



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIOCOMBUSTÍVEIS**



MARCELO CAETANO DE RIBEIRO E MELO

**POLÍTICAS PÚBLICAS BRASILEIRAS DE BIOCOMBUSTÍVEIS: ESTUDO
COMPARATIVO ENTRE OS PROGRAMAS DE INCENTIVOS À PRODUÇÃO,
COM ÊNFASE EM ETANOL E BIODIESEL**

UBERLÂNDIA/MG

Julho de 2018

MARCELO CAETANO DE RIBEIRO E MELO

**POLÍTICAS PÚBLICAS BRASILEIRAS DE BIOCOMBUSTÍVEIS: ESTUDO
COMPARATIVO ENTRE OS PROGRAMAS DE INCENTIVOS À PRODUÇÃO,
COM ÊNFASE EM ETANOL E BIODIESEL**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em biocombustíveis da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

UBERLÂNDIA/MG

Julho de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M528p 2018 Melo, Marcelo Caetano de Ribeiro e, 1981-
Políticas públicas brasileiras de biocombustíveis [recurso eletrônico] : estudo comparativo entre os programas de incentivos à produção, com ênfase em etanol e biodiesel / Marcelo Caetano de Ribeiro e Melo. - 2018.

Orientador: Antonio Carlos Ferreira Batista.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1172>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Biocombustíveis - Brasil. 2. Biodiesel - Brasil. 3. Biomassa - Brasil. I. Batista, Antonio Carlos Ferreira, 1956- (Orient.) II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis. III. Título.

CDU: 662.756

Maria Salete de Freitas Pinheiro - CRB6/1262



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCOMBUSTÍVEIS



Ata da defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO junto ao Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis, do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia
DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO, NÚMERO 019/PPBIC.

DATA: 10/07/2018

DISCENTE: Marcelo Caetano de Ribeiro e Melo

MATRÍCULA: 11622PGB004

TÍTULO DO TRABALHO: "A capacidade do Brasil em produzir biomassas - um estudo comparativo entre os programas de incentivo a produção de biocombustíveis".

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Biocombustíveis

LINHA DE PESQUISA: Ambiente e Sustentabilidade

PROJETO DE PESQUISA DE VINCULAÇÃO:

Às nove horas do dia dez de julho do ano de dois mil e dezoito, no(a) Auditório Prof. Dr. Manuel Gonzalo Hernández-Terrones, piso superior do Bloco 5I no Campus Santa Mônica, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos Professores Doutores Anízio Marcio de Faria, da(o) Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal, e Narcisa Silva Soares, do(a) Instituto Luterano de Ensino Superior, e Antônio Carlos Ferreira Batista, professor(a) orientador(a) e presidente da mesa. Iniciando os trabalhos, o(a) presidente da mesa apresentou o(a) candidato(a) e a Banca Examinadora, agradeceu a presença do público e discorreu sobre as normas e critérios para a realização desta sessão, baseadas no Regulamento do Programa PPBIC. Em seguida, o(a) presidente da mesa concedeu a palavra ao(à) candidato(a) para a exposição do seu trabalho e, em sequência, aos examinadores, em ordem sucessiva, para arguir o(a) apresentador(a). A duração da apresentação e o tempo de arguição e resposta deram-se conforme as normas do Programa. Ultimada a arguição, desenvolvida dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais e A provou o(a) candidato(a). Por sugestão da Banca Examinadora, o título do trabalho será Políticas Públicas Brasileiras de Biocombustíveis - Estudo Comparativo entre os Programas de Incentivos de Produção com Ênfase em Etanol e Biodiesel

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento do estabelecido nas normas do Programa, legislação e regulamentação internas da UFU. As correções observadas pelos examinadores deverão ser realizadas no prazo máximo de 30 dias. Nada mais havendo a tratar, deu-se por encerrada a sessão às 13 horas e 00 minutos e lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pela Banca Examinadora.

Prof(a). Dr(a). Anízio Marcio de Faria

Prof(a). Dr(a). Narcisa Silva Soares

Prof(a). Dr(a). Antônio Carlos Ferreira Batista

Ata aprovada ad referendum
em 25/7/18

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto, muito obrigado por fazer tudo conspirar ao meu favor, para que eu concluísse essa etapa tão importante da minha vida, por sempre me mostrar que tudo tem o seu tempo e que nada acontece por acaso!

A melhor esposa do Mundo (Sarah), pelo valioso e incansável apoio em todos os momentos da minha vida, por me ajudar a ser uma pessoa melhor, por renovar minhas forças, meus pensamentos, sentimentos e me possibilitar caminhar me reinventando e me reconstruindo a cada dia. Por me possibilitar compreender que sou humano e que tenho a escolha diária de ser melhor para mim, para o próximo e para o mundo.

A minha Mãe exemplo de mulher, superação, garra e incentivo, que, com carinho e amor, me acompanha em todas as jornadas. Te amo!

Papai e mãezinha, em memória, minha profunda gratidão pela educação, amor, compreensão de mundo, e meios que me ofereceram para que eu pudesse estar aqui.

Ao meu orientador Flash, além da oportunidade que me conferiu, sou especialmente grato por todos os preciosos debates travados ao longo destes anos, permitindo a evolução constante desta dissertação, bem como pelo conhecimento e ensinamento transmitidos.

Aos Professores Daniel e Anizio, o meu sincero agradecimento pela atenção valiosa, confiança, paciência, amizade e, antes de tudo, por terem me ajudado a realizar um sonho, que faz parte do meu projeto de vida.

Daniel, Carol e Alice que são a família que escolhi nessa vida e que sempre me ajudaram com o equilíbrio e amizade necessários em todos os momentos da minha caminhada.

Assim, registro um “muito obrigado singular” a Rosely, Edmir, Mariana e Daniela, em meio a simplicidade da vida, me proporcionando um porto seguro onde encontro amor, carinho e proteção. Obrigado por me aceitarem em meus erros e acertos. Um dia espero poder retribuir todo o recebido.

À vovó Lili e toda a família por me aceitarem com tanto carinho e por me darem a oportunidade de ser feliz ao lado de vocês. É um inestimável privilégio fazer parte desta família.

Colegas de mestrado, vocês foram os melhores parceiros que eu poderia ter nessa jornada. Que venham muitas outras, de preferência, bem mais tranquilas e regadas a muitas cervejas.

RESUMO

A crescente preocupação mundial com as questões ambientais e a aprovação do Acordo de Paris, em 2015, na COP 21, com a adesão de 195 países e a ratificação de 155, que se comprometeram a limitar o aumento da temperatura média global em 1,5° C em relação aos níveis pré-industrial, associado ao fato de o setor de transportes ter sido o responsável por 23% da emissão de gases resultantes da combustão, sendo que, no Brasil, esse número alcança o patamar de 43%, motivou a presente dissertação em discorrer sobre a capacidade que o Brasil possui em produzir biomassa para ser utilizada na fabricação de biocombustíveis, os seus diferentes tipos e, principalmente, quais são as políticas públicas implementadas para fomentar o setor. O aumento da produção de combustíveis a partir de fontes renováveis é a alternativa mais viável no curto e médio prazo e isso requer a observância dos requisitos de sustentabilidade em um sentido amplo: ambiental, econômico, social, tecnológico e estratégico. Devido às suas condições de solo e clima, o Brasil tem um grande potencial para produzir biomassa e o valor adicionado a esta base de matéria-prima representa uma importante vantagem comparativa. Os Biocombustíveis representam essas possibilidades, já que a demanda de energia tende a aumentar à medida que a economia mundial continua a crescer. Os biocombustíveis possuem sua energia derivada da fixação de carbono biológico e incluem combustíveis derivados da conversão de biomassa em combustíveis líquidos e vários biogases. O setor de biocombustíveis no Brasil foi muito estimulado devido ao Proálcool. Com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), em 2005, a produção de biodiesel vem aumentando gradualmente em bases econômicas, sociais e ambientais, com o intuito de contribuir no fortalecimento da agroindústria, promover a redução das desigualdades regionais e fomentar as políticas industriais e de inovação tecnológica. No final de 2017, o Brasil sancionou a lei que institui a Política Nacional de Biocombustíveis, o Renovabio, trata-se de uma política pública com o objetivo de desenvolver todos os tipos de biocombustíveis no país, respeitando os pressupostos do desenvolvimento sustentável apregoados no Acordo de Paris. Esse programa diferencia-se de outras políticas, pois não visa a criação de impostos, pelo contrário, objetiva estimular a concorrência com combustíveis fósseis, garantindo qualidade e preço para os consumidores.

Palavras-chave: Biocombustível. Biomassa. PNPB. Biodiesel. Renovabio. Redução GEE.

ABSTRACT

The rising worldwide awareness of environmental questions and the Paris Accord's approval in 2015, during the COP 21, ensured the adherence of 195 countries and the ratification of 155 countries. Those countries committed to limit the average global temperature to 1.5 °C compared to the pre-industrial levels. The approval and such limitation, as well as the fact that cargo transportation is responsible for 23% of combustion-related gas emissions worldwide and 43% in Brazil alone, justified the present dissertation on its aim to talk about the Brazilian capacity on producing biomass that can be used on biofuel production, its several types, and mainly, which are the public policies implemented to promote the sector. The rising on renewable source-based fuel production is the most viable alternative in the short and medium-terms and this requires the compliance with the broad sustainability environmental, economic, social, technological and strategic requisites. Because of its soil and climate conditions, Brazil has a great biomass production potential and the added value to this raw material represents an important comparative advantage. Biofuel represents these possibilities given that the demand for energy tends to increase as the global economy keeps growing. It also has its energy derived from the fixation of biological carbon, and includes fuel derived from the conversion of biomass into liquid fuel and biogases. The Brazilian biofuel sector was stimulated due to the Proálcool. With the launching of a National Program for Production and Use of Biodiesel (PNPB, in the Portuguese acronym), in 2005, the biodiesel production has increased gradually in economic, social and environmental basis, aiming to contribute with the agroindustry strengthening, promote the reduction of regional disparities and foster both the industrial and the technological innovation policies. In the end of year 2017, Brazilian federal government sanctioned the bill that institutes the Biofuel National Policy, Renovabio. This public policy is one that aims to develop all kinds of biofuel in the country, respecting the sustainable development principles presupposed on the Paris Accord. This program differentiates itself from other policies by the fact that it does not aim to create more taxes. Quite the opposite, aims to encourage the competition with fossil fuel, guaranteeing quality and price to the consumer.

Keywords: Biomass. Biofuel. PNPB. Biodiesel. Renovabio. Greenhouse gas reduction. Paris Accord.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Maiores reservas provadas de petróleo em bilhões de barris	15
Figura 2: Total de biocombustível produzido por região	24
Figura 3: Rotas Tecnológicas para a produção de Etanol	27
Figura 4: Resultado do balanço da queima e da produção de etanol a partir de diferentes matérias-primas	27
Figura 5 – Esquema da reação de transesterificação	30
Figura 6: Coeficientes de redução diferenciados de pis/cofins para o biodiesel	45
Figura 7: Histórico do teor de mistura de biodiesel no diesel para consumo no mercado interno brasileiro	47
Figura 8: Objetivos estratégicos do RenovaBio	53
Figura 9: Expectativas do Brasil para o cumprimento da metas da COP 21.....	54
Figura 10: Escopo do Programa RenovaBio	57
Figura 11: Emissão do certificado de produção eficiente de biocombustíveis	57
Figura 12: Etapas para Estabelecimento das Metas de Descarbonização	59
Figura 13: Modelagem Integrada da EPE	59
Figura 14: Modelos Matemáticos da EPE	60
Figura 15: Módulo de Integração	61
Figura 16: Modelo de Simulação do Preço do CBIO	61
Figura 17: Modelo da Matriz Insumo-Produto	62
Fonte 18: Modelo de Investimentos	63
Figura 19: Modelo de Impactos na Saúde	63
Figura 20: Modelo de Impactos na Socioambientais	64
Figura 21: Modelo de Impactos Inflacionários	65
Figura 22: Exemplo do Cálculo da Nota de Certificação	66
Figura 23: Distribuição Geográfica de Oleaginosas no Brasil	71
Figura 24: Principais lavouras utilizadas na produção do Biodiesel	72
Figura 25: Linha do tempo dos biocombustíveis no Brasil	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Projeção do consumo final de energia por fonte	18
Gráfico 2: Emissões Globais de CO ₂ a partir da queima de combustíveis por setor em 2014	21
Gráfico 3: Emissões brasileiras de CO ₂ na geração e consumo de energia por setor em 2015	21
Gráfico 4: Matérias-primas usadas na produção de biodiesel no Brasil	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de Energia Primária	17
Tabela 2: Matéria prima utilizada na produção de biocombustível e volume de produção de acordo com as diferentes Regiões do mundo	22
Tabela 3: Principais parâmetros de qualidade do biodiesel	30
Tabela 4: Especificação do biodiesel no Brasil e no mundo	32
Tabela 5: Os maiores produtores de etanol em 2012	33
Tabela 6: Os maiores produtores de biodiesel em 2012	33
Tabela 7: Os 10 maiores produtores de biocombustíveis em 2012	34
Tabela 8: Consolidação dos custos e benefícios nominais do PNPB	52
Tabela 9: ACB do PNPB no Cenário Proposto	53

LISTA DE ABREVIACÕES

ADM – *Archer Daniels Midland Company*
AEHC – Álcool Etilico Hidratado Combustível
AGA – Aquecimento Global Antropogênico
ANFAVEA – Associação Nacional de Fabricantes de Automóveis
ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAPEX – Custo de Investimento
CBIO – Crédito de Descarboxinação
CEI – Inter Comissão Executiva Ministerial
CEO – *Chief Executive Office*
CEPAL – Comissão Econômica para América Latina e o Caribe
CNPE – Conselho Nacional de Política Econômica
CNPE – Conselho Nacional de Política Energética
CNPEG – Conselho Nacional de Política Energética
COP 21 – 21ª edição da Conferência das Partes
COVs – Compostos Orgânicos Voláteis
ENARSA – *Energía Argentina S.A.*
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
EUA – Estados Unidos da América
FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FEBRABAN – Federação Brasileira de Bancos
FFV – *Flex Fuel Vehicles*
FGV – Fundação Getúlio Vargas
GEE – Gases do Efeito Estufa
GENREN – Geração de Eletricidade de Energias Renováveis
GNV – Gás Natural Veicular
HVO – Óleo Vegetal Hidratado
IC – Intensidade de Carbono
IEA – *International Energy Agency*
INPM – Instituto Nacional de Pesos e Medidas
INPM – Instituto Nacional de Pesos e Medidas
IPBMA – *International Biodegradable Products Manufactures Assosiation*

IPI – Imposto sobre produtos industriais
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
KIT – *Karlsruhe Institute of Technology*
LCFS – *Low Carbon Fuel Standard*
MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MME – Ministério de Minas e Energia
MTBE – metil-terc-butil-éter
NDC – Contribuições Nacionalmente Determinadas
PHB – poli 3-hidroxi-butirato
PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PROÁLCOOL – Programa Nacional do Alcool
PROÓLEO – Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos
RBTB – Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel
REFAP – Refinaria Alberto Pasqualino
RENOVABIO – Política Nacional de Biocombustíveis
RFS – *Renewable Fuel Standard Program*
RIN – Renewable Identification Number
SBQ – Superintendência de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos
SCS – Selo de combustível social
UBRABIO – União Brasileira do biodiesel e Bioquerosene
UE – União Europeia
ÚNICA – União da Indústria de Cana de Açúcar
USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO 2 – Oferta de Biomassa e de Biocombustível no Brasil	14
2.1 – Contextualização das fontes fósseis de combustível	14
2.2 – Biomassa, o que é? E a capacidade do Brasil em produzi-la	16
2.3 – Biocombustíveis	21
2.3.1 – Tipos de Biocombustíveis	24
2.3.1.1 – Bioetanol	27
2.3.1.2 – Biodiesel	29
CAPÍTULO 3 – As políticas do biocombustível: Um estudo comparado	33
3.1 – União Europeia	34
3.1.1 – Alemanha	34
3.1.2 – França	35
3.2 – América do Sul	37
3.2.1 – Argentina	37
3.3 – América do Norte	39
3.3.1 – Estados Unidos	39
3.4 – Políticas públicas na inserção dos biocombustíveis no Brasil	40
3.4.1 – Proálcool	41
3.4.2 – Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB	45
3.4.2.1 Análise de Custo Benefício do PNPB	50
3.4.3 – RenovaBio	54
DISCUSSÃO	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	77

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Há, nos últimos anos, um progressivo debate a respeito da origem e das formas de uso das fontes energéticas, impulsionando a sociedade a refletir sobre o consumo indiscriminado da energia e sobre as formas de economizá-la (SOUZA, 2010; SOUZA *et al.*, 2012).

A crescente preocupação mundial com as questões ambientais e a aprovação do Acordo de Paris, em 2015, na 21ª edição da Conferência das Partes – COP 21, com a adesão de 195 países e a ratificação de 155, que se comprometeram a limitar o aumento da temperatura média global em 1,5 °C em relação aos níveis pré-industrial, associado ao fato de o setor de transportes ter sido o responsável por 23% da emissão de gases resultantes da combustão (IEA, 2016), sendo que no Brasil esse número alcança o patamar de 43%, conforme balanço disponibilizado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em 2016 (FGV, 2017), motivou a presente dissertação em discorrer sobre a capacidade que o Brasil possui em produzir biomassa para ser utilizada na fabricação de biocombustíveis, os seus diferentes tipos, com enfoque no etanol e no biodiesel, e, principalmente, quais são as políticas públicas implementadas para fomentar o setor sucroalcooleiro e de produção do biodiesel.

Outra razão no interesse em substituir os combustíveis fósseis pelo biocombustível é a diminuição da dependência externa do petróleo (LEITE; LEAL, 2007), em virtude da insegurança quanto a disponibilidade futura dos recursos não renováveis e das tensões geopolíticas existentes entre as regiões produtoras de petróleo (SILVA *et al.*, 2012).

O aumento da produção de combustíveis a partir de fontes renováveis é a alternativa mais viável no curto e médio prazo e isso requer a observância dos requisitos de sustentabilidade em um sentido amplo: ambiental, econômico, social, tecnológico e estratégico.

Devido às suas condições de solo e clima, o Brasil tem um grande potencial para produzir biomassa e o valor adicionado a esta base de matéria-prima representa uma importante vantagem comparativa. Os biocombustíveis representam essas possibilidades, sendo, talvez, a mais promissora, porque a demanda de energia tende a aumentar à medida que a economia mundial continua a crescer.

Os biocombustíveis possuem sua energia derivada da fixação de carbono biológico e incluem combustíveis derivados da conversão de biomassa, bem como a biomassa sólida, combustíveis líquidos e vários biogases.

O setor de biocombustíveis no Brasil foi muito estimulado devido ao Proálcool, nos anos de 1975 à 1985, o país passou a ser o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Após

um contínuo aperfeiçoamento tecnológico, houve significativa redução do custo de produção. Com a introdução de veículos com motores dotados com o sistema flex-fuel, o álcool passou a ter uma importância ainda maior, por ser uma alternativa econômica, além dos ganhos ambientais em virtude das baixas emissões atmosféricas (SOUZA, 2010).

Com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), e também com a promulgação da Lei nº 11.097/05, a produção de biodiesel vem aumentando gradualmente em bases econômicas, sociais e ambientais, com o intuito de contribuir no fortalecimento da agroindústria, promover a redução das desigualdades regionais e fomentar as políticas industriais e de inovação tecnológica, além de nos últimos anos elevar o preço da soja (MME, 2006).

O PNPB exigiu vários estudos e adoção de medidas com o objetivo de incluir, dentro do quadro legal, o biodiesel. Entre as ações advindas do PNPB está a definição do modelo fiscal; o desenvolvimento do mecanismo denominado Selo Combustível Social; a organização dos agricultores familiares; a criação de linhas de financiamento; o desenvolvimento de ações de promoção do desenvolvimento tecnológico com recursos de cooperação nacional e internacional e o estímulo da formação do mercado nacional para o biodiesel por meio dos leilões de compras (MME, 2006).

Em 2016, o governo lançou o programa Renovabio que trata-se de uma política pública com o objetivo de desenvolver todos os tipos de biocombustíveis no Brasil, respeitando os pressupostos do desenvolvimento sustentável apregoados no Acordo de Paris. Esse programa diferencia-se de outras políticas, pois não visa a criação de impostos, pelo contrário, objetiva estimular a concorrência com combustíveis fósseis, garantindo qualidade e preço para os consumidores. Em 26 de dezembro de 2017, foi aprovada a Lei 13.576, que instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio) e a sua sanção foi fruto da convergência de diversos setores (FGV, 2017).

Dominar as técnicas de produção de biocombustíveis não representa uma garantia de que o Brasil obterá os lucros financeiros desse processo. É preciso, investir na infraestrutura e logística para lidar com essa realidade. Esse estudo buscará analisar como a implementação de políticas públicas com a adoção de programas como o PNPB e o Renovabio ajudam no desenvolvimento econômico dos biocombustíveis no Brasil.

Portanto, é objetivo geral desse estudo analisar a capacidade de produção do biodiesel e do etanol no Brasil, juntamente com os programas que possuem o intuito de fomentá-los. São objetivos específicos: identificar a capacidade do Brasil na produção de biomassas e consequente fabricação de biodiesel e etanol; caracterizar os programas que

fomentam a produção de biocombustíveis no Brasil; contextualizar a produção do biodiesel e do etanol em outros países e seus respectivos programas; demonstrar os possíveis ganhos e avanços que o Brasil poderá obter com a execução dos programas de incentivo à produção de biocombustíveis.

A metodologia da presente pesquisa é classificada como exploratória quanto aos seus objetivos, pois possui “a finalidade de ampliar o conhecimento a respeito de um determinado fenômeno” (ZANELLA, 2009, P.79), e bibliográfica quanto ao procedimento técnico utilizado. A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído por livros, sites, teses, artigos e documentos pertinentes (GIL, 2002; ZANELLA, 2009). Os dados foram lidos pelo método qualitativo, que consiste na utilização de técnicas que sequenciam as atividades analisadas, permitindo a redução e categorização dos dados coletados (GIL, 2002). Este método de pesquisa preocupa-se com a análise dos fatos tendo como referencial a perspectiva dos sujeitos envolvidos na pesquisa (ZANELLA, 2011).

Em relação à estrutura, a presente dissertação se inicia com a introdução, em que são apresentados os objetivos do estudo e a metodologia utilizada. Posteriormente, no desenvolvimento, são apresentados dois capítulos, o primeiro capítulo discorre sobre os conceitos da bioenergia e da biomassa, sobre a capacidade do Brasil em produzi-las, sobre a definição dos diferentes tipos de biocombustíveis que podem ser fabricados, utilizando-se da biomassa, e sobre a produção mundial de biocombustíveis e o Brasil neste contexto. No segundo capítulo são apresentadas as políticas públicas implementadas nos principais países que produzem biocombustíveis e os programas, desenvolvidos e em desenvolvimento, de incentivo à fabricação dos biocombustíveis no Brasil. Por fim, são apresentadas as discussões pertinentes, as considerações finais e as referências utilizadas.

CAPÍTULO 2 – Oferta de Biomassa e de Biocombustível no Brasil

O presente capítulo possui o intuito de contextualizar a necessidade de obtenção de fontes de energias renováveis, o papel da biomassa como agente neste contexto, a posição que o Brasil ocupa no cenário de produção de biomassa e consequente fabricação de biocombustíveis. Serão apresentados também os diferentes tipos de biocombustíveis que podem ser produzidos.

2.1 – Contextualização das fontes fósseis de combustível

Os padrões atuais de consumo energético baseiam-se, principalmente, nas fontes fósseis de combustível, gerando emissões de poluentes e gases do efeito estufa - GEE (GOLDEMBERG; LUCON, 2007). Quanto às emissões de GEE no Brasil, para o setor de combustíveis

incluem-se as emissões de CO₂ por oxidação do carbono contido nos combustíveis fósseis durante a sua queima, seja para geração de transportadores de energia, como eletricidade, seja no consumo final (indústria ou transporte). São contabilizadas também as emissões de outros gases de efeito estufa durante o processo de combustão (CH₄, N₂O, CO, NO_x e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos - NMVOC). No caso dos combustíveis de biomassa (lenha, carvão vegetal, álcool, bagaço), as emissões de CO₂ não são contabilizadas como emissões de combustível, pois sendo de origem renovável não geram emissões líquidas, e as emissões associadas à parcela não renovável são incluídas no setor de Mudança do Uso da Terra e Florestas (EMBRAPA, 2014, p. 26/27).

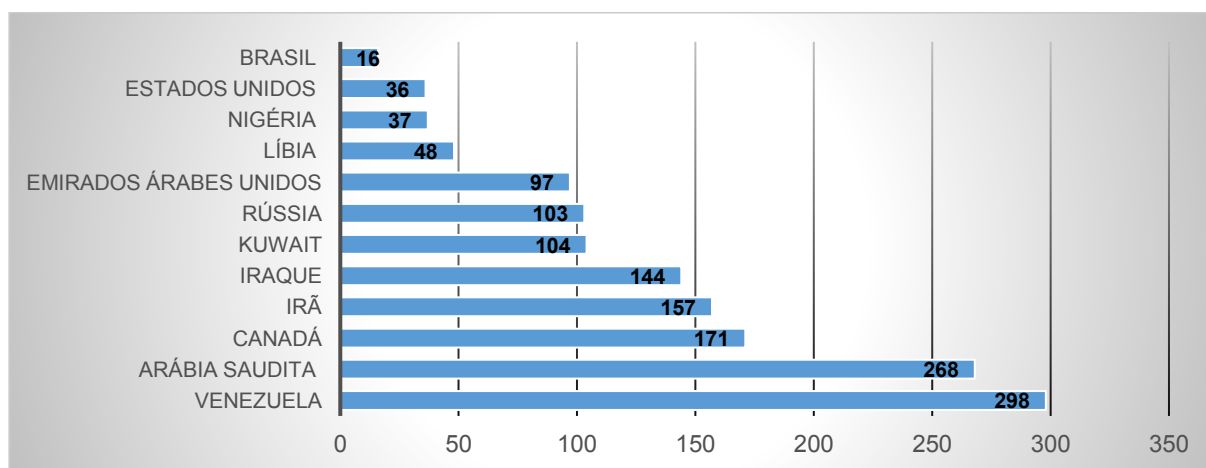
Na contramão do que habitualmente se tem difundido a respeito da contribuição do dióxido de carbono (CO₂) nas alterações climáticas, Molion (2008) defende que o efeito estufa nada mais é do que um evento natural e benéfico, que é por meio dele que possuímos condições de estabelecer a vida como conhecemos hoje. De acordo com o autor, o clima na Terra possui um sistema complexo que sofre influências externas – “como oscilações das atividades solar e vulcânicas, dos parâmetros orbitais terrestres e até de raios cósmicos galácticos” – e internas – “como as variações da temperatura da superfície dos oceanos e da cobertura de nuvens” (MOLION, 2015, p. IX), sendo que a ação humana pouco influencia nas alterações climáticas e o denominado aquecimento global antropogênico (AGA), nada mais é do que um sensacionalismo político, com pouca fundamentação científica, que causa uma comoção mundial para, no fim, beneficiar grandes potências econômicas e alterar radicalmente a matriz energética mundial, o que pode afetar a qualidade de vida e o desenvolvimento de várias nações (MOLION, 2015; LINO, 2015). Não obstante à intenção de desmistificar o dióxido de carbono

(CO₂) do papel de poluente, fazendo-o figurar como o gás da vida, já que nem o homem e nem os animais produzem os alimentos que consomem, o qual é obtido das plantas que utilizam o CO₂ como fonte de energia no processo de fotossíntese. A defesa pelo uso sustentável do meio ambiente permanece válida, para a manutenção dos recursos naturais para as gerações futuras, com a “adoção de políticas de conservação ambiental bem elaboradas, destituídas de dogmatismos, e mudanças nos hábitos de consumo para que a Humanidade possa sobreviver (...)” (MOLION, 2008).

Apesar de não haver um consenso na existência do AGA e do papel que o CO₂ figura no cenário atual, a importância em diversificar a matriz energética com a fabricação de biocombustíveis decorre também do interesse em diminuir a dependência externa de petróleo (LEITE; LEAL, 2007), pois, de acordo com a *British Petroleum Statistical Review*, 60% da reserva mundial de petróleo estão localizadas no Oriente Médio (STRONG, 2014).

Analisando individualmente os países, a Venezuela é considerada o país com a maior reserva mundial de petróleo (FGV, 2017), conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1: Maiores reservas provadas de petróleo em bilhões de barris



Fonte: Adaptado de FGV, 2017

Já os Estados Unidos da América (EUA) possuem cerca de 2,1% do abastecimento mundial de petróleo e, com as atuais tendências de produção, essas reservas devem ser esgotadas dentro de 10 anos. As duas maiores economias em desenvolvimento no mundo, a China e a Índia, deverão esgotar suas reservas em cerca de 10 e 21 anos, respectivamente (STRONG, 2014).

Com as taxas atuais de produção, espera-se que as reservas de petróleo no Oriente Médio sejam esgotadas em 85 anos, no entanto uma vez que as reservas nos EUA, na China e

na Índia estarão esgotadas, esses países terão que depender muito mais da importação de petróleo, pressionando mais as áreas exportadoras de petróleo do mundo e, assim, drenando as reservas em uma taxa mais rápida. A BP Statistical Review prevê o esgotamento de todas as reservas de petróleo comprovadas do mundo em 45,7 anos (KODALI, 2012).

Neste cenário “(...) é que surge a biomassa, que por ser renovável constitui-se na mais promissora fonte alternativa para uma situação de suprimento energético que só tende a se agravar” (COUTO *et al.*, 2004, p.73).

A utilização de biomassas como fonte de energia reporta-se aos primórdios, época em que gravetos, galhos, troncos, etc., eram utilizados para produzir fogo com o intuito de gerar calor e luminosidade, além de ser uma forma de defesa e proteção (GOLDEMBERG; LUCOM, 2007; SOUSA, 2010).

2.2 – Biomassa, o que é? E a capacidade do Brasil em produzi-la

A biomassa é definida por toda matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica. Além de ser vista como uma das principais alternativas para diversificação da matriz energética mundial, com consequente redução da dependência no consumo dos combustíveis fósseis, é considerada uma das fontes de produção de energia com maior potencial de crescimento, principalmente no Brasil (GENOVESE; UDAETA; GALVÃO, 2006; ANEEL, 2008; MAIA; GOMES, 2009).

Um importante aspecto da biomassa é o seu caráter descentralizador, diferentemente dos combustíveis fósseis que estão concentrados em poucas regiões, principalmente no Oriente Médio, a biomassa pode ser produzida praticamente em todos os países, sendo que a faixa tropical é a mais propícia para a sua obtenção (SOUSA, 2010).

A biomassa tem-se mostrado, ao longo de décadas, um dos principais fatores na determinação do desenvolvimento econômico e social dos países, independente da forma em que gera energia – combustíveis sólidos, líquidos e gasosos – e da fonte de produção utilizada (COUTO *et al.*, 2004).

De acordo com o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2008), estima-se que a Terra possua a quantidade de biomassa na ordem de 1,8 trilhão de toneladas. Sendo que os maiores fornecedores desse recurso são os países que possuem uma agroindústria ativa, com grandes extensões de terras cultivadas e cultiváveis, devido à necessidade de escala para produção de biocombustíveis e energia elétrica a partir das biomassas.

O Brasil oferece um grande potencial para diversificar a produção energética, pois possui solo disponível “(...) para a expansão de florestas artificiais e plantações energéticas, com o impacto limitado na produção de alimentos”, o que contribui para um aumento na utilização de energias provenientes de biomassas (GOLDEMBERG; MOREIRA, p. 4, 2005). Além de ostentar uma elevada taxa de incidência solar, associada a uma vasta extensão de território agricultável e condições edafoclimáticas¹ favoráveis, o tornam um potencial produtor de biomassas, tanto para produção energética, quanto para produção de alimentos (COUTO *et al.*, 2004; LIMA, 2005). A Tabela 1 exibe os dados consolidados da evolução na Produção de Energia Primária do Brasil no período de 2005 a 2014, apresentados no Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014. Nesta tabela podemos verificar um sutil, mas progressivo aumento na utilização de outras fontes renováveis para a produção de energia primária.

Tabela 1: Produção de Energia Primária

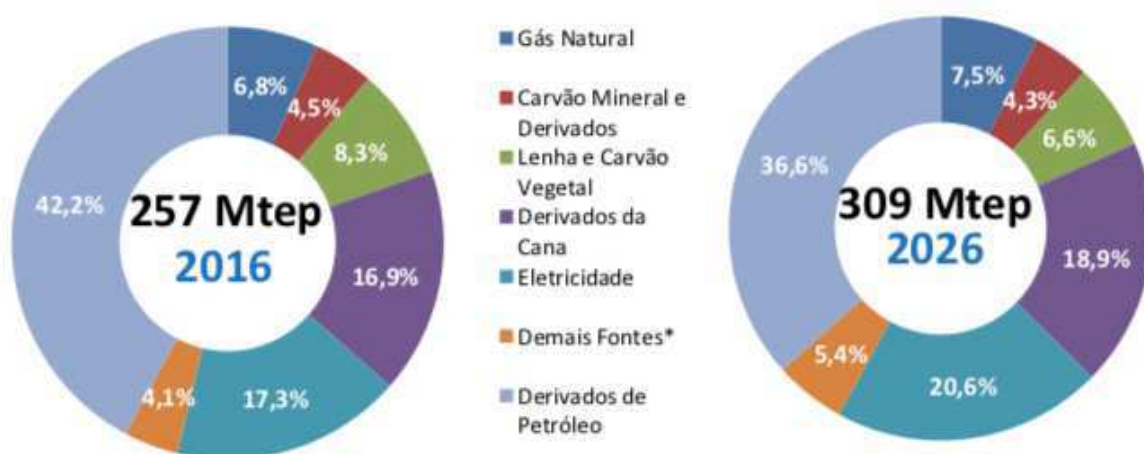
FONTES	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Fontes
NÃO RENOVÁVEL	53,3	53,2	51,9	52,1	53,8	53,0	54,8	54,7	54,2	56,5	NON-RENEWABLE ENERGY
PETRÓLEO	42,0	42,1	40,6	39,7	42,0	42,1	42,5	41,7	40,6	42,8	PETROLEUM
GÁS NATURAL	8,8	8,3	8,1	9,0	8,7	9,0	9,3	10,0	10,8	11,6	NATURAL GAS
CARVÃO VAPOR	1,2	1,0	1,0	1,1	0,8	0,8	0,8	1,0	1,3	1,1	STEAM COAL
CARVÃO METALÚRGICO	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	METALLURGICAL COAL
URÂNIO (U ₃ O ₈)	0,7	1,1	1,6	1,7	1,7	0,7	1,6	1,5	0,9	0,2	URANIUM - U ₃ O ₈
OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	OTHER NON-RENEWABLE
RENOVÁVEL	46,7	46,8	48,1	47,9	46,2	47,0	45,2	45,3	45,8	43,5	RENEWABLE ENERGY
ENERGIA HIDRÁULICA	14,5	14,2	14,4	13,4	14,0	13,7	14,4	13,9	13,0	11,8	HYDRAULIC
LENHA	14,2	13,5	12,8	12,4	10,2	10,3	10,1	10,0	9,5	9,1	FIREWOOD
PRODUTOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	15,5	16,6	18,1	19,0	18,6	19,3	16,9	17,6	19,1	18,1	SUGAR CANE PRODUCTS
OUTRAS RENOVÁVEIS	2,6	2,6	2,9	3,1	3,4	3,7	3,8	3,8	4,1	4,6	OTHER RENEWABLE
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: MME, 2015

¹ "Quanto ao seu significado, a expressão 'condições edafoclimáticas' refere-se as características definidas através de fatores do meio tais como o clima, o relevo, a litologia, a temperatura, a humidade do ar, a radiação, o tipo de solo, o vento, a composição atmosférica e a precipitação pluvial. As condições edafoclimáticas são relativas à influência dos solos nos seres vivos, em particular nos organismos do reino vegetal, incluindo o uso da terra pelo homem, a fim de estimular o crescimento das plantas" (MANO, 2007).

Já o Gráfico 1 traz a projeção decenal do consumo final de energia por fonte, tendo como base o ano de 2016 e projeção até o ano de 2026. Espera-se um aumento na utilização do gás natural e dos derivados da cana-de-açúcar, além das outras fontes, incluindo o biodiesel. A principal fonte de energia final continua sendo os derivados de petróleo, mas com uma leve redução para o período (EPE, 2017).

Gráfico 1: Projeção do consumo final de energia por fonte



Notas: Dados preliminares para 2016.

*Inclui biodiesel, lixívia, outras renováveis e outras não renováveis.

Fonte: EPE, 2017

Historicamente o Brasil possui experiência na aplicação da biomassa como fonte de energia, são exemplos a produção do etanol – em média 75% do álcool produzido origina-se da cana-de-açúcar e 25% provem do melaço que resulta da produção do açúcar –, o carvão vegetal, proveniente das plantações de eucalipto, a coprodução da eletricidade advinda do bagaço da cana e a utilização de cascas, resíduos de árvores, serragem, entre outros pelas indústrias de papel e celulose (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Nas décadas de 1990 e 2000 a produção de cana-de-açúcar obteve um crescimento exponencial, chegando a 15 milhões de toneladas em 2009. Quanto ao álcool, o volume produzido oscilou na faixa de 12 bilhões de litros anuais passando, no entanto, ao patamar de 14 bilhões de litros nas safras de 2008 e 2009, com a seguinte distribuição (COPERSUCAR, 2010):

- a) O álcool do tipo anidro (utilizado na mistura da gasolina) cresceu continuamente ano a ano.

- b) Os volumes produzidos do álcool hidratado ao contrário experimentaram constantes flutuações, em virtude das incertezas que recaíam sobre o Proálcool, programa que será discutido no próximo capítulo.

Para sustentar tais quantitativos de produção foi instalado um parque sucroalcooleiro que, segundo informações da COPERSUCAR, chegou a contar com aproximadamente 400 unidades industriais no final da década de 80 e início da década de 90. Em função da readequação que o setor passou - falência e fechamento de algumas unidades, fusão e incorporação de outras -, o parque, no período analisado, reduziu-se para 324 unidades industriais distribuídas da seguinte forma: 26 usinas de açúcar, 160 destilarias anexas e 138 destilarias autônomas. No seu conjunto essas indústrias possuem uma capacidade instalada, no que diz respeito ao álcool, de aproximadamente 16 bilhões de litros por safra (COPERSUCAR, 2010).

Diante desses números é possível verificar que até a estabilização do Proálcool (final dos anos de 1980), apesar da produção de açúcar ter aumentado significativamente foi com o álcool que ocorreu o grande salto, pois sua produção aumentou quase vinte vezes ou, em média, aproximadamente 16,6% anuais. Já na década de noventa, até 1997, assiste-se ao expressivo crescimento da produção de açúcar que passa a absorver a maior parcela de toda cana-de-açúcar moída pelo setor sucroalcooleiro. Enquanto a produção de álcool só não se reduz por causa do aumento da produção de álcool anidro destinado a abastecer, como mistura, a crescente frota de veículos flex (à gasolina e à álcool) (COPERSUCAR, 2010).

No contexto nacional entre os anos de 1975 a 1997, o rendimento no setor sucroalcooleiro passou de 46,5 toneladas por ha colhido para 57,3 ha colhido, um aumento de 23% na produtividade. É importante observar que tal desempenho se refere às médias e não propriamente na melhoria e no desenvolvimento de diferentes tipos de cana-de-açúcar. Dependendo da região de plantio, os coeficientes de recebimento podem chegar à cifras superiores de 100 toneladas por ha considerando a média de quatro cortes. No que concerne ao rendimento industrial, o coeficiente técnico normalmente usado nos projetos é de 70 litros de álcool por tonelada de cana moída, mas sabe-se que embora não sejam muitos fáceis de encontrar tais índices já são muito maiores (MAZZONE, 2003).

Ainda existe um grande potencial para o desenvolvimento tecnológico da atividade alcooleira no Brasil. Existe um potencial para a redução de custos na fase da produção de cana-de-açúcar e na fase de produção de álcool. Mesmo que nem todos os fatores de redução possam ser imputados a melhorias tecnológicas, é inegável que a grande parcela tem haver com a

otimização do manejo e a busca de novas variedades de matéria-prima, quanto de processo de produção do álcool propriamente dito (LOPES, 2004).

Ao longo dos quarenta anos após o estabelecimento do Proálcool, houve uma redução nos custos de produção, proporcional ao aumento na escala da usina. Um fator que limita este avanço, decorre da crescente elevação nos custos de transporte da cana-de-açúcar, o qual representa cerca de 15% a 20% do custo final do álcool. Atualmente as usinas instaladas no centro-sul do país, possuem um volume de produção que varia na faixa de 500 mil até 8 milhões de litros de álcool por dia, dependendo do tamanho da usina (CRUZ, 2016).

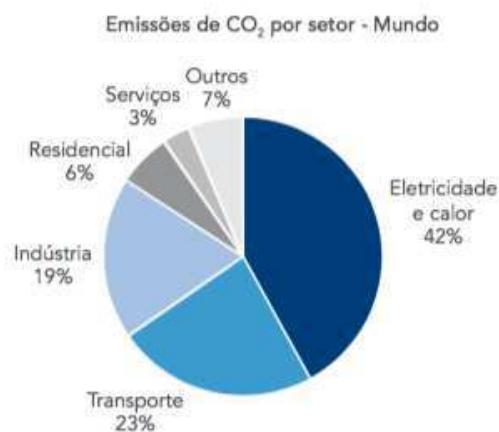
O potencial brasileiro para produção de biomassas consiste na existência de mais de 90 milhões de hectares de terras disponíveis para agricultura energética, sem que haja uma competição com a agricultura de alimentos. O processo produtivo, conduzido de forma sustentável, inclui o plantio da cana de açúcar e variadas oleaginosas nas diversas regiões do Brasil. Só na área de Cerrado é possível o plantio de 20 Milhões de hectares de grãos pela integração agricultura-pastagem. Nas áreas já desmatadas da região Norte, em torno de 50 milhões de hectares, o dendê desponta como a melhor opção de cultivo. No Nordeste é possível a cultura de diferentes oleaginosas, além do plantio da cana. Só para a mamona já existe mais de 3 milhões de hectares propícios para o seu cultivo. As regiões Centro-oeste, Sudeste e Sul do Brasil possuem a canola, o girassol, o algodão e a soja como opções mais relevantes, além da cana-de-açúcar (PERES; JUNIOR; GAZZONI, 2005).

O incentivo à agroenergia, além de ser uma política alinhada à tendência de produzir energia renovável, tanto por questões ambientais, por reduzir as emissões de gases do efeito estufa, quanto por ser a forma de diminuir a dependência dos combustíveis de origem fóssil, pode fomentar a agricultura familiar, tornando possível a fixação das famílias no campo com a opção de um negócio rentável (PERES; JUNIOR; GAZZONI, 2005).

Devido à economia de baixa emissão de carbono é que a bioenergia teve a oportunidade de existir. E, a agroenergia, é o importante vetor para a fase de “descarbonização” das atividades econômicas (SOUSA, 2010).

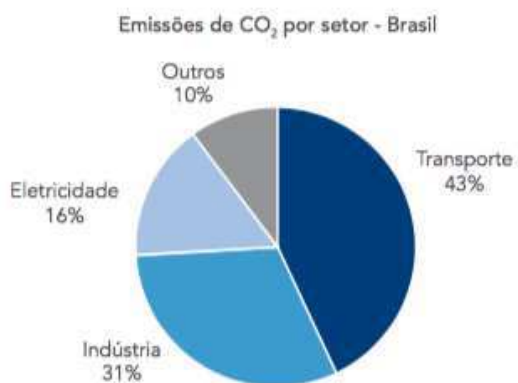
Dados da *International Energy Agency* demonstram que em 2016 o setor de transportes foi o responsável por 23% da emissão de gases resultantes da combustão, sendo que no Brasil esse número alcança o patamar de 43%, conforme balanço disponibilizado pelo Ministério de Minas e Energia no ano de 2016. Assim, o setor de transportes é visto como prioritário para o alcance das metas estipuladas no Acordo de Paris, Gráficos 3 e 4 (FGV, 2017).

Gráfico 2: Emissões Globais de CO₂ a partir da queima de combustíveis por setor em 2014



Fonte: *International Energy Agency* (2016) apud FGV, 2017

Gráfico 3: Emissões brasileiras de CO₂ na geração e consumo de energia por setor em 2015



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2016) apud FGV, 2017

Inúmeras opções alternativas de combustível estão sendo exploradas para substituir os combustíveis de origem fóssil. De todas as opções para novos combustíveis, os biocombustíveis se destacam como os mais compatíveis. As outras alternativas disponíveis possuem uma série de obstáculos tecnológicos e econômicos que impedem que sejam tão viáveis quanto os biocombustíveis (KODALI, 2012).

Uma opção considerada é o hidrogênio. A queima de hidrogênio é limpa além de ser um elemento extremamente abundante na Terra. O problema é que o hidrogênio não existe por si só na atmosfera terrestre. Em vez disso, é bloqueado em moléculas de hidrocarbonetos e moléculas de água. A extração do hidrogênio, quer do metano reformado quer da eletrólise da água, é muito dispendiosa e intensiva em energia. Os carros movidos a hidrogênio, como combustão de hidrogênio ou células de combustível, exigem a instalação de novas infraestruturas para produção, transporte, armazenamento, distribuição de hidrogênio e reabastecimento de veículos. A atual infraestrutura foi projetada para operar em torno de combustíveis líquidos e não de um combustível gasoso. Os veículos atuais não são projetados para usar combustível de hidrogênio, o que exigiria que os carros existentes fossem adaptados e os futuros carros fossem redesenhados (STRONG, 2014).

Outra opção em consideração é a bateria de veículos elétricos. Embora eles não consumam combustíveis fósseis diretamente, eles dependem de uma fonte externa para fornecer a eletricidade necessária e, na Europa por exemplo, o combustível mais utilizado para geração de eletricidade é o carvão. Tal como acontece com os carros movidos a hidrogênio, os carros atuais precisariam ser adaptados e os futuros carros precisariam ser redesenhados com trens de acionamento elétrico. Atualmente não existe uma rede de recarga de grande escala para veículos embutidos. A tecnologia da bateria também dificulta a viabilidade dos veículos elétricos. As baterias de chumbo e ácido são pesadas e possuem menos carga do que suas concorrentes, baterias de íons de lítio. As baterias de íons de lítio possuem mais carga e são mais leves que as baterias de chumbo-ácido, mas também são mais caras (BALAT, 2015).

Os biocombustíveis, por outro lado, não exigem nova infraestrutura de bombeamento. Com pequenas modificações, os biocombustíveis, que são um combustível líquido, podem ser compatíveis com a infraestrutura de armazenamento, transporte, distribuição e reabastecimento de veículos que já existem. Uma vez que eles são um líquido combustível, os biocombustíveis podem ser usados em motores de combustão interna com algumas modificações (STRONG, 2014).

2.3 Biocombustíveis

“O termo biocombustível refere-se a combustíveis líquidos ou gasosos com aplicação no setor de transporte e predominantemente produzidos por biomassa” (FERREIRA, 2015). O uso de biocombustíveis líquidos em veículos automotores traz como vantagem ambiental a possível diminuição na emissão dos gases do efeito estufa (URQUIAGA; ALVES;

BOODNEY, 2005), além de substituírem, parcialmente, a utilização do petróleo, sendo estas as razões pela inserção dos biocombustíveis na matriz energética mundial (LEITE; LEAL, 2007).

A produção de biocombustível resulta na redução do envio de divisas para o exterior, além de criar empregos e um mercado rural para a cultura de oleaginosas; no caso do biodiesel, reduz ainda a poluição ambiental devido à menor quantidade de enxofre presente em sua composição e ao reaproveitamento de óleos já utilizados (LOPES, 2004). Contudo, a produção dos biocombustíveis é impactada, também, pelo subsídio do governo e outros fatores políticos. Fazendo-se necessário a implementação de políticas energéticas que estimulem seu crescimento e o uso eficiente (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005).

Tabela 2: Matéria-prima utilizada na produção de biocombustível e volume de produção de acordo com as diferentes Regiões do mundo

Região	Produção de combustível (litros)	Matéria Prima
Europa	10 bilhões	Milho / Soja
América do Norte	40 bilhões	Milho / Soja
América do Sul	25 bilhões	Bagaço De Milho / Açúcar
África (incluindo o Oriente Médio)	2 bilhões	Animal Dung (Esterco) / Jathrofa (Mamona)
Austrália / Ásia	4 bilhões	Azeite de dendê

Fonte: BIOFUEL, 2010

Figura 2: Total de Biocombustível produzido por região

TOTAL DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL POR REGIÃO (BILHÕES DE LITROS) ~ TOTAL 81 BILHÕES



Fonte: Adaptado de BIOFUEL, 2010

Como visto na Tabela 2 e Figura 2, mesmo que a América do Norte lidere a produção total de biocombustíveis, a maior parte do que é produzido é o etanol, o qual utiliza-se de culturas alimentares, denominadas de primeira geração, como o milho, para sua fabricação.

Não existe, tanto no Brasil quanto no exterior, uma normatização que estabeleça critérios para a classificação dos biocombustíveis (GENTIL, 2011), mas há um consenso em categorizá-los por gerações, de acordo com os insumos utilizados (SENAUER, 2008 *apud* MAIA, 2012).

Biocombustíveis de primeira geração utilizam-se de matérias-primas extraídas de recursos agrícolas tradicionais, como milho, cana-de-açúcar, soja, beterraba, cereais, etc. (CARVALHO, 2013). As tecnologias utilizadas para este tipo de biocombustíveis são tecnologias conhecidas e desenvolvidas, como o processo de fermentação para fabricação de etanol e a transesterificação de ácidos graxos para obtenção de biodiesel (SILVA, 2006; RODRIGUES, 2011). Como os biocombustíveis de primeira geração alcançaram a fase industrial, o seu desenvolvimento limite será alcançado nos próximos anos (CARVALHO, 2013).

Biocombustíveis de segunda geração são aqueles obtidos a partir da biomassa lignocelulósica (CARVALHO, 2013). Eles são fabricados tendo como matérias-primas os resíduos recicláveis, agrícolas e florestais, madeira, palhas, ramos, cascas, além de culturas lignocelulósicas dedicadas. (LOPES, 2004; CARVALHO, 2013).

Biocombustíveis de terceira geração são extraídos de óleos de microalgas de água doce ou salgada (CARVALHO, 2013).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO – *Food and Agriculture Organization*) e a Comissão Econômica para América Latina e o Caribe (CEPAL), os países com as melhores condições para produzir biocombustíveis são: Brasil, Argentina, Peru, Colômbia, Bolívia, Uruguai e Paraguai. Os países centro-americanos são menos propensos a produzir porque baseiam sua dieta no milho e na região do Caribe não há espaço suficiente para o cultivo de matérias-primas (SILVA, 2006).

Os oponentes do uso de biocombustíveis argumentam que um grave conflito de interesses está sendo levantado pela exploração de terras para cereais e oleaginosas, que atualmente são usadas para atender a demanda de alimentos, com o crescente avanço da necessidade de culturas para produzir biodiesel. Outro fator contra esta fonte alternativa de energia é o fato de que a energia fóssil usada para colocar essas culturas em operação excedem o quantitativo do produto energético o qual se destina obter. Além das alterações sofridas pelos ecossistemas que são utilizados para impor culturas que satisfaçam as demandas de energia, em detrimento da biodiversidade ao aumentar a monocultura (MELO, 2009).

Essa teoria é contestada por outros autores, de acordo com Matheus (apud PEZZO; AMARAL, 2007), por exemplo, a competição “existente” entre a produção de alimentos pode ocorrer nos contextos de produção agrícola norte-americano e europeu, devido ao baixo potencial para a produção de biomassas e da escassez de áreas agricultáveis dessas regiões. Segundo o autor, esses fatores não refletem a realidade dos países em desenvolvimento, fato corroborado pelo Caderno de Biocombustíveis publicado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2017). O professor José Goldemberg (BNDES, p. 14, 2008) relata que as

resistências de alguns grupos, que associam o etanol (e o biodiesel, produzido em quantidades menores) a um falso dilema, que é o da produção de alimentos versus combustíveis. Esse argumento não se sustenta quando nos damos conta de que a produção de etanol no mundo, de cerca de 50 bilhões de litros por ano, usa 15 milhões de hectares de área, ou seja, 1% da área em uso pela agricultura no mundo, que é de 1,5 bilhão de hectares.

2.3.1 Tipos de Biocombustíveis

A Directiva 2003/30/CE do Parlamento Europeu, que dispõe sobre a promoção da utilização dos biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes, consideram os seguintes produtos como sendo biocombustíveis:

- a) «Bioetanol»: etanol produzido a partir de biomassa e/ou da fracção biodegradável de resíduos, para utilização como biocombustível;
- b) «Biodiesel»: éster metílico produzido a partir de óleos vegetais ou animais, com qualidade de combustível para motores diesel, para utilização como biocombustível;
- c) «Biogás»: gás combustível produzido a partir de biomassa e/ou da fracção biodegradável de resíduos, que pode ser purificado até à qualidade do gás natural, para utilização como biocombustível, ou gás de madeira;
- d) «Biometanol»: metanol produzido a partir de biomassa, para utilização como biocombustível;
- e) «Bioéter dimetílico»: éter dimetílico produzido a partir de biomassa, para utilização como biocombustível;
- f) «Bio-ETBE (bioéter etil-ter-butílico)»: ETBE produzido a partir do bioetanol; A percentagem volumétrica de bio-ETBE calculada como biocombustível é de 47 %;
- g) «Bio-MTBE (bioéter etil-ter-metílico)»: combustível produzido com base no biometanol. A percentagem volumétrica de bio-MTBE calculada como biocombustível é de 36 %;
- h) «Biocombustíveis sintéticos»: hidrocarbonetos sintéticos ou misturas de hidrocarbonetos sintéticos produzidos a partir de biomassa;
- i) «Biohidrogénio»: hidrogénio produzido a partir de biomassa e/ou da fracção biodegradável de resíduos, para utilização como biocombustível;
- j) «Óleo vegetal puro produzido a partir de plantas oleaginosas»: óleo produzido por pressão, extracção ou métodos comparáveis, a partir de plantas oleaginosas, em bruto ou refinado, mas quimicamente inalterado, quando a sua utilização for compatível com o tipo de motores e os respectivos requisitos relativos a emissões.

Já o site da ANP² lista quatro tipos de biocombustíveis, o Biometano, o Biodiesel, o Etanol e os Biocombustíveis de Aviação. A ANP expede regulamentações que especifica os padrões de qualidade para comercialização destes quatro tipos. Para os fins do presente estudo, serão abordados somente o Etanol e o Biodiesel.

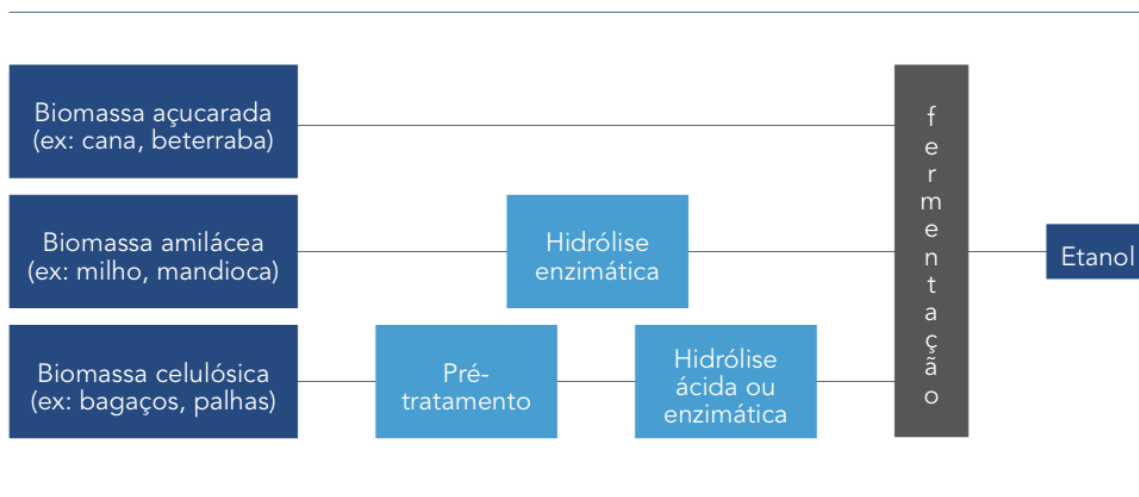
2.3.1.1 Bioetanol

O etanol é um álcool que usualmente é produzido por meio da fermentação de produtos açucarados. O processo de produção que envolve menos etapas ocorre quando são utilizadas matérias primas mais açucaradas como a cana-de-açúcar e a beterraba, por exemplo. Nestas biomassas o açúcar a ser fermentado é encontrado com mais facilidade e após ser extraído, seja por meio da difusão ou do processo de moagem, segue para

² <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis>> Acessado em 21/07/2018

fermentação. Quando a fabricação do etanol é feita a partir de biomassas que contenham amido, como o milho ou a mandioca, é necessária a adição de uma etapa, a hidrólise ácida ou enzimática. Neste estágio o amido é quebrado por meio de enzimas e transformado em açúcar. Essas são as duas rotas de produção convencionais, considerando-se o etanol produzido de primeira geração (FGV, 2017). A Figura 3 apresenta de forma simplificada as diferentes rotas para a produção do etanol de acordo com a matéria-prima utilizada.

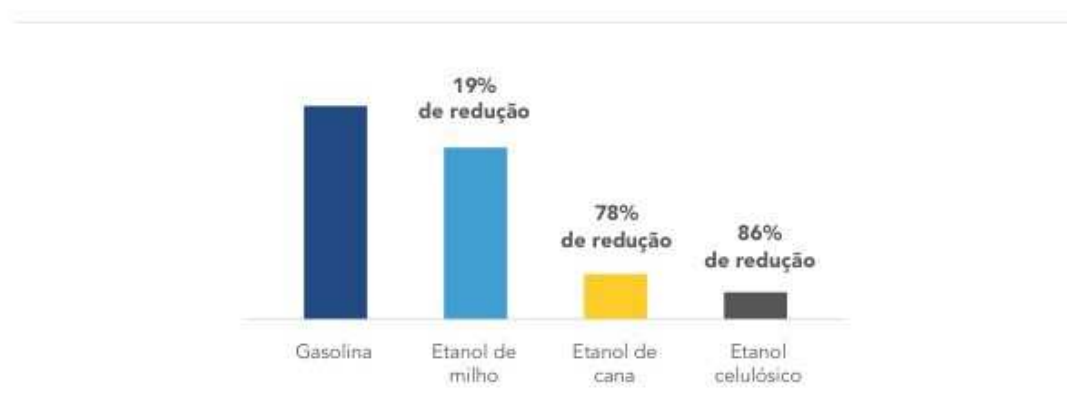
Figura 3: Rotas tecnológicas para a produção de etanol



Fonte: BNDES, 2008 apud FGV, 2017

O etanol obtido da cana-de-açúcar é capaz de reduzir em 78% a emissão de dióxido de carbono, quando comparado com as emissões referentes ao uso da gasolina. Sendo que o etanol de milho reduz em média 19% (FGV, 2017), conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4: Resultado do balanço da queima e da produção de etanol a partir de diferentes matérias-primas.



Fonte: Wang *et al.*, 2007 apud FGV, 2017

O etanol que alcança maiores reduções nas emissões do dióxido de carbono (Figura 4), podendo atingir o percentual de 86%, é o denominado de segunda geração. Este etanol é produzido a partir da biomassa celulósica, como o bagaço, a palha da cana, dentre outros materiais lignocelulósicos. Devido a composição destes materiais apresentarem uma rede complexa e resistente, composta por lignina, hemicelulose e celulose, faz-se necessário que antes da fase da hidrólise seja realizado um pré-tratamento (FGV, 2017).

O bioetanol possui a fórmula molecular C_2H_6O e pode ser utilizado em motores do ciclo Otto, combustão interna com ignição por centelha, de duas maneiras. Uma das formas é a adição do etanol do tipo anidro na gasolina e a outra é utilizar o etanol hidratado ou Álcool Etílico Hidratado Combustível (AEHC), em sua forma pura. O Álcool Etílico Anidro Combustível (AEAC) apresenta um teor alcoólico mínimo de 99,3 °INPM (Instituto Nacional de Peso e Medidas), grau que se refere à fração ou percentual em massa do álcool no total da mistura (GORREN, 2009).

O etanol tem desempenhado um papel importante como aditivo nos combustíveis há muitos anos, sendo que alguns países o utilizam quase que exclusivamente como combustível puro, enquanto outros o aproveitam apenas como um aditivo e como um produto de exportação (BIOFUEL, 2010).

“A produção de etanol constitui, assim, um mercado em ascensão para a geração de combustível e para o estabelecimento de uma indústria química de base, sustentada na utilização de biomassa de origem agrícola e renovável” (SILVA; SILVA; ASSIS, p. 73, 2013).

No Brasil, a expansão da produção do etanol enquanto combustível se deu com a criação do Proálcool, que será discutido com mais detalhes no próximo capítulo. Quando da implementação do programa, o etanol anidro, álcool que possui menor teor de água em sua composição, teve seu percentual de adição à gasolina elevado de 4,5% para 15% em 1977, chegando em 22% em 1985. O Proálcool estimulou também a produção do etanol hidratado, álcool que contém um maior teor de água, o qual pode ser utilizado isoladamente em motores do ciclo Otto, adaptados para seu uso. No ano de 1983 os automóveis que possuíam motores dedicados à utilização do etanol hidratado representaram 90% da venda de veículos no Brasil (FGV, 2017). Devido à crise de abastecimento do álcool em 1989 e ao reestabelecimento da oferta de gasolina com um preço competitivo, houve um arrefecimento na utilização de carros movidos a álcool (CRUZ, *et al.*, 2016).

A Lei 13.033/2014 estabelece o percentual de 18% a 27,5% de álcool anidro que pode ser adicionado à gasolina, sendo que desde 2015 foi adotado em todo território nacional a

mistura no teor de 27%. A adição do etanol na gasolina substitui a utilização de outros aditivos, para melhorar a octanagem³, como o chumbo tetraetila e o MTBE (metil-terc-butil-éter) que são tóxicos e agridem o meio ambiente (FGV, 2017).

2.3.1.2 Biodiesel

O biodiesel consiste na mistura de ésteres de ácidos graxos que diferem entre si de acordo com a matéria prima e a rota de produção utilizadas. A Resolução n° 30/2016 da Agência Nacional de Petróleo - ANP - define o biodiesel "como um combustível composto de alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e/ou esterificação de materiais graxos, de origem vegetal ou animal, e que atenda determinada especificação (FGV, 2017)

Predominantemente, o biodiesel é produzido a partir de óleos vegetais, gorduras animais ou óleos residuais (LOPES, 2004; FGV, 2017). Quimicamente, óleos e gorduras, matérias-primas do biodiesel, são compostos por moléculas de triacilgliceróis que, por sua vez, possuem longas cadeias de ácidos graxos (que podem diferir no comprimento e no tipo de cadeia) ligados a uma única molécula de glicerol (RAMPIN, 2007).

O biodiesel pode ser obtido por diferentes processos, entre eles:

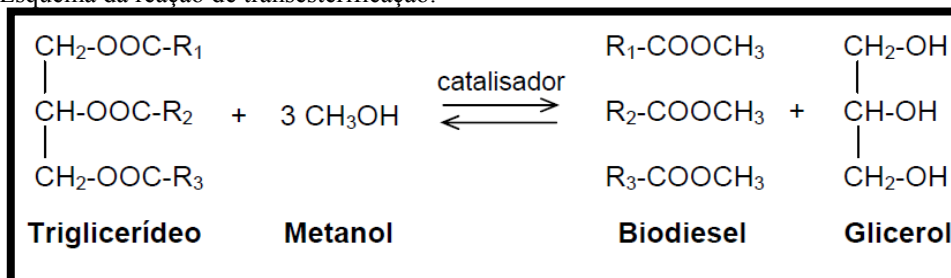
- Esterificação: ocorre quando a matéria prima possui ácidos graxos livres, como resíduos de frituras e óleos vegetais com alta acidez. Esse processo consiste na reação entre o álcool e o ácido graxo formando éster e água, geralmente ocorre sob aquecimento e na presença de catalisadores ácidos (SILVA, 2006).
- Craqueamento térmico: também denominado de pirólise, processo que consiste no aquecimento, em altas temperaturas, sem a presença de ar ou oxigênio, das matrizes que contém triglicerídeos, formando hidrocarbonetos, semelhantes ao do petróleo, além de compostos oxigenados, ésteres, ácidos carboxílicos, aldeídos, etc (ZUNIGA, *et al.*, 2011).
- Transesterificação: é uma reação química de triglicerídeos – encontrados em óleos e gorduras, vegetais ou animais, em que os ácidos graxos formam ésteres com o glicerol – com álcoois, metanol ou etanol, na presença de catalisadores ácidos, alcalinos ou enzimáticos (SCHCHARDT *et al.*, 1998; PLANO NACIONAL DE AGROENERGIA, 2006). “De modo geral, a transesterificação constitui processo químico para a modificação

³ “A octanagem mede a capacidade da gasolina de resistir à detonação, ou a sua capacidade de resistir às exigências do motor sem entrar em auto-ignição antes do momento programado” (MARTINELLI Jr., 2003).

da estrutura molecular do óleo vegetal, tornando-a praticamente idêntica a do óleo diesel e por consequência com características físico-químicas iguais” (ZUNIGA, 2011, p. 58).

A transesterificação tem sido o método mais conveniente para a obtenção do biodiesel (RAMPIN, 2007). A Figura 5 representa a produção de biodiesel por transesterificação, em que o catalisador pode ser um ácido, uma base ou uma enzima.

Figura 5 – Esquema da reação de transesterificação.



Fonte: Rodrigues (2009).

Os parâmetros de qualidade do biodiesel mais relevantes encontram-se sumarizados na Tabela 3.

Tabela 3: Principais parâmetros de qualidade do biodiesel

Parâmetros	Descrição	Referência
Viscosidade	Propriedade importante para o funcionamento de motores de injeção por compressão, que influencia na circulação e injeção do combustível e indica a resistência do fluido ao escoamento.	BIODIESEL BR, 2006; ZUNIGA <i>et al.</i> , 2011
Índice de Cetano	Estabelecido para descrever a qualidade de ignição, se assemelha à escala de octanagem na gasolina. O número adequado de cetano no combustível favorece o bom funcionamento do motor. No Biodiesel o índice médio de cetano é superior ao presente no petrodiesel.	BIODIESEL BR, 2006; ZUNIGA <i>et al.</i> , 2011
Ponto de Fulgor	Indica em qual temperatura o Biodiesel tem que ser aquecido para gerar quantidades suficientes de vapores que propaguem chama a partir de uma fonte de ignição. Esse parâmetro é importante por ser um indicativo dos procedimentos de segurança a serem utilizados durante o uso, transporte, armazenamento e manuseio do Biodiesel.	BIODIESEL BR, 2006; ZUNIGA <i>et al.</i> , 2011
Ponto de Fluidez e de Névoa	O ponto de fluidez consiste na menor temperatura em que o líquido escoar livremente. E o de névoa estipula quando os sólidos e cristais formados com a diminuição da temperatura causam problemas na operacionalidade do motor	BIODIESEL BR, 2006; ZUNIGA <i>et al.</i> , 2011
Poder Calorífico	É determinado pela quantidade de energia produzida por unidade de massa do combustível durante a combustão. Quanto maior o poder calorífico, maior é a energia liberada pela queima do combustível.	BIODIESEL BR, 2006; ZUNIGA <i>et al.</i> , 2011

Fonte: Elaboração pelo próprio autor.

No Brasil, a resolução nº 45/2014 da ANP é a que regula as especificações que o biodiesel brasileiro deve ser produzido e contém as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional (MAPA, 2015). A Tabela 4 traz um comparativo das normas estabelecidas no Brasil e em outros países.

Tabela 4: Especificação do biodiesel no Brasil e no mundo.

		Brasil	Estados Unidos	União Europeia	Canadá
Instrumento Normativo		Resolução ANP 45/2014	ASTM D6751-15	EN 14214:2012	CAN/CGSB-3524-2011
Denominação		B100	Grade 1-B e 2-Bd	FAME	B100
Ano de Implementação		2014	2015	2014	2011g
Parâmetros	Unidade				
Aspecto	-	Lila	-	-	-
Massa Específica a 15°C min - Máx	Kg/m3	850-900(20°C)	-	860-900	Anotar
Viscosidade cinemática a 40°C, min - Máx	mm2/s	3,0 - 6,0	1,9 - 6,0	3,5-5,0	1,9-6,0
Água e Sedimentos, máx.	%Vol	-	0,05	-	-
Teor de Água, Máx.	mg/kg	200b	-	500	400
Contaminação total, Máx.	mg/kg	24	-	24	-
Ponto de Fulgor	°C	100	93	101	130
Temperatura Destilação 90% recuperado, Máx	°C	-	360	-	-
Teor de éster	%massa	96,5	-	96,5	-
Teor de éster Linolênico	%massa	-	-	12,0	-
Teor de ésteres poliinsaturados	%massa	-	-	1,0	-
Resíduo de Carbono, Máx.	%massa	-	0,05	-	0,05
Cinzas Sulfatadas, Máx.	%massa	0,02	0,02	0,02	-
Enxofre Total, Máx.	mg/kg	10	15/500	10	Anotar
Teor de sódio + Potássio, Máx.	mg/kg	5	5	5	4
Teor de Cálcio + Magnésio, Máx.	mg/kg	5	5	5	2
Teor de Fósforo, Máx.	mg/kg	10	10	4	4
Corrosividade ao Cobre , 3h a 50°C	Grau	1	3	1	-
Número de Cetano	-	Anotar	47	51	Anotar
Ponto de entupimento a Frio, Máx.	°C	c	-	f	-
Ponto de névoa	°C	-	Anotar	-	Anotar
Filtrabilidade a frio	s	-	d	-	-
Índice de acidez, Máx	mg KOH/g	0,5	0,5	0,5	0,5
Glicerina Livre, Máx.	%massa	0,02	0,02	0,02	0,02
Glicerina Total , Máx.	%massa	0,25	0,24	0,25	0,24
Monoglicerídeos, Máx.	%massa	0,7	0,4/-d	0,7	-
Diglicerídeos, Máx	%massa	0,2	-	0,2	-
Triglicerídeos, Máx.	%massa	0,2	-	0,2	-
Metanol/Etanol, Máx.	%massa	0,2	0,2e	0,2	0,2
Índice de Iodo, Máx	g de 12/100g	Anotar	-	120	-
Estabilidade à oxidação a 110°C, Mín	Horas	8	3	8	8

Fonte: MAPA, 2015

CAPÍTULO 3 – As políticas do biocombustível: Um estudo comparado

As constantes preocupações com as questões ambientais, junto com a volatilidade dos preços do petróleo e a busca pela segurança energética, estimularam alguns países, como Japão, Coréia do Sul, Argentina, China, Índia, Estados Unidos, União Europeia, Brasil, a implementarem políticas de incentivo ao uso de biocombustíveis. As três regiões de destaque na produção de biocombustíveis são os Estados Unidos, o Brasil e a União Europeia. Os dois primeiros são os que concentram a maior parcela da produção de etanol (Tabela 5) e a UE é a responsável pela maior parte da produção do biodiesel, que é fabricado na Alemanha e na França (Tabela 6) (E SILVA, 2017). A Tabela 7 lista os principais países produtores de biocombustível e a respectiva demanda de consumo de cada, dados referentes ao ano de 2012.

Tabela 5: Os maiores produtores de etanol em 2012

Produtores Etanol	Produção	%	Consumo	%	Diferença entre produção e consumo	Unidade de medida
1 Estados Unidos	857,3	64,16%	836,6	67,01%	20,70	Valores, de produção e consumo, referentes a mil barris por dia.
2 Brasil	376,7	28,19%	280,7	22,48%	96,00	
3 China	41,7	3,12%	43,2	3,46%	-1,50	
4 Canadá	29,6	2,22%	46,1	3,69%	-16,50	
5 França	17,4	1,30%	14,9	1,19%	2,50	
6 Alemanha	13,4	1,00%	27	2,16%	-13,60	
Total	1336,1	100,00%	1248,5	100,00%	87,60	

Fonte: E SILVA (2017)

Tabela 6: Os maiores produtores de biodiesel em 2012

Produtores Biodiesel	Produção	%	Consumo	%	Diferença entre produção e consumo	Unidade de medida
1 Estados Unidos	64	18,88%	64	20,51%	0	Valores, de produção e consumo, referentes a mil barris por dia.
2 Alemanha	51,9	15,31%	50,1	16,05%	1,8	
3 Argentina	49,1	14,49%	17,4	5,58%	31,7	
4 Brasil	46,7	13,78%	46,5	14,90%	0,2	
5 França	40,8	12,04%	51,8	16,60%	-11	
6 Indonésia	34,2	10,09%	11,6	3,72%	22,6	
7 Países Baixos	16,6	4,90%	5,4	1,73%	11,2	
8 Tailândia	15,5	4,57%	16	5,13%	-0,5	
9 Polônia	10,6	3,13%	14,9	4,77%	-4,3	
10 Espanha	9,5	2,80%	34,4	11,02%	-24,9	
Total	338,9	100,00%	312,1	100%	26,8	

Fonte: E SILVA (2017)

Tabela 7: Os 10 maiores produtores de biocombustíveis em 2012

	Produtores	Produção	%	Consumo	%	Diferença entre produção e consumo	Unidade de medida
1	Estados Unidos	921,3	54,88%	900,6	56,95%	20,7	Valores, de produção e consumo, referentes a mil barris por dia.
2	Brasil	423,4	25,22%	327,2	20,69%	96,2	
3	Alemanha	65,3	3,89%	77,2	4,88%	-11,9	
4	França	58,3	3,47%	66,8	4,22%	-8,5	
5	Argentina	53,4	3,18%	21,5	1,36%	31,9	
6	China	49,4	2,94%	59,2	3,74%	-9,8	
7	Indonésia	34,7	2,07%	11,6	0,73%	23,1	
8	Canadá	31,6	1,88%	51,4	3,25%	-19,8	
9	Tailândia	25,5	1,52%	24,7	1,56%	0,8	
10	Espanha	16	0,95%	41,2	2,61%	-25,2	
	Total	1678,9	100,00 %	1581,4	100,00%	97,5	

Fonte: E SILVA (2017)

3.1 – União Europeia

A adoção da energia renovável pela União Europeia (UE) é normatizada pela Diretiva 2009/28/CE, lançada em abril de 2009, a qual estabelece que o bloco tem que alcançar o percentual de 20% no consumo de energia renovável em relação ao gasto total de energia consumida, reduzir 20% das emissões de CO₂ – Gás Carbônico – e aumentar a eficiência energética em 20%, conhecida como meta “Triplo 20”. (FGV, 2017).

3.1.1 Alemanha

A Alemanha, atualmente, é o maior produtor e consumidor europeu de biodiesel, após ter estabelecido um expressivo programa na sua produção, baseado principalmente na utilização da *colza* (canola), com capacidade de produção de 1 milhão de toneladas/ano (LIMA, 2005).

O seu modelo de produção incentiva os agricultores a plantarem a canola, que além de produzir o óleo, beneficia o solo por ser uma cultura que fixa o nitrogênio na terra. O biodiesel produzido é isento de tributo em toda a cadeia de produção e é comercializado puro, sendo que os postos de combustível oferecem duas bombas, uma com o biodiesel e outra com o diesel comum, ficando a cargo de cada cliente fazer a mistura que lhe convém (LIMA, 2005).

Em 2013, o *Karlsruhe Institute of Technology* (KIT) na Alemanha lançou um programa chamado *Bioliquid* para a produção de gasolina a partir de biomassa. O projeto apresenta a primeira instalação de produção do chamado biocombustível de segunda geração. O biocombustível de primeira geração é produzido a partir de produtos agrícolas como beterraba, colza ou girassol (LA VANGUARDIA, 2017).

O processo *Bioliquid* proposta pela Alemanha compreende quatro estágios. Na primeira fase, a biomassa seca coletada de produtores florestais e agricultores sofre um processo de pirólise (decomposição a alta temperatura sem combustão) para atingir uma substância de alta densidade de energia semelhante ao petróleo bruto (*bioliqSynCrude*). Nas próximas fases, o óleo é tratado e purificado para obter combustível líquido com uma emissão mínima de gases na atmosfera. Os programas de pesquisa e desenvolvimento da União Européia (UE) incluem a construção de mais duas plantas piloto de tecnologia *bioliquid* nos próximos anos. As avaliações ambientais da UE deste tipo de tecnologia destacam a sua eficiência energética, o impacto reduzido na produção de gases que afetam o clima e o impacto nulo nos produtos agrícolas de alimentação, uma das principais desvantagens dos atuais biocombustíveis (LA VANGUARDIA, 2017).

3.1.2 França

A França é o segundo maior produtor de biodiesel da UE, atrás da Alemanha e com um sistema produtivo semelhante a esta (LIMA, 2005). Os combustíveis comercializados na França são os outorgados pelo Decreto de 19 de janeiro de 2016. Para os biocombustíveis é autorizado as seguintes misturas (MEDD, 2016):

- A adição de até 5% de etanol no denominado super combustível SP95 e SP98, combustíveis que atendem toda a frota veicular francesa. E, para os automóveis compatíveis, de acordo com uma lista disponibilizada pelo Ministério do Ambiente, Energia e do Mar, existe o SP95-E10, que contém até 10% em volume de etanol;
- O E85, ou superetanol, é um combustível destinado à veículos com motores flex-fluel e aceita misturas entre 65% e 85% de etanol na gasolina;
- Para o diesel, admite-se uma mistura de até 8% de biodiesel, mas, para veículos autorizados, da área de logística, é disponibilizado o Diesel B30, que contém até 30% em volume de ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) ou também denominado, biodiesel;

- E, em 2016, foi autorizado o combustível ED95, que contém 95% de etanol, sendo o restante da mistura composta por aditivos que permitem a auto-ignição. Este combustível destina-se à veículos tipo “diesel” especificamente modificados.

As políticas de biocombustíveis foram primeiramente ligadas às políticas agrícolas e, em seguida, visavam a independência energética para, finalmente, abordar as preocupações ambientais. Cada prioridade foi adicionada à outra sem questionar a anterior. Como resultado, tornou-se cada vez mais difícil isolar os efeitos dos vários instrumentos colocados em prática para o desenvolvimento dos Biocombustíveis na França, como: regulamentos adotados a nível mundial, europeu e nacional (normas de incorporação, fronteiras); instrumentos fiscais (isenção do imposto de consumo interno associado a produção, imposto geral sobre atividades poluentes) (COUR DE COMPTES, 2017).

A política de biocombustíveis sofre a influência das ações de outros países e está constantemente no centro dos debates públicos sobre suas implicações ambientais controversas. Os biocombustíveis na França, são distribuídos para os automóveis em duas formas, o biodiesel, além do diesel, e o bioetanol, além da gasolina. A fabricação dos biocombustíveis, na França, utiliza para o cultivo de suas matérias-primas pouco menos de 6% da área agrícola, que foi 1,7 Mha em 2013, dos quais 1,45 Mha para biodiesel e 250.000 ha para bioetanol. Do ponto de vista ambiental, os biocombustíveis foram inicialmente louvados positivamente. No entanto, a partir de 2008, com o aumento do preço das matérias-primas agrícolas, foram feitas críticas sobre a concorrência entre a produção de biocombustíveis e a de alimentos para homens e animais. Além disso, o saldo das emissões de gases de efeito estufa (GEE) tem sido constantemente revisado em um sentido mais restritivo. Com isso, as análises custo / benefício começaram a avaliar mais corretamente a quantidade de energia necessária para a produção dos biocombustíveis em comparação com a quantidade de GEE's produzidos durante sua combustão (COUR DE COMPTES, 2017).

A nível internacional, os impostos aplicam-se apenas parcialmente aos biocombustíveis, sendo que um número crescente de fornecedores se beneficia de procedimentos aduaneiros preferenciais. No nível europeu, é permitido o apoio fiscal, desde que não conduza a uma sobrecompensação da diferença no custo de produção em comparação com os combustíveis fósseis. Os biocombustíveis devem atender critérios de sustentabilidade definidos na diretiva ENR das energias renováveis; níveis mínimos de incorporação de biocombustíveis são recomendados e os níveis máximos são definidos para garantir a qualidade dos combustíveis. A recuperação de resíduos é suportada por uma regra

conhecida como “dupla contagem de óleos animais ou usados”. Finalmente, existe uma proposta de diretiva sobre a tributação da energia, que inclui a tributação na energia baseada em emissões de CO₂, bem como conteúdo energético, ou seja, na energia real (COUR DE COMPTES, 2017).

Devido à menor densidade de energia dos biocombustíveis, o que implica um aumento adicional no consumo, a receita do Estado aumentou mecanicamente no período 2005-2015 em € 1 bilhão para o bioetanol e houve um aumento de 0,5 milhões de euros para o biodiesel. Quanto ao TGAP, os montantes acumulados e recolhidos pelo Estado no mesmo período foi na ordem de € 0,33 bilhões, para um total de € 1,83 bilhão. No total, os setores de biocombustíveis receberam € 2,65 bilhões, apoiados principalmente pelo aumento do consumo (COUR DE COMPTES, 2017).

3.2 América do Sul

3.2.1 Argentina

Na Argentina, os antecedentes da promoção do biodiesel remontam a 2001 com o Decreto 1396/2001, que apresenta o Plano de Competitividade do Combustível de Biodiesel, onde é declarado de interesse nacional sua produção e introduz o uso de alguns instrumentos para promover a sua utilização. No entanto, o processo de promoção começou a consolidar a partir de 2004, quando os problemas de fornecimento de energia começaram a se tornar evidentes. Naquele ano, o Ministério da Agricultura, Pecuária, Pesca e Alimentação criou o Programa Nacional de Biocombustíveis (Resolução 1156/2004), um dos principais objetivos era apoiar e assessorar os setores rurais para a implementação de plantas de biodiesel e bioetanol, como alternativa à produção local de óleo de soja e soja (LIMA, 2005). Em maio de 2006, foi aprovada a Lei 26.093 do "Regime de Regulação e Promoção da Produção e Uso Sustentáveis de Biocombustíveis" (regulada pelo Decreto 109/2007) e complementada pela Lei nº 26.334 de 2008, que fornecem o quadro legal para a produção de biocombustíveis, definindo o regime tributário, os incentivos creditícios e o sistema regulatório para produção e consumo. (LIMA, 2005; DOLABELLA, 2011).

Todos os benefícios promocionais estabelecidos pela Lei 26.093/06 têm um escopo estabelecido no artigo 13 para projetos de indústrias localizadas no país exclusivamente dedicadas à produção de biocombustíveis destinados ao mercado interno; isto é, empresas com uma maioria de capital do estado ou produtores agrícolas (que devem justificar pelo menos 50%

de seus ativos afetados na Argentina) com qualificação exclusiva para a produção de biocombustíveis. Além disso, juntamente com as políticas de preço e quantidade estabelecidas na lei e seus decretos regulatórios, também há regulamentos de qualidade que os biocombustíveis em geral e o biodiesel em particular devem atender. A este respeito, as disposições estabelecem claramente que as empresas devem ter em suas plantas os instrumentos necessários para medir tais padrões de qualidade. Não obstante o estabelecimento desses instrumentos promocionais, muitos autores apontam que um dos principais fatores que impulsionaram recentemente a produção de biodiesel tem sido o efeito das diferentes alíquotas aplicadas à exportação de soja, óleo e biodiesel. Este imposto, internamente conhecido como retenção de exportação, foi de aproximadamente 35% para grãos, 32% para o petróleo e apenas 20% para biocombustíveis e, portanto, é um dos principais fatores que impulsionam a produção. Finalmente, com vista a uma utilização alternativa do biodiesel, podemos citar a implementação pela Secretaria de Energia em 2009 do programa de licitação para Geração de Eletricidade de Energias Renováveis (GENREN), que prevê uma quota de 150 MW para projetos de geração de biocombustíveis. De acordo com as informações oficiais fornecidas pela Energía Argentina S.A. (ENARSA), os preços atribuídos a projetos térmicos com biocombustíveis selecionados variam de 258 a 297 US \$ / MWh (RECALDE, 2011).

No país, a capacidade de processamento de biodiesel aumentou exponencialmente entre 2006 e 2010, de 130 mil para 2,5 milhões de toneladas, respectivamente. No entanto, ao contrário do caso brasileiro, esse crescimento da capacidade instalada não se relaciona exclusivamente com o impulso da regulação da atividade, uma vez que 51% está destinado a exportação e 43% ao mercado doméstico. Uma das características do setor é a grande capacidade de produção média de suas plantas, que fica perto de 110 mil toneladas. Em particular, existem pelo menos cinco grandes produtores de petróleo cuja capacidade de produção excede 250 mil toneladas e que aloca mais de 75% para as exportações. Estes tipos de produções não são favorecidas pelos impulsos da lei, uma vez que isso apenas diz respeito à produção com o destino interno. Assim, a legislação não teve um efeito significativo no desenvolvimento do mercado, exceto em pequenas usinas de processamento, 6% da capacidade instalada e que aloca 100% de sua produção ao mercado interno. A produção de biodiesel é uma oportunidade para os produtores de soja expandirem o canal de comercialização e os lucros obtidos ao longo da cadeia, razão pela qual muitos deles participam do *link* de fabricação. Ao mesmo tempo, o impacto do aumento da produção de biodiesel na produção de soja pode ser observado no aumento da produção de oleaginosas, que representa 88% da área colhida em 2008-2009 (RECALDE, 2011).

3.3 América do Norte

3.3.1 Estados Unidos

A política dos Estados Unidos em matéria de biocombustíveis, como o etanol e o biodiesel, deu-se início na década de 1990, quando o governo começou a procurar mais intensamente os biocombustíveis como forma de reduzir a dependência do petróleo estrangeiro e aumentar a sustentabilidade do país. Desde então, as políticas de biocombustíveis foram refinadas, focadas em obter os combustíveis mais eficientes comercialmente disponíveis, criando combustíveis que possam competir com combustíveis à base de petróleo e garantindo que a indústria agrícola possa apoiar e sustentar o uso de biocombustíveis (HERRERA, SANTOS, BELOTTI, 2010).

Nos EUA a produção de biodiesel teve um crescimento significativo devido às leis federais implementadas e aos incentivos realizados pelos governos locais, já que, no país, existe uma autonomia dada aos Estados que permite a criação de normas por cada um (UBRABIO, 2016).

A principal política Federal de incentivo aos biocombustíveis é denominada *Renewable Fuel Standard Program* – RFS (sigla em inglês) – Padrão de Combustível Renovável, que determina a adição de volumes crescentes de combustíveis renováveis aos combustíveis fósseis (UBRABIO, 2016; FGV, 2017). Neste programa os combustíveis renováveis são classificados em categorias – renováveis (etanol e biobutanol de milho), avançado (etanol de cana-de-açúcar), diesel de biomassa (biodiesel ou Óleo Vegetal Hidrotratado – HVO) e celulose (etanol e biodiesel de celulose) – e avaliados pela quantidade de GEE emitidos no ciclo de vida de cada tipo. O governo também criou um certificado denominado de *Renewable Identification Number* (RIN) para cumprir as metas estabelecidas pelo RFS. O certificado é utilizado para monitorar o uso dos biocombustíveis dentro das metas, além de poder ser comercializado entre os agentes de mercado, com o intuito de cumprirem as metas físicas (FGV, 2017).

O estado da Califórnia é o que mais se destaca nas iniciativas de incentivo aos biocombustíveis com o programa *Low Carbon Fuel Standard* (LCFS) que objetiva a redução nas emissões de GEE em, no mínimo, 10% na intensidade de carbono dos combustíveis de transportes do Estado até 2020 (FGV, 2017).

Esse próprio programa atribui uma classificação mais baixa de Intensidade de Carbono ao etanol de cana-de-açúcar brasileiro do que ao etanol de milho produzido nos EUA. Além disso, o Padrão de Combustível Renovável da Agência de Proteção Ambiental dos EUA reconhece o etanol de cana-de-açúcar como um biocombustível avançado, e os valores avançados de Níveis de Identificação Renovável de biocombustíveis historicamente foram atrelados em um valor considerável aos valores de RIN D6 (etanol de milho). À medida que a LCFS atribui ao etanol de cana-de-açúcar brasileiro com menor rating do que o etanol de milho. Embora essa projeção se revelasse otimista, é verdade que todas as importações dos EUA de etanol combustível brasileiro em 2016 foram para a Califórnia. O Brasil forneceu apenas 31,8 milhões de galões de etanol de combustível para os Estados Unidos em 2016. Todo o volume foi entregue em três petroleiros separados para a área da baía de São Francisco em junho, julho e agosto daquele ano, com cada navio-tanque entregando aproximadamente 10,6 milhões de galões de Combustível com etanol. Em meados de junho de 2017, os pontos de intensidade de carbono (\$ /IC) no LCFS foi em média de US\$ 0,006315. Usando uma classificação de intensidade de carbono de 79,9 gramas de equivalente de CO₂ / Megajoule para etanol de milho e uma classificação de intensidade de carbono de 45,9 para o etanol de cana-de-açúcar brasileiro, a avaliação de US \$ / CI foi traduzida na ordem de 21,5cts / gal para etanol de cana-de-açúcar brasileiro versus etanol de milho. Essa estratégia ajudou a tornar a arbitragem de etanol do Brasil para a Califórnia viável em junho, julho e agosto de 2016. Caso o Brasil adote um sistema de classificação de Intensidade de Carbono semelhante no Renovabio, incentivaria os fornecedores de combustível a aumentar suas vendas de etanol de cana-de-açúcar e potencialmente diminuir a quota de mercado do etanol de milho dos EUA no Brasil (RODRIGUES, 2017).

3.4 Políticas públicas na inserção dos biocombustíveis no Brasil

No Brasil, as pesquisas para a obtenção de combustíveis de origem renovável para substituir os derivados de petróleo tiveram início com a crise do petróleo de 1973. Foram realizados grandes trabalhos de pesquisa que obtiveram como resultado o Proálcool – para substituir a gasolina – e o Proóleo – para substituir o diesel (VALLE; ROCHAEL; PINHERO, 2004).

Em 1975 foi proposta a utilização de óleos vegetais para a produção energética, o programa possuía o objetivo de gerar uma quantidade excedente na produção de óleo vegetal, tornando seu custo competitivo e capaz de concorrer com o petróleo, resultando no lançamento

do Plano de Produção de Óleos Vegetais – Proóleo. Predizia-se a adição de 30% dos óleos vegetais no diesel e sua substituição completa em longo prazo (GENOVESE; UDAETA; GALVÃO, 2006). Porém, devido ao fim da crise, o programa do diesel de origem vegetal e animal (biodiesel) foi deixado de lado (VALLE; ROCHAEL; PINHERO, 2004).

3.4.1 Proálcool

O Brasil se destaca no desenvolvimento de fontes renováveis e mais limpas, visto que possui experiência na implementação de políticas públicas que incentivam o setor. Um bom exemplo é o Proálcool, que apresentou resultados desde a pesquisa de novas variedades de cana com maior rendimento na produção, quanto na fabricação de motores que funcionam com qualquer mistura de gasolina e etanol (BNDES, 2008).

O Brasil é tradicionalmente não apenas um dos grandes produtores mundiais de açúcar, mas também um de seus maiores exportadores. Nos anos iniciais da década de 1970, portanto antes da criação do Proálcool, a produção de açúcar oscilava entre cinco a seis milhões de toneladas/ano enquanto a de álcool se situava no patamar dos seiscentos milhões de litros anuais. Essas cifras cresceram continuamente até a estabilização do programa, em fins dos anos 1980, quando atingiram, no caso do açúcar, aproximadamente 8 milhões de toneladas por safra e, no caso do álcool em torno de 12 bilhões de litros anuais (CARDOSO, 2008).

O Programa Nacional do Álcool – Proálcool, foi instituído em 14 de novembro de 1975, por meio do decreto n. 76.593, após a primeira crise de petróleo em 1973, que fez com que o governo brasileiro buscasse uma alternativa para diminuir a dependência do petróleo importado, somado ao fato de o setor açucareiro vivenciar um período de estagnação com baixos preços do açúcar, o qual motivou os empresários a investirem na produção do etanol. O investimento para o setor foi subsidiado pelo governo, por meio da concessão de empréstimos, com juros baixíssimos, podendo alcançar um valor negativo, estabelecidos de acordo com a região que se destinava implantar o projeto (CRUZ, 2016).

Além de buscar outra opção de combustível para o setor de transportes, o programa também objetivava a redução das desigualdades regionais do país, sendo que o Nordeste recebia mais incentivos do que a região Sudeste. Na primeira fase do Proálcool (1975-1979), a maior parte do álcool produzido era do tipo anidro, fabricado em destilarias contíguas às usinas de açúcar. Já a segunda fase (1979-1985) do programa iniciou-se após o segundo choque de petróleo em 1979, resultante da Guerra do Golfo Pérsico, e foi caracterizada pela produção do álcool em destilarias autônomas, principalmente do tipo hidratado. Foi neste período que

ocorreu o aumento mais expressivo da produção de etanol, ocasionando um maior investimento tanto na expansão das áreas de plantio, quanto na construção de novas destilarias (CRUZ, 2016).

O Proálcool deixou de existir formalmente ao final do regime militar e início da Nova República em 1985, mas foi a crise de abastecimento em 1989 que pôs um fim nas iniciativas criadas durante a vigência do programa. O desenvolvimento do Proálcool foi possível devido à estrutura que o país possuía para a produção de açúcar, associado às dificuldades que o setor se encontrava. O programa promoveu um intenso investimento em pesquisas, desde o desenvolvimento de diferentes espécies de cana, até a melhoria das técnicas de produção. Sendo que, mesmo com o seu encerramento, as pesquisas na área continuaram a serem realizadas (CRUZ, 2016).

É importante observar que na etapa produtiva do álcool existem diferentes experiências e inovações acontecendo, enquanto na fase de utilização do álcool como energético, as experiências e inovações tecnológicas, embora também existam, não são tão difusas (MACEDO, 2007). Entretanto, não se pode deixar de mencionar que com a introdução da injeção eletrônica nos automóveis o rendimento energético do álcool carburante aumentou significativamente que, praticamente, não há mais diferença quanto ao desempenho, entre os motores flex. Além do potencial natural do álcool no desenvolvimento de todo o complexo alcoolquímico, outras possibilidades interessantes estão sendo estudadas quanto à diversificação de sua utilização (MAZZONE, 2003).

A busca incessante pelo aperfeiçoamento tecnológico é uma meta que não pode ser negligenciada em todo o complexo sucroalcooleiro. Acredita-se que não bastam os incentivos e os subsídios, estes se necessários, devem ser eventuais e transitórios até que o complexo em sua totalidade se viabilize em todos os sentidos, tornando-se efetivamente autossustentável, econômica, social e ecologicamente. A grande oportunidade para a viabilização do álcool está dentro do próprio setor sucroalcooleiro (MELO, 2009). Dentre as várias possibilidades potenciais de se internalizarem benefícios está a mudança quanto à forma de se considerar a atividade sucroalcooleira, isto é, não como atividades isoladas e independentes, mas sim, como um complexo integrado e interdependente. É preciso que o Brasil aproveite a vantagem de produzir o açúcar com preço competitivo e transfira parte desses lucros para subsidiar o álcool frente a gasolina (LOPES, 2004).

O termo sucroalcooleiro tem sido substituído por sucroenergético devido à utilização, pelas usinas, do bagaço e da palha da cana para a geração de eletricidade, além da produção de açúcar e etanol. Já as usinas são classificadas em autônomas, às que produzem

exclusivamente o açúcar ou o álcool, e em mistas, às que produzem ambos os produtos (FGV, 2017).

O Proálcool incentivou o aumento da produção do etanol tanto em usinas autônomas, quanto nas mistas, sendo que, durante a vigência do programa a quantidade de usinas autônomas chegou a superar o número de mistas. Na década de 1990, ocorreu a inversão deste quantitativo e, em maio de 2017, as usinas mistas representaram 64% do total, devido à maior flexibilidade que o produtor tem em ajustar a sua produção, em proporções de 60-40% para um dos dois produtos, de acordo com as condições do mercado (FGV, 2017).

As oportunidades oferecidas pelo mercado externo para o caso do álcool também não podem ser negligenciadas. Se há poucos anos o uso do álcool como aditivo à gasolina era uma exclusividade brasileira, no momento atual ele ganha espaço além das fronteiras, sejam na América Latina, Estados Unidos da América ou Europa. As oportunidades surgem em função de dois fatores principais: em primeiro lugar devido às restrições ao uso de aditivos derivados de petróleo e, em segundo, porque o custo de produção do álcool de cana-de-açúcar é muito menor do que os seus sucedâneos obtidos a partir do milho e da beterraba. Na Europa, por exemplo, a França já usa gasolina 5% de álcool de beterraba, enquanto outros países também estudam adotar porcentagem semelhante. Estudos realizados pelo Grupo de Países latino-americanos e do Caribe Exportadores de Açúcar estimam um mercado de 7 bilhões de litro de álcool, apenas na Europa. Na América latina, o Paraguai, após um intervalo de dez anos vem retomando o uso do álcool como aditivo à gasolina e dois estados mexicanos devem seguir o mesmo caminho. Neste país, é importante notar, o grande empecilho que é o preço da cana-de-açúcar que atualmente é de US\$ 25 por tonelada, mais do que o dobro da cotação no Brasil. Todavia, o grande mercado, sem dúvida é o americano onde já se produzem mais de 500 mil veículos bicomustíveis por ano, e o consumo de álcool supera os 6 bilhões de litros anuais (AZEVEDO, 2010).

Uma sugestão de política que parece ser de bom senso seria a de apenas aquelas unidades produtivas que de fato se engajem nessa diretriz, vale dizer, reduzam seus custos de produção, reforcem o seu papel de empresas sociais e minimizem ou mesmo eliminem seus impactos ambientais negativos, devam receber assistência ou incentivos do poder público. Mais especificamente, terão tratamento diferenciado (eventual e transitório) aquelas unidades produtivas que se comprometerem a se “modernizar”, entendendo-se este termo como a atitude direcionada a atingir a sustentabilidade o mais rápido possível. Aquelas que não se enquadrarem serão deixadas ao sabor do mercado. Ou seja, há que promover a reestruturação do setor em

que só deverão ser apoiados aqueles que caminham rumo à sustentabilidade (CARDOSO, 2008).

Outra oportunidade que surgiu para o açúcar é o seu aproveitamento como matéria-prima para a fabricação de plástico biodegradável. Pesquisadores da COPERSUCAR, do Instituto de pesquisas tecnológicas – IPT da USP – Universidade de São Paulo em parceria com a Usina da Pedra, do município de Serrana em São Paulo, vem desenvolvendo há cinco anos, a partir de uma bactéria que se alimenta de açúcar, o polímero “poli (3-hidroxi-butilato)”, ou PHB, que se transforma em plástico, o qual se degrada depois de 180 dias de contato com a terra. Algumas propriedades da resina, como peso molecular e índice de pureza, ainda precisam ser melhoradas (MAZZONE, 2003).

Embora, esse nicho de mercado seja considerado irrisório quando comparado ao setor de plásticos petroquímicos, na medida em que ele movimentava apenas 15 mil toneladas de resinas em comparação com as 200 milhões de toneladas dos petroquímicos poliestireno e polipropileno, ele promete ser bastante disputado pelos grupos gigantes do setor petroquímico, em função do apelo que possui já que é biodegradável (AZEVEDO, 2010).

Estimativas da *International Biodegradable Products Manufactures Association - IBPMA* indicam que o plástico biodegradável tem um potencial de 30 milhões de toneladas anuais. O grande trunfo do Brasil é ter o açúcar de cana mais barato do planeta, além do setor sucro-alcooleiro do Brasil ser autossuficiente em produção de energia e vapor, insumos de maior peso na fabricação do polímero (SEVA FILHO, 2010).

Desde o final da década de 90, o governo federal e alguns governos estaduais decidiram adotar várias medidas para estimular o consumo do álcool. Dentre elas, foi criada a frota verde para veículos de administração pública e foi elevado o percentual da mistura do álcool anidro na gasolina de 22% para 24%, sendo que, desde 2015, foi adotado o percentual de 25% (SEVA FILHO, 2010; FGV, 2017).

Em 1986 ocorreu uma abrupta queda nos preços do petróleo em todo mundo, em relação ao Brasil, a produção de álcool não acompanhava a necessidade do mercado, haja vista que cada vez mais eram vendidos carros a álcool (SEVA FILHO, 2010). Um dos grandes problemas vivenciados nesse período certamente foram os preços baixos que eram pagos aos produtores de álcool a partir de uma vertiginosa baixa nos preços internacionais do petróleo que impediram que houvesse uma elevação da produção interna do produto.

Em outra vertente, havia uma grande necessidade do mercado consumidor pelo etanol, assim sua produção continuou a ser estimulada. Observa-se esse estímulo quando se verifica a conservação do preço mais atrativo do que o preço da gasolina, outro grande estímulo

foi à cobrança de menos impostos na produção do álcool quando comparados aos da gasolina. Ressalta-se que essa política de desestimular a produção de álcool e de estímulo ao consumo e sofrendo a intervenção governamental mencionada, culminou em uma crise de abastecimento entre os anos de 1989-1990 (FIGUEIREDO, 2002).

3.4.2 – Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB

Embora, desde 2006, o Brasil seja autossuficiente na produção de petróleo, ainda precisa importar uma crescente quantidade de combustível diesel que representou, em 2006, um valor de US \$ 1,3 bilhão, um aumento de 47% em relação a 2005 (BIOMERCADO, 2015). A dependência de importação é uma das principais motivações, além de fatores ecológicos e sócio considerações de desenvolvimento econômico, por trás da promoção e aceleração do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Com uma iniciativa do governo federal brasileiro, o PNPB foi oficialmente iniciado em dezembro de 2004. O programa foi elaborado sob a supervisão direta da Presidência e uma Inter Comissão Executiva Ministerial (CEI), composta por 14 ministérios. O Ministério de Minas e Energia (MME) é responsável pela gestão operacional do programa, que envolveu as seguintes instituições: a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP), a Petrobrás, a Companhia Nacional Brasileira de Petróleo, a Embrapa e o Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) (PEREIRA, 2017).

A fim de prestar assistência técnica regional e local, o Governo também criou a Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel (RBTB), com pesquisa em instituições de 23 estados da Federação. O principal objetivo do PNPB é combater a pobreza e a desigualdade social nas áreas rurais, particularmente, na região Norte e Nordeste, no que diz respeito ao acesso à energia. As políticas e os recursos institucionais do programa incluem: legislação sobre biodiesel, quadro legal para proteger os investidores, limite obrigatório para a produção de biocombustíveis, comercialização de produtos e isenções fiscais (ALMEIDA, 2010; BIOMERCADO, 2015; GRAMBIO, 2017).

A sua implementação contempla as características regionais específicas, como oleaginosas de matérias-primas que estão em causa e não excluem quaisquer alternativas. Em adição aos aspectos do agronegócio, prioriza a participação da agricultura familiar em pequena escala, incentivando a formação de cooperativas e consórcios por pequenos produtores. O programa também instituiu um selo, o "Selo social", que visa promover a inclusão em toda a produção e cadeia de valor do novo combustível. Estabelece condições para que os produtores

industriais de biodiesel obtenham benefícios e créditos. Para receber o selo, um produtor industrial deve comprar matérias-primas de agricultores familiares e celebrar um acordo juridicamente vinculativo com eles para estabelecer níveis específicos de renda e garantia de assistência técnica e treinamento (GOMES, 2016; HOLANDA; NOGUEIRA, 2015). A Figura 6 apresenta a evolução dos coeficientes de PIS e COFINS aplicados durante o programa.

Figura 6: Coeficientes de redução diferenciados de pis/cofins para o biodiesel

Lei nº 11.116/05		Decreto 5.297/04		Decreto 6.458/08		Decreto 7.768/12	
Coeficientes de redução (%)		Mamona ou Palma (N, NE e seminário)	Agricultura familiar (PRONAF)	Agricultura familiar (PRONAF) das Regiões N, NE e seminário	Mamona ou Palma (N, NE e seminário)	Agricultura familiar (PRONAF)	
Coeficientes de redução (%)		77,5	89,6	100	81,29	91,35	
PIS (R\$/m ³)	120,14	27,03	12,49	0,00	22,48	10,39	
COFINS (R\$/m ³)	553,19	124,47	57,53	0,00	103,51	47,85	

Fonte: FGV (2017)

A introdução do biodiesel na matriz energética brasileira ocorreu efetivamente com a Lei 11.097/2005. Esta lei prevê uma mistura obrigatória, denominada B2, de 2% de adição de biodiesel ao combustível diesel vendido no país, a partir de 1º de janeiro de 2008. Sob a supervisão do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), esta obrigação será gradualmente aumentada para 5 e 20 por cento, respectivamente até 2020. Além da definição de metas para misturas de porcentagem de biodiesel-diesel, a regulamentação também envolve uma estrutura que inclui taxas diferenciais dependendo das sementes oleaginosas utilizadas. As matérias-primas de biodiesel e o próprio combustível estão isentos do imposto sobre produtos industriais (IPI) (PEREIRA, 2017).

Diferentemente do programa Proálcool, o PNPB é mais uma iniciativa ambiental, com intuito de resolver a pobreza crônica do Brasil rural, promovendo o crescimento econômico por meio da integração de pequenos agricultores na estrutura da cadeia de produção de biodiesel. Do ponto de vista do governo brasileiro, a introdução de biodiesel na matriz energética nacional reduzirá a dependência da importação de combustível diesel, reduzindo significativamente a despesa em moeda, mas também contribuirá na promoção e inclusão social de milhões de brasileiros e, ao mesmo tempo, ajudará na proteção do meio ambiente ao utilizar mais de uma fonte de energia renovável (GRAMBIO, 2017).

A introdução do biodiesel na matriz energética brasileira definiu metas para misturas de percentuais biodiesel e diesel, o regulamento também envolve uma estrutura que inclui taxas diferenciadas. Matérias-primas do biodiesel e do próprio combustível estão isentos do IPI. O PNPB não é restritivo, ele permite o uso de diversas oleaginosas e gordura animal. Esta flexibilidade permite a participação de pequenos produtores. As orientações sobre produção e percentuais misturas de biodiesel com óleo diesel foram estabelecidas pelo CNPE e implementado através de duas resoluções específicas emitidas pela ANP. Eles regulam as atividades de biodiesel, estabelecem especificações para o novo combustível, e estabelecem parcela do valor de cadeia. O padrão ANP formula que, independentemente da matéria-prima utilizada e o caminho de conversão adotado, a especificação do biodiesel produzido é o mesmo, embora possuam diferentes características (PEREIRA, 2017).

A especificação brasileira do biodiesel (ANP 42/2004) está mais próxima da norma americana (ASTM D6 751) e da europeia (EN 14214), com a diferença em relação a este último que não há nenhuma restrição para a utilização de etanol ou metanol e que basicamente qualquer matéria-prima de gordura é permitida. A ANP está trabalhando em novas especificações que aproximem das normas europeias. Isto é feito a fim de harmonizar o padrão brasileiro de biodiesel com normas EUA / UE. O objetivo do PNPB é a produção de combustível a partir de óleos extraídos de plantas tais como o rícino, a palma, a soja, o pinhão. O plano original foi a produção a partir do cultivo por pequenos agricultores do nordeste do país. A produção do biodiesel é esperado para desempenhar um papel importante na redução da pobreza. Cada família produzindo 5 ha de *mamona*, com uma média de 700-1200 kg por ha pode ganhar R \$ 2500- 3500 por mês (BIOMERCADO, 2015).

Os três pilares fundamentais do PNPB são a inclusão social por meio da agricultura familiar, sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica. O mercado internacional de biocombustíveis deve crescer devido ao alto preço do petróleo e ao compromisso assumido pelos países desenvolvidos que assinaram o Protocolo de Kyoto para reduzir sua emissão de gases poluentes (BIOMERCADO, 2015).

Neste programa, o biodiesel foi definido como um combustível forçado, com um corte obrigatório para o diesel em porcentagens, como observado na Figura 7.

Figura 7: Histórico do teor de mistura de biodiesel no diesel para consumo no mercado interno brasileiro.

% Biodiesel no Diesel	
antes de 2008	opcional
Jan/2008	2%
Jul/2008	3%
Jul/2009	4%
Jan/2010	5%
Aug/2014	6%
Nov/2014	7%
Mar/2017	8%
Mar/2018	9%
Mar/2019	10%

Fonte: FGV (2017)

A implementação da política de biodiesel implicou mudanças institucionais, por exemplo, a Agência Nacional de Petróleo foi renomeada como a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A consolidação do mercado de biodiesel é garantida por meio de leilões públicos promovidos pela ANP, que são contestados sob condições especiais por empresas com selo de combustível social (SCS) e uma certificação concedida a indústrias com produtos de agricultura familiar. O objetivo dos leilões é garantir o cumprimento dos objetivos do PNPB. No âmbito deste programa, a Petrobrás tem desempenhado um papel fundamental, uma vez que constitui o único comprador e principal responsável pelos termos diferenciados da legislação, bem como Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP), também controlada pela Petrobrás. O PNPB combina diferentes instrumentos promocionais, como a institucionalização dos leilões de compra (garantia de preço), a definição de regime fiscal diferenciado (para garantir a inclusão social) e a determinação da obrigatoriedade para garantir a existência de um mercado (PEREIRA, 2017).

Como já mencionado, as políticas estão sendo desenvolvidas atualmente em muitos países ao redor do mundo para promover a produção de biocombustíveis. Existem várias ferramentas promocionais, que podem ser usadas isoladamente ou em combinação, de acordo com os objetivos e as características da política do país em questão. A escolha entre um ou

outro elemento dependerá de um conjunto de fatores que devem ser avaliados. Alguns dos principais instrumentos que incluem incentivos financeiros, incluem reduções de impostos (investimentos, empréstimos, esquemas diferenciais de amortização de capital) e sistemas de financiamento (estabelecendo mecanismos claros, reduzindo o risco implícito de investimento, determinação de garantias para melhorar o acesso ao financiamento bancário, empréstimos com juros baixos) (BIOMERCADO, 2015).

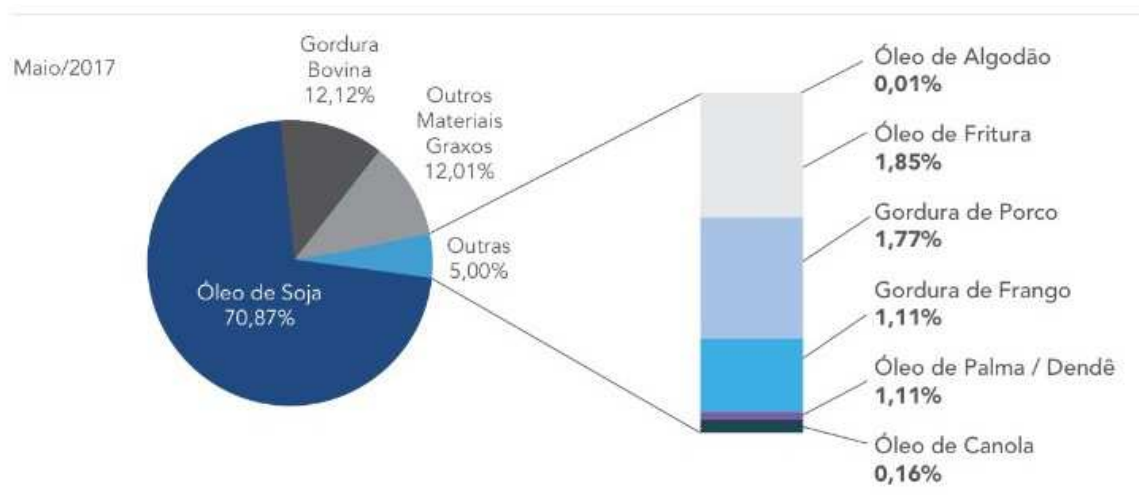
Da mesma forma, no Brasil, o diesel é um produto importante nas importações. Em 2010, o Brasil importou cerca de 9 mil milhões de litros de combustível, principalmente devido ao crescimento do consumo interno. O crescimento da produção de diesel e a implementação do corte obrigatório resultaram em uma estagnação das importações. Entre 2005 e 2010, o Brasil economizou US\$ 2.840 milhões em importações de diesel, graças ao aumento da produção doméstica e à substituição de uma parte do diesel por biodiesel. Em contraste, no Brasil, a formulação do PNPB impulsionou a indústria local de biodiesel quase instantaneamente. Em um curto período de cinco anos, como resultado do programa, foi formado um parque industrial capaz de produzir mais de 5 milhões de litros de biodiesel por ano. Dado que com o corte obrigatório de 5% do combustível, a demanda estimada é de 2.5 milhões de litros, parece não haver risco de escassez no curto prazo e as indústrias estão operando com capacidade ociosa. Dado o crescimento do mercado de biodiesel, os produtores estão procurando uma estratégia de integração que lhes permite ter um maior controle sobre a cadeia através do domínio da principal matéria-prima, soja e, em alguns casos de sebo bovino. Neste processo é observada a entrada de multinacionais, tais como ADM (Archer Daniels Midland Company) ou Cargill, aumentaram o tamanho médio produção que passou de 64 milhões de litros por ano em 2008 a 75 milhões por ano em maio de 2010 (BIOMERCADO, 2015).

A maior parte da produção de biodiesel é baseada na soja fornecida por grandes produtores. Claro, isso tem implicações diretas para a consecução de objetivos sociais e ambientais. Mais de 90% do biodiesel vem do óleo da soja. É possível que apenas 20% do biodiesel produzido no país provenha da agricultura familiar, dos quais 90% correspondem a culturas de soja de agricultores familiares, geralmente do Sul ou Centro-oeste do país. Infelizmente, esses agricultores não correspondem aos segmentos de agricultura mais empobrecidos, que eram a população original do PNPB (PEREIRA, 2017).

O alto índice de utilização da soja na produção do biodiesel se dá pelo fato desta cultura ser uma *commodity* internacional e possuir inserção no mercado global, além de dispor de um elevado nível de estruturação da cadeia produtiva, mesmo não sendo a cultura mais

propícia para a fabricação de biodiesel quando comparada com outras oleaginosas (FGV, 2017). O Gráfico 4 demonstra o percentual de matérias primas utilizadas na produção do biodiesel no Brasil.

Gráfico 4: Matérias-primas usadas na produção de biodiesel no Brasil



Fonte: ANP 2017c apud FGV, 2017

O biodiesel produzido da soja, no Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, de acordo com dados da UBRABIO, reduz em 70% as emissões de GEE, desde a fase agrícola até o consumidor final, quando comparado à produção da mesma quantidade do diesel fóssil (TOKARSKI, 2018):

3.4.2.1 – Custo Benefício do Programa PNPB

Maia (2012) realizou a análise de custo benefício do Programa Nacional de Produção e Uso do Biocombustível.

Para a análise de custo benefício do PNPB o autor desconsiderou os fatores em que não fosse possível ser quantificados em valores monetários. São exemplos o impacto ambiental negativo da produção do biodiesel devido a degradação do solo; ou mesmo o aumento na cadeia produtiva do biodiesel na geração de emprego e renda.

Os objetivos do programa foram condensados em quatro aspectos principais:

- Introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, por meio de implementação de políticas públicas e regulação do setor;
- Geração de renda aos agricultores familiares;
- Economia de divisas com redução de importações de diesel;
- Redução das emissões que poluem o meio ambiente (MAIA, p. 59/60, 2012)

Foram definidos os impactos do programa considerando seus fatos positivos e negativos e seu elo direto com os objetivos desejados. Os custos gerados com a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira foram:

- Custo de oportunidade de subsídio: gerado pela isenção fiscal e pelos subsídios concedidos na fabricação do biodiesel. É considerado custo porque os valores poderiam ser destinados a outras áreas para atender a população (MAIA, 2012).
- Custo de oportunidade de convênio: com o intuito de aprimorar o mercado de biodiesel, foram feitas parcerias entre o governo e empresas, ONG's, cooperativas, sindicatos. Embora haja a existência de contrapartidas pelos favorecidos, os recursos destinados são quase sempre tidos como fundo perdido (MAIA, 2012).
- Custo de Administração do Programa: São os custos remuneratórios dos gastos com os funcionários dos ministérios e órgãos governamentais envolvidos com a administração, fiscalização, leilões e operacionalização do programa (MAIA, 2012).

Os outros objetivos delimitados, que foram alcançados em conformidade com o principal, são os responsáveis pelos benefícios que o programa visa alcançar, são eles os ganhos de renda para o produtor rural, os gastos evitados com importação e o benefício ambiental alcançado com a criação do programa (MAIA, 2012).

Os ganhos de Renda para o Produtor Rural, estabelecidos ao estimar os valores monetários que os agricultores familiares ganharam com a venda das matérias primas produzidas (MAIA, 2012).

Os Gastos Evitados com Importação foram definidos ao considerar que a produção interna de 1 litro de biodiesel evita a importação de 1 litro de diesel (MAIA, 2012)

O Benefício Ambiental foi calculado considerando a melhoria das condições ambientais com a redução da emissão dos GEE e com diminuição nos gastos com a saúde, decorrentes dos males da poluição (MAIA,2012).

A Tabela 8 apresenta a consolidação dos dados encontrados pelo autor.

Tabela 8: Consolidação dos custos e benefícios nominais do PNPB

CUSTOS DO PNPB						BENEFÍCIOS DO PNPB					
CUSTOS DOS SUBSÍDIOS		CUSTOS DOS CONVENIOS		ADMINISTRATIVO		GANHOS DE RENDA		GASTOS EVITADOS		AMBIENTAL	
ANO	VALOR NOMINAL (R\$)	ANO	VALOR NOMINAL (R\$)	ANO	VALOR NOMINAL (R\$)	ANO	VALOR NOMINAL (R\$)	ANO	VALOR NOMINAL (R\$)	ANO	VALOR NOMINAL (R\$)
2050	1.632.098.842	2050	27.497.828	2050	3.277.682	2050	783.118.879	2050	3.560.430.192	2050	75.600.000
2049	1.632.098.842	2049	27.497.828	2049	3.277.682	2049	783.118.879	2049	3.560.430.192	2049	75.600.000
2048	1.632.098.842	2048	27.497.828	2048	3.277.682	2048	783.118.879	2048	3.560.430.192	2048	75.600.000
2047	1.632.098.842	2047	27.497.828	2047	3.277.682	2047	783.118.879	2047	3.560.430.192	2047	75.600.000
2046	1.632.098.842	2046	27.497.828	2046	3.277.682	2046	783.118.879	2046	3.560.430.192	2046	75.600.000
2045	1.632.098.842	2045	27.497.828	2045	3.277.682	2045	783.118.879	2045	3.560.430.192	2045	75.600.000
2044	1.632.098.842	2044	27.497.828	2044	3.277.682	2044	783.118.879	2044	3.560.430.192	2044	75.600.000
2043	1.632.098.842	2043	27.497.828	2043	3.277.682	2043	783.118.879	2043	3.560.430.192	2043	75.600.000
2042	1.632.098.842	2042	27.497.828	2042	3.277.682	2042	783.118.879	2042	3.560.430.192	2042	75.600.000
2041	1.632.098.842	2041	27.497.828	2041	3.277.682	2041	783.118.879	2041	3.560.430.192	2041	75.600.000
2040	1.632.098.842	2040	27.497.828	2040	3.277.682	2040	783.118.879	2040	3.560.430.192	2040	75.600.000
2039	1.632.098.842	2039	27.497.828	2039	3.277.682	2039	783.118.879	2039	3.560.430.192	2039	75.600.000
2038	1.632.098.842	2038	27.497.828	2038	3.277.682	2038	783.118.879	2038	3.560.430.192	2038	75.600.000
2037	1.632.098.842	2037	27.497.828	2037	3.277.682	2037	783.118.879	2037	3.560.430.192	2037	75.600.000
2036	1.632.098.842	2036	27.497.828	2036	3.277.682	2036	783.118.879	2036	3.560.430.192	2036	75.600.000
2035	1.632.098.842	2035	27.497.828	2035	3.277.682	2035	783.118.879	2035	3.560.430.192	2035	75.600.000
2034	1.632.098.842	2034	27.497.828	2034	3.277.682	2034	783.118.879	2034	3.560.430.192	2034	75.600.000
2033	1.632.098.842	2033	27.497.828	2033	3.277.682	2033	783.118.879	2033	3.560.430.192	2033	75.600.000
2032	1.632.098.842	2032	27.497.828	2032	3.277.682	2032	783.118.879	2032	3.560.430.192	2032	75.600.000
2031	1.632.098.842	2031	27.497.828	2031	3.277.682	2031	783.118.879	2031	3.560.430.192	2031	75.600.000
2030	1.632.098.842	2030	27.497.828	2030	3.277.682	2030	783.118.879	2030	3.560.430.192	2030	75.600.000
2029	1.632.098.842	2029	27.497.828	2029	3.277.682	2029	783.118.879	2029	3.560.430.192	2029	75.600.000
2028	1.632.098.842	2028	27.497.828	2028	3.277.682	2028	783.118.879	2028	3.560.430.192	2028	75.600.000
2027	1.632.098.842	2027	27.497.828	2027	3.277.682	2027	783.118.879	2027	3.560.430.192	2027	75.600.000
2026	1.632.098.842	2026	27.497.828	2026	3.277.682	2026	783.118.879	2026	3.560.430.192	2026	75.600.000
2025	1.632.098.842	2025	27.497.828	2025	3.277.682	2025	783.118.879	2025	3.560.430.192	2025	75.600.000
2024	1.632.098.842	2024	27.497.828	2024	3.277.682	2024	783.118.879	2024	3.560.430.192	2024	75.600.000
2023	1.632.098.842	2023	27.497.828	2023	3.277.682	2023	783.118.879	2023	3.560.430.192	2023	75.600.000
2022	1.632.098.842	2022	27.497.828	2022	3.277.682	2022	783.118.879	2022	3.560.430.192	2022	75.600.000
2021	1.632.098.842	2021	27.497.828	2021	3.277.682	2021	783.118.879	2021	3.560.430.192	2021	75.600.000
2020	1.632.098.842	2020	27.497.828	2020	3.277.682	2020	783.118.879	2020	3.560.430.192	2020	75.600.000
2019	1.632.098.842	2019	27.497.828	2019	3.277.682	2019	783.118.879	2019	3.560.430.192	2019	75.600.000
2018	1.632.098.842	2018	27.497.828	2018	3.277.682	2018	783.118.879	2018	3.560.430.192	2018	75.600.000
2017	1.632.098.842	2017	27.497.828	2017	3.277.682	2017	783.118.879	2017	3.560.430.192	2017	75.600.000
2016	1.632.098.842	2016	27.497.828	2016	3.277.682	2016	783.118.879	2016	3.560.430.192	2016	75.600.000
2015	1.632.098.842	2015	27.497.828	2015	3.277.682	2015	783.118.879	2015	3.560.430.192	2015	75.600.000
2014	1.632.098.842	2014	27.497.828	2014	3.277.682	2014	783.118.879	2014	3.560.430.192	2014	75.600.000
2013	1.632.098.842	2013	27.497.828	2013	3.277.682	2013	783.118.879	2013	3.560.430.192	2013	75.600.000
2012	1.632.098.842	2012	27.497.828	2012	3.277.682	2012	783.118.879	2012	3.560.430.192	2012	75.600.000
2011	1.632.098.842	2011	27.497.828	2011	3.277.682	2011	783.118.879	2011	3.560.430.192	2011	75.600.000
2010	1.458.790.822	2010	27.497.828	2010	3.277.682	2010	899.468.097	2010	2.393.131.887	2010	75.600.000
2009	984.797.697	2009	27.497.828	2009	3.277.682	2009	475.300.992	2009	1.528.660.305	2009	50.650.000
2008	714.075.621	2008	27.497.828	2008	3.277.682	2008	382.729.893	2008	1.888.689.303	2008	34.100.000
2007	257.854.934	2007	27.497.828	2007	3.277.682	2007		2007		2007	
2006	44.235.671	2006	27.497.828	2006	3.277.682	2006		2006		2006	
2005	490.739	2005	27.497.828	2005	3.277.682	2005		2005		2005	

Fonte: MAIA, 2012

Maia (2012) considerou o ano de 2050 como limite temporal para o programa, devido a necessidade de existir um período que permitisse uma avaliação relevante do PNPB, com o lançamento de desconto futuro. Para a atualização dos valores nominais do programa foi aplicado uma taxa de desconto de 5%, considerando-a como uma taxa de desconto social. No cenário utilizado o autor considerou um aumento no percentual de adição do biodiesel ao diesel no valor de 10%. Este cenário resultou em um valor presente líquido (VPL) negativo e a relação

benefício custo (RBC) menor que um, indicando maiores custos que benefícios gerados pelo programa, conforme demonstrado na Tabela 9. Uma explicação para este resultado seria pelo fato de que os benefícios líquidos obtidos serem relativamente lineares com o decorrer dos anos (MAIA, 2012).

Tabela 9: ACB do PNPB no Cenário Proposto

ANO	BENEFÍCIOS ATUALIZADOS (R\$)	CUSTOS ATUALIZADOS (R\$)	VALORES PRESENTES (R\$)	RBC
2050	337.751.492	399.531.636	-61.780.144	
2049	355.527.887	420.559.617	-65.031.730	
2048	374.293.881	442.694.334	-68.400.453	
2047	393.936.717	465.994.035	-72.057.318	
2046	414.670.228	490.520.037	-75.849.809	
2045	436.494.977	516.336.881	-79.841.904	
2044	459.468.397	543.512.507	-84.044.110	
2043	483.650.944	572.118.428	-88.467.484	
2042	509.106.257	602.229.924	-93.123.667	
2041	535.901.323	633.926.236	-98.024.913	
2040	564.106.257	667.290.775	-103.184.518	
2039	593.796.480	702.411.342	-108.614.862	
2038	625.048.926	739.380.360	-114.331.434	
2037	657.946.238	778.295.116	-120.348.878	
2036	692.574.987	819.258.016	-126.683.029	
2035	729.026.302	862.376.859	-133.350.557	
2034	767.396.108	907.765.115	-140.369.007	
2033	807.785.377	955.542.226	-147.756.849	
2032	846.781.912	1.001.671.851	-154.889.939	
2031	891.349.381	1.054.391.422	-163.042.041	
2030	931.393.948	1.101.760.781	-170.366.833	
2029	980.414.682	1.159.748.190	-179.333.508	
2028	1.032.015.455	1.220.787.569	-188.772.114	
2027	1.086.332.058	1.285.039.546	-198.707.488	
2026	1.142.041.394	1.350.939.010	-208.897.616	
2025	1.197.750.731	1.416.838.474	-219.087.743	
2024	1.256.941.901	1.486.856.654	-229.914.753	
2023	1.323.096.737	1.565.112.267	-242.015.530	
2022	1.392.733.408	1.647.486.597	-254.753.189	
2021	1.458.052.605	1.724.753.719	-266.701.114	
2020	1.534.792.215	1.815.530.230	-280.738.015	
2019	1.615.570.753	1.911.084.453	-295.513.700	
2018	1.699.134.758	2.009.933.649	-310.798.891	
2017	1.784.857.499	2.111.336.449	-326.478.950	
2016	1.878.797.367	2.222.459.420	-343.662.053	
2015	1.977.681.439	2.339.430.968	-361.749.529	
2014	1.427.794.391	1.232.189.895	195.604.496	
2013	1.502.941.391	1.297.041.995	205.899.396	
2012	1.580.015.308	1.363.556.969	216.458.339	
2011	1.657.089.226	1.430.071.943	227.017.283	
2010	1.257.189.416	1.344.333.615	-87.144.199	
2009	935.321.629	964.794.547	-29.472.918	
2008	983.436.684	744.851.131	238.585.553	
2007	0	303.061.967	-303.061.967	
2006	0	82.699.828	-82.699.828	
2005	0	36.268.849	-36.268.849	
TOTAL	19.834.622.006	21.208.645.907		0,94
VPL			-1.374.023.901	

Fonte: Maia, 2012

3.4.3 – RenovaBio

O RenovaBio é um programa lançado pelo Ministério de Minas e Energia do Brasil (MME), em dezembro de 2016, e está apto a adotar uma abordagem radicalmente nova para expandir a produção e o uso de biocombustíveis no Brasil, com potencial para levantar o setor de energia da cana-de-açúcar. Muitos dos objetivos associados ao programa comprometem-se com os compromissos assumidos pelo Brasil na cúpula climática da COP21 realizada em Paris em dezembro de 2015 (MATSURA *et al.*, 2017). O programa foi construído de forma colaborativa entre diversos setores da sociedade, “servidores públicos, pesquisadores, representantes do mercado e da sociedade civil, lideranças políticas”, os quais juntos possuíam o objetivo comum de se comprometerem com o futuro sustentável (OLIVEIRA, 2017, p.7). A Figura 8 apresenta os principais objetivos do programa.

Figura 8: Objetivos estratégicos do RenovaBio



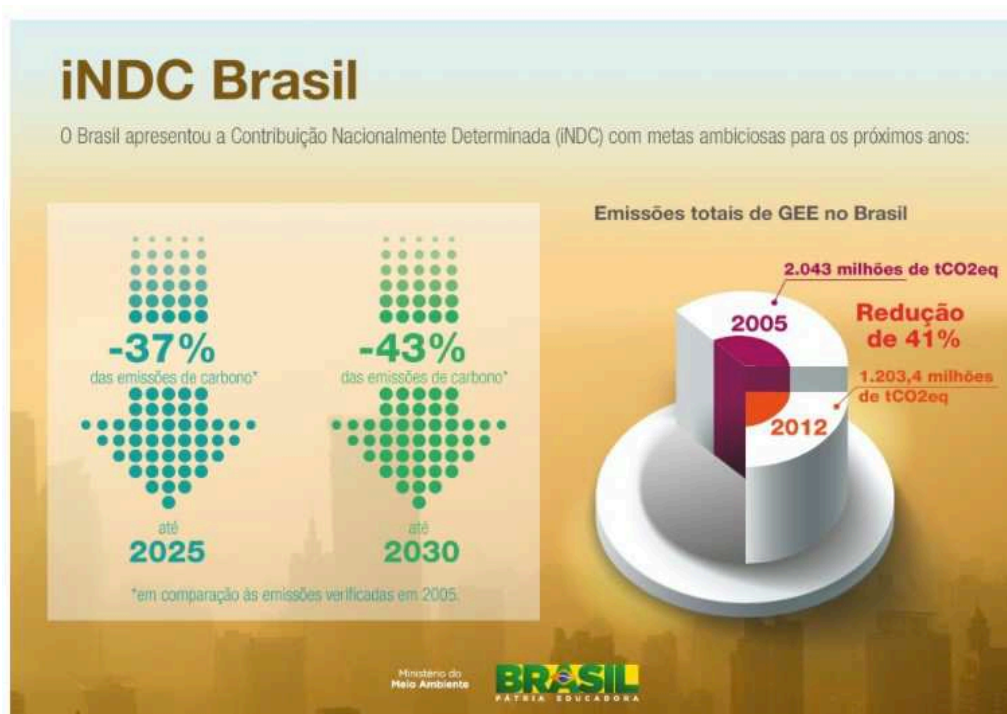
Fonte: FGV (2017)

Os países que aderiram ao Acordo de Paris comprometeram-se em limitar o aumento da temperatura média global em 1,5 °C em relação aos níveis pré-industrial, além de proporcionarem um desenvolvimento econômico-financeiro de baixa emissão de gases do efeito estufa (GEE), aumentarem a capacidade de adaptação aos impactos negativos da mudança do clima, bem como promover a resiliência à mudança do clima. Cada país ficou responsável em estabelecer suas ações para a consecução dos objetivos do acordo por meio das Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) (ACORDO DE PARIS, 2015).

O Brasil, em sua Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada, Figura 9, "envidará esforços para uma transição para sistemas de energia baseados em fontes renováveis e descarbonização da economia mundial até o final deste século (...)". A pretensão é reduzir

em 37% a emissão dos gases do efeito estufa em 2025, com intensão de alcançar o percentual de 43% em 2030, tendo como base o ano de 2005 (iNDC, p. 1, 2015).

Figura 9: Expectativas do Brasil para o cumprimento da metas da COP 21.



Fonte: MMA (2017)

Em 2016 a Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil deixou de ser “pretendida” com o depósito do instrumento de ratificação do acordo pelo país, sendo que em 04 de novembro de 2016 entrou em vigor no plano internacional o compromisso de implantar ações e medidas que apoiem o cumprimento das metas estabelecidas (MMA, 2017).

A energia renovável representa 45% da matriz energética do país, com os biocombustíveis representando 18% deste total. Pela primeira vez, o Brasil está pronto para atribuir efetivamente classificações de Intensidade de Carbono aos combustíveis de transporte. Essa classificação se baseará na escolha dos processos de produção utilizados por cada produtor de biocombustível e na quantidade de redução das emissões de gases de efeito estufa, além de exigir que os distribuidores de combustível atinjam determinados alvos de redução de emissões de gases de efeito estufa com base nos combustíveis que estão comercializando (MATSURA *et al.*, 2017; FGV, 2017). O RenovaBio visa o estabelecimento de um novo marco legal para os biocombustíveis, com o intuito de garantir a previsibilidade em sua produção, por meio da

classificação dos biocombustíveis de acordo com os níveis de eficiência energético-ambiental, fornecendo uma certificação individual aos produtores (OLIVEIRA, 2017).

A lei Nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), a qual é parte integrante da política energética nacional, conforme disposto em seu artigo 1º, possuindo os seguintes objetivos:

- I - contribuir para o atendimento aos compromissos do País no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima;
- II - contribuir com a adequada relação de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, na comercialização e no uso de biocombustíveis, inclusive com mecanismos de avaliação de ciclo de vida;
- III - promover a adequada expansão da produção e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis; e
- IV - contribuir com previsibilidade para a participação competitiva dos diversos biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis.

Félix (2018), no painel RenovaBio – Próximos Passos, evento realizado pela FGV Energia em conjunto com a ANP e a Empresa de Pesquisa Energética – EPE, no dia 01/02/2018, discorreu sobre o cronograma legal para a regulação e implementação do RenovaBio após a promulgação da lei 13.576/17. Foi estabelecido que, até junho de 2018, têm que ser definidas as Metas Decenais de Emissões 2019/2028. Neste período também serão desenvolvidas as regulamentações prévias, quais sejam, Portaria MME, Resolução CNPE, Decreto Presidencial – este publicado em 15 de março de 2018, sob o número 9.308, o qual “dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis de que trata a Lei nº 13.576” –, entre outras regulamentações dos demais órgãos envolvidos, sendo que em dezembro de 2019 será dado início à cobrança das Metas Individuais Compulsórias, aplicáveis a todos os distribuidores de combustíveis.

As Metas Nacionais de Emissões, presentes na Matriz de Combustíveis brasileira, será cumprida por meio da consecução de um conjunto de fatores. Para tanto será realizada a Certificação Individual de Eficiência Energética-Ambiental, notas estabelecidas aos produtores de biocombustíveis, semelhantes às certificações que são solicitadas pelos EUA e UE para a exportação de biocombustíveis, sendo que as metas serão decenais, rebatidas anualmente em metas individuais, as quais serão atribuídas às distribuidoras. Os produtores de biocombustíveis receberão uma certificação baseada na eficiência de produção, qualidade do produto, etc., e com a sua nota será gerado o CBIO, crédito de descarbonização. De acordo com o secretário “o papel dos biocombustíveis no Brasil é tornar a oferta de energia cada vez mais sustentável,

competitiva e segura”. Espera-se que com a eficiência na execução do RenovaBio, além de maximizar as reduções nas emissões – hoje os biocombustíveis reduzem aproximadamente 70% das emissões quando comparados aos combustíveis fósseis –, o programa incentiva uma produção de biocombustíveis que promova o sequestro de carbono, gerando retenção de CO₂, a partir da fixação de carbono (FELIX, 2018), conforme disposto no artigo 28 da lei 13.576/17:

Art. 28. Será aplicado um bônus sobre a Nota de Eficiência Energético-Ambiental do produtor ou do importador de biocombustível cuja Certificação de Biocombustíveis comprove a emissão negativa de gases causadores do efeito estufa no ciclo de vida em relação ao seu substituto de origem fóssil.

Neste mesmo evento, Amaral (2018) relatou quais serão os próximos passos do RenovaBio na visão da ANP. Com a lei 13.576/17, a agência terá, entre outras atribuições, a responsabilidade de regular e fiscalizar a certificação de biocombustíveis, promovendo:

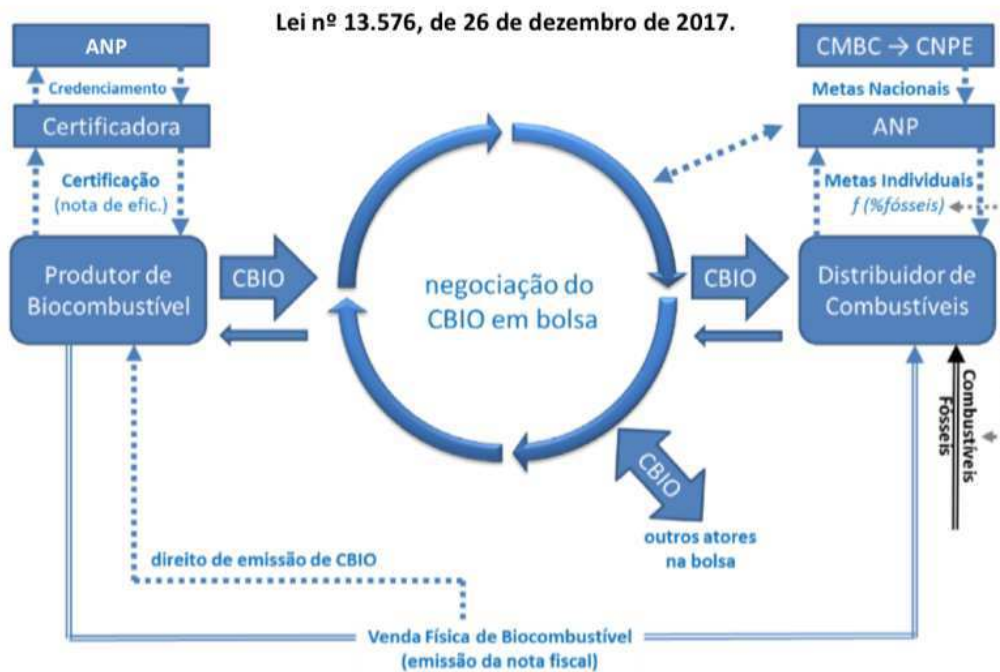
- O credenciamento de firmas inspetoras;
- a concessão, renovação e cancelamento do Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis; e
- a Emissão da Nota de Eficiência Energético-Ambiental.

Além de ser de responsabilidade da agência a individualização, para todos os distribuidores de combustíveis, da meta compulsória estabelecida pelo Conselho Nacional de Pesquisa Energética (CNPE); a fiscalização do cumprimento das metas individuais e aplicação de sanções em eventuais descumprimentos envolvendo a comercialização do CBIO; a promoção da transparência de dados e informações do RenovaBio, mantendo o programa, desde a sua criação, implementação e funcionamento, acessível de forma completamente digital (AMARAL, 2018).

Será de responsabilidade do MME e da EPE criar modelagem do Crédito de Descarbonização (CBIO), para definir as metas de redução de gases causadores do efeito estufa, considerando inflação, aspectos econômicos, perspectivas de produção de biocombustíveis, entre outros fatores. Já a ANP ficará a cargo de editar duas resoluções para regular o RenovaBio. A primeira, com prazo de conclusão para o primeiro semestre de 2018 e com minuta já elaborada, a qual foi disponibilizada para consulta pública no mês de maio do presente ano, contém os requisitos de credenciamento das firmas inspetoras, que serão as responsáveis pela certificação de Biocombustíveis, por meio da emissão do Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis, além da implementação do RenovaCalc, sistema que será responsável pelo cálculo e validação da Nota de Eficiência Energético-Ambiental e está sendo desenvolvido em conjunto com a Embrapa e a EPE. A segunda resolução estabelecerá as regras de

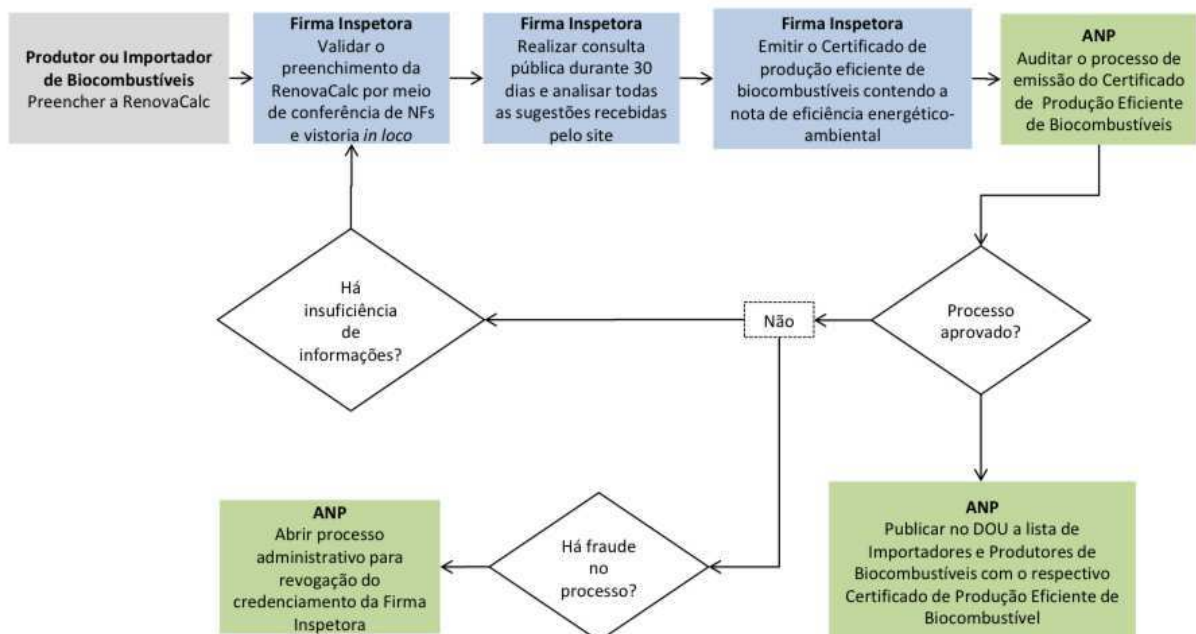
comercialização em bolsa dos CBIO's e será feita em conjunto com outros órgãos regulatórios, agentes econômicos, bolsa de valores, Federação Brasileira de Bancos – FEBRABAN, etc., com prazo para o segundo semestre de 2018 (AMARAL, 2018). A Figura 10 sumariza o escopo do RenovaBio e a Figura 11 apresenta o passo a passo para a certificação da produção eficiente de biocombustível.

Figura 10: Escopo do Programa RenovaBio



Fonte: MME, 2017 apud AMARAL, 2018

Figura 11: Emissão do certificado de produção eficiente de biocombustíveis



Fonte: AMARAL, 2018

Para que a ANP consiga cumprir o papel estabelecido à agência, na execução do RenovaBio, foi necessário inserir no Regimento Interno da Agência (Portaria ANP nº69, de 06/04/11), o artigo X, que segue, no conjunto de atribuições da Superintendência de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos – SBQ. Sendo também criada a Coordenação de Biocombustíveis com foco nas necessidades do programa RenovaBio (AMARAL, 2018).

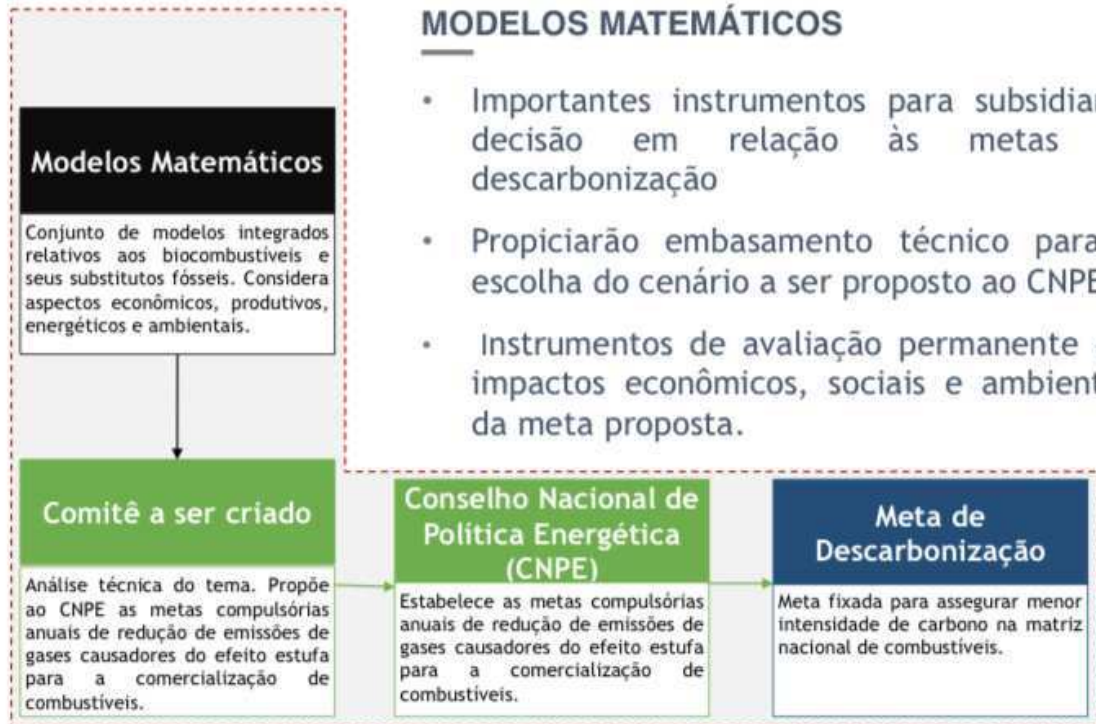
X – gerir e executar, no âmbito da ANP, programas governamentais relacionados ao uso de biocombustíveis e seus efeitos na redução de emissões de gases do efeito estufa e geração de créditos de carbono, em especial o disposto na Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017.

Coelho (2018), em sua fala, declarou que a Empresa de Pesquisa Energética, empresa pública vinculada ao MME, é a responsável por desenvolver os modelos matemáticos que trarão suporte ao RenovaBio, sendo que o objetivo da empresa será o de “subsidiar o MME em aspectos relacionados à Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)”, além de analisar:

- as metas de descarbonização;
- o comportamento do preço do CBIO;
- os impactos socioambientais;
- os impactos na qualidade do ar;
- os impactos relacionados à saúde;
- os impactos na geração de empregos, renda e atividade econômica; e
- os investimentos necessários em unidades produtivas e no setor agrícola.

Os modelos ainda estão em desenvolvimento e, alguns parâmetros para sua finalização, dependem do que estabelecerá o decreto presidencial, conforme demonstrado na Figura 12 (COELHO, 2018).

Figura 12: Etapas para Estabelecimento das Metas de Descarbonização



Fonte: COELHO, 2018

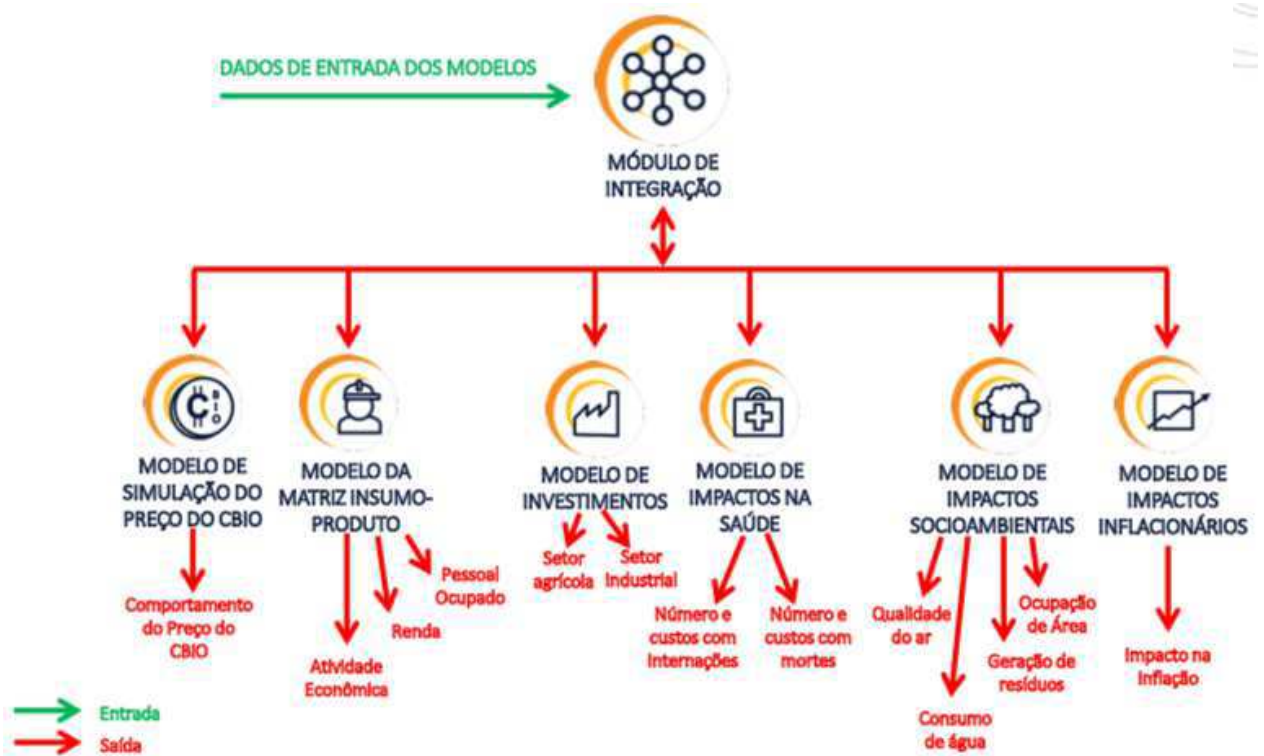
A EPE propõe a utilização de uma modelagem integrada, Figuras 13 e 14, ou seja, a abordagem de Modelos de Planejamento Estratégico e de Modelos Satélites, quais sejam (COELHO, 2018):

Figura 13: Modelagem Integrada da EPE



Fonte: COELHO, 2018

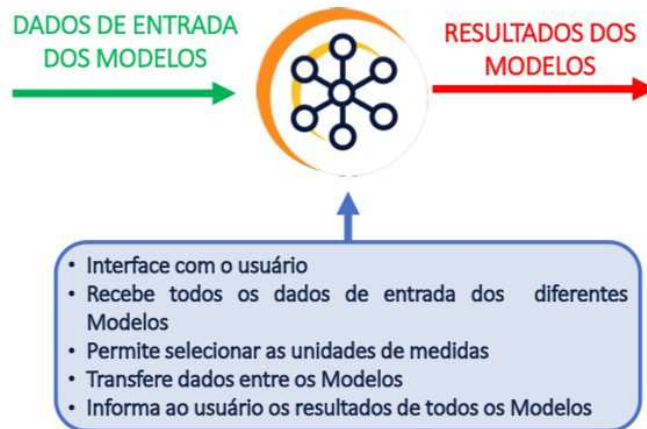
Figura 14: Modelos Matemáticos da EPE



Fonte: COELHO, 2018

O Módulo de Integração, Figura 15, será uma interface amigável para que o usuário insira todas as variáveis de entrada de todos os modelos, sendo que este módulo fará a transferência de dados entre os demais modelos, já que o resultado de um pode ser o dado de entrada para outro modelo, e apresentará o resultado de todos os modelos ao usuário de forma integrada e de fácil visualização, exercendo a função de um painel de navegação (COELHO, 2018).

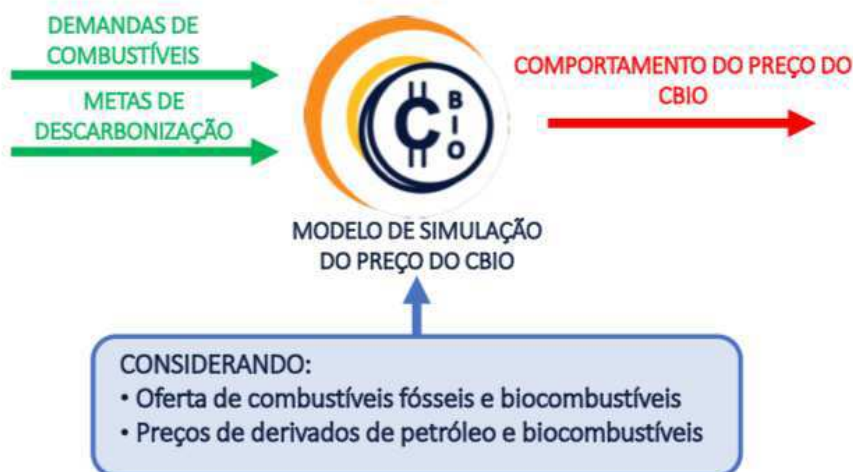
Figura 15: Módulo de Integração



Fonte: COELHO, 2018

O Modelo de Simulação do Preço do CBIO, Figura 16, que se encontra em fase de teste e validação, permitirá simular o comportamento do preço do Crédito de Descarboxinação – CBIO, tendo como dado de entrada a inclusão de diversos cenários, com as possíveis demandas de combustíveis e as metas de descarboxinação, considerando a oferta de combustíveis fósseis e biocombustíveis e seus respectivos preços. Constitui em um modelo de otimização que permite simular o comportamento do CBIO (COELHO, 2018).

Figura 16: Modelo de Simulação do Preço do CBIO



Fonte: COELHO, 2018

No módulo da Matriz de Insumo-Produto, Figura 17, que leva em consideração a matriz de insumo-produto elaborado pelo IBGE, após os lançamentos de entrada, quais sejam

aumento de produção, preço e investimentos dos biocombustíveis, gera os impactos destas variáveis na atividade econômica, na renda e no pessoal ocupado, sendo necessário deduzir os impactos socioeconômicos que existiria se houvesse sido produzido combustíveis fósseis ao invés dos combustíveis renováveis. O resultado dessa substituição é que informará os impactos gerados pela produção de biocombustíveis (COELHO, 2018).

Figura 17: Modelo da Matriz Insumo-Produto



Fonte: COELHO, 2018

O Modelo de Investimento, Figura 18, terá como principais variações de entrada as demandas de biocombustíveis e combustíveis fósseis, utilizando como parâmetros o custo de investimento (CAPEX) em refino e em biocombustíveis, o custo da lavoura e as capacidades instaladas por combustível, gerando os investimentos necessários nos setores agrícola, para suportar a demanda dos biocombustíveis e dos combustíveis fósseis, e no setor industrial (COELHO, 2018).

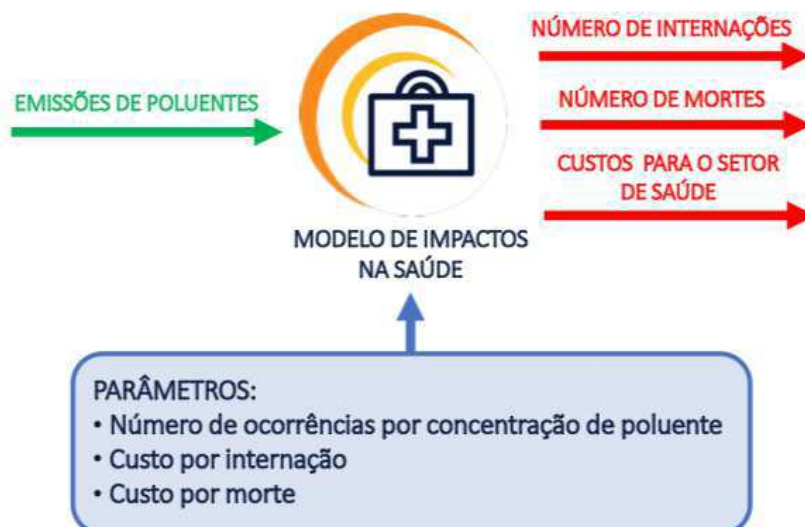
Fonte 18: Modelo de Investimentos



Fonte: COELHO, 2018

O Modelo de Impactos na Saúde, Figura 19, utilizará como dados de entrada as emissões de poluentes, que será gerado pela informação da demanda de combustíveis lançada no Módulo de Integração, tendo como principais parâmetros – a EPE está se baseando nos estudos do professor Paulo Saldiva da USP – os números de ocorrência por concentração de poluentes, o custo de internação e o custo por morte. Obtendo como resultado, provenientes do cenário gerado, o número de internações, o número de mortes e o custo para o setor de saúde (COELHO, 2018).

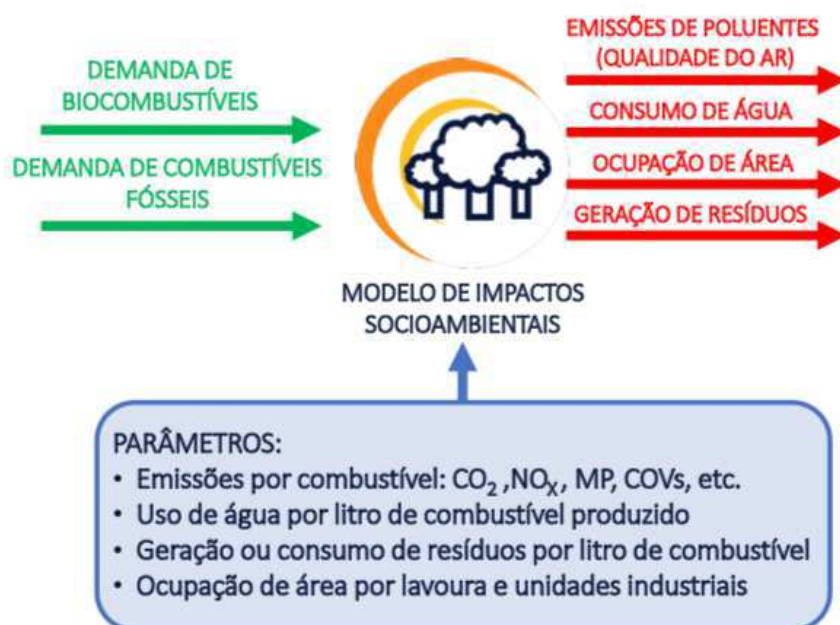
Figura 19: Modelo de Impactos na Saúde



Fonte: COELHO, 2018

O Modelo de Impactos Socioambientais, Figura 20, terá como dados de entrada a demanda de biocombustíveis e combustíveis fósseis. Os principais parâmetros deste modelo serão as emissões por combustível, seja em gás carbônico (CO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado (MP) ou nos compostos orgânicos voláteis (COVs), o uso de água por litro de combustível produzido, a geração ou consumo de resíduos por litro de combustível e a ocupação de área por lavoura e unidades industriais, gerando como resultado as emissões de poluentes, que refletirão na qualidade do ar, o consumo de água, a ocupação de área e a quantidade de resíduos gerados (COELHO, 2018).

Figura 20: Modelo de Impactos na Socioambientais



Fonte: COELHO, 2018

O Modelo de Impactos inflacionários, Figura 21, considerará a demanda de biocombustíveis e combustíveis fósseis, com seus respectivos preços, como principais dados de entrada, tendo como parâmetros a composição do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) e os impactos diretos e indiretos da inflação, obtendo como resultados a influência dessas variáveis na inflação (COELHO, 2018).

Figura 21: Modelo de Impactos Inflacionários



Fonte: COELHO, 2018

A EPE considera que a Política Nacional de Biocombustíveis – RenovaBio, é uma iniciativa fundamental para que ocorra a previsibilidade na demanda de biocombustíveis e, por conseguinte, a expansão da produção e uso dos biocombustíveis no país. Sendo que os Modelos que estão sendo desenvolvidos pela empresa, de acordo com Coelho (2018),

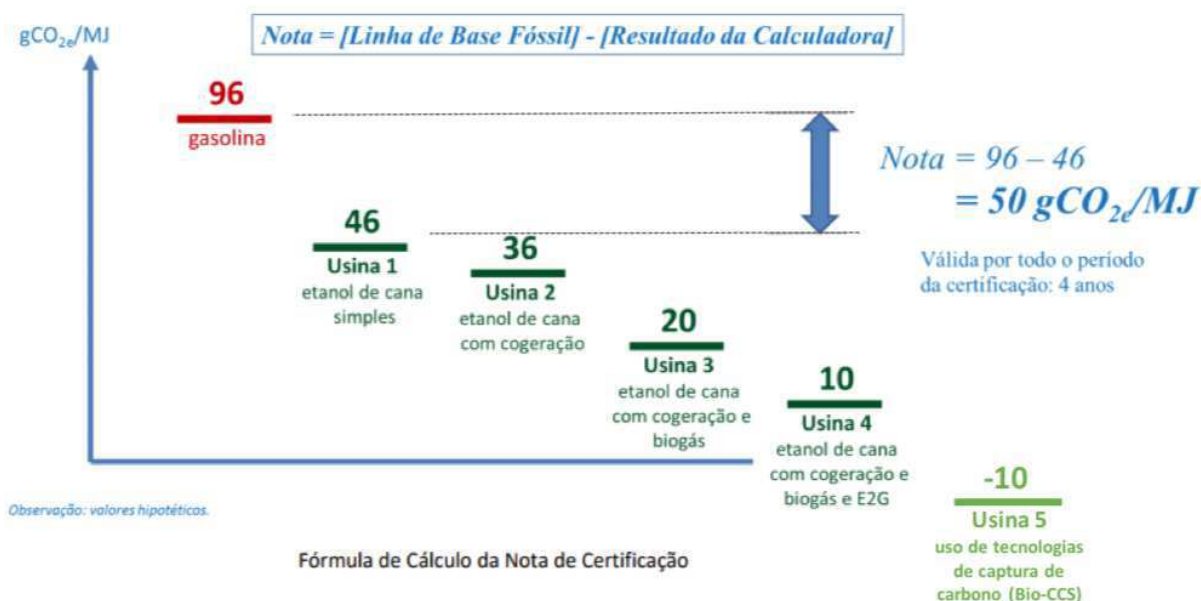
- Permitirão que diferentes cenários de descarbonização da matriz nacional de combustíveis possam ser simulados, tendo como resultados diferentes impactos econômicos, sociais e ambientais;
- Possibilitarão ao poder público condições de analisar com critérios técnicos e transparência as metas de descarbonização a serem propostas; e
- Serão instrumentos de avaliação permanente dos impactos econômicos, sociais e ambientais da meta proposta e de ratificação da meta imposta para o ano subsequente.

Sob o RenovaBio, o Brasil, essencialmente, estará adotando muitos aspectos do programa da Califórnia *Low Carbon Fuel Standard* (LCFS), do *Renewable Fuel Standard Program* (RFS) do governo norte americano e do *Renewable Energy Directiv*, da União Europeia, políticas públicas que consistem na redução das emissões dos GEE, por meio da avaliação do ciclo de vida dos biocombustíveis (OLIVEIRA, 2017).

O RenovaBio espera atender às metas de redução de gases de efeito estufa, para tanto, os distribuidores terão que comprar certificados de redução de emissões de usinas de etanol, plantas de biodiesel, etc. O número de certificados de redução que cada produtor de biocombustível terá para oferecer dependerá do biocombustível em si e a eficiência do processo de produção de cada produtor quando se tratar de reduzir as emissões de gases de efeito estufa

(FGV, 2017). A Figura 22 demonstra a distribuição de notas para as usinas, conforme o processo de fabricação de biocombustíveis utilizado por cada:

Figura 22: Exemplo do Cálculo da Nota de Certificação



Fonte: ROITMAN, 2018

A relação entre o número de certificados que os distribuidores precisam comprar e o número de certificados disponíveis em um determinado ano determinará o preço dos certificados de redução no mercado. Essa relação oferta/demanda será controlada pelo governo e definida anualmente pelo Conselho Nacional de Política Econômica (CNPE) do Brasil. A compra e venda de certificados de redução ocorrerá diretamente entre produtores e distribuidores e também poderá ser negociada no B3, criada pela recente fusão da BM & F Bovespa e do Brasil Cetip. Digamos que uma usina de etanol receba uma classificação de 9, em relação à sua capacidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em seu processo de produção (de uma escala de 0 a 10). Se a usina tiver capacidade para produzir 100.000 metros cúbicos de etanol por ano, a usina teria 900 mil certificados de redução para vender. Outro moinho com a mesma capacidade de produção, mas com uma classificação de 5 teria 500 mil certificados de redução para vender. Com base no número total de certificados de redução disponíveis, o CNPE estabelecerá o número total de certificados de redução que os distribuidores de combustível deverão comprar em um determinado ano, com esse número provavelmente dentro de +/- 10% do número de certificados de redução disponíveis. Se 1,6 milhões de certificados de redução forem considerados disponíveis em um determinado ano, para um distribuidor com uma participação de mercado de 50% seria necessário comprar

800.000 certificados de redução, e para um distribuidor com apenas uma participação de mercado de 1% só seria necessário a compra 16.000 certificados de redução (FGV, 2017).

O RenovaBio está recebendo apoio multissetorial no Brasil, em 27 de junho de 2017, foi assinado por Elizabeth Farina, CEO da UNICA, e Pedro Mizutani, presidente e vice-presidente da Anfavea – Associação Nacional de Fabricantes de Automóveis –, um "memorando de alinhamento" em relação às estratégias dos setores de açúcar e automotivo. Enquanto o setor de energia açucarada possui o RenovaBio, o setor automotivo possui o "Rota 2030", que está sendo desenvolvido em conjunto com o governo brasileiro para obter ganhos de eficiência no transporte. O objetivo é que o RenovaBio e o Rota 2030 sejam alinhados não só um com o outro, mas também com os objetivos de redução de gases de efeito estufa que o Brasil se comprometeu na cúpula do clima da COP21 em Paris em 2015 (FGV, 2017).

DISCUSSÃO

Na matriz energética brasileira, a biomassa ocupa a posição de segunda maior fonte de energia, correspondendo a 28% do total e, nas últimas décadas, o Brasil apostou na utilização de combustíveis originados das biomassas, os biocombustíveis. Desde a criação do Proálcool, que devido à crise do petróleo incentivou a produção de etanol da cana de açúcar. Ao PNPB que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira. Chegando ao RenovaBio que, além de possibilitar a previsibilidade para a produção e uso dos biocombustíveis, promovendo mais segurança energética, visa a diminuição das emissões dos GEE com o intuito de alcançar os objetivos assinados e ratificados no Acordo de Paris (OLIVEIRA, 2017) .

O Brasil possui uma combinação de fatores favoráveis à fabricação de biocombustíveis - seja a disponibilidade de área agricultável para ampliação da produção - sem necessidade de novas áreas decorrentes do desmatamento e sem competição com a produção de alimentos -, seja o fato de possuir uma das mais altas produtividades do planeta devido às condições de solo e clima, além de possuir centros de pesquisas com experiência na produção e desenvolvimento dos combustíveis renováveis e um mercado consumidor estabelecido com o elevado potencial de crescimento (OLIVEIRA, 2017).

No Brasil, a política de biodiesel ganhou impulso desde 2000 e a experiência anterior foi decisiva no momento do desenvolvimento do plano de promoção. Assim, o programa Proálcool desempenhou um papel fundamental ao mostrar o sucesso do ponto de vista da energia, mas um fracasso na perspectiva social. Por estas razões, a política brasileira de biodiesel incorporou explicitamente objetivos sociais (PEREIRA, 2017; MILANEZ, 2012).

O governo criou um certificado social, associado a uma redução de impostos para induzir empresas a empregar famílias na produção de matérias-primas do biodiesel. Além disso, o governo estipulou quantidades mínimas de matérias-primas que deveriam ser produzidas a partir do projeto de agricultura familiar e grandes propriedades (PEREIRA, 2017; BIOMERCADO, 2015).

Esta política também abriu um espaço para o movimento das organizações da sociedade civil no debate sobre a política energética, que até então era restrito a aspectos técnicos. Já o objetivo do PNPB explícito na legislação para promover os pequenos agricultores não parece ter sido cumprido (BIOMERCADO, 2015). Uma das possíveis explicações para a maior presença de grandes indústrias e a preferência pelas exportações é que os incentivos econômicos propostos na legislação não são suficientes. No contexto de preços distorcidos dos combustíveis e no estabelecimento de restituições de exportação relativamente menores em

biocombustíveis, a produção de biodiesel para exportação é a opção mais rentável para os produtores (FELIX, 2017).

O motor do crescimento no mercado de biodiesel, no Brasil, foi o mercado interno, cuja taxa é determinada pelo governo por meio do Conselho Nacional de Política Energética (CNPEG). A criação de um mercado interno garantido e os incentivos fiscais previstos pela nova legislação permitiram que os produtores de biodiesel, bem como os grandes produtores de soja, passassem ao mercado doméstico através de leilões estabelecidos pelo governo. Nesse sentido, é possível afirmar que os instrumentos utilizados na política foram bem-sucedidos para garantir o suprimento e evitar o risco de escassez do mercado local. Ao mesmo tempo, o Brasil parece estar reduzindo a importação de diesel, o que reforçaria o cumprimento dos objetivos do programa (PEREIRA, 2017; NOGUEIRA, 2015).

No entanto, a participação da agricultura familiar no PNPB mostra-se marginal, e a soja é o principal insumo da produção de biodiesel. Na verdade, a experiência recente mostra que as deficiências estruturais em parte da agricultura familiar do país, apresenta dificuldade de acesso aos recursos, à tecnologia e ao capital, são um claro fator limitante para o progresso do programa (BIOMERCADO, 2015).

A presença da Petrobras Biocombustível se destaca como um dos dois atores mais importantes na busca dos objetivos sociais e ambientais do PNPB. A natureza semi-estatal desta empresa permite que ela encontre, além dos objetivos comerciais puramente privados, objetivos sociais coincidentes com a política energética brasileira de acordo com as prioridades do governo federal (FELIX, 2017).

O PNPB foi estabelecido para reduzir a dependência de petróleo e importação, as emissões de poluentes e os custos com a saúde, além de promover o aumento de empregos e reduzir as disparidades regionais de renda. Este programa foi destinado para adicionar biodiesel na matriz energética brasileira. A lei federal promulgada em 13 de janeiro, de 2005, estabeleceu um mandato para que a ANP seja a responsável por regular e controlar o biodiesel brasileiro no mercado (PEREIRA, 2017; GOMES, 2016).

Já o setor brasileiro de energia da cana de açúcar vem lutando por anos, evidenciado pela falta de investimento em novas usinas, acarretando o fechamento de dezenas de usinas existentes e na instauração de processos de recuperação judicial em outras. A indústria brasileira de etanol também se queixa de que a política imprevisível de preços dos combustíveis distorceu os mercados, desencorajou o investimento e forçou dezenas de fábricas na bancarrota. As empresas de açúcar e etanol bastante endividadas foram forçadas a vender ativos para rivais

com estruturas de capital mais fortes, como a Glencore Plc e Raízen Energia SA, com uma *joint venture* de 50-50 entre a Cosan SA Industria e Comércio e Royal Dutch Shell Plc (FGV, 2017).

A falta de investimento em novas instalações de produção de etanol – juntamente com o incentivo para impulsionar a produção de açúcar à custa da produção de etanol em 2016 em face dos fortes preços globais do açúcar – contribuíram para um aumento nas importações brasileiras de etanol nos EUA. Enquanto o etanol hidratado no Brasil compete com a gasolina na bomba, o etanol anidro tem um mercado cativo já que, atualmente, é misturado com gasolina a uma taxa de mistura de 27%. No entanto, apesar de as vendas de "gasolina C" (gasolina misturada com etanol) terem aumentado desde fevereiro de 2015, a produção brasileira de etanol anidro nos últimos anos não está em um caminho de crescimento (MATSURA *et al.*, 2017).

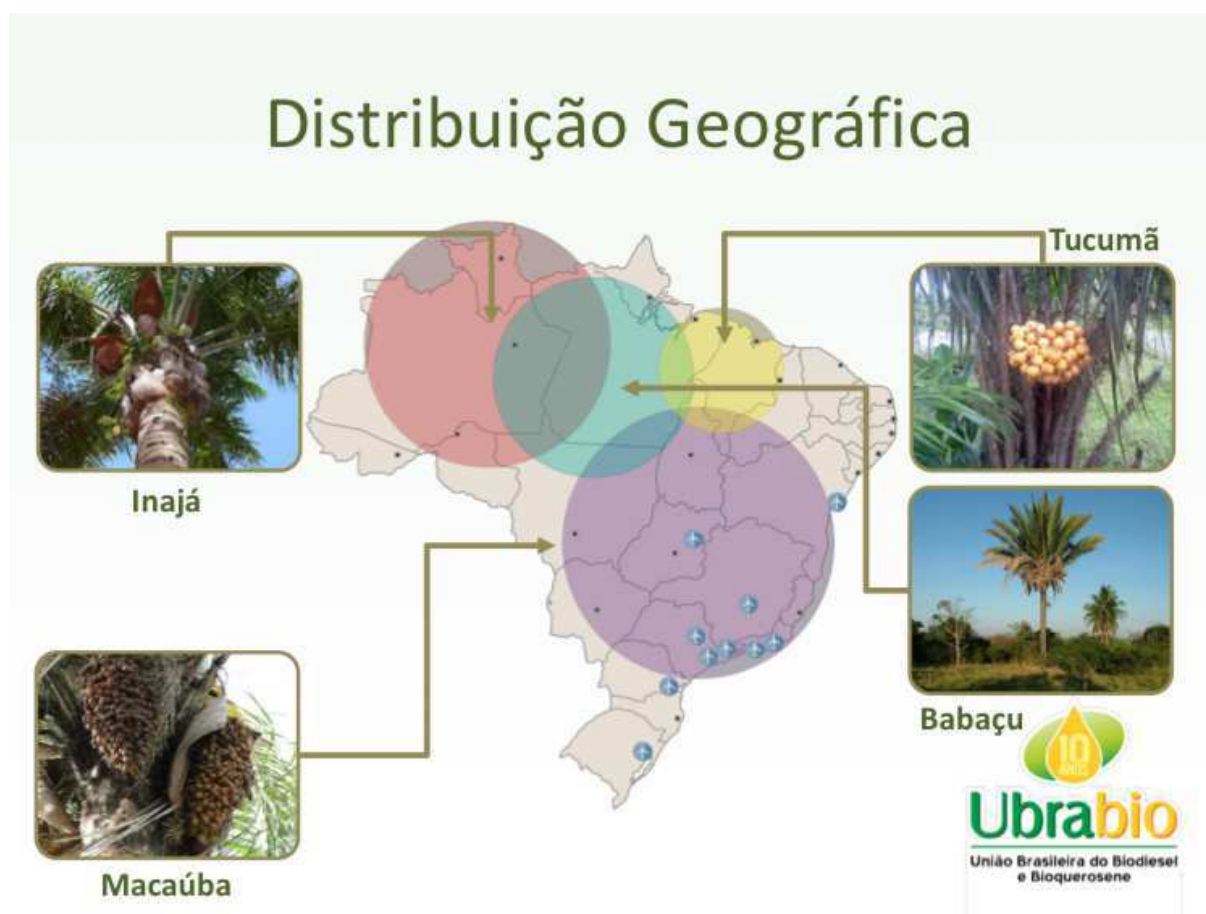
Além da produção brasileira de etanol anidro ter diminuído ao longo das três estações anteriores, a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (ÚNICA) em abril projetou que a produção de etanol anidro na região Centro-Sul totalizará 10,84 bilhões de litros em 2017/2018, o que representaria apenas um modesto aumento de 1,71% em relação a 2016 regional/Produção em 2017 (a safra da cana-de-açúcar começa em 1 de abril). A UNICA também projetou que a produção regional de etanol hidratado totalizaria 13,86 bilhões de litros, abaixo de 7,57% em relação à 2016/2017. Nos primeiros dois meses da temporada atual (1 de abril a 31 de maio), a produção regional de etanol anidro totalizou 1,69 bilhões de litros (21,46% abaixo do mesmo período de 2016) e a produção regional de etanol hidratado totalizou 2,61 bilhões de litros (29,41% ano a ano) (MATSURA *et al.*, 2017).

Com a aprovação da Lei nº 13.576/17, que instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis, a presidente da UNICA, Elizabeth Farina, se mostrou favorável à implementação do Renovabio pela importância que o programa trará na existência de previsibilidade no mercado de biocombustíveis e energia renovável.

Plínio Nastari, analista de açúcar e etanol na consultoria e consultor da Datagro no Conselho Nacional de Política Energética do Brasil, disse que os investimentos podem aumentar ao passo que o RenovaBio dá uma melhor ideia do potencial da indústria até 2030. Ao invés de focar na melhoria do preço do etanol hidratado em relação ao preço da gasolina como motivação para os motoristas de veículos flex-fuel, o RenovaBio poderá incentivar os distribuidores de combustível a aumentar as vendas de etanol hidratado em detrimento das vendas de gasolina. Além disso, o RenovaBio deve incentivar os investimentos em novas usinas de açúcar/etanol e conseqüentemente o aumento da produção brasileira de etanol anidro – atualmente misturado com gasolina a uma taxa de mistura de 27% (FGV, 2017).

Para o diretor da UBRABIO, Donizete Tokarski, com a vigência do RenovaBio, a atribuição da Nota de Eficiência que será dada ao produtor e que impactará diretamente no valor do produto a ser comercializado, incentivará que este diversifique a sua produção ao buscar alternativas de plantio de oleaginosas que tenham um maior valor agregado, como o cultivo do babaçu, da macaúba, da palma, entre outras, que além de produzirem um biodiesel de melhor qualidade, estão distribuídas por diversas regiões do Brasil, conforme a Figura 23.

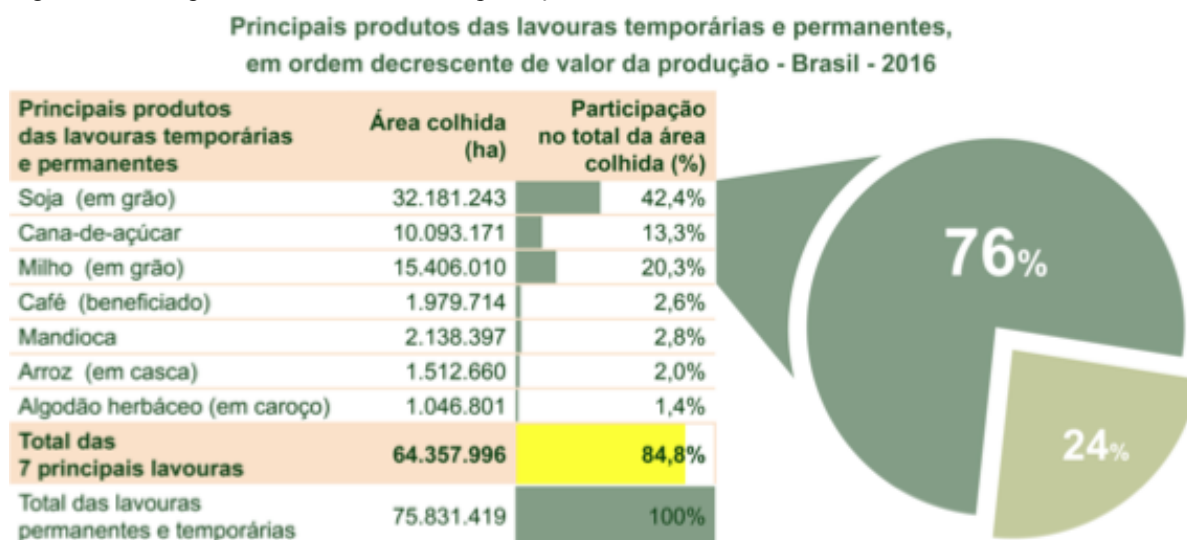
Figura 23: Distribuição Geográfica de Oleaginosas no Brasil



Fonte: TOKARSKI, 2018

Diferente do que ocorre na atualidade, em que, 80% da produção de biodiesel está concentrada na plantação de três culturas, soja, cana-de-açúcar e milho (TOKARSKI, 2018), conforme demonstrado na Figura 24.

Figura 24: Principais lavouras utilizadas na produção do Biodiesel



Fonte: TOKARSKI, 2018

A nova política poderia resultar na demanda doméstica por até 40 bilhões de litros de etanol até 2030, subindo fortemente em relação aos 26 bilhões de litros em 2016. Espera-se que a implementação do RenovaBio forçará os distribuidores de combustível a demonstrar que estão reduzindo as emissões de carbono com base em certificados emitidos por produtores de biocombustíveis. Os certificados estimarão o corte de emissões em comparação com produtos petrolíferos equivalentes. A nova política fornece aos distribuidores a compra e venda dos certificados em um mercado secundário para atender metas de emissões que se tornarão mais rigorosas, acompanhando os compromissos do Brasil no acordo climático de Paris (FGV, 2017).

Este programa promete impulsionar os investimentos no atual período de crise, a mudança de política marca um retorno de investimentos mais vigorosos no setor. Novo capital será necessário para expandir a capacidade de produção e aumentar a área cultivada (FGV, 2017).

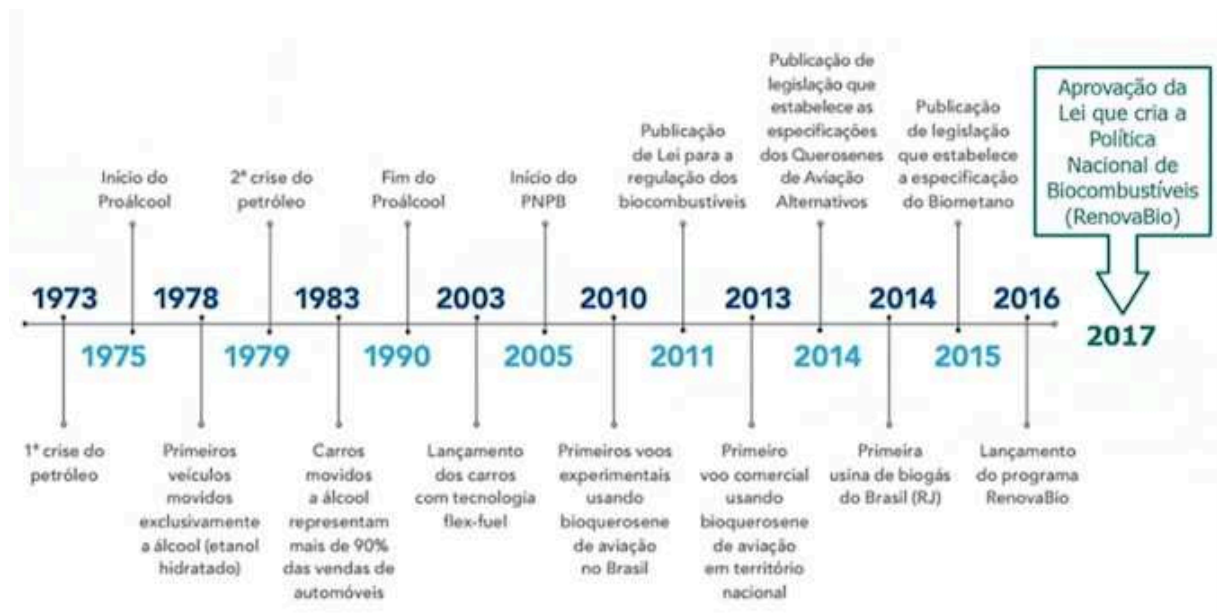
Em síntese, o programa RenovaBio confere previsibilidade para o setor – sendo esta a principal demanda solicitada pela indústria –, visa promover a descarbonização do setor de transportes – difere do PNPB por não se basear na diferenciação tributária –, e é um importante indutor no ganho de diversos segmentos da sociedade, da economia, do meio ambiente (ROITMAN, 2018).

O RenovaBio consiste em fonte de informação por meio do RenovaCalc. Induz à ganhos de eficiência ao diferenciar as indústrias que se preocupam com o avanço tecnológico e na utilização de matérias-primas com maior valor agregado, investindo no uso de tecnologias

para a melhoria do seu processo de produção, obtendo uma nota maior e em consequência uma maior quantidade de créditos de carbono para comercializar. Promove a busca por novas pesquisas e no desenvolvimento tecnológico, além de proporcionar segurança energética. (ROITMAN, 2018).

A Figura 25 sintetiza as políticas públicas implementadas, ao longo das últimas décadas no Brasil, para a produção e utilização dos biocombustíveis pelo país:

Figura 25: Linha do tempo dos biocombustíveis no Brasil



Fonte: ROITMAN, 2018

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil possui um grande potencial de produção de biomassas, devido a sua grande extensão territorial, com disponibilidade de áreas agricultáveis, condições de solo e clima propícios ao plantio de diferentes culturas, conforme descrito por diversos autores no decorrer da dissertação, sem que exista uma competição da agricultura energética com a produção de alimentos. Este cenário permite que o Brasil assuma uma posição de destaque no desenvolvimento de novas tecnologias, na fabricação e no uso dos biocombustíveis. Para tanto, se faz necessário o investimento do setor público e privado para fomentar o segmento.

O histórico brasileiro na implementação de políticas públicas voltadas para a produção de combustíveis renováveis demonstrou diferentes motivações no decorrer dos anos. Inicialmente, a crise de petróleo na década de 70 culminou na criação do Proálcool, programa que incentivou a produção do etanol da cana de açúcar e fomentou o comércio e a indústria brasileira com a produção de carros movidos à álcool e, posteriormente, com a fabricação e venda dos automóveis flex-fuel, que permitem a utilização de álcool e gasolina em diferentes teores de mistura. O Proálcool deixou de existir formalmente ao final do regime militar e início da Nova República em 1985, mas foi a crise de abastecimento em 1989 que pôs um fim nas iniciativas criadas durante a vigência do programa.

Em 2005, foi lançado o PNPB, política pública que promoveu a inserção do biodiesel na matriz energética brasileira. Este programa objetivava, além dos ganhos ambientais e da diminuição da importação do óleo diesel, a inclusão dos agricultores familiares no plantio das oleaginosas destinadas à produção de biodiesel, possuindo o cunho social ao valorizar as características regionais e o pequeno produtor. Para a consecução deste objetivo foi criado o Selo Social, que incentivava as distribuidoras a adquirirem a matéria prima cultivada do pequeno produtor, concedendo diferentes taxas tributárias de acordo com a região produtora. Na prática, a soja é a oleaginosa mais utilizada na fabricação do biodiesel, fornecida, em sua maioria, por grandes latifundiários, o que demonstra a falha na execução do programa neste aspecto.

O programa foi lastreado basicamente na diferenciação tributária para comercialização do biodiesel. O incentivo para a produção deste combustível se deu com o estabelecimento, pelo Brasil, da lei nº13.033/2014, que determinou a adição do biodiesel ao diesel fóssil, promovendo uma elevação anual do percentual, sendo que em março de 2018 alcançou o valor de 10% de biodiesel adicionado ao diesel. Com a criação de uma demanda interna, houve um aumento no volume de produção das usinas, que, atualmente, operam com

uma capacidade ociosa. Na análise de custo benefício do PNPB realizada por Maia (2012), o autor verificou que com o aumento na obrigatoriedade da adição de biodiesel ao diesel, no percentual de 10% – no estudo este valor foi projetado a partir do ano de 2015, permanecendo constante até 2050 –, evidenciou a geração de maior custo do que benefício, devido a estabilização no valor dos benefícios com o decorrer dos anos, com consequente superação no valor dos custos.

O lançamento do RenovaBio em dezembro de 2016 com a aprovação da lei 13.576 em 26 de dezembro de 2017, trouxe grandes expectativas para os diversos segmentos dos biocombustíveis. O governo brasileiro após o comprometimento em reduzir as emissões dos gases do efeito estufa, estabelecidos após os compromissos assumidos na COP21, somado à necessidade de existir uma segurança e previsibilidade para o mercado de biocombustíveis, com consequente aumento na competitividade do setor, estabeleceu a Política Nacional de Biocombustíveis.

O RenovaBio, diferentemente do PNPB que promovia a isenção fiscal, prevê a criação do CBIO – crédito de descarbonização, que será um ativo comercializado em bolsa entre os produtores e distribuidores. A quantidade de CBIO que o produtor terá para comercializar irá depender da Nota de Eficiência Energética que o seu combustível receber. O programa incentiva o cultivo e utilização de biomassas que promovam uma maior descarbonização com consequente redução dos GEE. Consiste em um sistema de avaliação meritocrática, que premia o produtor que investir em novas tecnologias de produção, além de ser um programa inclusivo por proporcionar que cada localidade produza respeitando suas características regionais e adequando-se às culturas mais propícias. Essa é mais uma diferença com o PNPB que, apesar de incentivar a produção de biodiesel por diferentes matérias primas, não fazia distinção na qualidade do biodiesel produzido.

Já as distribuidoras terão uma meta anual de descarbonização, estabelecida pelo CNPE, que influenciará na quantidade de CBIO's que deverão ser adquiridas por cada uma. As metas serão revistas anualmente dentro de um plano decenal estabelecido.

O RenovaBio proporciona um cenário inovador para a comercialização de biocombustíveis por possibilitar que o mercado se regule por si só, sem a interferência do governo. Além de promover previsibilidade para os investidores e para os setores envolvidos na produção e distribuição dos biocombustíveis. Acarretando uma maior segurança na realização das transações, gerando maior solidez e confiança no mercado.

REFERÊNCIAS

Acordo de Paris. 2015

AMARAL, Aurélio. **Regulação do Renovabio.** In: RENOVABIO: Próximos Passos. Rio de Janeiro: FGV Energia, fevereiro de 2018. Disponível em: <<https://fgvenergia.fgv.br/eventos/renovabio-proximos-passos> > Acessado em: 01/02/2018

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 2008. 236 p. Brasília, DF.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIODIESEL DO BRASIL (APROBIO). **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB.** Disponível em: <http://aprobio.com.br/legislacao-mercado/programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb/>. Acesso em: 28 de julho de 2017.

AZEVEDO, A.M.M. **Análise de Top-down e Bottom-up de um Programa de Inovação Tecnológica na Área de Energia: Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB).** 2010. 342 p. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

BALAT, M., **Production of Biodiesel from Vegetable Oils: A Survey.** Energy Sources, 2015 29: p. 895-913.
<https://doi.org/10.1080/00908310500283359>

BIOFUEL. **Biofuels:** What are they? 2010. Disponível em: <http://biofuel.org.uk/>. Acessado em 23/07/2017.

BIOMERCADO. **Oferta de glicerina e produção de Biodiesel,** 09 de março de 2015. Disponível em: http://biomercado.com.br/not_detalle.php?noticia=1248#. Acesso em: 25 de julho de 2017.

BNDES **Bioetanol de cana-de-açúcar:** Energia para o desenvolvimento Sustentavel / organização BNDES e CGEE. – Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

BRASIL. Lei N. 13.576, de 26 de dezembro de 2017. **Política Nacional de Biocombustíveis.** Brasília, DF, Dez 2017.

CARDOSO, SP. **Planejamento de colheita de cana-de-açúcar.** COPERSUCAR. São Paulo: Anais. 2008.

CARVALHO, Alain. Estratégias de desenvolvimento de biocombustíveis na França e no Brasil. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2013.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2011), “Estudio regional sobre economía de los biocombustibles 2010: Temas clave para los países de América Latina y el Caribe”, Documento para discusión, Santiago de Chile, marzo.

COELHO, José Mauro. **Modelos do Renovabio**. In: RENOVABIO: Próximos Passos. Rio de Janeiro: FGV Energia, fevereiro de 2018. Disponível em: <<https://fgvenergia.fgv.br/eventos/renovabio-proximos-passos>> Acessado em: 01/02/2018

COPERSUCAR. **Emissões evitadas na produção e utilização da cana -de- açúcar e Álcool**. São Paulo: Mimeo, 2010.

COUR DE COMPTES. **Évaluation d’une politique publique**: la politique d’aide aux biocarburants. 2017 Disponível em: https://roulemafrite17.com/IMG/pdf/120223_RMFI7_CP_biocarburants_cour_des_comptes.pdf

COUTO, Luiz Carlos, et al. **Vias de Valorização Energética da Biomassa**. Biomassa & Energia , V.1, N.1, P.71-92, 2004. Disponível em: < <http://www.renabio.org.br/008-B&E-v1-n1-2004-71-92.pdf>> Acessado em: 02/09/2017.

CRUZ, Carlos Henrique de Brito, et al. **Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro**. Luís Augusto Barbosa Cortez (org.). – São Paulo: Blucher, 2016. 224 p.

DIRECTIVA 2003/30/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 8 de Maio de 2003 relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes. Jornal Oficial da União Europeia 17.5.2003. Disponível em: <<http://www.ebb-eu.org/legis/OJ%20promotion%20POR.pdf>> Acessado em: 15/07/2018

DOLABELLA, Rodrigo Hermeto C. **Biocombustíveis na Argentina: Política Públicas e Evolução Recente**. Consultoria Legislativa. Brasília/DF. 2011.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2017.

FARINA, Elizabeth. **Contextualização**. In: RENOVABIO: Próximos Passos. Rio de Janeiro: FGV Energia, fevereiro de 2018. Disponível em: <<https://fgvenergia.fgv.br/eventos/renovabio-proximos-passos>> Acessado em: 01/02/2018

FELIX, Márcio. **Abertura**. In: RENOVABIO: Próximos Passos. Rio de Janeiro: FGV Energia, fevereiro de 2018. Disponível em: < <https://fgvenergia.fgv.br/eventos/renovabio-proximos-passos> > Acessado em: 01/02/2018

FÉLIX, Márcio. Bioquerosene e Oportunidades. *Ethanol Summit*. São Paulo, 26 de junho de 2017.

FERREIRA, Juliana. **Etanol de Segunda Geração: Definição e Perspectivas**. Revista Conexão Eletrônica, Três Lagoas/MS, v. 12, N. 1, 2015.

FGV. **Biocombustíveis**. FGV Energia. agosto 2017. ano 4. nº 8. ISSN 2358-5277.

FIGUEIREDO, PJM. **A sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. Editora: UNIMEP. Piracicaba, 2002.

GENOVESE, Alex Leão; UDAETA, Miguel Edgar Morales e GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro. **Aspectos Energéticos da Biomassa como Recurso no Brasil e no Mundo**. em: Encontro de energia no meio rural, 6, campinas, 2006. Disponível em <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC00000000220060010100021&lng=en&nrm=abn>. Acessado em: 19/08/2017

GENTIL, Luiz Vicente. **202 perguntas e respostas sobre biocombustíveis**. Brasília: SENAC-DF, 2011. p 38 e 117.

GERIS, R, et al. **Biodiesel de soja- reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica**. Química Nova, v.30, n.5, 1369-1373, 2007.
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000500053>

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4.Ed. São Paulo, Atlas, 2002.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia e Meio Ambiente no Brasil**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007. Disponível em <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10203>> acessado em 23/08/2017

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. **Política Energética no Brasil**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 19, n. 55, p. 215-228, 2005. Disponível em <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10203>> acessado em 23/08/2017

GOMES, José. BNDES projeta desembolso de R\$ 2 bi para o setor de cana em 2016. **Rede AgroServices**, 29 de novembro de 2016. Disponível em: <<https://www.redeagroservices.com.br/Noticias/2016/11/BNDES-projeta-desembolso-de-R-2-bi-para-o-setor-de-cana-em-2016.aspx>> Acesso em: 04 de agosto de 2017.

GORREN, Regiane Catarina Ribeiro. **Biocombustíveis – Aspectos Sociais e Econômicos: Comparação entre Brasil, Estados Unidos e Alemanha**. Programa de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo. 132p., 2009.

GRANBIO. BioVertis: **Cana-energia**. Apresentação CTBE. 30 de março de 2017.

HERRERA, Vânia Érika; SANTOS, Marco Aurélio dos; BELOTTI, Carolina. **O Programa de Biocombustíveis Brasileiro: comparações e barreiras com a União Europeia e os Estados Unidos.** anais XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Maturidade e Desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos, outubro de 2010.

HOLLANDA, Jayme & NOGUEIRA, Luiz. **Reverendo a paridade entre etanol hidratado e gasolina em veículos flexíveis.** 08 de maio de 2015.

KEENEY, R; HERTEL, T. *The indirect land use impacts of united states biofuel policies: the importance of acreage, yield, and bilateral trade responses.* Amer. J. Agr. Econ. 2011.

KODALI, D.R., High performance ester lubricants from natural oils. **Industrial Lubrication and Tribology**, 2012. 54(4): p. 165-170.
<https://doi.org/10.1108/00368790210431718>

LA VANGUARDIA. **Alemania estrena una planta de producción de biocombustible de segunda generación.** 2017 Disponível em: <http://www.lavanguardia.com/medio-ambiente/20131001/54390246508/alemania-biocombustible-bioliq.html>

LEITE, Rogério Cezar de Cerqueira, LEAL, Manoel Régis L. V. **Biocombustível no Brasil.** - CEBRAP [online]. 2007, n.78, pp.15-21. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-33002007000200003> [acessado em 17/09/217]
<https://doi.org/10.1590/S0101-33002007000200003>

LIMA, Paulo César Ribeiro. **Biodiesel: um novo combustível para o Brasil.** Câmara dos Deputados, Brasília, 2005.

LINO, Geraldo Luís. **A fraude do aquecimento global: como um fenômeno natural foi convertido numa falsa emergência mundial.** 4 Ed. Rio de Janeiro: Capax Dei, 2015.

LOPES, Afonso. et al. **Avaliação do Desempenho do Motor Alimentado com duplo Combustível - Biodiesel e Biogás.** In Congresso Brasileiro: Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais e Biodiesel, 1., 2004, Varginha. Varginha: Emater/MG, 2004. p. 1-7.

MACEDO, I. C. (Org.). **A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade.** 2. ed. São Paulo: Berlendis & Vertecchia: Unica, 2007. 245 p.

MAIA, Ana Claudia Coenca; GOMES, Carlos Francisco Simões **Possível uso da biomassa como alternativa para fornecimento de energia do Brasil.** Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. 197 p, 2009.

MAIA, Ricardo Ramos da Silva, **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB): implicações de uma análise custo benefício.** Mestrado em Gestão Econômica do

Meio Ambiente – Programa de Pós-Graduação do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (UnB), 2012

MANO, C. **Condições edafoclimáticas**. ISCTE [online], 2007 Disponível em: <https://ciberduvidas.iscte-iul.pt/consultorio/perguntas/condicoes-edafoclimaticas/21084> [acessado em 20/11/2017]

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Usos de Biodiesel no Brasil e no Mundo**. 2015. Disponível em:

<<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos-publicacoes-agroenergia/ usos-de-biodiesel-no-brasil-e-no-mundo.pdf>> Acessado em 08/11/2017

MAPA. Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia. 2. ed. rev. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.

MARTINELLI Jr., Luiz Carlos. **Máquinas Térmicas I – Motores de Combustão Interna**. Apostila da UNIJUÍ – Campus Panambi, 2003. Disponível em:

<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37336429/Motores_Combustao_Interna.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1525532474&Signature=6nQXsNKJqy%2FGP9v1S0nsHo8xzxc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMotores_Combustao_Interna.pdf> [acessado em: 05/05/2018]

MATSURA *et al.* **Avaliação de Ciclo de Vida**: proposta de avaliação de desempenho ambiental e certificação para o Programa RenovaBio. 2017 Disponível em:

<http://ubrabilio.com.br/sites/1800/1891/PDFs/EXPANDMG/30Ago17RenovaCalcAvaliaAAod eCiclodeVidaR.pdf>

MAZZONE, S. **Limites do crescimento**. São Paulo: Perspectiva, 2003.

MEDD, *Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie*. **Carburants et combustibles liquides ou gazeux**. 07 de novembro de 2016. Disponível em:

<<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/carburants-et-combustibles-liquides-ou-gazeux>> [acessado em: 25/07/2018]

MELO, J.A.S. **Inovação Tecnológica o uso direto de óleos vegetais como vetor Energético no Brasil**. 2009. 127 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.

MILANEZ, Artur, et al. O déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões de política. **BNDES Setorial**. Volume 35, pp. 27-302, março de 2012.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Discussões para implementação da NDC do Brasil**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/ndc-do-brasil> [acessado em 20/11/2017].

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **iNDC (Contribuições Nacionalmente Determinadas)**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/10570-indc-contribuicao-nacionalmente-determinada> [acessado em 08/11/2017].

MME – Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2015: Ano base 2014**. / Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro : EPE, 2015, 292 p. Disponível em [http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.1+-+BEN+2015+-+Documento+Completo+em+Português+-+Inglês+\(PDF\)/22602d8c-a366-4d16-a15f-f29933e816ff?version=1.0](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.1+-+BEN+2015+-+Documento+Completo+em+Português+-+Inglês+(PDF)/22602d8c-a366-4d16-a15f-f29933e816ff?version=1.0) [acessado em 05/01/2018].

MME – Ministério de Minas e Energia. **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel**. 2006. Disponível em <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/catalogo/REC000g6u2zeyv02wx5ok0wtedt3wjyc35h.html>> [acessado em 02/09/2017].

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. **Aquecimento Global**: uma visão crítica. Revista Brasileira de Climatologia. Instituto de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Alagoas. Agosto, 2008.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. Prefácio. In: LINO, Geraldo Luís. **A fraude do aquecimento global**: como um fenômeno natural foi convertido numa falsa emergência mundial. 4 Ed. Rio de Janeiro: Capax Dei, 2015.

OLIVEIRA, Miguel Ivan Lacerda de. **Renovabio**: por uma política nacional de biocombustíveis. Revista Opiniões. Ano 15, n. 54, divisão C, Out-Dez 2017.

PEREIRA, Gonçalo Amarante Guimarães. A energia da cana. **Revista Opiniões**, número 52, Abril e junho de 2017.

PERES, José Roberto Rodrigues; FREITAS JUNIOR, Edgar de; GAZZONI, Décio Luis. **Biocombustíveis uma oportunidade para o agronegócio brasileiro**. Revista de Política Agrícola, Ano 14, nº 1. Brasília, pp. 31-41, jan./mar. 2005.

PEZZO, Catarina Rodrigues; AMARAL, Weber Antônio Neves do. **O papel do Brasil no estabelecimento do mercado internacional de biocombustíveis**. Revista USP, n. 75, p. 18-31, São Paulo, Setembro/Novembro 2007.

RAMPIM, M.A. **Síntese de ésteres etílicos obtidos a partir dos óleos de mamona e soja utilizando a lipase imobilizada de Termomyces lanuginosus (Lipozyme TL IM)**. 2007. 263 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP.

RECALDE, M. (2011), **Los recursos energéticos en Argentina**: Análisis de la renta,

Problemas del desarrollo. Revista latinoamericana de economía, vol. 43, Nº 170, México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.

RODRIGUES, Adriano José Pires. **O setor sucroenergético tem urgência.** Revista Opiniões. Ano 15, n. 54, divisão C, Out-Dez 2017.

RODRIGUES, José Augusto R. **Do Engenho à Biorrefinaria.** A usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis. Química Nova, v. 34, n. 7, p. 1242-1254, 2011.
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000700024>

RODRIGUES, R.C. **Síntese de biodiesel através da transesterificação enzimática de óleos vegetais catalisada por lipase imobilizada por ligação covalente multipontual.** 2009. 171 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

ROITMAN, Tamar. **Caderno de Biocombustíveis.** In: RENOVABIO: Próximos Passos. Rio de Janeiro: FGV Energia, fevereiro de 2018. Disponível em:
<<https://fgvenergia.fgv.br/eventos/renovabio-proximos-passos> > Acessado em: 01/02/2018

SEVA FILHO, A. O. Renovação e sustentação da produção energética. In: CAVALCANTI, C. (org.) **Desenvolvimento e natureza:** Estudos para uma sociedade sustentável. Editora: Cortez. São Paulo, 2010.

SILVA, A.F, et al. **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para biodiesel:** Sistema BRS1G. – Tecnologia Qualidade Embrapa / editores técnicos André May [et al]. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012, 120 p.

SILVA, N.L. **Otimização das variáveis do processo de transesterificação (etanólise) de óleo de mamona: produção de biodiesel.** 2006. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

SILVA, José Carlos Da; SILVA, Arejacy Antonio Sobral; ASSIS, Rafael Tadeu De.(Org.) **Sustentabilidade Produtiva e Inovação no Campo.** Uberlândia: Compose, 234 p., 2013.

SOUSA, Ivan Sergio Freire de. **Rumo a uma sociologia da agroenergia.** 2010. 259 p. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

SOUZA, Ozair, et al. **Energia Alternativa de Biomassa:** Bioetanol a partir da casaca e da polpa de banana. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Vol.16, N.8, P.915-921. Campina Grande/PB. 2012

STRONG, C., **Evaluation of Biodiesel Fuel:** Literature Review. Montana Department of Transportation, 2014.

TOKARSKI, Donizete. **Perspectivas do Biodiesel com o Renovabio** . In: RENOVABIO: Próximos Passos. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2018. Disponível em: <<https://fgvenergia.fgv.br/eventos/renovabio-proximos-passos> > Acessado em: 01/02/2018

UBRABIO – União Brasileira de Biodiesel e Bioquerosene. **Nos Estados Unidos, biodiesel é utilizado em mistura que vão de 2% a 100%**. Abril de 2016. Disponível em: <http://www.ubrablo.com.br/1891/noticias/nosestadosunidosbiodieseleutilizadoemmisturasqu evao_258074/> Acessado em: 10/01/2018.

URQUIAGA, Segundo.; ALVES, Bruno José Rodrigues; BOODEY, Roberto Michael. **Produção de biocombustíveis**, a questão do balanço energético. Revista de Política Agrícola, v.14, n.5, p.42-46, 2005.

VALLE, F. M.; ROCHAEL, D. M.; PINHEIRO, R. B.; **Resumos do I Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais e Biodiesel**, Varginha, Brasil, 2004. Varginha: Emater/MG, 2004. p. 1-5.

ZANELLA, Liane Carly Hermes. **Metodologia de estudo e de pesquisa em administração**. – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília] : CAPES : UAB, 2009. 164 p.

ZANELLA, Liane Carly Hermes. **Metodologia de Pesquisa**. – 2 ed. Revista Atual – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC. 2011. 134 p.