situações: venda de etanol hidratado e venda de etanol anidro, esse último associado a mistura obrigatória (ANP, 2016). Para a composição desse valor, foi considerado o percentual de

mistura vigente em 2014, sendo de janeiro a julho de 5% e posterior a julho de 6%.

Tabela 1 – Mercado de biocombustíveis no Centro-Oeste.

Estado	GO	MT	MS	DF
ETANOL				
Quantidade de usinas	38	10	24	-
Área plantada de cana de açúcar (hectares)	1.018.281	289.673	639.899	-
Etanol total produzido (m³)	4.211.278	1.168.840	2.506.811	-
Vendas de etanol hidratado mercado doméstico (m³)	926.225,8	514.044,6	156.077,9	73.914
Vendas de etanol anidro em mistura obrigatória (m³)	409.972,1	165.602,3	179.435,1	293.107,2
BIODIESEL				
Quantidade de usinas	6	19	3	-
Biodiesel produzido (m³)	643.837,3	611.107,7	217.296,7	-
Vendas em mistura obrigatória (m³)	174.763,5	148.901,7	77.165,7	24.456,96

Adaptado UNICA, 2016; ANP, 2015; Nova Cana, 2016; BIODIESEL BR, 2016.

Em contrapartida, a produção de etanol no Mato Grosso concentra a maior quantidade de usinas de biodiesel, 67,8% da região, entretanto Goiás, com 21,4% das usinas, detém a maior produção do insumo. Isso se dá em função do porte das usinas, assim, ainda que Mato Grosso apresente um número consideravelmente maior de usinas instaladas, a capacidade de produção dessas usinas não é elevada.

A produção brasileira de biodiesel em 2014 foi de mais de 3,4 milhões de metros cúbicos, predominantemente produzidos na região Centro-Oeste, com participação de 18,8% de Goiás, 17,9% de Mato Grosso e 6,3% de Mato Grosso do Sul. Nesse ano a maior produção se deu pelo estado do Rio Grande do Sul, com 28,5% do percentual de participação nacional. A segunda maior produção fora da região CO foi do Paraná, com 9,3%. Regionalmente Goiás produz 43,7%, Mato Grosso 41,5% e Mato Grosso do Sul 14,8%.

Na tabela 2 é relacionada a produção e venda desses combustíveis, visando relacionar a capacidade de produção com a distribuição por Unidade de Federação (UF)

Tabela 2 – Relação entre produção e venda.

Produção/Venda	GO	MT	MS	CO
Etanol	3,151687	1,719775	7,471577	2,901335
Biodiesel	3,684049	4,104101	2,815975	3,461753

Adaptado UNICA, 2016; ANP, 2015; Nova Cana, 2016; BIODIESEL BR, 2016.

A demanda é entendida como o volume de compra de um determinado grupo, nesse caso, a demanda é representada pela venda de combustível, pelas distribuidoras, por UF. Assim, de maneira geral, a região possui uma produção consideravelmente superior à sua demanda. Isso se dá principalmente no Mato Grosso do Sul, quanto ao etanol e, no Mato Grosso, quanto ao biodiesel, onde a quantidade produzida é de 7,5 e 4,1 vezes superior à demandada, respectivamente (UNICA, 2016).

Essa característica é atribuída a uma metodologia de planejamento voltada ao abastecimento nacional centralizado em áreas aptas às culturas. Assim, a região CO compõe uma das maiores regiões do país quanto a produção de biocombustíveis (*Id. Ibid*.).

Cerca de 34,5% da produção de etanol da região CO apresenta demanda interna, esse valor é de 28,9% para o biodiesel. Mato Grosso do Sul apresenta a menor demanda de etanol em função do que produz, utilizando apenas 13,3% de toda sua produção, enquanto o Mato Grosso apresenta a maior porcentagem demandada, 58,1% do que é produzido pelo estado. Em contrapartida, referente

ao biodiesel, a maior parcela utilizada ocorre no Mato Grosso do Sul (35,5%) e a menor no Mato Grosso (24,3%). Ainda seguindo essa análise, da Figura 26 tem-se de forma discrepante a diferença de produção do etanol e do biodiesel, isso se dá em função de uma junção de fatores tais como a predominância da frota que circula com motores Otto e, em consequência, ao maior número de políticas voltadas a esse setor, aliado aos maiores percentuais obrigatórios. A sigla “E” e “B” referem-se ao etanol e ao biodiesel, respectivamente.

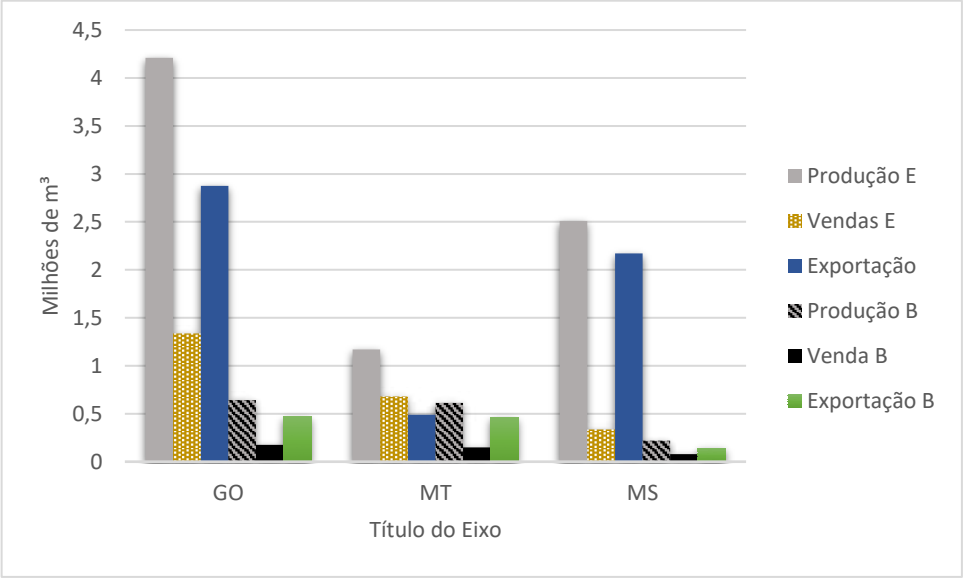

Figura 26. Produção, demanda e exportação de etanol

Elaborado a partir de ÚNICA, 2016; ANP, 2015; Nova Cana, 2016; Biodiesel BR, 2016.

Por fim, a composição de preços se mostra bastante complexa e, envolve uma gama de análises, as quais não serão apresentadas aqui. Visto que, de modo geral, é visada a apresentação da tendência de crescimento do preço do etanol brasileiro, em intervalo disponível pela ANP (2016), e a comparação dos preços atuais do insumo para os estados em investigação.

Dessa forma, entre os anos de 2001 e 2012 o preço médio do etanol brasileiro teve aumento de 83,3%, passando de 1,09 reais por litro para 2,00 reais por litro. Nesse mesmo período o crescimento no valor da distribuição foi ainda mais significativo, 107%, com média de margem de revenda de 30%. Em comparação, nesse mesmo intervalo de tempo, o preço da gasolina teve

aumento de 60,3% na revenda e 58,6% na distribuição, com margem de revenda pouco maior, 33,5%.

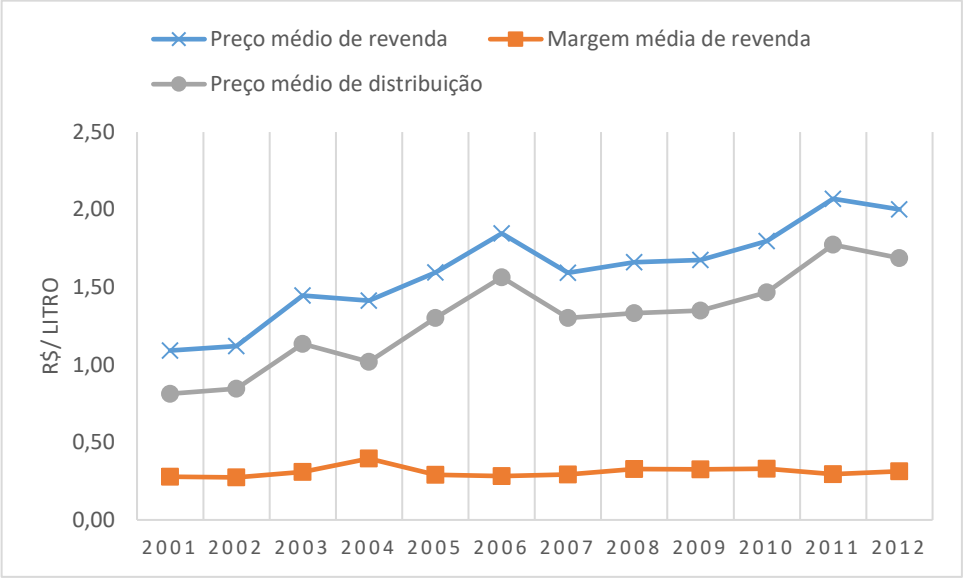

Figura 27. Preço médio do etanol

Elaborado a partir da ANP, 2014.

O preço do etanol é monitorado pela ANP, que faz o mapeamento semanalmente, segundo as distribuidoras, munícipios e estados. Dessa forma, dificultando a aquisição do histórico de dados desse parâmetro. Assim, em levantamento complementar para a região Centro-Oeste, é considerado o preço médio do etanol anual para os últimos três anos.

Para a composição atualizada do preço do etanol, é apresentada a taxa de crescimento entre 2015 e 2016, visto que a composição dos preços referente à 2017, leva em consideração apenas os meses de janeiro e fevereiro. Dessa forma, a maior taxa de crescimento refere-se à Mato Grosso (23,0%), seguido por Goiás (21,2%), Mato Grosso do Sul (19,8%) e Distrito Federal (14,0%).

Na região o maior preço do insumo é atribuído ao Distrito Federal, seguido por Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso.

Tabela 3 – Preço do etanol no Centro Oeste

Ano	2015	2016	2017
UF	R$/litro		
DF	2,75	3,14	3,37
GO	2,29	2,77	2,93
MT	2,10	2,58	2,73
MS	2,37	2,84	3,15

Elaborado a partir de ÚNICA, 2017.

4.3. O Biodiesel e sua Inserção Vagarosa no Mercado

Na década de 1920, em função de testes realizados pelo Instituto Nacional de Tecnologia acerca de combustíveis alternativos e renováveis, foram realizadas as primeiras pesquisas laboratoriais referentes ao biodiesel. No Brasil, a primeira grande iniciativa governamental ocorreu em 1975, em decorrência do Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-Óleo). A iniciativa se deu com o objetivo de gerar excedentes de óleo vegetal, objetivando tornar os preços competitivos com os do petróleo, dada a crise da época. A mistura prevista na época foi de 30%, visando a substituição de forma gradativa. Entretanto, posteriormente houve a queda do preço do petróleo, assim, em 1986, o Pró-Óleo foi extinto.

O brasileiro Expedito Parente, engenheiro químico do Pró-álcool, foi um dos principais contribuintes científicos do insumo no Brasil. Para ele a substituição do diesel se fazia mais importante que a da gasolina, visto que a frota abastecida à diesel é predominantemente composta por veículos coletivos e do transporte rodoviário. Em 1977, integrando o grupo de pesquisas da Universidade Federal do Ceará, Parente deu início às pesquisas utilizando oleaginosas, patenteando a produção de combustível através da transesterificação, a primeira do gênero no país. Mundialmente, muitas outras patentes foram concedidas, em função de detalhes técnicos do processo de produção (KNOTHE, et. al., 2006).

Na década de 1980 foi incentivada a fabricação de um biodiesel nacional, utilizando o dendê. Assim, por meio do envolvimento da Petrobras e do Ministério da Aeronáutica, foi criado o Prodiesel e, o combustível passou a ser testado por fabricantes de veículos a diesel.

Em 1983, em função da alta do petróleo, foi criado o Programa de Óleos Vegetais (OVEG), retomando os testes referente à utilização do biodiesel e de misturas. A iniciativa foi fortemente motivada, em função da coordenação da Secretaria de Tecnologia Industrial, contando com a colaboração de institutos de pesquisa, indústrias de veículos e de óleos vegetais e fabricantes de peças, lubrificantes e combustíveis. Os testes concluíram a viabilidade técnica do insumo, porém foram abandonados em função do preço de produção elevado.

Em 2002 foi criado o programa de substituição do diesel de petróleo, denominado Probiodiesel. Nesse cenário, as motivações passaram a incorporar questões ambientais e sociais. Inicialmente a ideia do programa era a substituição de todo o diesel consumido por B5 (5% de biodiesel e 95% de diesel mineral) e, em 15 anos por B20. O objetivo inicial não foi alcançado, assim em 2005 a mistura obrigatória foi de 2%, passando a 5% somente em 2013.

O pretendido aumento da participação da bioenergia tem como aliado o aumento da participação de biodiesel. O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel - PNPB, criado em 2004, apresenta como base tecnológica questões ambientais, sociais e mercadológicas (MME, s.d.).

Os objetivos principais do programa visam, além da redução das emissões de GEE, aspectos econômicos e sustentáveis, tais como: geração direta, indireta e da elasticidade efeito-renda[9] de emprego e de rendas na produção de matérias primas, biodiesel, máquinas e equipamentos e nos serviços demandados pelo setor; redução das disparidades regionais, através do desenvolvimento econômico e social, na indústria e no campo, no interior do país; diversificação da matriz energética; redução da dependência externa do diesel A[10] importado e; incentivo à pesquisa; (ABIOVE; APROBIO; UBRABIO, 2016). Em resumo, a estratégia, por parte do governo federal, foi a de promoção de um combustível renovável que pudesse estimular o desenvolvimento regional brasileiro, visando a geração de empregos e renda no campo e redução da desigualdade social (COSTA; MENDES, 2009). Segundo a ABIOVE, APROBIO & UBRABIO (2016), nos primeiros cinco anos do programa, entre 2005 e 2010,

[9] Em economia, efeito-renda é a taxa que mede a variação de consumo em função de uma mudança de preço.

[10] Óleo diesel "A" consiste no combustível, de uso rodoviário e não rodoviário, destinado a veículos e equipamentos dotados de motores ciclo Diesel, produzidos através de refino de petróleo e gás natural, sem adição de biodiesel.

mais de 1,3 milhões de empregos, considerando toda a cadeira de produção e comercialização de biodiesel, foram gerados.

A inserção do biodiesel na matriz energética brasileira ocorreu efetivamente em 2005, em função da Lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005. Inicialmente a lei previa a adição de 5%, em volume, de biodiesel na matriz, através da adição do biodiesel ao diesel mineral consumido. Na publicação a mínima adição foi fixada em 2% e o prazo de aplicação foi de oito anos (BRASIL, 2005).

O mercado nacional de biodiesel sofreu mudanças em suas regulamentações em 2016, através de medidas de inserção progressivas, tomando como referência o ano de 2030, horizonte da pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, em inglês); O plano sobre mudanças climáticas deixou de ser "pretendido" e passou a ser "determinado" (NDC) em setembro desse mesmo ano.

Atualmente, o setor de biodiesel tem como proposta o aumento de forma gradativa da mistura. Em alteração à Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, que estabelecia a porcentagem de mistura seguindo o tempo estabelecido de cumprimento, atualmente vigora a Lei 13.263/2016. Essa estabelece: 8% de mistura, em até doze meses; 9% em até vinte e quatro meses e; 10% até trinta e seis meses, considerando a data de promulgação da lei, sendo esta de março de 2016. O aumento na participação do insumo na matriz energética brasileira poderá seguir o cronograma mínimo: B7 (2016); B10 (2019), B15 (2025) e B20 (2030).

A busca para o potencial energético do biodiesel na matriz energética brasileira, e dos compromissos ambientais visados, foi construída em um Cenário para 2030, com as projeções e embasamentos justificados através de estatísticas e tendência das análises. Para isso considera-se previsões de disponibilidade de matérias-primas, áreas de cultivo, composição da matriz energética, consumo de diesel “B”[11], percentual de mistura, pesquisa, geração de empregos, segurança energética, infraestrutura e logística.

[11] Diesel “B” é a mistura de diesel “A” com biodiesel, com o teor estabelecido pela legislação vigente.

4.4. Perspectiva da Oferta e Demanda dos Biocombustíveis

Considerando todo o histórico de produção do biodiesel, datado a partir de 2005, a maior taxa de crescimento apresentada refere-se ao ano de 2008, em função da obrigatoriedade de adição, mínima de 2%, do biodiesel puro (B100) no diesel mineral. Nesse ano, a taxa de crescimento foi de 188,7%, passando a produção aproximada de 0,4 para 1,2 bilhões de litros.

Em 2009, com mistura de 3% nos primeiros seis meses do ano, e 4% nos últimos seis, o crescimento da produção foi de 37,8%; Entre janeiro de 2010 e 2014, foram regulamentados aumentos gradativos, com mistura de 5% até junho de 2014, 6% entre julho e outubro e 7% a partir de novembro, nesse período o percentual de aumento foi de 43,4%. Por fim, entre 2014 e 2015, o aumento de produção, com mistura fixada em 7%, foi pouco maior que 15,0% (ANP, 2016).

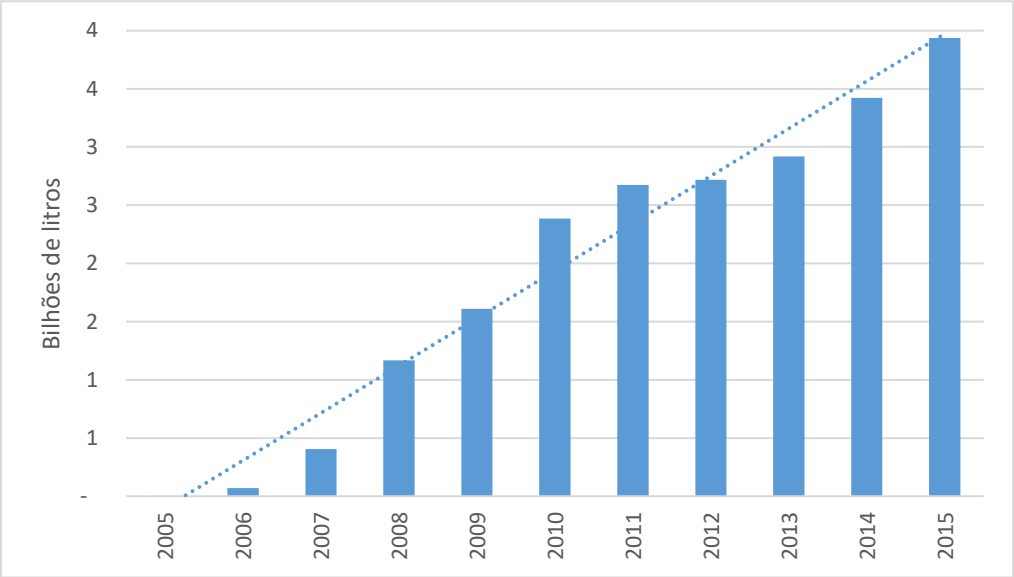

Figura 28. Produção histórica de biodiesel

Elaborado a partir de ANP, 2016.

Referente à produção de diesel mineral (Figura 29), de forma oposta a produção de biodiesel, essa não se caracteriza de forma linear. Entre 2000 e 2007, período anterior à obrigatoriedade, a maior taxa de crescimento apresentada refere-se à 2004, com aproximadamente 12,0% de crescimento, enquanto que a menor taxa foi em 2002, cerca de -0,1%. Em 2008, o crescimento

da produção foi de 3,9%. Da mesma forma, a produção do insumo continuou a não apresentar linearidade, assim, após o período em que passou a ser obrigatória a utilização do biocombustível, a maior taxa de crescimento apresentada foi em 2013 (8,9%) enquanto que a menor taxa corresponde à 2010 (-3,4%). A média de crescimento de produção entre 2000 e 2007 foi de 3,6% e, entre 2008 e 2015 esse valor correspondeu a 2,9%.

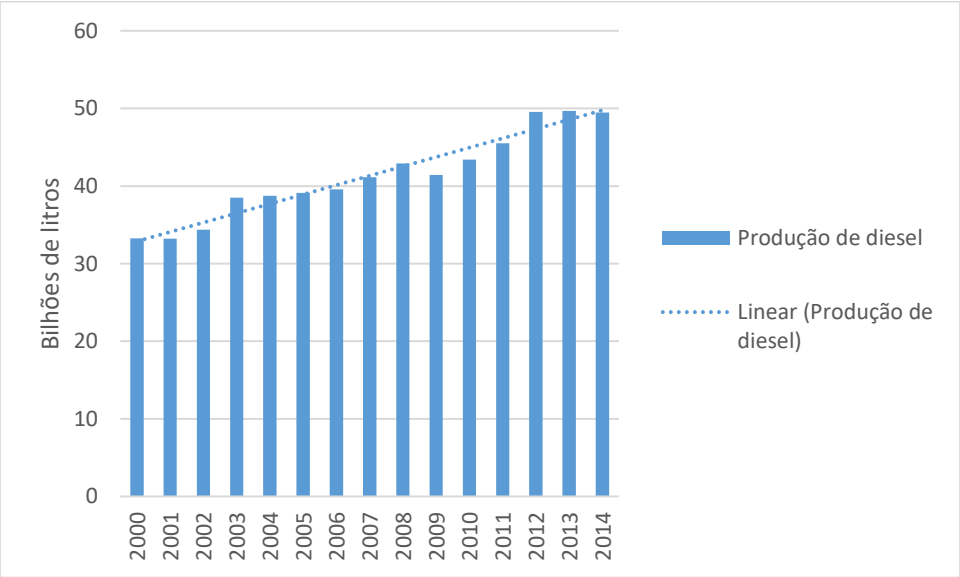

Figura 29. Produção histórica de diesel

Elaborado a partir de ANP, 2016.

Na Figura 30 é apresentada a expectativa de crescimento da produção de biodiesel, elaborado pela “Nota técnica DEA 13/15 Demanda de energia 2050”. Nessa análise considera-se o volume de mistura variando entre 7 e 10%, porém, como discutido anteriormente, em 2016, ano posterior ao de publicação do relatório, tem-se o estabelecimento de metas mais ousadas referente à mistura, elevando a expectativa de produção.

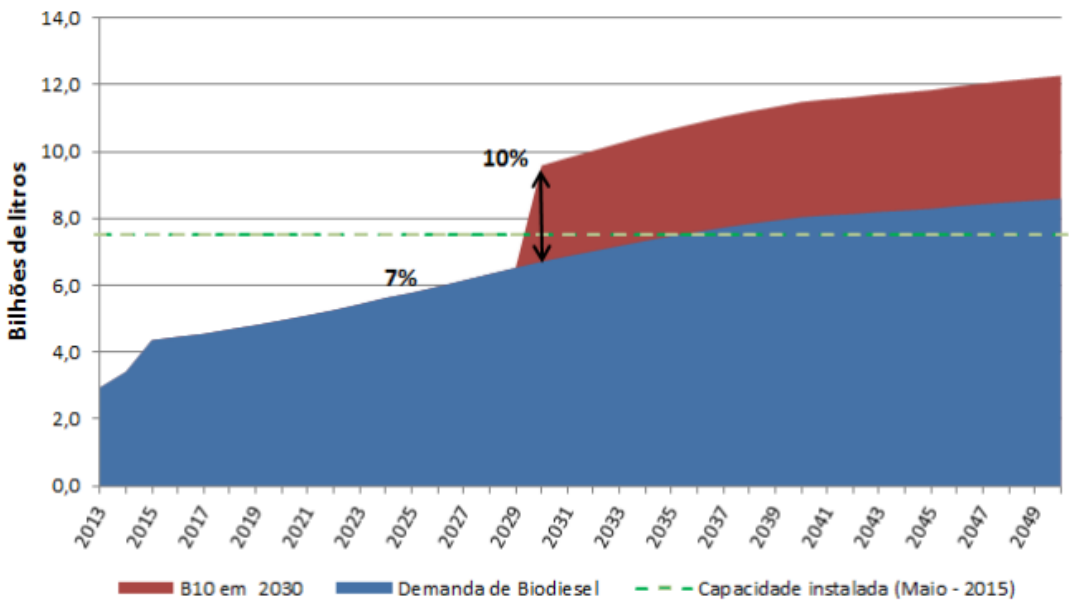

Figura 30. Expectativa da evolução da produção brasileira de biodiesel até 2050

Elaboração EPE, 2016.

Assim, seguindo a modificação prevista na Lei 13.263/2016, segundo a ABIOVE, APROBIO e UBRABIO (2016) a estimativa é de que até 2030 a produção de biodiesel deva atingir 18 bilhões de litros, considerando que o consumo de diesel “B” seja de 90 bilhões de litros, ou seja, atingindo a meta de 20% de mistura. Na Figura 30 esse valor é de menos de 10 bilhões de litros.

Na Figura 31, é apresentada a expectativa de produção calculada para a produção de biodiesel. Para esse cálculo foi considerada a média de crescimento dos últimos 5 anos, desconsiderando os dois valores com maiores desvios padrão. Para a taxa média de crescimento, no intervalo de tempo considerado, cerca de 11,5%, a projeção calculada é similar com a realizada pelas associações. Nesse cálculo, a expectativa de produção de biodiesel em 2030 é de aproximadamente 20 bilhões de litros.

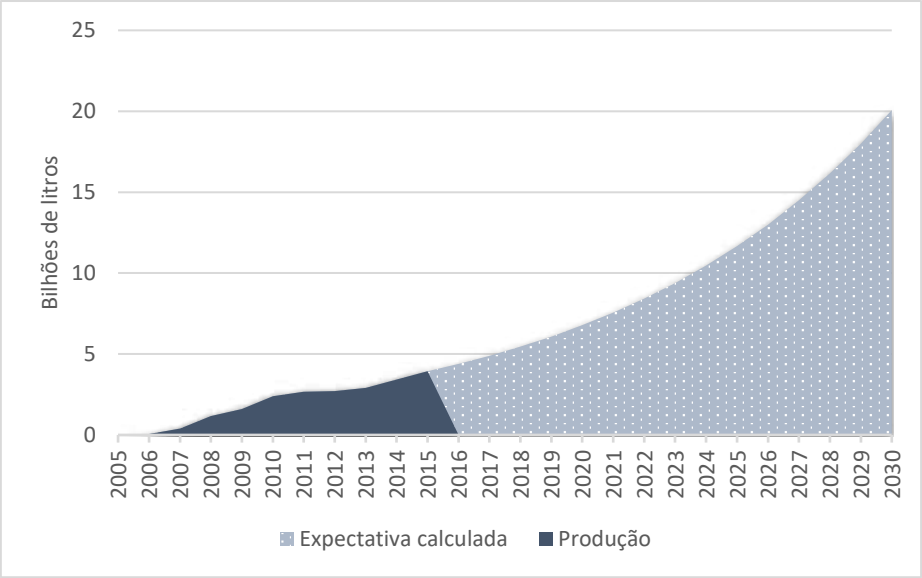

Figura 31. Expectativa da produção de biodiesel calculada

Elaborado a partir de ANP, 2015.

Segundo a Agência Nacional de Petróleo – ANP (2016), caso não haja o devido investimento quanto ao aumento da produção, espera-se que cerca de 24,5 bilhões de litros de diesel tenham que ser importados para atendimento do consumo no ano de referência. A previsão de produção considera como matérias primas o óleo de soja (77%), sebo bovino (8%) e outras (7%). Nessa última parcela estão incluídas a palma de óleo, que já possui inserção atualmente, além de outros insumos diretamente dependentes de políticas de incentivo, tais como o óleo de fritura recuperado, algodão, canola, girassol, amendoim, palmáceas como babaçu e macaúba, gorduras de porco, frango e peixe, e oleaginosas como a camelina, pinhão-manso e crambe e óleo de microalgas.

Em relação ao etanol, a média de crescimento na produção do insumo foi 12,4%, considerando o período entre 1974 e 2015. A maior taxa de crescimento se deu na safra de 1977, com 116,2% e, a menor em 2001, com declínio de -18,4%. Nos últimos dez anos duas produções apresentaram redução em relação ao ano anterior, 2010 e 2012, com -6,6% e -17,1%, respectivamente. Esse valor reflete uma redução na produção de aproximadamente 4,7 bilhões de litros, no caso da menor taxa.

Segundo a UNICA (2016), entre 2008 e 2012 mais de 40 usinas sucroalcooleiras deixaram de operar, sendo 30 apenas entre os anos de 2011 e 2012. Após esse período, o Ministério de Minas e Energia em conjunto com os

produtores, deram início a uma série de medidas que propiciaram a elevação da taxa de crescimento nos próximos anos. Entre as medidas destaca-se o aumento da demanda do insumo.

Em 2006, foram produzidos quase 18 bilhões de litros de etanol, nesse ano, 75% das vendas de veículos leves no país foram referentes aos carros “flex”. Em levantamento realizado pelo setor de investimentos do banco Itaú, em 2008, aproximadamente 80% desses veículos fazia uso predominantemente do etanol. Em contrapartida, em 2012, com a crise do setor, esse número foi reduzido em 27%, em função da redução de oferta (BBC, 2013). Do ponto de vista do consumidor, é levado em consideração majoritariamente o preço, visto que a relação de 70% entre o preço da gasolina e do etanol, em função da menor eficiência do biocombustível, não oferece benefícios econômico a este. Por esse motivo, se fez necessário o aumento da produção, que aliada à redução do preço, incentiva a maior utilização do combustível.

Nos últimos 5 anos a taxa de crescimento média foi de 4,2%, desconsiderando a maior e menor taxa de crescimento, 18,3% e -17,1%, respectivamente. Essa taxa corresponde à utilizada para a expectativa de produção da Figura 32.

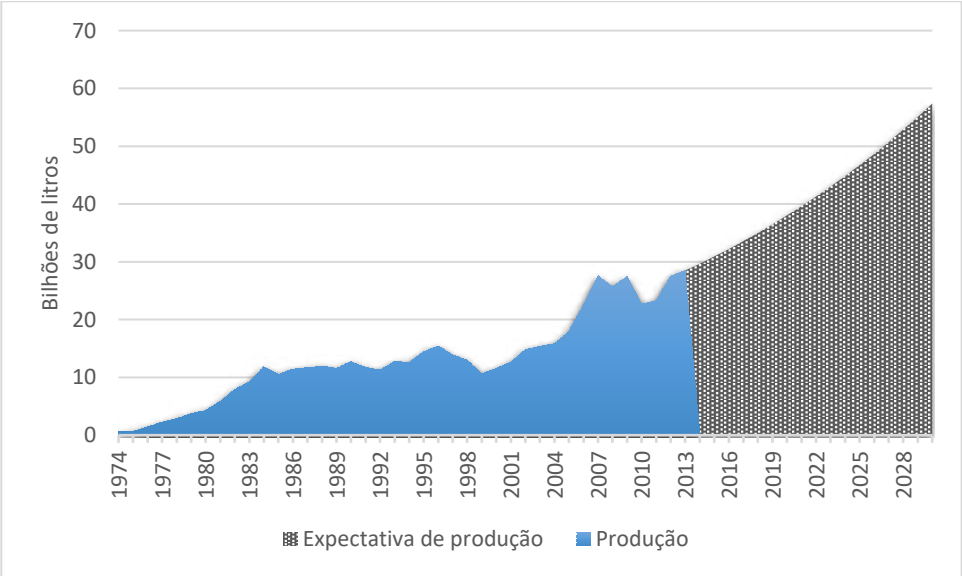

Figura 32. Expectativa de produção de etanol calculada

Elaborado a partir de ÚNICA, 2015.

Da mesma forma, em levantamento realizado pelo Ministério de Minas e Energia, o cenário de expansão da produção da cana contempla excedente de produção para 2030, com a possibilidade de colocação no mercado internacional. A projeção de produção mostra para esse biocombustível mais de 60 bilhões de litros, com demanda de 55 bilhões aproximadamente (MME, 2007).

5. RELAÇÕES ENTRE O CONSUMO E PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS E INDICADORES ENERGÉTICOS ECONÔMICOS, AMBIENTAIS E SOCIAIS.

O excessivo consumo de energia foi historicamente construído por uma junção de fatores, dentre os quais se destacam a industrialização e o aumento populacional. Nesse cenário, a junção entre fontes alternativas renováveis de energia e a eficiência energética, comporta hoje em uma das soluções mais eficazes para adequação do aumento do consumo.

A eficiência energética descreve a capacidade que ciclos ou processos refletem quanto a sua produção. No âmbito energético e, do ponto de vista dos meios de conversão de energia, o conceito de eficiência distingue a utilização da energia cinética, potencial e elétrica. De maneira similar, a eficiência energética pode ser entendida como um serviço energético como, por exemplo, a quantidade de calor produzida por quantidade de combustível. Assim, de forma geral, a eficiência energética relaciona a quantidade de energia final e um bem produzido ou serviço realizado (COMPETE; QREN; FEDER, s.d.).

O consumo de energia e a consequente eficiência sobre o uso desta são parâmetros essenciais para o desenvolvimento econômico de um país. O aumento da eficiência energética, além de diminuir os custos de energia, implica também na diminuição da intensidade energética, e essa, por sua vez, é relacionada ao PIB. Por fim, e não menos importante, a questão ambiental comporta todas as esferas desse setor e apresenta-se na atualidade, aliada à eficiência energética, como um dos principais pontos para o desenvolvimento sustentável.

5.1. Intensidade Energética

A intensidade energética relaciona o consumo total de energia em relação ao Produto Interno Bruto (PIB). A função do indicador é a medida de eficiência da utilização energética relacionada à produção de riquezas do país (PINTO JR, 2008).

A análise da intensidade energética deve ser realizada, para que mudanças tecnológicas ocorridas e variações no PIB sejam analisadas coerentemente, visto que, a eficiência dos processos tecnológicos de conversão de energia é refletida diretamente no consumo de energia industrial (TURDERA, 2009). Outros fatores de influência no consumo são as mudanças na economia e a escolha da tecnologia de transformação que, por sua vez, é influenciada pelos preços e disponibilidade de energia primária (GELLER, 2003, TURDERA, 2009).

Nesse âmbito, em 2014 a importação brasileira de energia primária foi de 17,9% (51.383x10³ tep), principalmente referente ao petróleo e ao gás natural, juntos compondo cerca de 77,1% dessa parcela. Referente à de energia secundária 14,8% (30.472x10³ tep) foi importado, principalmente em função do diesel (11.275x10³ m³), nafta (6.847x10³ m³) e do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) (3.726x10³ m³).

Na composição do indicador, a energia (oferta interna de energia, consumo final) é apresentada em quilos ou tonelada equivalente de petróleo, no primeiro caso comumente em relatórios internacionais e, o PIB, em moeda corrente ou em Paridade de Poder de Compra (PPP) (The World Bank, 2016).

Em complementariedade à discussão que segue, se faz importante descrever a metodologia inserida nessa análise. A Paridade do Poder de compra – PPP - também denominado PPC ou PPA, em português, consiste em um método alternativo à taxa de câmbio e, calcula o poder de compra dos países. A metodologia se baseia na denominada Lei do Preço Único (LPU) que estabelece a comercialização de um bem com o mesmo preço independentemente do local. O método foi introduzido com o propósito de medir o quanto uma determinada moeda pode comprar em termos internacionais, visto que a taxa de câmbio tende a desvalorizar segundo o aumento de preços. Dessa forma a PPP busca a relação entre o poder aquisitivo e o custo de vida de uma região (FEIJÓ; MORALES, s.d.).

O medidor, considerando um histórico de dados, apresenta a constante oscilação, reflexo de mudanças na estrutura do produto econômico incluso no PIB, além de mudanças das fontes de energia e eficiência de utilização (GOLDEMBERG E VILLANUEVA, 2003, TURDERA, 2009). Assim, a intensidade energética brasileira é apresentada na Figura 33, em toneladas equivalentes de

petróleo por unidade do PIB, em Paridade do Poder de Compra e reflete fatores como, por exemplo, mix industrial, mudança no preço da energia, custos de capital, demanda do consumidor e ciclos de produção (TURDERA, 2009).

É importante destacar que a intensidade energética não foi calculada setorialmente, visto a dificuldade na aquisição de dados referentes ao PIB do setor de transportes, assim, o cálculo se deu por meio do consumo brasileiro, assim como o de seu PIB real.

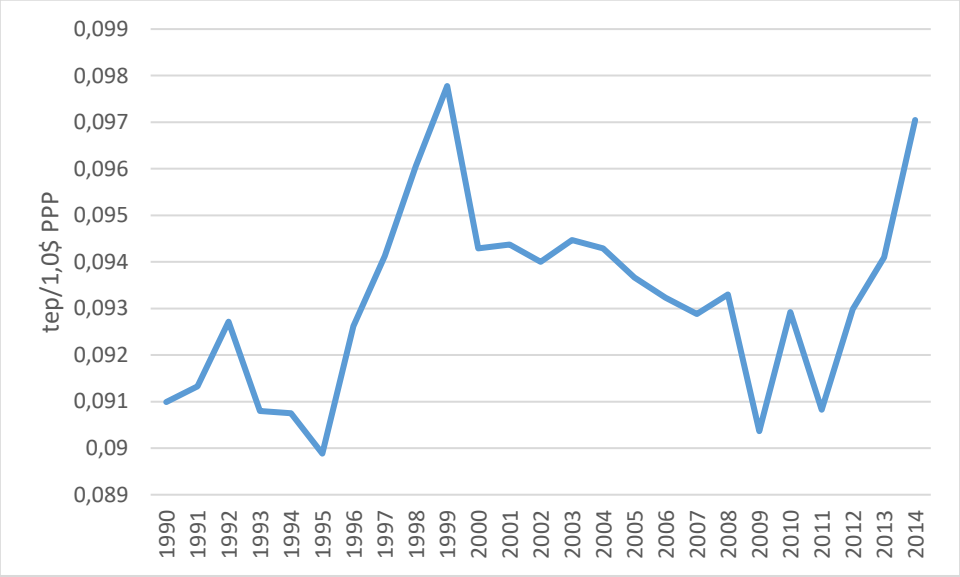

Figura 33. Intensidade energética brasileira (tep/$1,000 PPP 2011)

Elaborado a partir de The World Bank, 2016.

O aumento da intensidade energética em 1990, em relação à década de 1980, pode ser atribuído à perda de valor agregado nas trocas externas de bens, visto que, segundo dados do comércio externo brasileiro, nesse período para cada tonelada importada de bens, a paridade do valor se dava pela exportação de 1,9 toneladas, em dólares (MME, 2014). Ainda que não seja contemplado pelo gráfico (Figura 33), é válido destacar que um dos períodos de queda mais significativa na intensidade energética brasileira se deu entre as décadas de 1970 e 1980, decorrente da substituição da lenha por outros combustíveis mais eficientes, provocando queda na intensidade energética.

De forma geral, entre 1990 e 2000, o considerável aumento da intensidade energética pode ser atribuído ao estágio de desenvolvimento do país, assim

como o de sua indústria. Nesse período o consumo per capita de energia foi de aproximadamente 1 tep/habitante, com média de crescimento de 1,4% e, média de crescimento populacional de 1,3%. O valor médio associado a intensidade energética foi de 0,092 tep por unidade de PIB

O Ministério de Minas e Energia (2010) atribui o período de 2010 à "influência de um período já realizado e das condicionantes de expansão do consumo de energia até 2010, já tomadas as decisões de expansão das plantas industriais, em processo relativamente autônomo dos cenários formulados". A esse período, a média de consumo de energia por habitante é de 1,2 tep/$1,000.

A comparação da intensidade energética brasileira com a de outros países se mostra relativamente baixa. Os Estados Unidos, por exemplo, segundo o mesmo intervalo de tempo, possuem média de 0,17 tep/1,000$ (PPP) com uma média consideravelmente superior de consumo per capita, cerca de 7,6 tep/habitante. Além do país norte americano, outros exemplos de países com intensidades energéticas superiores à brasileira, são China e Rússia. Assim, em âmbito geral, a intensidade energética brasileira é abaixo da mundial, que fica em torno de 0,1tep/$1,000 do PIB (The Economist, 2011).

5.2. Eficiência Energética

A eficiência energética (EE) consiste na utilização racional de energia, através da melhoria no uso das fontes. Por definição, eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada e a disponibilizada para sua execução (ABESCO, 2015).

O crescimento econômico, embora reflita na melhoria da qualidade de vida, quanto a riqueza é bem distribuída, influi também no aumento do consumo de energia. Os três principais impactos da expansão acentuada do consumo são: possibilidade de esgotamento da fonte utilizada, emissões de GEE e elevados investimentos voltados às novas fontes, esse último aliado a construção de novas usinas (MME, 2007). Todavia, o controle desses aspectos pode ser realizado pelo consumo eficiente, através de práticas que possibilitem a utilização racional do insumo.

As práticas relacionadas à eficiência energética envolvem duas ações principais: educativas e investimentos em equipamentos e instalações. Na primeira, pode-se mencionar o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), visto que o programa, por meio de publicações e distribuições de manuais, exclusivamente elaborados para consumidores, promove a orientação do consumidor.

A relação entre o PIB e o consumo de energia, de forma complementar a intensidade energética, é apresentada na Figura 34, através do levantamento histórico das taxas de crescimento de ambos os parâmetros. Assim, períodos de crise econômica, como na década de 1980 e em 2008, refletem na redução do índice econômico, com proporção similar ao consumo de energia. Da mesma forma, o ganho da economia, alia a elevação do PIB ao consumo de energia. Nesse caso, pode ser mencionada a implantação do plano real, em 1994, que ao conter a inflação e estabilizar a moeda, permitiu o súbito aumento do poder de compra da população (MME, 2007). Nesse ano o consumo de energia elétrica aumentou 4,55% e em 1995, o aumento foi ainda mais significativo, 6,41%, referentes a aquisição de eletrodomésticos e eletroeletrônicos. Outro pico de consumo se deu entre 2006 e 2007, com a expansão da economia, acarretada pela estratégia setorial de dilatação dos prazos financeiros. Assim, setores como, por exemplo, o automobilístico, foram beneficiados, registrando o aumento na venda de automóveis e impulsionando o consumo de combustíveis, em especial a gasolina e o etanol.

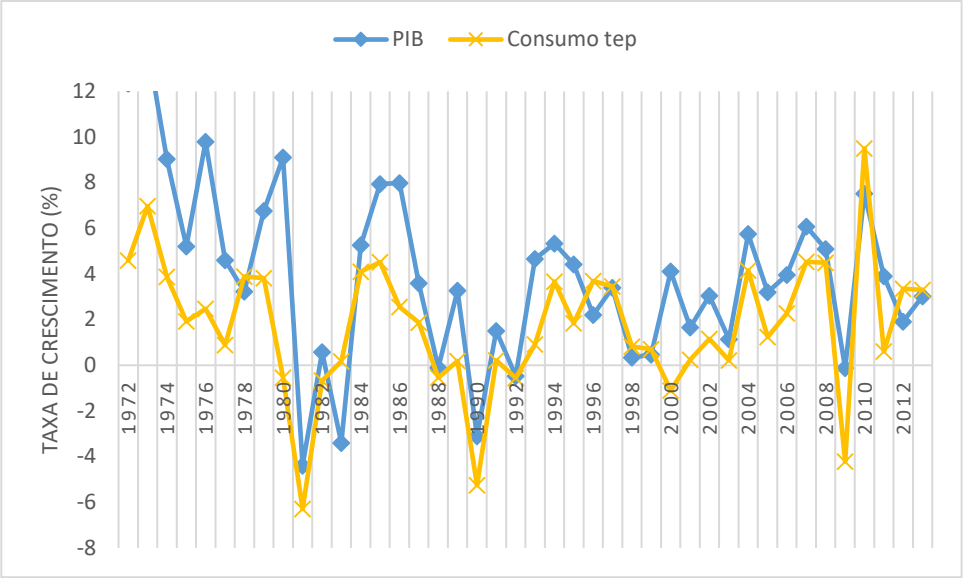

Figura 34. Correlação entre PIB e consumo de energia.

Elaborado a partir de The World Bank, 2016.

Ainda acerca da eficiência energética, relaciona-se abaixo (Figura 35) o PIB per capita com o consumo de energia. Todavia, dentro dessa discussão, é válido ressaltar que o PIB per capita não é um medidor eficiente. Isso se dá pela composição do cálculo, que não engloba a qualidade de vida da população, uma vez que, a distribuição de renda não fornece o real poder de compra.

Nesse cenário, a curva apresenta declínio, ou seja, a relação entre PIB per capita e a energia consumida foi diminuindo em função dos anos. Isso se dá pela composição do consumo de energia, que varia de forma mais considerável que o PIB e que o aumento da população.

A renda per capita do Brasil em 2013, foi de US$ 11.797, com taxa média de crescimento em 1,8% desde 1990. Da mesma forma, o consumo de energia apresentou taxa média de crescimento de 3,3%, evidenciando que, a distribuição de renda não cresce na mesma proporção que o consumo de energia.

Para fins comparativos, em 1990 as taxas de crescimento correspondiam a: 1,8%, -4,8% e 2,1%, referentes a população, PIB per capita e consumo de energia, respectivamente; no ano de 2013 as mesmas taxas fornecem: 0,91%, 2,1% e 2,5%.

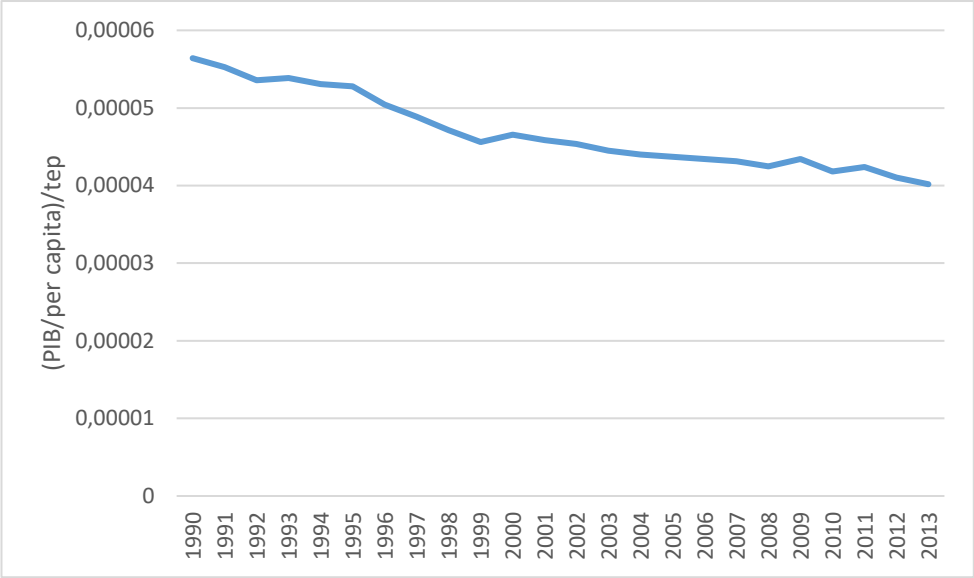

Figura 35. Relação entre PIB per capita e consumo de energia no Brasil

Fonte: Elaborado a partir de The World Bank, 2016.

5.3. Consumo Energético per capita (Brasil e CO)

O Brasil possui uma matriz energética predominante limpa, cerca de 39,4% em 2014, onde aproximadamente 5,9% se dá em função dos biocombustíveis, com destaque para o etanol (4,9%) (MME, 2014). Essa composição tem influência na redução da dependência de energia importada e, nesse caso, promove a garantia de ampliação da oferta interna, visto que, no caso do etanol, a produção tem potencial de aumento e tecnologia em estágio avançado (OEI, s.d.). Diferentemente do Brasil, a matriz energética mundial é composta por 13,8% de energias renováveis, valor ainda menor nos países que integram a OCDE, 9,8%. Por esse motivo, de maneira geral, o Brasil apresenta um baixo índice de toneladas equivalentes de CO_2, em função da quantidade de energia, visto sua matriz energética.

Em razão do aumento da participação de fontes renováveis na matriz energética, a taxa de crescimento das emissões tende a cair, ainda que haja o considerado aumento no consumo. A maior parte da contribuição se dá pelo petróleo, insumo predominantemente utilizado no setor de transporte e com participação em parte da indústria, sendo estes os dois maiores setores consumidores de energia no Brasil.

Em 2014, o aumento da Oferta Interna de Energia (OIE), 305,6 milhões de tep, foi 3,1% superior em relação ao ano anterior, com destaque para o consumo dos setores industriais e de transporte, com percentual de participação de 35,0% e 34,5%, respectivamente, de 294.868x10³ tep. O aumento na oferta, acima do crescimento do PIB (0,1%), teve como principal influência o aumento do consumo de energia e o acréscimo de perdas térmicas.

No ano último ano de referência, as emissões de GEE no Brasil, foram cerca de 70 vezes menor que a média mundial (Figura 36), segundo relatório do Ministério de Minas e Energia (2014). Assim, o indicador é 34% menor que o mundial, e corresponde a uma diferença de 32.270 milhões em emissões.

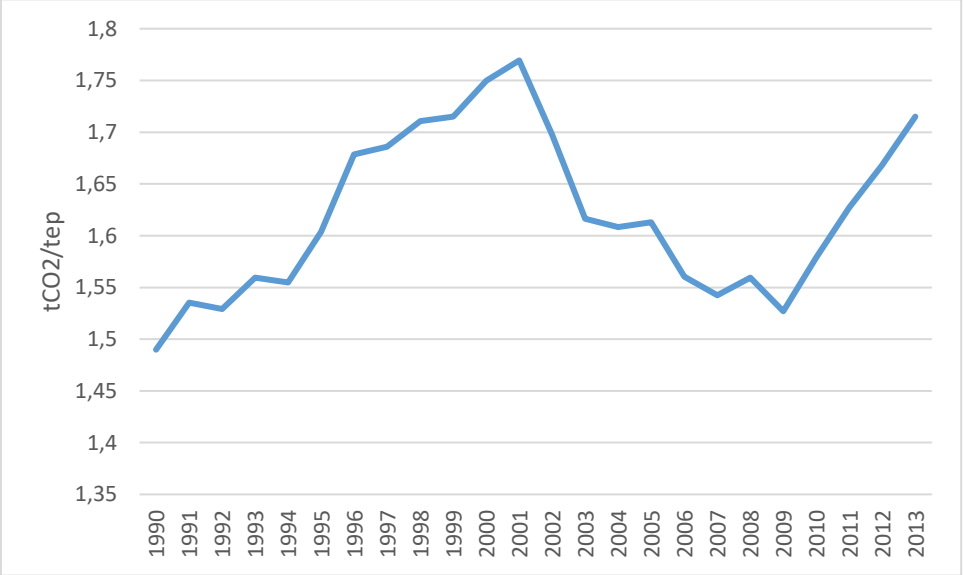

Figura 36. Emissões de CO_2 por tep para o Brasil

Elaborado a partir de The World Bank, 2016.

Em âmbito regional, o Centro-Oeste é a região que mais contribui com fontes renováveis, cerca de 58% da matriz brasileira. O maior contribuidor da parcela é o setor sucroalcooleiro, que é responsável por 33%. A região também comporta a menor emissão de CO_2 por tep da OIE, cerca de 1,33 toneladas.

À região também são atribuídos o maior consumo de transportes per capita, 0,559 tep, que engloba o escoamento de produtos da agroindústria, aquisição de produtos industrializados e o alto consumo de veículos leves e; o maior consumo próprio da indústria de energia (IE), por habitante, 0,27 tep, em função de sua utilização do bagaço da cana para a produção de etanol.

Na figura 37 é mostrada a evolução do consumo de energia per capita do Brasil, entre 1971 e 2013. Nesse período, a taxa de crescimento do indicador foi de 102,7%, passando de cerca de 0,71 tep/habitante para 1,44 tep/habitante, com média de crescimento de 1,74% ao ano. Outrossim, o crescimento populacional nesse período foi de 107,6%. Dessa forma, o crescimento do indicador é atribuído consumo de energia que, no mesmo período, cresceu aproximadamente 320,9%, com taxa média de crescimento de 3,5% a.a.

É válido destacar que a média mundial do indicador, em 2013, é de 1,86 tep/habitante. Contudo, os 30 países com menor PIB per capita do mundo possuem média de 0,43 tep/hab e, os 30 maiores, média de 5,13 tep/habitante, parcela a qual está incluída o Brasil (MME, 2014). Nesse âmbito se faz notório o elevado consumo por habitante de alguns países, com destaque para o Catar, que em 2013 correspondeu a 19,12 tep/habitante, maior oferta interna de energia por habitante do mundo (The World Bank, 2016). Islândia, Trinidad e Tobago e Curaçao dão continuidade a lista, com 18,18; 14,53 e 11,80 tep/habitante, respectivamente. O Brasil é o septuagésimo quinto (75º) quanto ao indicador, e os EUA o décimo primeiro, com 6,91 tep/hab.

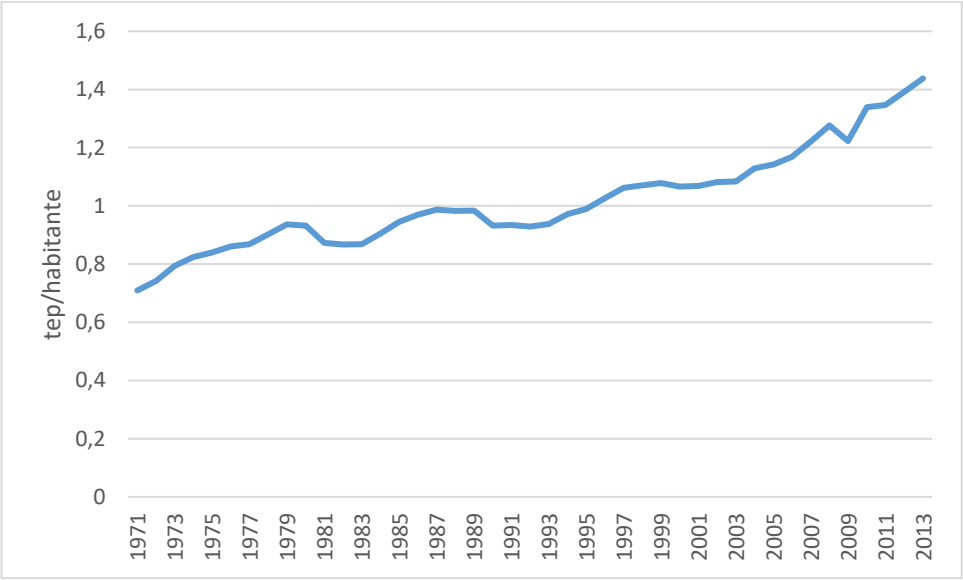

Figura 37. Evolução do consumo de energia per capita do Brasil

Elaborado a partir de The World Bank, 2016.

Segundo Goldemberg (1998) o consumo de energia per capita pode ser usado como um indicador dos problemas associados aos países, dessa forma,

a importância da energia no desenvolvimento é associada a indicadores sociais, tais como: analfabetismo, mortalidade infantil, expectativa de vida e taxa de fertilidade. Em países onde o consumo de energia por habitante é baixo, as taxas de analfabetismo, mortalidade infantil e fertilidade são altas, enquanto a expectativa de vida é baixa, assim, a energia é fundamentalmente importante para o crescimento.

5.4. Correlação Histórica e Cenários para o Consumo de Combustíveis Líquidos e as Emissões de Gases Efeito Estufa no Âmbito Nacional e Regional

Anterior à discussão acerca das emissões de gases do efeito estufa, se faz pertinente o levantamento da origem desses gases e dos impactos associados a estes, bem como a importância das questões que seguem.

Inicialmente, se faz relevante salientar alguns aspectos relacionados ao tema, destacando, a princípio, a conotação negativa imposta ao termo “efeito estufa” (BUCKERIDGE, 2006).

O efeito estufa, de causa natural, tem origem na incidência solar que chega a superfície terrestre, esta dividida entre reflexão direta para o espaço e absorção pelos oceanos e pela superfície terrestre. Nessa segunda parcela, tem-se parte irradiada para o espaço na forma de calor, porém bloqueada pela presença natural de gases existentes na atmosfera. Dessa forma, o efeito estufa consiste em um fenômeno natural referente a determinados gases presentes na atmosfera, possibilitando a adequação da temperatura na terra e viabilizando o desenvolvimento de vida (MMA, s.d.).

O efeito estufa, de caráter prejudicial, refere-se à emissão de gases oriundas de processos referentes às atividades humanas, de forma que se tenha a mudança na concentração de gases, desestabilizando a troca de energia natural. A emissão de gases, de forma intensificada, se deu na Revolução Industrial e torna-se cada vez mais acentuada, visto o aumento no consumo de energia. O aumento artificial e desproporcionalmente rápido em função de emissões específicas, com destaque para o dióxido de carbono (CO_2), provoca a maior quantidade de calor absorvido e, consequentemente, o aquecimento do

planeta de forma danosa, uma vez que, os ecossistemas, de maneira geral, dependem de temperaturas especificas (OECO, 2013).

É válido destacar que o efeito estufa e o aquecimento global, ainda que relacionados, consistem em fenômenos diferentes. Assim, o aquecimento global consiste no aumento do potencial de temperatura média do globo, resultante da concentração de gases do efeito estufa na atmosfera por causas não naturais. O aumento da concentração de GEE, por sua vez, tem relação antropogênica, acarretada por atividades como a queima de combustíveis fósseis, combustão de biomassa das florestas, desmatamento, entre outros (MATTOS, 2001).

Os principais gases responsáveis pelo efeito estufa são: clorofluorcarbonos (CFCs), dióxido de carbono (CO_2), hexafloureto de enxofre (SF_6), hidrofluorcarbonos (HFCs), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), ozônio (O_3), perfluorcarbonos (PFCs) e o vapor d'água (H_2O) (MATTOS, 2001).

Referente ao O_3, sua formação se dá através da reação com poluentes primários, como o monóxido de carbono (CO*[12]) e os óxidos de nitrogênio (NO_x), assim, este é denominado gás de efeito estufa de vida curta, visto a associação entre instabilidade na atmosfera e retenção da radiação vermelha. E, em relação ao vapor d'água, a presença deste na atmosfera não é afetada diretamente pelas atividades humanas, assim, o vapor faz parte do efeito estufa de origem natural (MATTOS, 2001).

Segundo Krupa (1997) e Lima (2012) o CO_2 é responsável por 60% dos GEE, seguido pelo CH_4 (15%), CFCs (12%), O_3 (8%) e N_2O (5%). A queima de combustíveis fósseis é em todo o mundo a principal causa da parcela emitida de CO_2, enquanto o setor agropecuário tem a maior participação referente ao CH_4 e ao N_2O.

5.4.1. Contabilização de gases de efeito estufa

O cálculo das emissões de CO_2 pelo setor energético, ao qual está incluído a contribuição do setor de transporte, pode ser feito segundo duas

[12] * Nesse caso o símbolo '*' foi destacado para não confundir o Monóxido de Carbono com a abreviatura adotada para o Centro-Oeste (CO)

metodologias, ambas desenvolvidas pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), são elas*: bottom-up* e *top-down*.

Na metodologia *bottom-up*, a contabilização se dá para a emissão de todos os gases, todavia, o cálculo é fortemente dependente da veracidade das informações. As variáveis de influência para o método consistem no tipo de combustível, tipo de veículo, tecnologias empregadas no controle de emissões e quantidade percorrida por veículo da frota. Em contrapartida, no método *top-down,* realizado a partir de dados de produção e consumo de energia, são contabilizadas apenas as emissões referentes ao dióxido de carbono (CO_2). Todavia, o método se faz pertinente visto que, de acordo com o relatório do IPCC, as emissões de dióxido de carbono, no caso do setor de transportes, são responsáveis por mais de 97% das emissões totais de GEE.

De modo geral, a principal diferença entre os dois métodos, consiste na quantidade de informações e no grau de precisão destas. Assim, enquanto a metodologia *bottom-up* necessita de informações detalhadas, de difícil acesso e sem a exatidão necessária visto, por exemplo, a variação na quantidade percorrida por veículo, a metodologia *top-down* se faz como melhor alternativa por depender do suprimento de combustíveis (MATTOS, 2001).

Segundo as diretrizes da publicação "Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Inventories – Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories", as emissões de gases do efeito estufa em fontes móveis, são melhores calculadas segundo a quantidade de combustível queimado, teor carbônico e emissões correspondentes de CO_2, variáveis incluídas na metodologia *top-down* (ÁLVARES JR; LINKE, s.d.).

Dessa forma, visto que o grau de precisão na contabilização das emissões depende da agregação de dados, a metodologia adotada é a *top-down*. Assim, a quantidade emitida referente a outros gases será determinada relacionando o percentual de participação destes (3%), utilizando o CO_2 como referência para classificação do poder de aquecimento, emprego denominado CO_2 equivalente, porém nessa adoção, não há a distinção do gás.

O método tem erro associado de 5%, em função das imprecisões dos fatores de emissão.

5.4.1.1. Metodologia *top-down*

Entre os fatores considerados na contabilização das emissões de CO_2 de um combustível estão o conteúdo de carbono e energia do combustível, a quantidade de carbono que não foi oxidado, quantidade de carbono estocada, os combustíveis *Bunker*[13] e os combustíveis de biomassa. A metodologia IPCC (1996) não leva em consideração a quantidade de carbono consumida pelo transporte internacional em navios e aeronaves (MATTOS, 2001).

A realização das emissões de GEE foi calculada a partir do volume de vendas entre os anos de 2000 e 2016 disponibilizados pela ANP (2016) e a projeção até 2030 foi estimada segundo a taxa média de crescimento anual para cada um dos combustíveis. O etanol anidro, assim como o biodiesel, foi desmembrado segundo o percentual de mistura vigente. Dessa forma, as emissões contabilizadas no presente trabalho originam-se exclusivamente do transporte rodoviário.

1) Conversão da unidade de consumo de combustível para unidade comum de energia

O conteúdo energético de cada combustível se distingue, assim, inicialmente a metodologia converte o consumo aparente (CA) do combustível, medido na sua unidade original, para uma unidade comum de energia. Os fatores de conversão são obtidos pelo Balanço Energético Brasileiro, onde 1 tep brasileiro = 10.800 Mcal = 45.217,4 MJ.

A conversão não se dá de maneira direta, visto que o conteúdo energético dos combustíveis leva em consideração o poder calorífico superior (PCS) e, o IPCC, considera o poder calorífico inferior (PCI). Essa análise reflete na quantidade aproveitável no combustível, por esse motivo as emissões de carbono por quantidade de energia são definidas nessa base. Os fatores de correção são atribuídos segundo o estado físico do combustível, no caso que segue, por se tratar de combustíveis líquidos, esse valor é de 0,95 (MATTOS,

[13] *Bunker* consiste no óleo combustível utilizado por navios.

2001). Quanto aos combustíveis sólidos e gasosos são utilizados 0,95 e 0,90, respectivamente (ÁLVARES JR; LINKE, s.d.). A conversão para unidade comum é apresentada na equação 1.

$$CC = CA \times FConv \times 45{,}2 \times 10^{-3} \times Fcorr \qquad \text{(Equação 1)}$$

Onde:
CC = Consumo de Energia, em TJ (tera-joule = 10^{12} Joules);
CA = Consumo Aparente do Combustível, em unidade física, por exemplo, m^3, L, t, etc.);
$45{,}2*10^{-3}$ TJ = 1 tep brasileiro;
FConv = Fator de Conversão da unidade física de medida de quantidade de combustível para tep médio (em PCS), apresentados na Tabela 4;
Fcorr = Fator de Correção (adimensional) de Poder Calorífico Superior (PCS) para Poder Calorífico Inferior (PCI) = 0,95;

Tabela 4 – Fatores de conversão para tep médio (em PCS)

FConv.	
Combustível	tep/m³
Etanol Hidratado	0,496
Etanol anidro	0,52
Gasolina	0,771
Biodiesel	0,792
Diesel	0,848

Fonte: MME, 1999; MATTOS, 2001.

2) Conteúdo de Carbono

Da mesma maneira que o conteúdo energético, os combustíveis possuem diferentes quantidades de carbono, segundo a equação 2.

$$QC = CC \times Femiss \times 10^{-3} \qquad \text{(Equação 2)}$$

Onde:
QC = Quantidade de carbono (GgC) = 1.000 toneladas C;
CC = Consumo de energia, em TJ;
Femiss = Fator de emissão de carbono (tC/TJ), apresentados na tabela 5;

10^{-3} = fator de conversão de toneladas de carbono (tC) para gigagramas de carbono (GgC).

Tabela 5 – Fatores de emissão de carbono

Femiss.	
Combustível	tC/TJ
Etanol Hidratado	14,81
Etanol anidro	14,81
Gasolina	18,9
Biodiesel	19,0
Diesel	20,2

Fonte: IPCC (1996) e MTC (1999), MATTOS, 2001.

Os fatores de emissão (Femiss) são designados segundo o tipo de combustível, sendo classificados em: combustíveis fósseis líquidos (primários e secundários), combustíveis sólidos (primários e secundários), combustíveis fósseis gasosos, biomassas sólidas e biomassas líquidas.

3) Emissões reais de carbono

No desenvolvimento referente às emissões, é considerado que nem todo o carbono presente no combustível é oxidado, visto que a combustão não ocorre de forma completa. Nessa análise, é considerado que em torno de 1% do carbono não se oxida, incorporando-se às cinzas e demais subprodutos. Referentes aos combustíveis fósseis secundários, como a gasolina e o diesel, assim como para combustíveis líquidos oriundos da biomassa, como o etanol e o biodiesel, as frações oxidadas, utilizada como base nos valores usados pela Comunicação Nacional (MCT, 1999) para o cálculo das emissões reais de carbono (ERC), corresponde a 0,99, como apresentada pela equação 3.

$$ERC = ELC \times FCO \qquad \text{(Equação 3)}$$

Onde:

ERC = emissões reais de carbono, em GgC;

ELC = emissões líquidas de carbono, em GgC;

FCO = fração de carbono oxidada (adimensional) = 0,99 para combustíveis secundário e biomassas líquidas.

4) Emissões reais de CO2

Por fim, as emissões reais de CO_2 ($ERCO_2$), apresentadas na equação 4, para o setor de transporte, são calculadas a partir da associação com os pesos moleculares, onde: 44 toneladas de CO2 corresponde 12 toneladas de carbono, ou seja, 1 t CO2 = 0,2727 tC.

$$ERCO_2 = ERC \times (\frac{44}{12})$$ (Equação 4)

Onde:
$ERCO_2$ = emissões reais de CO2, em $GgCO_2$;
ERC = emissões reais de carbono, em GgC;
1 GgCO2 = [44/12] GgC= 3,667 GgC.

Por fim, a apresentação dos resultados é dada em milhões de toneladas, segundo a equação 5.

$$ERCO_2 = ERCO_2 \times 1000$$ (Equação 5)

Onde:
$ERCO_2$ = emissões reais de CO_2, em toneladas;
$ERCO_2$ = emissões reais de CO_2, em $GgCO_2$;
1000= Fator de conversão de Gigagramas para toneladas.

4.4.1.2. Discussão dos resultados obtidos

Inicialmente são apresentados os resultados referentes ao consumo de combustíveis líquidos brasileiros (Figura 38, página 94), desmembrados segundo os cinco principais combustíveis de interesse. Segundo dados da ANP (2017), o combustível com maior consumo é o diesel, majoritariamente utilizado em frotas de caminhonetes, caminhões e ônibus, que juntos compõem 14,5% da frota brasileira. Contudo, o combustível apresenta a menor taxa média de

crescimento anual desde o ano de 2000 (2,9%), por esse motivo a projeção calculada para o consumo se dá de forma menos acentuada que a da gasolina e do etanol hidratado, visto que, o etanol hidratado, atualmente terceiro maior combustível consumido, tem a maior taxa de crescimento, com cerca de 10,3%, considerando o período entre 2000 e 2016 e a gasolina 4,3% de crescimento médio anual.

A produção de etanol é caracterizada como energia verde, visto que a fonte age como absorvedor de CO_2 (cerca de 0,26 kg CO_2 por litro), assim, o combustível tem efeito direto na redução do efeito estufa e, consequentemente de seus impactos ambientais. O etanol utilizado no Brasil é comercializado por dois meios: álcool anidro e álcool hidratado. O álcool anidro é adicionado ao percentual de mistura obrigatória da gasolina denominada "C", enquanto que o álcool hidratado é vendido puro para abastecimento de carros com tecnologia que permita a inserção deste (TURDERA; VARGAS, 2016).

A utilização de etanol anidro, assim como a de biodiesel, foi calculada a partir da mistura obrigatória. Para o etanol foram utilizadas as seguintes misturas: até 2006 o percentual de 20%, assim como entre 2011 e 2012; entre 2007 e 2010 e entre 2013 e 2014 o percentual passou a 25%; e entre 2015 e 2030 a adoção foi fixada no percentual de 27%, em vigor desde 2015. Referente ao biodiesel entre 2005 e 2007 foi considerada a mistura obrigatória de 2%; de 2008 a 2012 mistura de 3%; em 2013 mistura de 5%, em 2014 mistura de 6%, entre 2015 e 2016 mistura de 7%; 2017 mistura de 8%; 2018 mistura de 9% e entre 2019 e 2030 mistura de 10%.

É importante ressaltar que, mesmo antes de uma determinada regulamentação ter seu prazo de cumprimento concluído, as resoluções responsáveis pela porcentagem de mistura obrigatória são passíveis de serem alteradas, dessa forma, para um mesmo ano, mais de uma porcentagem pode entrar em vigor, reduzindo ou aumentando essa parcela renovável. Dessa forma, segundo os percentuais de mistura considerados, procurou-se a utilização da mistura mínima obrigatória ou da mistura que esteve em vigor na maior parte do intervalo de tempo considerado.

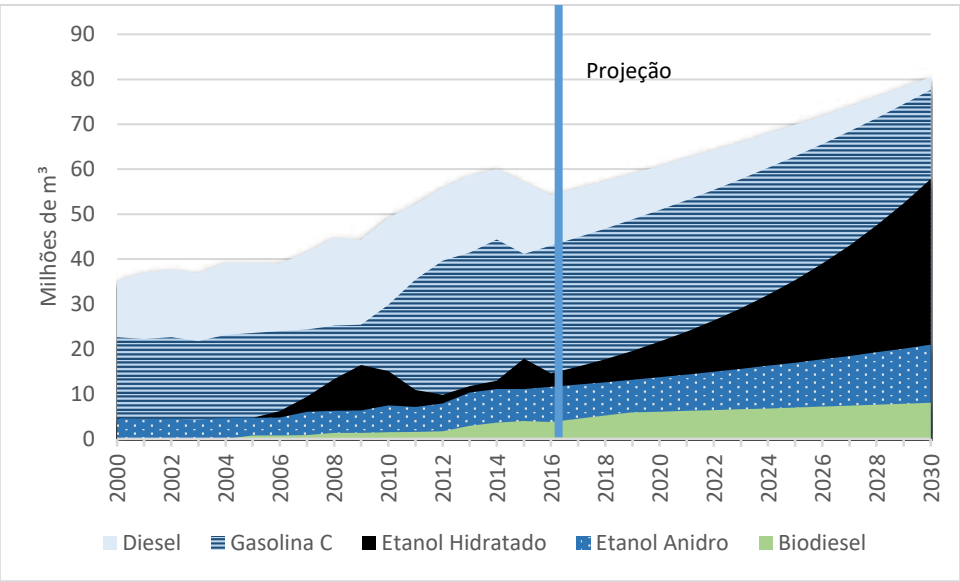

Figura 38. Consumo de combustíveis líquidos no Brasil

Fonte: O próprio autor

Na Figura 38 são apresentadas as emissões de gases de efeito estufa para o setor de transporte brasileiro. Da mesma forma que o consumo, a projeção dessas emissões segue a tendência participativa. Entretanto faz-se notório a menor quantidade de CO_2 equivalente referente ao etanol hidratado, visto que este, por apresentar o maior percentual de crescimento e, em consequência, possuir projeção de consumo consideravelmente elevada (Figura 37), a quantidade emitida proveniente desse combustível tem parcela significativamente menor. De forma comparativa, em 2027, onde, segundo a projeção de consumo, o etanol hidratado teria demanda de aproximadamente 43,0 milhões de metros cúbicos (m³), à emissão associada ao combustível é de aproximadamente 50,8 milhões de toneladas de CO_2 equivalente; em contrapartida, em 2014, com participação de pouco mais de 41,4 milhões de m³ de gasolina, a emissão associada ao insumo é de 72,7 milhões de toneladas de CO_2 equivalente.

Em cálculo para uma mesma quantidade de volume consumido, a relação entre as emissões de GEE é 1,98 vezes maior quando o veículo é abastecido à gasolina, em comparação com o etanol hidratado. Da mesma forma, o etanol anidro tem emissão 1,48 vezes menor que a gasolina.

Considerando que o total demandado de etanol hidratado entre 2000 e 2016, tivesse sido suprido por gasolina, as emissões referentes a esse período

seriam superiores a 380,5 milhões de toneladas de CO_2 equivalente, enquanto que, o valor real, referente à demanda de etanol hidratado nesse período, foi de cerca de 191,8 milhões de toneladas de CO_2, o que reflete em uma quantidade que deixou de ser emitida, superior a 188,7 milhões de toneladas de CO_2 equivalente.

Nesse mesmo período, a quantidade que deixou de ser emitida em função da mistura obrigatória de álcool anidro foi superior a 129,5 milhões de toneladas de CO_2 equivalente. Esse valor referente a todo intervalo em análise, de 2000 a 2030, equivale a mais de 379,2 milhões de toneladas de CO_2. De maneira similar, porém menos intensificada, a mistura obrigatória de biodiesel ao diesel mineral entre 2005 e 2016 evitou mais de 8,0 milhões de toneladas de GEE, e evitará, segundo a projeção, mais 31,0 milhões entre 2017 e 2030.

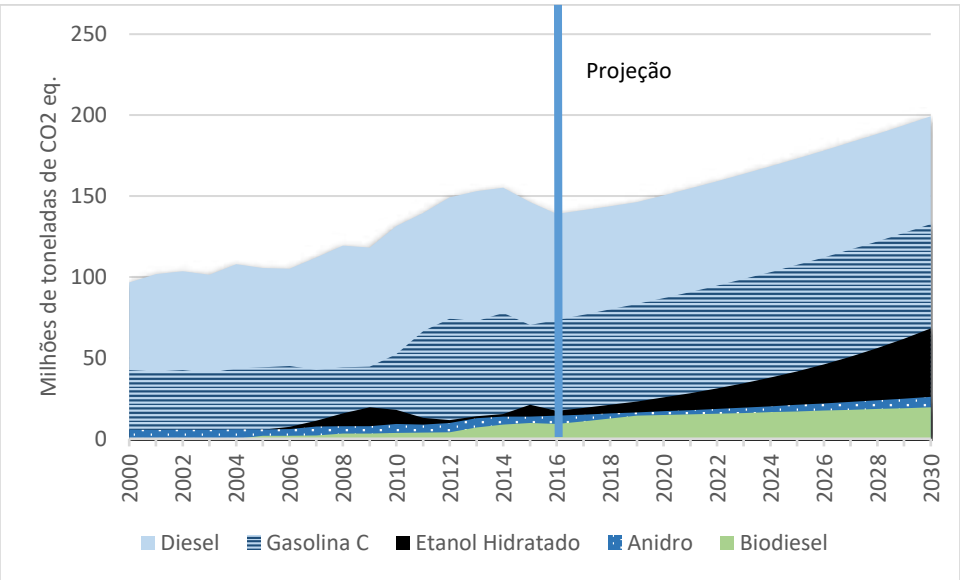

Figura 39. Emissões de GEE para o setor de transporte rodoviário brasileiro

Fonte: O próprio autor

De forma similar ao consumo nacional de combustíveis líquidos, a demanda da região Centro-Oeste apresenta a mesma caracterização, entretanto, para a região a taxa de crescimento anual do consumo de etanol hidratado é maior (12,0%), por esse motivo, em 2030, caso não haja alterações nos perfis de consumo estabelecidos, ou seja, caso o crescimento nesse período tenha a mesma taxa de crescimento média, a demanda pelo insumo superará a da gasolina, que tem taxa média de crescimento de 5,1% a.a. Assim, o etanol

hidratado teria demanda de mais de 8,9 milhões de m³ ao fim desse período e, a gasolina de 8,3 milhões de m³, aproximadamente (Figura 39).

Referente ao diesel, na região Centro-Oeste os principais veículos abastecidos pelo insumo, compõem 14,9% da frota regional, e a este corresponde a maior parcela demandada de combustível, cerca de 6 milhões de m³ em 2016.

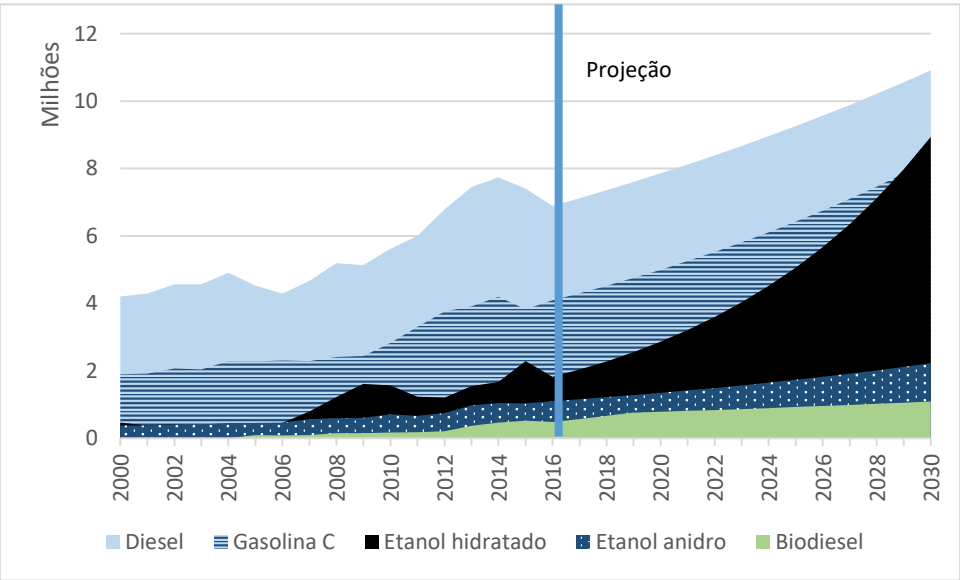

Figura 40. Consumo de combustíveis líquidos no Centro-Oeste

Fonte: O próprio autor

No Centro-Oeste, a importância da participação dos combustíveis alternativos é evidenciada pela relação entre consumo e emissões, assim, a intensificação da utilização do etanol hidratado, passando a ter um consumo superior ao da gasolina, não eleva as emissões de GEE na mesma proporção (Figura 40). Em contrapartida, em razão de um menor consumo de gasolina e diesel, as emissões tiveram queda considerável em 2009 e, após esse período, com a posterior elevação desse consumo, as emissões tornaram a crescer acentuadamente, com destaque para os anos de 2013, 2014 e 2015.

As emissões totais de GEE na região são da ordem de 366,1 milhões de CO_2 equivalente, até o ano de 2016. Desse total, 42,9% são provenientes de Goiás, 33,8% do Distrito Federal, 20,3% do Mato Grosso do Sul e 15,4% do Mato Grosso. Considerando as taxas de crescimento anuais, 946,3 milhões de toneladas de GEE serão emitidas somente na região.

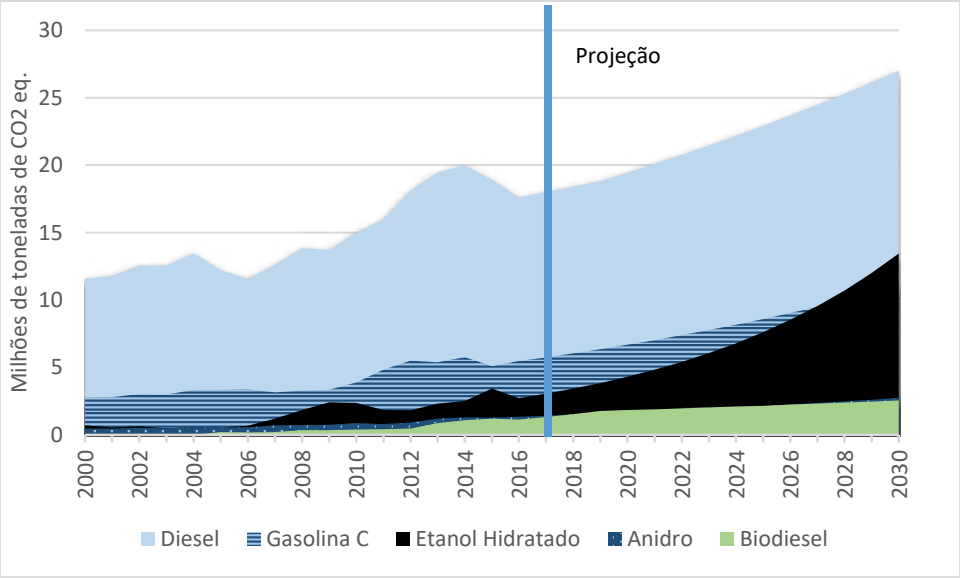

Figura 41. Emissões de GEE para o setor de transporte rodoviário da região Centro-Oeste

Fonte: O próprio autor

Em relação aos GEE evitados pela inserção de biocombustíveis, temos o seguinte resultado: no CO, a parcela que deixou de ser emitida referente ao percentual de mistura obrigatória à gasolina chega a 13,1 milhões de toneladas equivalentes de CO_2 até o ano de 2016. Considerando todo o intervalo estabelecido, essa quantidade corresponde a mais de 42,6 milhões de toneladas de CO_2. Da mesma forma, por cona do uso de biodiesel a frota deixou de emitir mais de 992,2 mil toneladas equivalentes de 2005 a 2016, e mais de 5 milhões considerando os trinta anos de análise. No Centro-Oeste 14,8 milhões de toneladas de CO_2 não foram emitidas em função da utilização de veículos abastecidos somente a etanol hidratado entre 2000 e 2016, com o aumento gradativo segundo o acréscimo de consumo, totalizando 70,0 milhões de toneladas de GEE que deixaram de ser emitidas em 30 anos (Figura 41). Assim, considerando entre 2000 e 2016, 27,9 milhões de GEE não foram emitidos no CO em função da utilização do derivado da cana-de-açúcar, seja ele como etanol hidratado ou como etanol anidro.

Goiás e Distrito Federal respondem pelas duas maiores quantidades de gases evitados, considerando os três biocombustíveis, com 16,2 e 11,0 milhões de toneladas de CO_2 equivalente, respectivamente. Seguidos por Mato Grosso

do Sul e Mato Grosso, que tem quantidade reduzida em 7,9 e 7,5 milhões de toneladas de GEE.

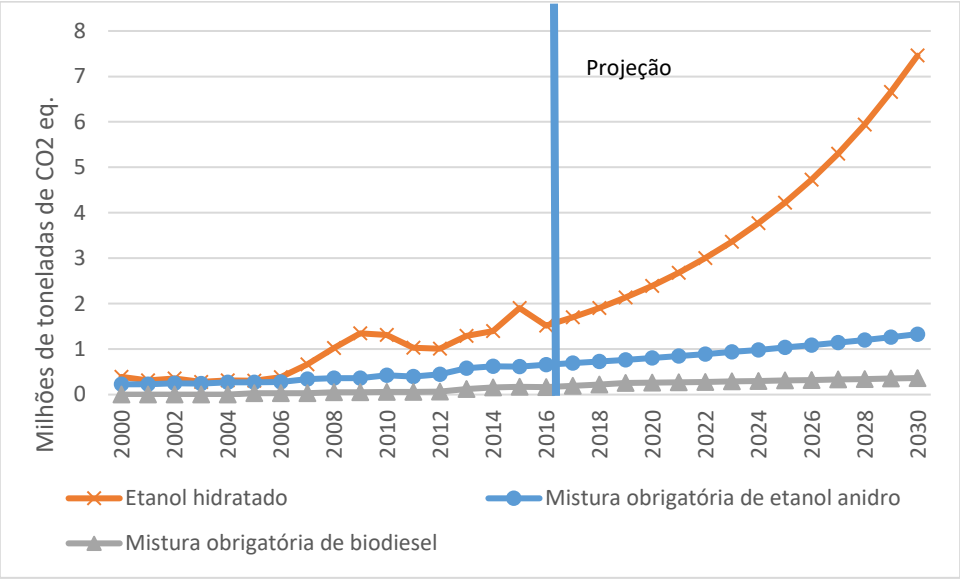

Figura 42. Emissões de GEE evitadas no Centro-Oeste

Fonte: O próprio autor

De forma geral, são apresentadas as emissões para o Brasil e para o Centro-Oeste (Figura 42) a emissão de GEE nacional é em média 8,9 vezes maior que a da região, de forma similar a frota brasileira é 10,8 vezes maior.

As emissões totais brasileiras somam entre 2000 e 2016 mais de 3,398 bilhões de ton. equivalentes de CO_2, sem a utilização de biocombustíveis, esse total seria acrescido de 137,5 milhões de toneladas, levando em consideração apenas as misturas obrigatórias, ou seja, somente a parcela renovável presente nos combustíveis fósseis, reduziu cerca de 4% das emissões totais desses gases. Caso não houvesse a possibilidade de abastecimento de veículos somente a etanol, as emissões de GEE no Brasil corresponderiam a 3,587 bilhões de toneladas, isto corresponde a um acréscimo de mais de 5,5%, nesse mesmo período.

Dentro da contribuição nacional, pouco mais de 366,1 milhões de toneladas referem-se ao Centro-Oeste. Em nível nacional, a quantidade que deixou de ser emitida no período anterior à projeção é de mais de 318,2 milhões de toneladas de CO_2 equivalente, considerando apenas os álcoois e, de 326,2 milhões de toneladas de GEE quando adicionado à parcela de biodiesel. No CO,

a quantidade que deixou de ser emitida nesse período, em função da utilização de ambos biocombustíveis, reflete em mais de 28,8 milhões de toneladas de GEE.

Até o ano de 2014, as emissões do setor no CO correspondiam a cerca de 307,7 milhões de toneladas equivalentes de CO_2, dessa forma, a quantidade que deixou de ser emitida entre 2000 e 2016 em todo território nacional, tem equivalência a esse período para a região Centro-Oeste, evidenciando a importância da adoção desses combustíveis, bem como o de seu percentual de mistura.

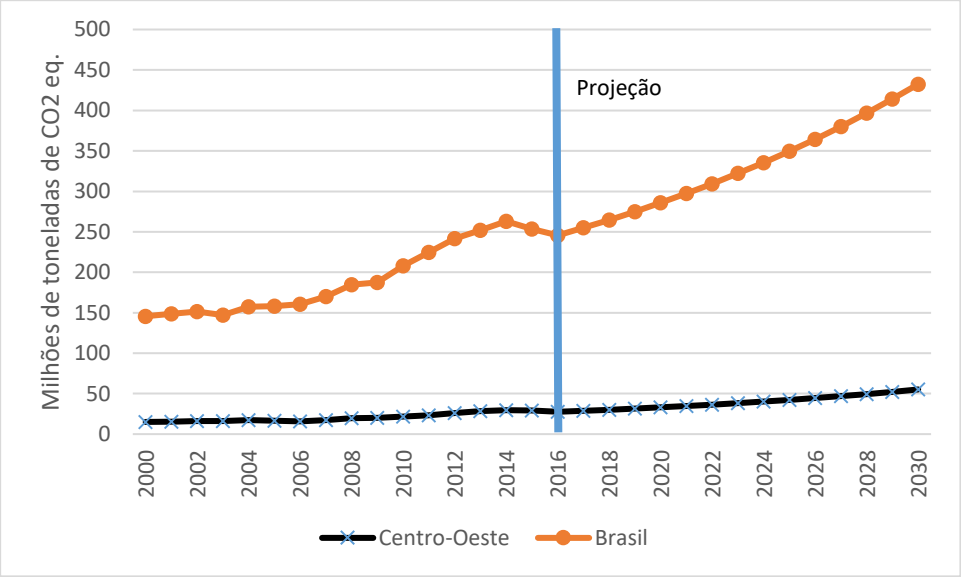

Figura 43. Projeção das emissões de GEE para o setor de transporte rodoviário nacional e regional

Fonte: O próprio autor

Por fim, é apresentada a relação entre a emissão de dióxido de carbono equivalente e o consumo de energia, em tep, para o setor de transporte nacional e regional. Assim, evidencia-se o a semelhança no perfil de consumo e emissão de GEE, visto que, a frota veicular, de maneira geral, tem a mesma composição. À medida dos anos, a relação entre quantidade emitida e energia consumida diminui. Isso se dá em função das adoções para a análise, uma vez que, em ambas, a taxa de crescimento para o etanol hidratado é superior e o percentual de mistura obrigatória fixado foi o maior de todo intervalo.

Conforme o consumo de combustíveis líquidos aumenta, a inserção da parcela renovável, seja ela em totalidade ou de forma parcial, reflete de maneira considerável nas emissões de GEE, evitando que esse maior consumo tenha a mesma proporção referente às emissões.

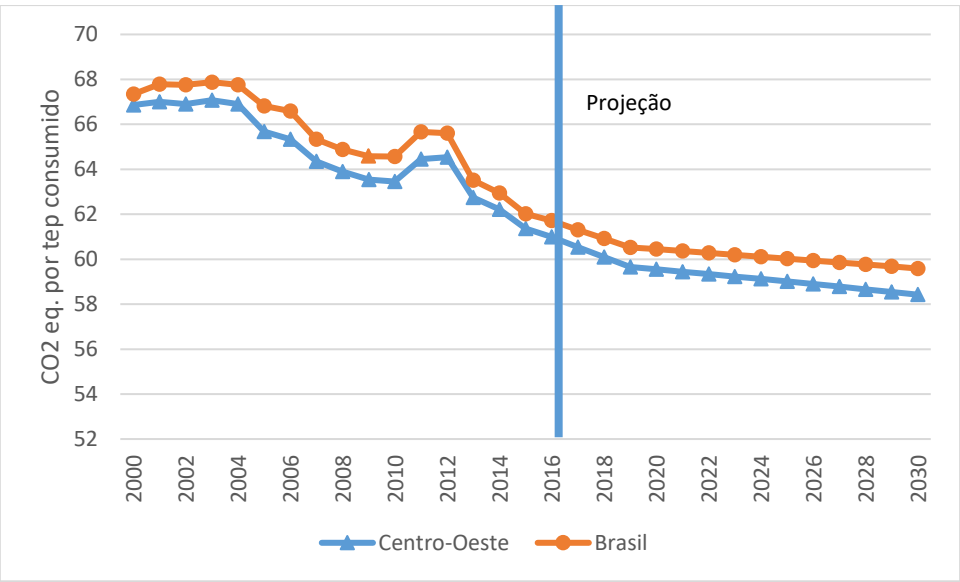

Figura 44. Relação entre emissões e consumo

Fonte: O próprio autor

6. CONCLUSÕES

O setor de transportes é um dos principais responsáveis pelos GEE e, em função do predomínio de combustíveis fósseis, torna-se emissor assíduo do dióxido de carbono (CO_2). Os modais de transporte possuem características de consumo e de emissões diferenciados, assim, a frota abastecida pelo óleo diesel, responsável principalmente pelo transporte de cargas, como caminhões, apresenta a maior intensificação quanto às emissões GEE. Isso se dá em função das características do combustível e do comportamento desses veículos, utilizados majoritariamente para suprir as demandas internas do país. Em função da extensão territorial brasileira, o suprimento de mercadorias, reflete diretamente na economia do país e, consequentemente, nas emissões do setor.

Segundo a análise do impacto da cadeia de valor dos biocombustíveis a produção e demanda desses combustíveis é reflexo de políticas públicas voltadas principalmente a metas de volume consumido em períodos pré-definidos, assim como percentuais de mistura obrigatória tanto do etanol anidro à gasolina, quanto do biodiesel ao diesel mineral. A abrangência da utilização dos biocombustíveis diverge entre países, porém uma das principais contribuições ao incentivo da bioenergia no setor de transportes é a reforma dos subsídios aos combustíveis fósseis, visto que estes são fortemente subsidiados.

Referente as emissões de GEE, o Brasil apresenta uma gama de vantagens frente a outros países, uma vez que o país apresenta áreas aptas ao plantio de matéria prima para a fabricação de biocombustíveis que não competem com o alimento. Nesse âmbito destaca-se a utilização de etanol hidratado, combustível que agrega menores quantidades de emissões de GEE. O elevado percentual de mistura obrigatória também é fator determinante da matriz energética brasileira, visto a proporção de mistura do etanol anidro e o gradativo aumento da utilização de biodiesel, consideravelmente superior que de demais países.

De forma geral, as medidas adotadas para o diesel mineral são menos intensificadas que as do etanol, principalmente em função das características do motor, uma vez que o óleo vegetal apresenta viscosidade elevada e acrescer a mistura obrigatória tem limites reduzidos em comparação com o etanol. Além

disso, por enquanto a substituição plena de diesel pelo biodiesel (B100) se faz impossível, pois a quantidade de matéria prima (soja, dendê, etc.) e a consequente área plantada seria consideravelmente elevada.

Para a redução de emissões em veículos a diesel, a principal e mais efetiva medida é a de modernização da frota, com tecnologias mais limpas e a melhoria do diesel comercializado, através de inspeções que promovam melhores características ao mineral. Essa adoção se faz ainda mais benéfica em ônibus, onde o deslocamento diário é menos intensificado que em caminhões.

Em relação ao etanol, a medida obrigatória de mistura, assim como a utilização do etanol hidratado puro, são adoções que agregam benefícios ambientais e à saúde humana. Diferentemente do diesel, os motores Otto, utilizados em veículos “flex”, a álcool e a gasolina, tendem a emitir menos e o ciclo está presente na maioria dos veículos, compondo mais de 80% do modal.

O transporte público se faz como a melhor alternativa em substituição ao transporte individual. Contudo, para que sua utilização se torne atrativa, se faz necessário um sistema de mobilidade urbana. Fator esse não apresentado na maioria das cidades do país, assim como nos grandes centros urbanos, onde o transporte coletivo não apresenta características que incentivem sua utilização. O aumento da frota brasileira alia-se a circulação de veículos privados, promovidos por políticas públicas que barateiam a gasolina frente ao óleo diesel, e reduz o custo de automóveis e motocicletas.

O aumento da utilização do etanol hidratado, principal contribuidor para as emissões evitadas, tem seu emprego fortemente dependente do preço da gasolina, com uma relação de aproximadamente 70%. Todavia, para que o preço do etanol tenha redução, se faz necessário medidas que aumentem a oferta do insumo. A elevação na oferta depende de políticas públicas capazes de incentivar a produção, tal qual as adotadas pelos EUA e pela Indonésia, onde em um período de tempo reduzido, a inserção dos biocombustíveis ganhou notoriedade, incentivada pela redução da oferta de combustíveis fósseis e pela preocupação ambiental.

Do ponto de vista de eficiência energética, tem-se o maior problema fixado do setor, visto que a quantidade de combustível convertida para efetiva utilização tem percentual de aproveitamento muito reduzido. As perdas estimadas em

motores de combustão interna são da ordem de 65% a 75% de toda energia entregue (MORAN; SHAPIRO, 2009). Assim, a utilização de veículos que apresentem menores consumo são imprescindíveis nesse aspecto, contudo, esse monitoramento só é possível através de normatizações fiscalizadoras rigorosas. Embora as relações entre essas normas sejam pouco passíveis de comparação, em função de testes automotores e às unidades de medição, o Japão, assim como a Comunidade Europeia, são detentores das normas mais rigorosas nesse âmbito. Para a realização das normas, estas devem ir além de impostos referentes ao insumo, incentivos fiscais, programas de pesquisa e desenvolvimento, metas e melhorias tecnológicas e medidas de controle de tráfego.

A promoção de veículos com maior efetivação na conversão de energia, assim como a utilização de fontes renováveis, a estruturação de medidas de redução do uso de veículos, melhorias no transporte urbano, redução de viagens em carros individuais e o incentivo à utilização de veículos híbridos e elétricos, são alternativas capazes e viáveis de reduzir a participação do setor quanto aos GEE.

6.1. Sugestões para trabalhos futuros

Para maior abrangência do tema abordado e visando a complementariedade das discussões, são sugeridos os seguintes estudos:

- Metodologias de incentivo aos biocombustíveis em países desenvolvidos;
- Desafios da utilização de etanol hidratado em países com características climáticas favoráveis.
- Influência da matéria prima utilizada para a produção de biocombustíveis;
- Análise do setor de transporte brasileiro caso houvesse a diversificação do modal;
- Análise da utilização de etanol em veículos pesados;
- Quantificação das emissões do setor aéreo e influência da utilização de bioquerosene;

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIOVE; APROBIO; UBRABIO. **Biodiesel: oportunidades e desafios no longo prazo.** Disponível em: < http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/07102016-131231-07_10_2016_n-_cenario_para_o_biodiesel_em_2030(2).pdf>. Acesso em: 05 mar. 2017.

ÁLVARES JR, O, M; LINKE, R, R, A. **Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil.** Disponível em: <http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/gases_efeito_estufa.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2017.

ALVES, J, E, D**. A erosão da EROEI: Energia Retornada sobre Energia Investida.** Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2013/12/18/a-erosao-da-eroei-energia-retornada-sobre-energia-investida-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/> Acesso em: 09 fev. 2017.

AMBIENTE E ENERGIA. **Relatório aponta maior disponibilidade para cultivo de biomassa na América Latina e África.** Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2016/11/relatorio-aponta-maior-disponibilidade-para-cultivo-de-biomassa-na-america-latina-e-africa/30644> Acesso em: 11 dez. 2016.

ANEEL. **Parte I: Energia no Brasil e no mundo.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf> Acesso em: 16 mar. 2017.

ANP- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Dados estatísticos mensais.** Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/dados-estatisticos> Acesso em: 06 out. 2016.

ANP – **Dados estatísticos mensais**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/dados-estatisticos>. Acesso em: 05 mar. 2017.

ANP- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - **Série histórica do levantamento de preços e de margens de comercialização de combustíveis.** Disponível em: <http://anp.gov.br/wwwanp/precos-e-defesa/234-precos/levantamento-de-precos/868-serie-historica-do-levantamento-de-precos-e-de-margens-de-comercializacao-de-combustiveis> Acesso em: 09 fev. 2017.

Balanço Energético Nacional – **BEN** 2015. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf> Acesso em: 06 out. 2016.

BBC. **Quatro fatores para entender a crise do etanol.** Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/05/130424_etanol_mdb> Acesso em: 20 mar. 2017.

BIODIESEL BR. **Brasil.** Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/oleos-vegetais-biodiesel-brasil.htm> Acesso em: 20 mar. 2017.

BIODIESEL BR. **Matéria Prima para Biodiesel.** Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/plantas/oleaginosas/index.htm> Acesso em: 20 mar. 2017.

BIODIESEL BR. **PróAlcool - Programa Brasileiro de Álcool.** Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol.htm> Acesso em 03 ago. 2016.

BIODIESEL BR. **Usinas de biodiesel na região: Centro-Oeste.** Disponível em: < https://www.biodieselbr.com/usinas/centro-oeste.htm> Acesso em: 02 dez. 2016.

BNDES - **Estudo de Viabilidade de Produção de Biocombustíveis na UEMOA (União Econômica e Monetária do Oeste Africano).** Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/aep_fep/chamada_publica_FEP0211_Relatorios2e3.pdf> Acesso em: 03 ago. 2016.

BP Statistical Review of World Energy, June 2016. Disponível em: <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf> Acesso em: 03 ago. 2016.

BRASIL. **Emissão de CO2 no Brasil é 70 vezes menor que média mundial.** Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/10/emissao-de-co2-no-brasil-e-70-vezes-menor-que-media-mundial>. Acesso em: 17 mar. 2017.

BRASIL. **Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8723.htm>. Acesso em: 05 mar. 2017.

BRASIL. **Decreto nº 2.607, de 28 de maio de 1998.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2607.htm>. Acesso em: 05 mar. 2017.

BRASIL. **Decreto nº 3.552, de 4 de agosto de 2000.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3552.htm>. Acesso em: 05 mar. 2017.

BRASIL. **Decreto nº 3.824, de 29 de maio de 2001**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/CCiViL_03/decreto/2001/D3824.htm>. Acesso em: 05 mar. 2017.

BRASIL**. Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014.** <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13033.htm>. Acesso em: 05 mar. 2017.

BRASIL**. Lei Nº 13.263, de 23 de março de 2016.** Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13263.htm>. Acesso em: 05 mar. 2017.

BUCKERIDGE, M, S. **O efeito estufa e a biodiversidade**. Instituto de Biociências – USP 2006. Disponível em: <http://felix.ib.usp.br/pessoal/marcos/minhaweb5/schedule.htm>. Acesso em: 22 mar. 2017.

CASTRO, L, S.; CARNEIRO, R, A, F. **Consequências do arcabouço regulatório do biodiesel brasileiro para as usinas produtoras: Uma análise da situação da Bahia.** Disponível em: <http://www2.formiga.ifmg.edu.br/forscience/index.php/forscience/article/view/174/122> Acesso em: 20 mar. 2017.

CEPA USP – Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada da Universidade de São Paulo – **Transporte no Brasil.** Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo4A/transportebrasil.htm> Acesso em: 16 mar. 2017.

COMPETE - Programa Operacional Factores de Competitivadade, QREN - Quadro de Referência Estratégico Nacional, FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional. **Eficiência Energética.** Disponível em: <http://inovenergy.inovcluster.pt/media/28452/Estado_da_arte_do_setor_do_frio_por_fileira.pdf> Acesso em: 20 mar. 2017.

CORREA, V, H, C. **O desenvolvimento e a expansão recente da produção agropecuária no Centro-Oeste.** Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000906949&fd=y> Acesso em: 20 mar. 2017.

CRUZ, M, G.; GUERREIRO, E.; RAIHER, A, P. **A Evolução da Produção de Etanol no Brasil, no Período de 1975 a 2009.** Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/artigoRenPDF.aspx?cd_artigo_ren=1342> Acesso em: 20 mar. 2017.

DENATRAN – **Frota de veículos.** Disponível em:< http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/237-frota-veiculos> Acesso em: 15 Set. 2016.

DURÃES, O, M. **Biocombustíveis: Reais questões para a equação Brasil de desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/430/381> Acesso em: 09 fev. 2017.

EIA - Independent Statistics e Analysis - U.S. Energy Information Administration**. International Energy Outlook 2016**. Disponível em: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf>. Acesso em: 09 mar. 2017.

ENMC – ENTIDADE NACIONAL PARA MERCADO DE COMBUSTÍVEL. **Sustentabilidade.** Disponível em: < http://www.enmc.pt/pt-PT/atividades/biocombustiveis/entidade-coordenadora-do-cumprimento-dos-criterios-de-sustentabilidade--ecs-/sustentabilidade/> Acesso em: 11 dez. 2016.

EDGAR **-** Emissions Database fot Global Atmospheric Research. **Joint Research Centre. European Commission** - **CO2 time series 1990-2013 per capita for world countries.** Disponível em: < http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2ts_pc1990-2013> Acesso em:17 fev. 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2011.** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20111213_1.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015 ano base 2014.** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Nota técnica DEA 14/15 - Demanda de Energia 2050**Disponível em: < http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA%2013-14%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2017.

EPE - EPE - Empresa de Pesquisa Energética**. Nota técnica DEA 13/15 - Demanda de Energia 2050**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2017.

European Union. **Países da UE**. Disponível em: < https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_pt> Acesso em 03 ago. 2016.

FAPESP. **Biocombustíveis enfrentam desafios para expansão**. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/biocombustiveis_enfrentam_desafios_para_expansao/18259/ >. Acesso em: 05 mar. 2017.

FEIJÓ, F, T.; MORALES, R, R. **A Validade da Paridade do Poder de Compra no Brasil Pós-Plano Real.** Disponível em: <https://portalrevistas.ucb.br> Acesso em: 17 mar. 2017.

GARCÍA, A, P, T.; HERNANDÉZ, S, I, Z.; MEJÍA, G, R, N.; SUARÉZ, D, G.; TALABERA, B, X, T. **Biocombustibles.** Disponível em: <http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Biocombustibles_32595.pdf> Acesso em: 11 dez. 2016.

GOLDEMBERG, J. **Energia e desenvolvimento.** Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141998000200002>. Acesso em: 29 mar. 2017.

GUIDO JÚNIOR, J, R. **Competitividade territorial do etanol**. Disponível em: < http://200.145.6.238/bitstream/handle/11449/95567/guidojunior_jr_me_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 11 dez. 2016.

HUBBERT, M, K. **Nuclear Energy and The Fossil Fuels.** Disponível em: <http://www.hubbertpeak.com/hubbert/1956/1956.pdf> Acesso em: 15 mar. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial brasileira.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm> Acesso em: 09 fev. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil no mundo.** Disponível em: <http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/brasil-no-mundo.html>. Acesso em: 09 mar. 2017.

IEA – International Energy Agency. **World Energy Outlook** (2012, 2013, 2014, 2015). Disponível em: < https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo-2013---executive-summary---portuguese-version.html> Acesso em: 27 mar. 2017.

INATOMI, T, A, H.; UDAETA, M, E, M. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos.** Disponível em: < http://seeds.usp.br/portal/uploads/INATOMI_TAHI_IMPACTOS_AMBIENTAIS.pdf> Acesso em: 27 nov. 2016.

ITAMARATY - BRICS - **Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.** Disponível em: < http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/mecanismos-inter-regionais/3672-brics>. Acesso em: 16 fev. 2017.

KNOTHE, G.; GERPEN, J, V.; KRAHL, J.; RAMOS, L, P. **Manual de biodiesel.** 2005. Editora Blucher. Tradução Luiz Pereira Ramos – Centro de Pesquisa em Química Aplicada – CEPESQ, Curitiba-PR.

LEITE, R, C,C.;LEAL,M,R,L,V. **O biocombustível no Brasil.** Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-33002007000200003&script=sci_arttext&tlng=es> Acesso em: 17 jul. 2016.

LIMA, M, A (organizadora). **Emissão de Gases de Efeito Estufa.** Embrapa Meio Ambiente. 2012, Brasília. Estoques de carbono e emissões de gases de Efeito Estufa na agropecuária brasileira.

Lima, M, M, C. **BRICS: Entrada da África do Sul no agrupamento e as consequências para o bloco e para o Brasil.** Disponível em: <http://www.semacip.ufscar.br/wp-content/uploads/2014/12/BRICS-entrada-da-%C3%81frica-do-Sul-no-agrupamento-e-as-consequ%C3%AAncias-para-o-pa%C3%ADs-para-o-bloco-e-para-o-Brasil.pdf> Acesso em: 16 fev. 2017.

MASIERO, G; LOPES, H. **Etanol e biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia.** Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbpi/v51n2/v51n2a05> Acesso em: 09 fev. 2017.

MAPS OF WORLD. **Mapa do estado de Goiás**. Disponível em: <http://pt.mapsofworld.com/brasil/estados/maps/goias-mapa.jpg> Acesso em: 03 dez. 2016.

MAPS OF WORLD. **Mapa do estado de Mato Grosso.** Disponível em:

<http://pt.mapsofworld.com/brasil/estados/maps/mato-grosso-mapa.jpg> Acesso em: 03 dez. 2016.

MAPS OF WORLD. **Mapa do estado de Mato Grosso do Sul.** Disponível em: <http://pt.mapsofworld.com/brasil/estados/maps/mato-grosso-do-sul-mapa.jpg> Acesso em: 03 dez. 2016.

MATTOS, L, B, R**. A importância do setor de transportes nas emissões de gases do efeito estufa – O caso do município do Rio de Janeiro.** Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/lbrmattos.pdf> Acesso em: 06 out. 2016.

Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programas para a produção e uso de biocombustíveis no mundo.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/Orientacoes_Tecnicas/progra_4.pdf> Acesso em 03 ago. 2016.

Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - **Portaria MAPA nº 7, de 11 de janeiro de 2010**. Disponível em: <http://www.udop.com.br/download/legislacao/comercializacao/institucional_site_juridico/port_7_(2010)_adicao_alcool.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2017.

Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - **Portaria MAPA Nº 678, de 31 de agosto de 2011.** Disponível em: <https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=222517>. Acesso em: 05 mar. 2017.

Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento **- Portaria MAPA, Nº 75, de 5 de março de 2015**. Disponível em: < https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=281775>. Acesso em: 05 mar. 2017.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Efeito Estufa e Aquecimento Global.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global>. Acesso em: 21 mar. 2017.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Matriz Energética Nacional 2030.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732860/Matriz+Energ%C3%A9tica+Na

cional+2030/39d39feb-1307-4f4f-9658-039b86b94bbd;jsessionid=663523DDBACC54787760CDC404F8C998.srv155> Acesso em: 16 mar. 2017.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Matrizes energéticas estaduais.** Ano de referência: 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138787/4229117/Fluxos+OIE+UF+2015.pdf/ab41acdc-0c79-4edb-a977-d8fa5efdddb9>Acesso em: 17 mar. 2017.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/programa/objetivos_diretrizes.html>. Acesso em: 05 mar. 2017.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Ranking Mundial de Energia e Socioeconomia (anos 2012/13/14).** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139093/Ranking+Mundial+de+Energia+2015.pdf/f088fe16-e0d2-49ad-b72c-8376f749c661> Acesso em: 29 mar. 2017.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira: Exercício de 2014.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732840/Resenha%2BEnerg%25C3%25A9tica%2B-%2BBrasil%2B2015.pdf/4e6b9a34-6b2e-48fa-9ef8-dc7008470bf2> Acesso em: 17 mar. 2017.

MONTES, P, M, F. **O potencial do consumo de gás natural pelo setor industrial no Brasil.** Disponível em: < http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/pmontes.pdf> Acesso em: 08 abr. 2017.

Nova Cana - **Evolução dos preços: Etanol hidratado continua subindo na maior parte do país.** Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/mercado/precos/evolucao-precos-etanol-hidratado-continua-alta-pais-240117/> Acesso em: 09 fev. 2017.

Nova Cana - **História da legislação sobre o etanol.** Disponível em: < https://www.novacana.com/etanol/historia-legislacao/> Acesso em: 05 mar. 2017.

Nova Cana. **Usinas de Açúcar e Álcool na Região: Centro-Oeste.** Disponível em: < https://www.novacana.com/usinas-brasil/centro-oeste/> Acesso em: 04 dez. 2016.

NITSCH, M. O programa de biocombustíveis Proalcool no contexto da estratégia energética brasileira. Disponível em: < http://www.rep.org.br/pdf/42-10.pdf> Acesso em: 09 fev. 2017.

OECO – **O que é efeito estufa.** Disponível em: < http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27698-o-que-e-o-efeito-estufa/> Acesso em: 15 Set. 2016.

OEI - Organización de Estados Iberoamericanos. **PIB e consumo de energia - uma nova relação.** Disponóvel em: <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/reportajes_079.htm>. Acesso em: 17 mar. 2017.

OKADA, S, I. **Análise dos pontos críticos de sucesso na cadeia produtiva do biodiesel no centro-oeste brasileiro: um subsídio à gestão estratégica.** Disponível em: < https://ppagro.agro.ufg.br/up/170/o/Sionara_Ioco_Okada.pdf> Acesso em: 11 dez. 2016.

ONU – Organização das Nações Unidas. **A ONU e a população mundial.** Disponível em: < https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/> Acesso em: 08 mar. 2017.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Member States.** Disponível em: < http://www.un.org/en/member-states/index.html> . Acesso em: 03 mar. 2017.

ORTÚZAR, J. de D.; WILLUNSEN L. G. **Modelling Transport. Jonh Wiley & Sons, Chichester**, 1994, 2001.

PETROBRAS. **Produção de biocombustíveis.** Disponível em: < http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/producao-de-biocombustiveis/> Acesso em: 17 jul. 2016.

PINTO JR, H, Q. **Relação entre o Índice de Intensidade Energética e a Evolução das Emissões de CO2 no Brasil (1980-2005).** Disponível em: <www.gee.ie.ufrj.br/i> Acesso em: 15 mar. 2017.

PIRES, A.; SCHECHTMAN, R. **Análise de preços de combustíveis e de políticas internacionais para promoção de biocombustíveis.** Disponível em: < http://www.sindalcool.com.br/download/CD/Estudos_Etanol/AN%C3%81LISE%20DE%20PRE%C3%87OS%20DE%20COMBUST%C3%8DVEIS%20E%20DE%20POL%C3%8DTICAS%20INTERNACIONAIS.pdf> Acesso em: 11 dez. 2016.

QUADROS, S.; RIBEIRO, G. (Coords.) **Perspectivas do investimento em transporte.** Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. 234 p. Relatório integrante da pesquisa "Perspectivas do Investimento no Brasil", em parceria com o Instituto de Economia da UNICAMP, financiada pelo BNDES. Disponível em: < http://www.bndespar.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/pib/pib_transportes.pdf> Acesso em: 09 fev. 2017.

RIBEIRO,L, N. **BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul)**. Disponível em: <http://www.infoescola.com/geografia/brics-brasil-russia-india-china-e-africa-do-sul/>. Acesso em: 16 fev. 2017.

ROCHA, C, F. **Transporte de cargas no Brasil e sua importância para a economia.** Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3003/O%20Transporte%20de%20Cargas%20no%20Brasil%20e%20sua%20Importância%20para%20a%20Economia.pdf?sequence=1> Acesso em: 20 mar. 2017.

SANTOS, C,T.; FAVARO, F.; PARENTE, V. **Previsão de fabricação de carros biocombustíveis e de demanda de etanol em 2014.** Disponível em: < https://www.revistafuture.org/FSRJ/article/viewFile/44/69> Acesso em: 15 Set. 2016.

The economist. **Energy use. Energy intensity is coverging across the world.** Disponível em: <http://www.economist.com/blogs/dailychart/2011/01/energy_use> Acesso em: 20 mar. 2017.

The World Bank. **Brazil.** Disponível em: <http://data.worldbank.org/country/brazil> Acesso em: 16 mar. 2017

The World Bank. **Energy use (kg of oil equivalente per capita).** Disponível em: < http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.PCAP.KG.OE> Acesso em: 29 mar. 2017.

The World Bank - **Publications By Country.** Disponível em: < http://www.worldbank.org/en/publication/reference> Acesso em: 03 mar. 2017.

TURDERA, E, M, V. **Disponibilidade de Energia Termelétrica a Gás Natural na Região Centro-Oeste.** Editora UFGD. Dourados- MS, 2009.

TURDERA, E, M, V.; VARGAS, G, P.; **O uso do modal rodoviário e a emissão de Gases Estufa no Mato Grosso do Sul.** Relatório final de pesquisa iC, apresentado no Enepex 2016.

UNICA - **Relatório semanal de preços ao consumidor -Semana de 04/12/2016 a 10/12/2016.** Disponível em: Unica.com.br. Acesso em: 09 fev. 2017.

URQUIAGA, S.; ALVES, B, R, R.; BOODEY, R, M. **Produção de biocombustíveis. A questão do balanço energético.** Disponível em: < https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/530/480> Acesso em: 17 jul. 2016.

YERGIN, D. **The Quest. Energy, Security, and the Remaking of the Modern World**. 2011.

ANEXO A

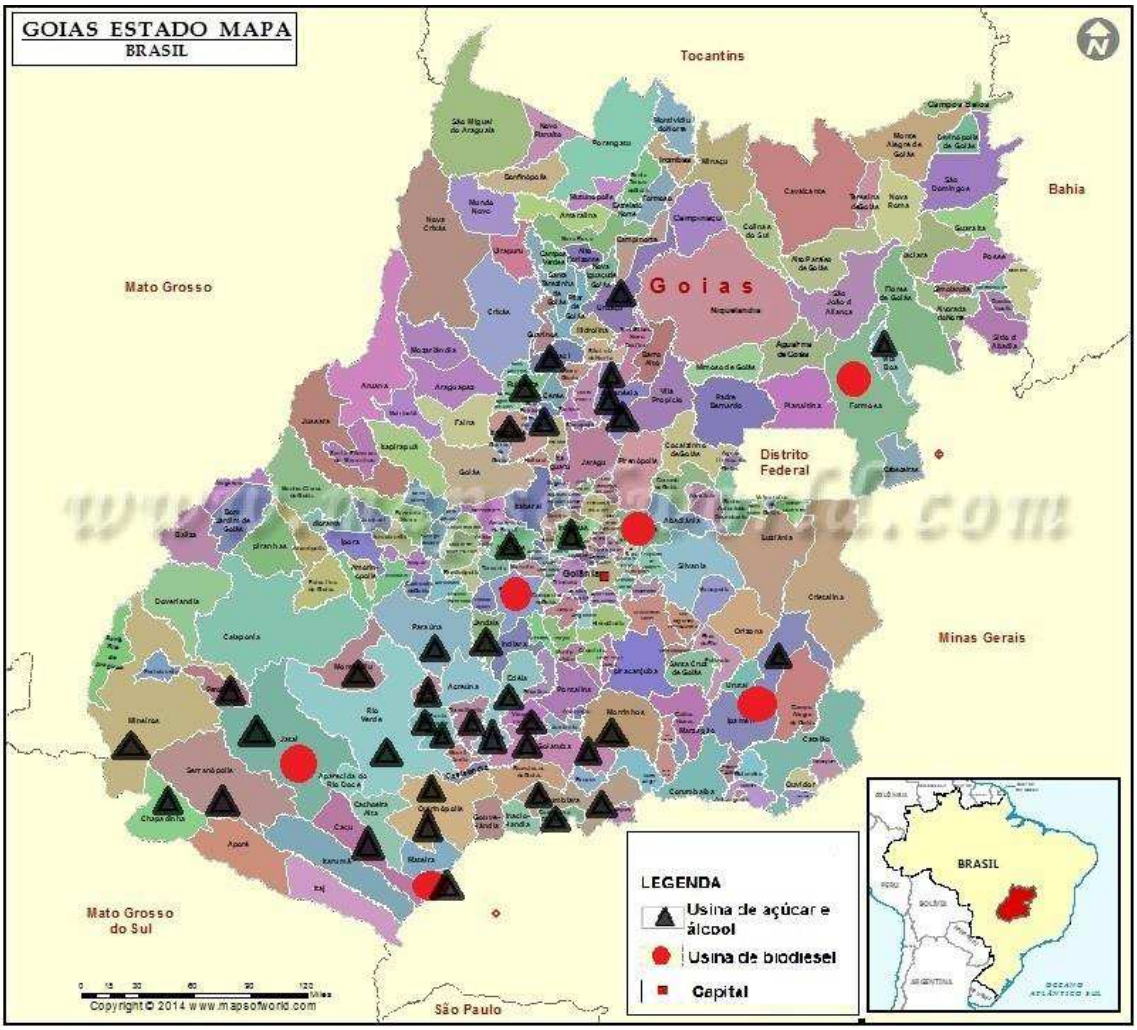

Figura 45. Usinas de biodiesel e usinas de açúcar e álcool do Estado de Goiás

MAPSOFWORLD, elaborado a partir de BIODIESEL BR e Nova Cana, 2016.

Figura 46.Usinas de biodiesel e usinas de açúcar e álcool do Estado de Mato Grosso

Fonte: MAPSOFWORLD, elaborado a partir de BIODIESEL BR e Nova Cana, 2016.

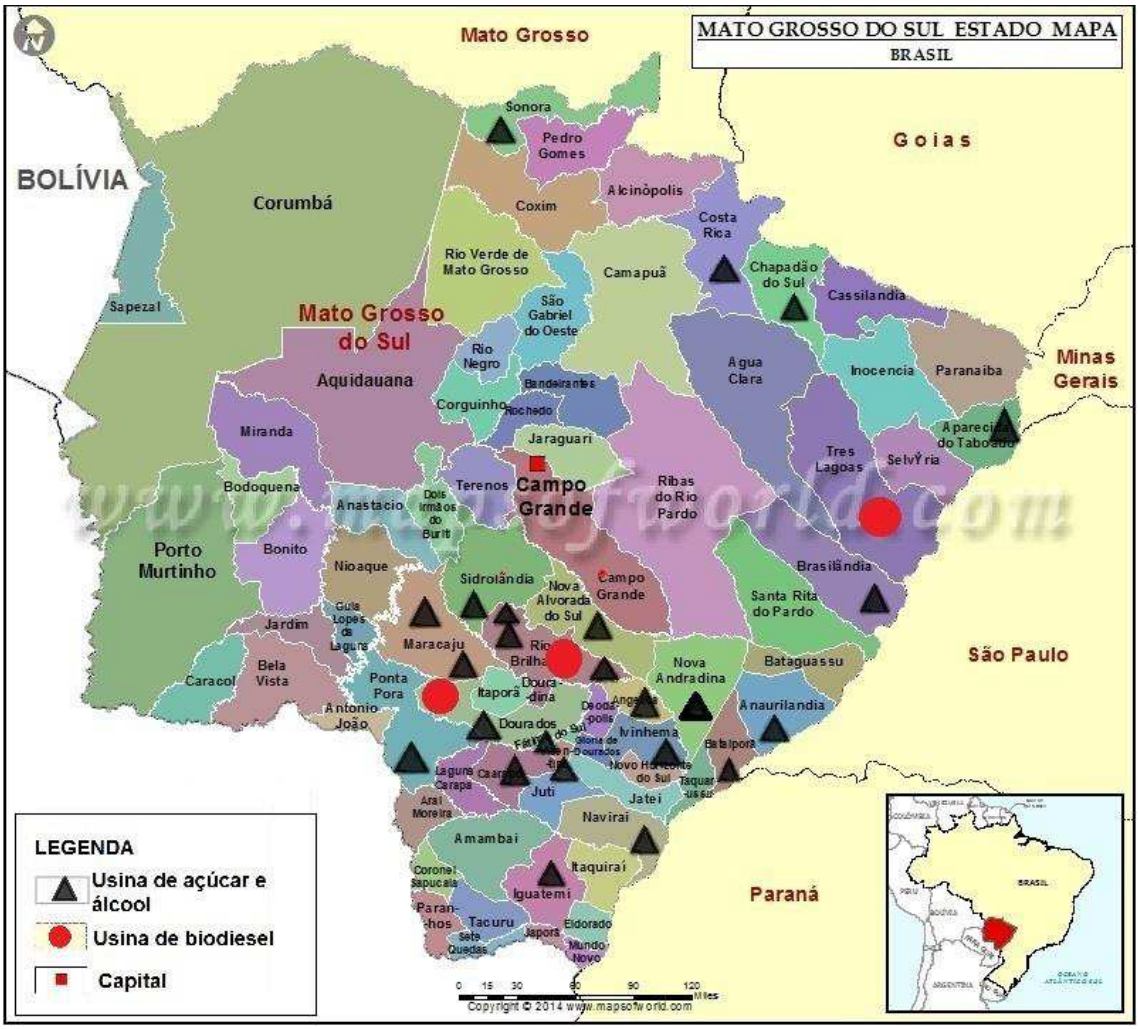

Figura 47. Usinas de biodiesel e usinas de açúcar e álcool do Estado de Mato Grosso do Sul

Fonte: MAPSOFWORLD, elaborado a partir de BIODIESEL BR e Nova Cana, 2016.