



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS**

**CÁTIA SOFIA CARVALHO SÉCA**

**PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL: DESAFIOS  
E PERSPETIVAS**

**REDENÇÃO**

**2020**

**CÁTIA SOFIA CARVALHO SÉCA**

**PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL: DESAFIOS  
E PERSPETIVAS**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Artemis Pessoa  
Guimarães

**REDENÇÃO**

**2020**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Sistema de Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Seca, Catia Sofia Carvalho.

S444p

Produção e Utilização de Biocombustíveis no Brasil: desafios e  
Perspectivas / Catia Sofia Carvalho Seca. - Redenção, 2020.  
67f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de  
Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da  
Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção,  
2020.

Orientador: Artemis Pessoa Guimarães.

1. BIOCMBUSTÍVEIS. 2. ETANOL. 3. BIODIESEL. 4. ALTERNATIVAS  
ENERGÉTICAS. I. . II. Título.

CE/UF/BSCA

CDD 670.1

---



Ministério da Educação  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB  
Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável

**ASSINATURA DOS MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA**

*Artemis Pessoa Guimarães*

Profa. Artemis Pessoa Guimarães (IEDS/UNILAB)  
Presidente da Banca Examinadora

*Rita Karolinny Chaves de Lima*

Profa. Rita Karolinny Chaves de Lima (IEDS/UNILAB)  
Membro da Banca Examinadora

*Simone Cristina Freitas de Carvalho*

Tec. de Lab. Simone Cristina Freitas de Carvalho (IEDS/UNILAB)  
Membro da Banca Examinadora

Redenção, 04 de fevereiro de 2020.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho à Deus, que sempre iluminou o meu caminho e por me dar forças a cada dia. E aos meus pais, Firmina Séca e Hélder Séca.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria muito de agradecer à Deus pelo dom da vida e por todas as bênçãos na minha vida para que eu conseguisse chegar até aqui.

Em seguida, quero muito a agradecer à minha família, os meus pais, Firmina Séca e Helder Séca, pois sem eles, não seria capaz de chegar até onde cheguei, saibam que vocês são um exemplo a seguir e foram muito importante para que eu conseguisse completar esta etapa.

Agradeço também ao meu namorado Sandro Constantino por acreditar nos meus sonhos, sendo meu companheiro, amigo nos melhores e piores momentos, e por ter tido sempre paciência comigo.

As minhas queridas e amadas “irmãs de outra mãe”, Ana Isabel Viegas, Cesaltina Pires dos Santos, Clever Silvestre e Evalda Daio pela força e apoio durante este processo, e pelas boas e divertidas conversas tanto pessoalmente como à distância.

A minha querida professora e orientadora Artemis Pessoa Guimarães, não apenas nesta monografia, mas desde as primeiras aulas de metodologia do trabalho científico, que mesmo com todas atividades e responsabilidades sempre esteve à disposição para uma orientação clara, precisa e eficiente.

Aos meus amigos e colegas em especial, Jaimiro Alvarenga, Yara Alvarenga, Elber Moreira, Leila Ariana Delgado, Adeusa de Pina, Aguzildo Leopoldino, Djosef Amado, Emerson Silva, Valdécio Rodrigues, Sidney Quaresma, Neyla Ramos, Sara Salvaterra, Carlos Marques, Lislely Fernandes e tantos outros, pelo apoio, compreensão e conselhos, saibam que sem vocês a caminhada teria sido muito mais difícil.

E por fim agradeço, a esta Universidade Federal e a todos os professores do instituto IEDS que contribuíram para a realização deste trabalho, direta ou indiretamente.

Meu muito obrigado à todos!

“Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio à impossibilidade. Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível”.

**(Charles Chaplin)**

## RESUMO

O termo biocombustível, como o próprio nome já indica, é utilizado para qualquer combustível derivado de biomassa, ou seja, é de origem biológica ou natural, como por exemplo o etanol, o biodiesel, o carvão vegetal entre outros. Além de serem apontados como uma alternativa diante ao esgotamento das fontes de petróleo, o seu potencial vem sendo incrementado cada vez mais em todo o Brasil. São alternativas reais, não apenas para garantir as soluções de combate ao aquecimento global e a segurança energética, mas, também, para projetar o Brasil no cenário internacional. Nesse contexto, o presente trabalho visa analisar a situação atual de produção e utilização de biocombustíveis (etanol e biodiesel) no Brasil, bem como possibilitar a percepção das oportunidades que o país tem como um produtor emergente no mercado de energias renováveis. Para alcançar esses objetivos, foi realizado um levantamento bibliográfico com o intuito de identificar a viabilização dos biocombustíveis no país de estudo. Os resultados mostraram que os biocombustíveis no país em questão apesar de já ser uma realidade, depende fundamentalmente de um marco regulatório estável, uma política financeira e fiscal de longo prazo e um modelo de mercado aberto. No que diz respeito aos biocombustíveis, o etanol de cana-de-açúcar, é o principal combustível renovável, cuja produção vem crescendo e se expandindo como promessa ecológica devido a possibilidade de expansão agrícola e ao tipo de matéria-prima utilizada e de desenvolvimento social. Quanto ao biodiesel, a produção apresentou um aumento significativo após políticas de incentivo, e a matéria-prima mais utilizada no país como aponta o BEN (Balanço Energético Nacional), segundo a Empresa de Pesquisas Energética (EPE), é a soja, seguido do sebo bovino o que torna o país um dos principais produtores e exportadores do produto.

**Palavras-chave:** Biocombustíveis. Etanol. Biodiesel. Alternativa Energética.



## ABSTRACT

The term biofuel, as per its name, is used for any biomass-derived fuel, that is, it is of biological or natural origin, such as ethanol, biodiesel, charcoal, among others. Besides being pointed out as an alternative to the depletion of oil sources, its potential has been increasingly incremented throughout Brazil. They are real alternatives, not only to ensure solutions to fight against global warming and energy security, but also to project Brazil on the international scenario. In this context, this work aims to analyze the current situation of biofuel (ethanol, biodiesel) production and use in Brazil, as well as to understand the country opportunities as an emerging producer in the renewable energy market. To achieve these objectives, a bibliographic survey was conducted in order to identify the feasibility of liquid biofuels in the country of study. The results showed that biofuels in the country concerned, although it is already a reality, depends primarily on a stable regulatory framework, a long-term financial and fiscal policy and an open market model. As far as biofuels are concerned, the sugarcane ethanol is the main renewable fuel, whose production has been growing and expanding as an ecological promise due to the possibility of agricultural expansion and the type of raw material used and social development. As for biodiesel, the production showed a significant increase after policies of incentive, and as pointed out by BEN (National Energy Balance), the most used raw material in the country, according to the Energy Research Company (EPE), is soybean, followed by sebum which makes the country one of the main producers and exporters of the product.

**Keywords:** Biofuels. Ethanol. Biodiesel. Alternative Energies.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz de oferta de potência de energia elétrica Brasileira .....	16
Figura 2 - Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa .....	24
Figura 3 - Evolução dos percentuais de adição de biodiesel ao diesel fóssil .....	27
Figura 4 - Fluxograma do processo de produção de biodiesel .....	29
Figura 5 - Reação de transesterificação para obtenção do biodiesel .....	30
Figura 6 - Fluxograma simplificado do processo produtivo de açúcar e álcool.....	33
Figura 7 - Matriz energética mundial em 2012 .....	38
Figura 8 - Participação relativa dos óleos brutos na produção de biodiesel.....	40
Figura 9 - Mapa das regiões brasileiras e suas culturas para a produção de biodiesel.....	42
Figura 10 - Evolução da produção e importação de óleo diesel pelo Brasil (milhões de m <sup>3</sup> ) entre 2000 e 2007 .....	44
Figura 11 - Produção anual de biodiesel (B100) no Brasil entre 2005 e 2007 – conforme Resolução ANP nº 42/2004 .....	44
Figura 12 - Produção anual de biodiesel (B100) nas regiões brasileiras 2007.....	45
Figura 13 - Evolução da produção e do consumo de biodiesel entre 2005-2014 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )....	46
Figura 14 - Participação percentual das regiões brasileiras na produção nacional de biodiesel em 2018 .....	47
Figura 15 - Oferta de etanol no Brasil (bilhões de litros).....	49
Figura 16 - Matriz energética brasileira 2017 .....	51
Figura 17 - Matriz energética mundial 2016 .....	52

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Características das oleaginosas .....	41
Tabela 2 - Produção de biodiesel por unidade produtora, 2005-2006 (em m3) .....	43
Tabela 3 - Experiências e Princípios de Sustentabilidade dos Biocombustíveis.....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis
AGL	Ácidos Graxos Livres
BEN	Balanço Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEIB	Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
GG	Grupo Gestor
GEE	Gases de Efeito Estufa
IEA	<i>International Energy Agency</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MME	Ministério de Minas e Energia
MTBE	<i>Methyl Tert-Butyl Ether</i>
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PRÓALCOOL	Programa Brasileiro de Alcool

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1.1 Objetivos</b> .....	15
<i>1.1.1 Objetivo Geral</i> .....	15
<i>1.1.2 Objetivos Específicos</i> .....	15
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	16
<b>2.1 Fonte de energia limpa e renovável</b> .....	16
<b>2.2 Conceitos e Histórico</b> .....	17
<i>2.2.1 Aspectos Históricos do Etanol</i> .....	19
<b>2.3 Biomassa</b> .....	21
<b>2.4 Biodiesel</b> .....	25
<i>2.4.1 Processo de produção de biodiesel</i> .....	27
<b>2.5 Etanol</b> .....	31
<i>2.5.1 Processo de Produção do Etanol</i> .....	32
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	36
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	37
<b>4.1 Panorama Mundial de Produção de Biocombustíveis</b> .....	37
<b>4.2 Panorama Brasileiro da Produção e Consumo do Biodiesel</b> .....	39
<b>4.3 Panorama Brasileiro da Produção e Consumo do Etanol</b> .....	48
<b>4.4 Matriz energética Brasileira</b> .....	50
<b>4.5 Sustentabilidade e Aspectos Ambientais dos Biocombustíveis</b> .....	52
<b>5 DESAFIOS E PERSPECTIVA PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS AO LONGO PRAZO</b> .....	56
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	58
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	60

## 1 INTRODUÇÃO

Para satisfazer as primeiras necessidades do homem que eram basicamente a alimentação, o aquecimento das águas, iluminação noturna, o homem apoderou-se do uso do fogo como uma das primeiras formas de utilização da biomassa.

Na história, a biomassa acabou perdendo sua liderança para a energia do carvão e, posteriormente, com o crescimento contínuo do petróleo e do gás natural, o uso dela foi reduzida. O consumo de energia mundial tem vindo a crescer de forma contínua, seja pelo crescimento acelerado dos países em desenvolvimento e seus bilhões de habitantes, ou pela mudança de hábitos que as tecnologias modernas têm proporcionado às populações de países desenvolvidos.

E para suprir esse consumo, a sociedade e a economia global dependem fortemente de um modelo energético baseado na utilização dos combustíveis fósseis, que para além de serem limitados e finitos, causam grandes impactos no ambiente. Por outro lado, o consumo excessivo destes combustíveis pode ser prejudicial para o planeta. A combustão de combustíveis fósseis produz dióxido de carbono que é um gás de efeito de estufa (GEE).

Visto esses acontecimentos, os estudos a respeito em busca de soluções viáveis para a substituição do petróleo como fonte de energia tornaram-se comuns. Este fato se intensificou com o aumento do valor do barril de petróleo e também com a crescente preocupação com o meio ambiente e sua conservação.

Assim sendo, surge a necessidade de se investir na pesquisa de novas fontes alternativas de energia, como por exemplo os biocombustíveis. Sendo que os biocombustíveis apontam como uma aposta viável e concreta para a substituição dos derivados do petróleo dos quais destacam-se o etanol e o biodiesel, que são na atualidade produzidos em grande escala por vários países e consumidos por grande parte da população mundial.

O termo biocombustível, como o próprio nome já indica, é utilizado para qualquer combustível derivado de biomassa, ou seja, é de origem biológica ou natural, como por exemplo o etanol, o biodiesel, o carvão vegetal entre outros.

Nos países em desenvolvimento, assim como o Brasil situados em regiões tropicais, a amplitude dos recursos bioenergéticos mostra que apenas depois de 1915, os combustíveis fósseis passaram a ser utilizados com alguma relevância. A lenha permaneceu mais importante do que o petróleo no suprimento energético até 1964. Até então, as estradas de ferro brasileiras que eram quase a única forma de transporte de carga a médias distâncias, assim como nas embarcações da Amazônia, a lenha era o único combustível empregado até o momento. O Brasil levou muito tempo para se adaptar à energia vinda do petróleo, e logo após adaptar-se, começou a procurar formas alternativas para a substituição total ou parcial do petróleo (AVELAR, 2009).

Em 1975, o Brasil lança o Programa Nacional do álcool (Proálcool) – maior programa comercial de uso de biomassa para fins energéticos no mundo. O programa consistia em desenvolver o uso do etanol ou do etil álcool como combustível. Ele podia ser utilizado para substituir o methyl tert-butyl ether (MTBE) da gasolina ou utilizado na forma pura como combustível de veículos automotores. Dois anos depois, o professor Expedito Parente, da Universidade Federal do Ceará, descobre o biodiesel a partir do óleo de algodão e, em 1980, ele registra a primeira patente mundial de biodiesel, hoje de domínio público (PASSOS, 2009).

Para o mesmo autor, o Brasil não manteve-se em uma só tentativa em busca de desenvolver combustíveis renováveis, tendo estes esforços se iniciado ainda em 1920.

O estudo sobre a utilização e produção de biocombustíveis (etanol e o biodiesel) no Brasil faz-se necessário para possibilitar o conhecimento sobre as alternativas que o país tem como um produtor emergente no mercado de energias renováveis. (Goes, 2009) aponta que o Brasil é um exemplo de que produzir biocombustíveis é uma atividade economicamente viável devido a disponibilidade de terras tendo o clima e relevo favoráveis e o baixo custo de produção.

## **1.1 Objetivos**

### ***1.1.1 Objetivo Geral***

O presente trabalho tem por objetivo analisar a situação de produção e utilização de biocombustíveis no Brasil, bem como possibilitar a percepção das oportunidades que o país tem como um produtor decorrente no mercado de energias renováveis.

### ***1.1.2 Objetivos Específicos***

- Apresentar um breve historico sobre a inserção do etanol e do biodiesel na matriz energética Brasileira;
- Apresentar a situação de produção e analisar a utilização do etanol e biodiesel no Brasil;
- Apresentar o mercado do etanol e do biodiesel a nível mundial e nacional;
- Apresentar as possíveis alternativas energéticas baseadas nos biocombustíveis líquidos;



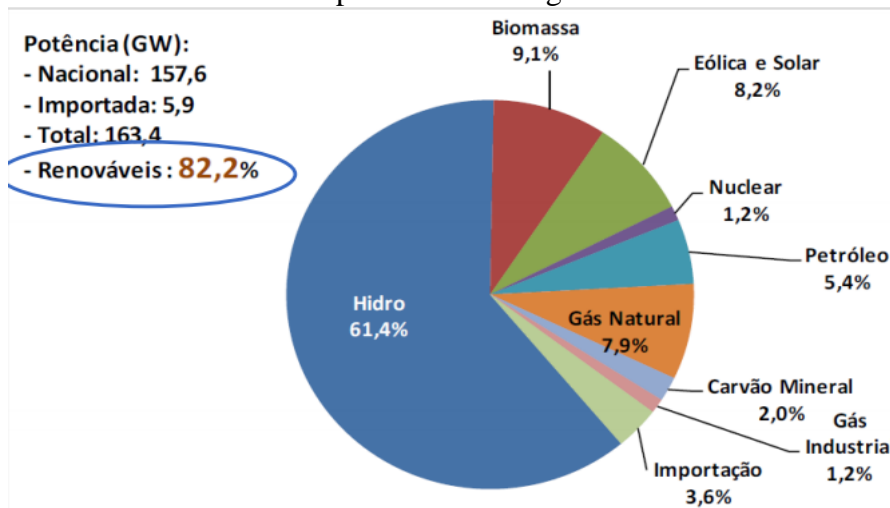
## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Fonte de energia limpa e renovável

Fontes renováveis de energia são aquelas obtidas a partir de fontes capazes de se regenerar naturalmente, como, por exemplo, a energia produzida pelo sol, pelo vento, pela força da água e pela biomassa.

A utilização de energias renováveis no mundo inteiro, fez com que o Brasil se torna-se um grande exemplo em produzir energias renováveis, cerca de 82,2% da energia produzida em solo brasileiro vem de fontes renováveis, através das hidrelétricas, energia eólica, biomassa, entre outras. Só o setor hidroelétrico corresponde a 65,2% da produção total de energia nacional, segundo dados do Balanço Energético Nacional - BEN (2017), fazendo do país um dos líderes no uso de fontes renováveis de energia. Conforme é mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Matriz de oferta de potência de energia elétrica Brasileira



Fonte: MME (2018).

A Figura 1 ilustra a matriz energética de oferta de potência de energia elétrica. Pode-se verificar que a energia hidráulica tem um domínio de 65% de participação, incluindo a importação. Já a participação das fontes renováveis fica em 82,2%, sendo esse indicador muito superior ao nível mundial.

Essa conquista se deve a soma de diversos fatores. O Brasil consegue combinar políticas públicas de incentivo e estímulo a pesquisas de novas tecnologias de fontes

renováveis e ao mesmo tempo dispõe de um imenso território com riquezas naturais com grande potencial.

No Brasil as principais fontes de energia renováveis utilizadas hoje em dia são; a hidroeletricidade, o álcool etílico usado em veículos do qual o Brasil é um dos maiores produtores e maior consumidor mundial do produto, lenha e carvão vegetal e por fim lixívia e outras renováveis.

O uso do biodiesel sendo uma fonte de energia alternativa do futuro é muito vantajosa visto que não requer gastos econômicos quanto à refinação, como acontece com o petróleo. Este combustível surgiu como uma alternativa à dependência do petróleo e de seus derivados. É uma alternativa altamente viável que resolve dois grandes problemas ambientais ao mesmo tempo por aproveitar resíduos, alivia os aterros sanitários; e reduz a poluição atmosférica.

Contribui também para o aumento dos postos de trabalho, visto que pede a implementação de grandes campos de cultivo para as matérias-primas necessárias para a produção de biocombustível como a cana-de-açúcar e outros vegetais utilizados para a produção. Estudos apontam, que o biodiesel reduz em até 70% (setenta por cento) das emissões de poluentes como o dióxido de carbono causadas pela produção do combustível, gás responsável pelo efeito estufa, e que está alterando drasticamente o clima à escala mundial (EMBRAPA, 2015).

Durante a conferência do clima (conferência Marco das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas nº 15 realizada em Copenhague, entre os dias 7 e 18 de dezembro de 2009) o Brasil assumiu um compromisso voluntário de reduzir as emissões nacionais de GEE proporcionada pelo uso de biodiesel em 36,1% à 38,9% até 2020 (BICHARA; LIMA, 2012).

Esse compromisso assumido pelo Estado brasileiro representa uma iniciativa do governo no sentido de atender às metas estabelecidas em Quioto, mesmo o Brasil não sendo um país no qual tem obrigações quantificadas de redução de gases GEE.

## **2.2 Conceitos e Histórico**

Os biocombustíveis, como o próprio nome já indica, são um tipo de combustíveis de origem biológica ou natural. Trata-se de uma fonte renovável de energia que é utilizada por meio da queima da biomassa ou de seus derivados, tais como o etanol para combustível,

o biodiesel, o biogás, o óleo vegetal e outros. Para o portal ANP, a biomassa pode ser qualquer material de constituição orgânica que pode ser utilizado para algum tipo de produção de energia.

Geralmente, as matérias-primas utilizadas para geração de biocombustíveis são as plantas oleaginosas, ou seja, aqueles vegetais que possuem substâncias em formas de óleos e gorduras que podem ser extraídas a partir de determinados processos. Os vegetais frequentemente mais utilizados, principalmente no Brasil, estão a cana-de-açúcar, a mamona, a palma, o girassol, o babaçu, a soja, o milho e outros segundo o portal ANP.

O mundo reconheceu a necessidade de mudar a sua matriz energética baseada quase que exclusivamente em combustíveis fósseis e viu-se obrigado à buscar alternativas que permitam cada vez mais a utilização de energias limpas e renováveis.

Assim, destacam-se dois fatores que são de fundamental importância e determinam a urgência dessa mudança. O primeiro fator é enquanto a demanda de energia no mundo for crescendo à taxas significativas, as reservas de petróleo dão sinais de exaustão. E o segundo fator é, enquanto for surgindo os problemas com o aumento da temperatura, elevação dos níveis dos oceanos, secas, enchentes e furacões devastadores, se agravarão os problemas nas próximas décadas formando assim um motivo de alerta ao mundo (GOES, 2009).

O autor ressalta ainda que todos esses fenômenos climáticos têm sido ocasionados pelo efeito estufa, em virtude do excesso de gases poluentes do ar, principalmente o dióxido de carbono, resultante da utilização do petróleo, do carvão e da destruição de florestas tropicais. O uso do óleo diesel em motores é responsável, em média, por 70% da emissão de poluentes nos centros urbanos. O consumo de combustíveis fósseis derivados do petróleo afeta consideravelmente nas condições do meio ambiente, promovendo a poluição do ar e as mudanças climáticas, os derramamentos de óleo e a geração dos resíduos tóxicos, são consequências do uso e da produção desses combustíveis.

Com base no Protocolo de Quioto, que é um tratado internacional em que os países se comprometem a diminuir a poluição mundial e minimizar as consequências danosas do efeito estufa, aumentando a utilização de fontes de energia renováveis.

Para Branco; Khair (2011) os biocombustíveis surgiram como uma alternativa viável para a transformação da matriz de energia no mundo. A mudança do atual paradigma

energético é de fundamental importância para o funcionamento de todo o domínio produtivo, mais especialmente para o setor de transportes, cuja dependência com relação ao petróleo responde por cerca de 98% da demanda mundial de combustíveis, e cujo nível de preços poderá impor limites indesejáveis ao crescimento da economia mundial.

Desde o século XIX, quando o petróleo foi descoberto, ele vem sendo utilizado de maneira exagerada pela sociedade. Isto aconteceu principalmente com o aumento da procura da energia gerada pelo enriquecimento da industrialização, que trouxe consigo uma mudança na cultura da população, que passou a consumir cada vez mais e demandando uma maior oferta de produtos e como consequência, um maior consumo de matérias-primas e energia. Com o aumento do consumo do petróleo fez com que aumentasse ainda mais a popularização dos automóveis, que passaram a ser produzidos em série e tornaram-se mais acessíveis para a toda sociedade mundial.

### ***2.2.1 Aspectos Históricos do Etanol***

No século XVII, a cana-de-açúcar se expandiu nas regiões com solos propícios principalmente massapé e constituiu-se em a principal atividade econômica do País. Sem concorrente a altura, o produto se fortaleceu como grande produto de exportação como revela (TÁVORA, 2011).

De acordo com o mesmo autor, em 1650 surgiu o açúcar produzido a partir da beterraba. Continuando o açúcar da cana sendo um destaque internacional, com participação superior a 90% da produção mundial.

Nos fins do século XIX, a produção de biocombustíveis no Brasil surgiu praticamente ao mesmo tempo da indústria automobilística. No Rio de Janeiro, em 1903, propôs-se o estabelecimento de uma infraestrutura para a produção e uso do álcool como combustível em veículos automotores, mas sua utilização de forma regular e legalizada ocorreu a partir dos anos trinta, como uma maneira de reduzir a importação de gasolina e utilizar excedentes de produção da agroindústria canavieira.

Desde 1931, o etanol passou a ser um componente regular da gasolina brasileira e até 1975, o conteúdo médio inserido na gasolina foi 7,5% (LEITE, 2011).

Em 14 de Novembro de 1975 o governo brasileiro deu início ao Programa Brasileiro de Etanol pelo Decreto nº 76.593, o Pró-álcool. O programa foi criado para garantir

o fornecimento de energia, bem como apoiar a indústria açucareira pela diversificação da produção depois da queda do preço do açúcar em 1974. Desta forma, o país poderia substituir parte do combustível derivado de petróleo. A decisão de produzir etanol a partir de cana-de-açúcar, além do preço do açúcar, é política e econômica, envolvendo investimentos adicionais e também auxiliaria o setor sucroalcooleiro (LEITE, 2011).

Para o mesmo autor, tal decisão foi tomada quando o governo federal decidiu encorajar a produção do álcool em substituição à gasolina pura, com o objetivo de reduzir as importações de petróleo, então com um grande peso na balança comercial externa. Nessa época, o preço do açúcar no mercado internacional vinha decaindo rapidamente, o que tornou conveniente a mudança de produção de açúcar para álcool.

Entre 1977 e 1979, houve uma expansão da produção de etanol de cana-de-açúcar, que foi o vegetal escolhido para produzir este combustível no Brasil. Os fatores que determinaram essa escolha foram: o primeiro foi a grande extensão territorial do país; o segundo foi o clima propício para a cultura da cana; já o terceiro foi o domínio da tecnologia da fabricação do etanol. Com a segunda crise do preço do petróleo em 1979, a situação agravou-se fazendo com que o programa fosse expandido, e em julho do mesmo ano, foi lançado no mercado nacional o primeiro carro a álcool, o modelo Fiat 147. Rapidamente, outras fábricas, com vários modelos, começaram a alimentar o mercado com essa nova opção (ANDRADE, 2009).

Assim, no início dos anos 1980 a produção dos motores de veículos foi adaptada ao uso do etanol ou do etil álcool como combustível. Ele poderia ser utilizado para substituir o methyl tert-butyl ether (MTBE) da gasolina ou utilizado na forma pura como combustível de veículos automotores. O primeiro ônibus movido a biodiesel percorreu 300 km com bons resultados. Segundo Parente (2007), o motor teve desempenho melhor do que o motor que utilizava somente diesel.

Entre 1975 à 2000, foram produzidos aproximadamente 5,6 milhões de automóveis com motores a álcool. Além dos automóveis a álcool em menos de um quarto de século o governo aprovou a mistura de etanol na gasolina de 1,1% à 25% em cada litro de combustível. O ponto positivo dessa mistura foi evitar a emissão de 110 milhões de toneladas de gás carbônico na atmosfera e a importação de 550 milhões de barris de petróleo, equivalentes a US\$ 11,5 bilhões (MASIERO, 2008).

Segundo Piacente (2006) o ano de 2004 foi o ano de mudança, pois foi nele que as exportações saltaram de 757 milhões de litros no ano 2003, para 2.408 milhões de litros. As exportações de etanol no Brasil atingiram o volume de 2,4 bilhões de litros e as demandas dos mercados internos e externos passaram a crescer, e a expansão da indústria passou a ser influenciada pela demanda.

Nessa continuidade observou-se a recuperação dos preços internacionais do açúcar, que contribuiu para reduzir o interesse dos produtores pelo etanol. Sob tais condições, o mercado passou por restrições de oferta, levando à diminuição do teor de etanol na gasolina durante alguns anos e à importação de etanol, por algum tempo. Conseqüentemente, houve uma queda expressiva do interesse dos consumidores nos veículos a etanol hidratado e a utilização desse biocombustível passou a ser considerada uma alternativa com potencial, porém sem perspectivas de curto prazo (CGEE, 2006).

### **2.3 Biomassa**

Os biocombustíveis, como o caso da biomassa, vêm sendo empregados com o objetivo de substituir combustíveis de origem fóssil, trazendo benefícios ao meio ambiente não só pela preservação desses recursos, como também pela redução de gases que causam o efeito estufa.

Do ponto de vista da geração de energia, o termo biomassa abrange os derivados recentes de organismos vivos utilizados como combustíveis ou para a sua produção.

Fonseca (2009), define de forma geral, a biomassa como sendo qualquer combustível ou matéria bruta derivados de organismos que estiveram vivos recentemente. Tal definição claramente exclui os tradicionais combustíveis fósseis que, mesmo tendo sido derivados de matéria orgânica vegetal e animal, necessitaram de milhões de anos para sua conversão na forma que são encontrados atualmente.

A grande vantagem da biomassa é a capacidade de produção energética através de combustão em pequenos fornos locais. Isto faz com que a população possa aderir a este manejo inteligente e sustentável de energia.

As formas energéticas da biomassa podem ser de origem de cultivos agrícolas como o bagaço da cana-de-açúcar ou de origem vegetal como as sobras de madeiras desperdiçadas em serrarias.

Desde tempos passados a biomassa tem sido importante como fonte energética. Os historiadores afirmam que com a descoberta do fogo 500.000 a.c, o uso do fogo foi uma das primeiras formas para a utilização da biomassa pelo homem (principalmente madeira de arvores), para geração de calor para cozimento de alimentos e proteção contra frio. Durante muito tempo o uso de madeira proveniente de florestas, foi grande responsável pelo desmatamento das áreas vegetais do planeta, incluindo a Europa e os Estados Unidos. No Brasil, a destruição da Mata Atlântica e de grande parte da floresta Amazônica também não fugiu muito desse problema. E o termo biomassa foi associado à ideia de desmatamento (GUARDABASSI, 2006).

Apenas no século XX começou-se a usar a biomassa moderna, com programa do álcool no Brasil e a prática do reflorestamento para produção de madeira e por isso, a biomassa foi vista de forma pejorativa, como sendo um combustível para ser usado apenas por países subdesenvolvidos. Entretanto, com as crises do petróleo da década de 1970 foi de suma importância a alteração desta visão, pois o uso da biomassa como fonte de energia passou a ser encarado como uma opção alternativa em substituição aos derivados de petróleo.

Para McKendry (2002) existem diversos motivos para a biomassa ter-se fortalecido nos últimos 10 anos. Um dos fatores foi o avanço da tecnologia relativa à conversão da biomassa, apresentando hoje baixo custo e maior eficiência em sua conversão, diferentemente do que acontecia anteriormente. A segunda razão é o setor agrícola estar produzindo cada vez mais quantidades de alimentos e, conseqüentemente seus rejeitos. Esta situação criou a uma política de redução dos excedentes, reduzindo conseqüentemente os problemas ambientais causados pelos rejeitos. E o terceiro estímulo trata-se da mudança climática, devido aos níveis elevados de emissões de gases com efeito de estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, entre outros), o qual tornou-se um grande estímulo às energias renováveis em geral.

Karekesi *et al.* (2005) classificam a biomassa em três categorias, de acordo com o desenvolvimento na sua utilização energética. Elas podem ser:

- Biomassa tradicional: combustão direta de madeira, lenha, carvão vegetal, resíduos agrícolas, resíduos de animais e urbanos, para cocção, secagem e produção de carvão.
- Biomassa “aperfeiçoada”: técnicas aperfeiçoadas e mais eficientes de combustão direta de biomassa, tais como fogões e fornos.
- Biomassa moderna: técnicas avançadas de conversão de biomassa em eletricidade e o uso de biocombustíveis.

Conforme o mesmo autor, considera-se “biomassas modernas” os biocombustíveis (etanol e biodiesel), madeira de reflorestamento, bagaço de cana-de-açúcar e outras fontes, desde que utilizadas de maneira sustentável, utilizadas em processos tecnológicos avançados e eficientes.

Enquanto as “biomassas tradicionais” são aquelas não sustentáveis, utilizadas de maneira rústica, em geral para suprimento residencial (cocção e aquecimento de ambientes) em comunidades isoladas. Pode-se destacar a madeira de desflorestamento, resíduos florestais e dejetos de animais.

Por ser um combustível barato e acessível, a biomassa tradicional é muito utilizada em países e regiões mais pobres. Em países da África Subsaariana, por exemplo, a lenha é coletada pelas mulheres e queimada dentro de casa, em fogões primitivos que fornecem energia e calor para cocção e aquecimento do lar. Nesta região a biomassa responde por 70% - 90% da oferta total de energia primária (IEA, 2005).

Um importante aspeto da biomassa é o seu carácter 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).

Couto (2004) afirma que esta mesma fonte 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.

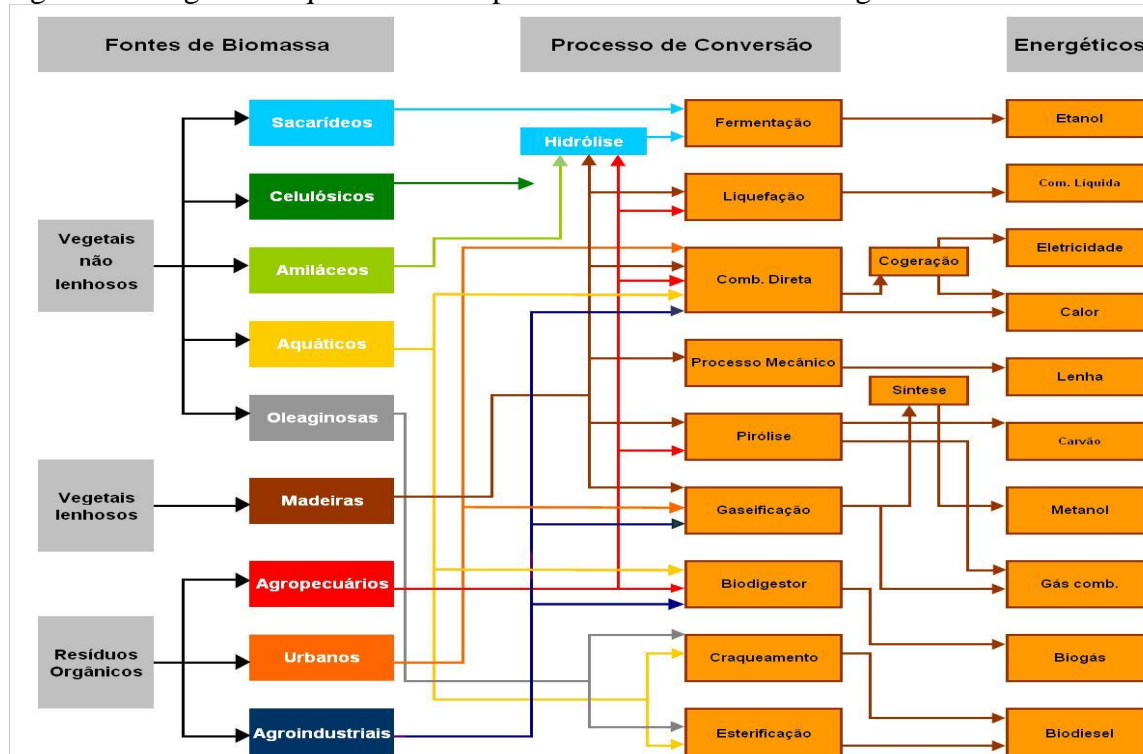
De acordo com o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2008), estima-se que a terra possui a quantidade de biomassa na ordem de 1,8 trilhão de toneladas. Sendo que os maiores



provedores 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 aproveitamento da biomassa pode ser feito por meio da combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/quebra etc.), de processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou de processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação). A Figura 2 apresenta os principais processos de conversão da biomassa em energéticos.

Figura 2 - Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa



Fonte: Balanço energético nacional - BEN. Brasília: MME (1982).

O diagrama da Figura 2 mostra as principais formas de aproveitamento energético da biomassa que podem ser caracterizados como: fermentação que pode ser definida como um processo biológico anaeróbio em que os açúcares de plantas como a batata, o milho, a beterraba e, principalmente, a cana-de-açúcar são convertidos em álcool por meio da ação de microrganismos.

A combustão direta, a biomassa é queimada para produção de calor utilizado no aquecimento de ambientes, caldeiras ou na produção de energia elétrica através de turbinas a vapor. A gaseificação é o processo de conversão de combustíveis sólidos em gasosos, por meio de reações termoquímicas envolvendo vapor quente e ar, ou oxigênio, em quantidades inferiores a estequiométrica.

Já a pirólise é o processo mais antigo de conversão de um combustível em outro de melhor qualidade e também o mais simples, a digestão anaeróbia, assim como a pirólise ocorre na ausência de ar, consiste na decomposição do material pela ação de bactérias, a esterificação, é um processo químico reversível que consiste na reação entre um ácido carboxílico e um álcool, produzindo assim um estér e água.

E o biodigestor se baseia no processo anaeróbio, utilizam tecnologias simples que facilitam transformar os dejetos de animais em biofertilizantes para serem usados nas lavouras e na produção de biogás, muito útil como fonte de energia.

Goldemberg (2009) mostra que de todas as opções disponíveis, o etanol da cana-de-açúcar é o maior sucesso comercial dos combustíveis de biomassa em produção. O etanol da cana-de-açúcar possui balanço energético positivo e tem sido beneficiado pelo apoio de políticas governamentais em vários países, inclusive no Brasil, que abastece aproximadamente 40% do combustível para veículos de passageiros (um terço da sua demanda total de energia para transporte) com etanol da cana-de-açúcar.

## **2.4 Biodiesel**

Hoje em dia o mundo tem o objetivo de reduzir a poluição ambiental . Com os problemas associados ao efeito estufa, passa-se cada vez mais ao longo dos dias ganhando conhecimento dos estudos e notícias para amenizar tais poluições.

O uso de combustíveis de origem fóssil tem sido apontado como o principal responsável por isso a comunidade Europeia, os Estados Unidos, e diversos outros países vêm estimulando a substituição do petróleo por combustíveis de fontes renováveis, incluindo o biodiesel, diante da sua expressiva capacidade de redução da emissão de diversos gases causadores do efeito estufa, por exemplo do gás carbônico e enxofre.

A substituição de gasóleo por biodiesel contribui também para equilibrar o aumento do consumo de derivados do petróleo e diminuição das reservas de combustíveis fósseis. Os primeiros estudos para a criação de uma política para o biodiesel no Brasil iniciaram-se em 2003, com a criação da Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel (CEIB) e do Grupo Gestor (GG) pelo governo federal (GOMES, 2014).

Em 6 de dezembro de 2004 foi lançado oficialmente o Programa Nacional de Produção de Biodiesel, regulamentado pela Lei nº- 11.097, de 2005. O programa estabeleceu a obrigatoriedade do uso de 2% de biodiesel misturado ao petrodiesel a partir de 2008 e de 5% a partir de 2013, esta última data pode ser antecipada dependendo da capacidade de produção instalada (GOMES, 2014, p.15).

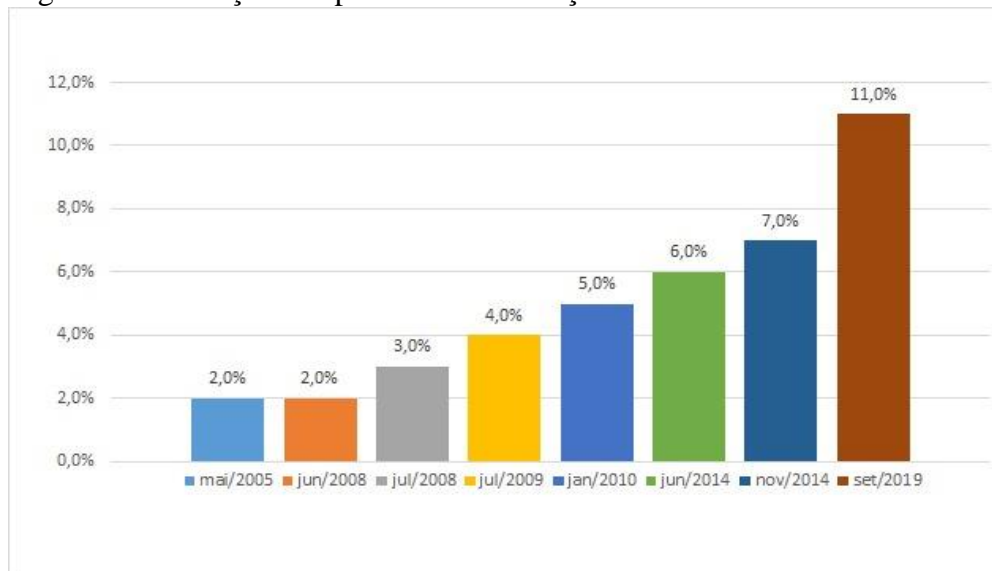
O biodiesel é completamente biodegradável, não tóxico e essencialmente livre de compostos sulfurados e aromáticos, o que o torna um combustível 100% ecológico (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2017).

Mendes (2015, p.1) define o biodiesel como um combustível formado por ésteres de ácidos, ésteres metílicos, etílicos ou propílicos de ácidos carboxílicos de cadeia longa. É um combustível renovável e biodegradável, obtido comumente a partir da reação química de lípidos, óleos ou gorduras, de origem animal (sebo) ou vegetal (óleo de colza), com um álcool na presença de um catalisador (reação conhecida como transesterificação). E Pode ser obtido também pelos processos de craqueamento e esterificação.

Estudos feitos por Zhang, *et al.* (2003) apontam o biodiesel como um combustível com propriedades muito semelhantes às do gasóleo. O biodiesel pode ser usado na forma pura ou misturado ao diesel à base de petróleo. A mistura de 2% de biodiesel ao gasóleo é chamada de B2 e assim sucessivamente. O biodiesel puro é denominado B100.

Com passar dos anos esse percentual vem aumentando gradativamente e recentemente a ANP aprovou um despacho que fixa o percentual de adição de até 15% em volume de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final. Sendo que o percentual mínimo deve obedecer ao cronograma previsto na Resolução CNPE nº 16, de 2018. Desta forma o percentual mínimo de biodiesel a ser acrescentado no óleo diesel atualmente deverá ser de 10% para 11% (AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS- ANP, 2019). A Figura 3 mostra a evolução dos percentuais de adição de biodiesel ao diesel fóssil.

Figura 3 - Evolução dos percentuais de adição de biodiesel ao diesel fóssil



Fonte: Adaptado de SOUZA *et al.*, (2015).

Este combustível apresenta todas as características necessárias para a sua utilização nos motores atuais com bombas de injeção ciclo-rotativas e de injeção eletrônica, fazendo desse biocombustível o mais direto competidor ao gasóleo.

Fazendo uma comparação das características do biodiesel e do gasóleo, verifica-se que em geral, o biodiesel apresenta valores mais elevados de viscosidade, densidade, índice de cetano e ponto de solidificação, e valores mais reduzidos de poder calorífico, devido à composição. Também apresenta um teor de água e oxigênio superior ao gasóleo, mas inferior em carbono, sendo constituído por ésteres dos ácidos em C<sub>12</sub>-C<sub>22</sub>, enquanto o gasóleo é constituído por hidrocarbonetos em C<sub>10</sub>-C<sub>21</sub> (GOMES, 2006).

#### **2.4.1 Processo de produção de biodiesel**

Á princípio, toda substância que contém triglicerídeos em sua composição pode ser usada para a produção de biodiesel. Os triglicerídeos são encontrados em óleos vegetais e gorduras animais, do mesmo modo de óleos e gorduras residuais. Além dos triglicerídeos, os ácidos graxos também são fontes para a produção de biodiesel.

Encarnação (2008) classificou as matérias-primas para obtenção do biocombustível em 4 categorias: óleos e gorduras de origem animal, óleos e gorduras de

origem vegetal, óleos residuais de fritura, e materiais flutuantes compostos por graxas de esgoto.

Do ponto de vista de Ramos *et al* (2003) pode-se afirmar de uma maneira geral, que monoalquil-ésteres de ácidos podem ser produzidos a partir de qualquer tipo de óleo vegetal, porém nem todo óleo vegetal pode (ou deve) ser utilizado como matéria-prima para produção de biodiesel. Isto porque alguns óleos vegetais apresentam propriedades não ideais, como alto número de iodo ou alta viscosidade que são transferidas para o biocombustível que fazem ser inapropriado para uso direto em motores de ciclo diesel.

Existem duas rotas tecnológicas ou processos químicos, experimentalmente já de domínio de instituições de pesquisa que são utilizadas para obtenção do biodiesel, elas podem ser realizadas mediante um processo de transesterificação e craqueamento catalítico ou térmico.

O craqueamento ou pirólise é um processo de quebra de moléculas de triglicerídeos (presentes em óleos e gorduras) em altas temperaturas e na ausência de oxigênio, em moléculas menores, conhecidas como hidrocarbonetos. Além de apresentarem características semelhantes ao diesel de petróleo, dão origem ao biodiesel (JARDINE *et al*, 2009).

Já o processo de transesterificação é mais utilizado atualmente, consiste numa reação química dos óleos vegetais ou gorduras animais com álcool comum, etanol ou metanol, para produzir um éster e um co-produto, o glicerol. Este processo tem por objetivo modificar a estrutura molecular de óleos vegetais tornando-o praticamente idêntico a do óleo diesel e conseqüentemente com propriedades físico-química igual (CONCEIÇÃO *et al.*, 2005).

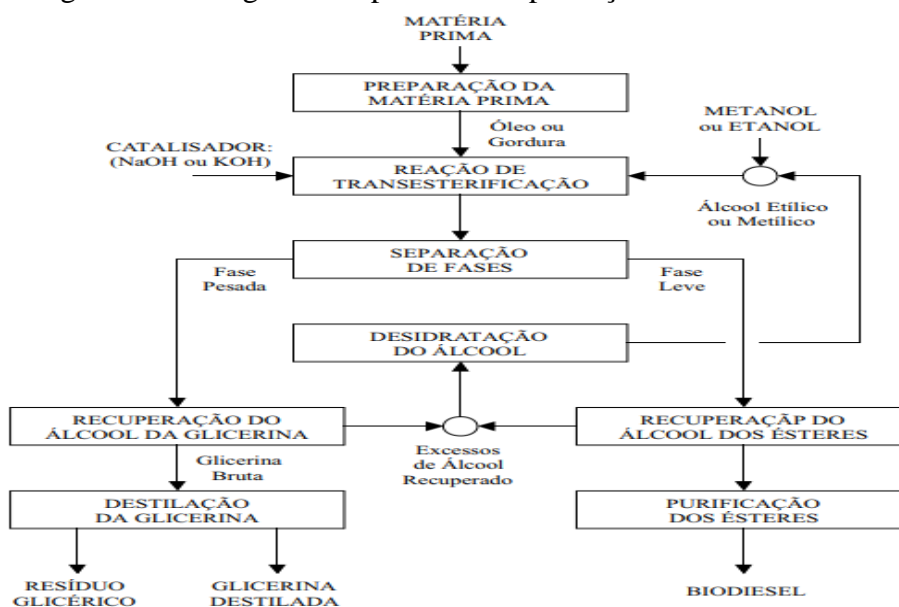
Na reação de transesterificação acontece um problema que é a alta carga de ácidos graxos livres (AGL) presentes no óleo bruto que quando são submetidas a reação, deixa de ser uma alternativa viável, pois frequentemente se usam catalisadores alcalinos na reação por serem mais baratos, essa combinação de AGL saponificam e reduzem o rendimento (CARRERO *et al.*, 2011). Sendo assim, uma alternativa é utilizar a reação de esterificação catalisada por ácidos.

A reação de esterificação conta, além do AGL, com a utilização de um álcool de cadeia curta e um catalisador para aperfeiçoar o processo, que pode ser homogêneo ou heterogêneo. Através desta reação e com esses componentes, é possível obter o biodiesel.

Tavares (2015) explica que os catalisadores homogêneos são mais empregados devido ao baixo custo e o bom desempenho, porém requer uma matéria-prima refinada, apresenta dificuldade na separação, necessitando inúmeras lavagens, gerando grande quantidade de efluente a ser tratado, e podem gerar problemas de corrosão nos equipamentos.

Enquanto os catalisadores heterogêneos aparecem como uma melhor opção, pois são facilmente separados do produto final, reduzem os impactos ambientais, são menos tóxicos e podem ser reutilizados. Na reação de esterificação, eles demonstram atividade catalítica de alta eficiência. A Figura 4 apresenta o fluxograma do processo de produção de biodiesel à partir de óleos e gorduras ricas em triglicerídeos.

Figura 4 - Fluxograma do processo de produção de biodiesel



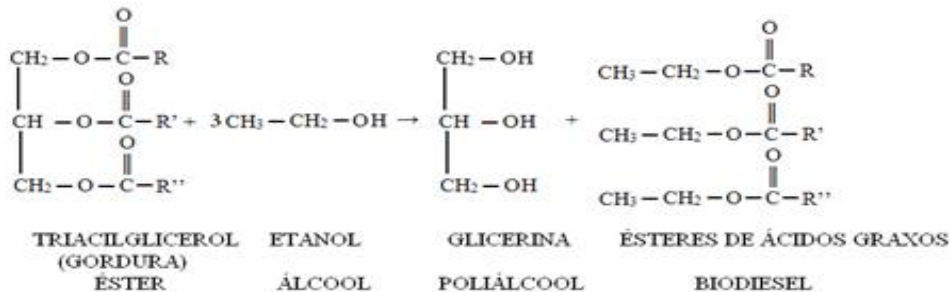
Fonte: Parente (2003).

Os procedimentos referentes à preparação da matéria prima para obtenção do biodiesel, tem como objetivo criar as melhores condições para a execução da reação de transesterificação, com a máxima taxa de conversão. O primeiro passo no caso da biomassa rica em óleo vegetal, é a obtenção do óleo que pode ser feita através de extração mecânica

(esmagamento), extração com solvente e/ou extração mista. Com isso é necessário que a matéria-prima tenha o mínimo de umidade e de acidez, o que é possível submetendo a um processo de neutralização, através de uma lavagem com uma solução alcalina de hidróxido de sódio ou de potássio, seguida de uma operação de secagem ou desumidificação. As especificidades do tratamento dependem da natureza e condições da matéria prima (DORADO, 2004).

A reação de transesterificação é a etapa da conversão, precisamente do óleo ou gordura, em ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos, que constituem o biodiesel. A reação pode ser representada pela seguinte equação química conforme apresentada na Figura 5.

Figura 5 - Reação de transesterificação para obtenção do biodiesel



Fonte: FOGAÇA (2019).

A primeira equação química representa a reação de conversão, quando se utiliza o metanol (álcool metílico) como agente de transesterificação, obtendo-se como produtos os ésteres metílicos que constituem o biodiesel e o glicerol (glicerina). A segunda equação envolve o uso do etanol (álcool etílico) como agente de transesterificação, obtendo-se como produto os ésteres etílicos que constituem o biodiesel e a glicerina.

Parente (2003), explica que essas duas reações acontecem na presença de um catalisador no qual pode ser o hidróxido de sódio (NaOH) ou o hidróxido de potássio (KOH), usados em pequenas proporções. Porém, a diferença entre eles, com respeito aos resultados na reação, é muito pequena, ou seja, no Brasil o hidróxido de sódio é muito mais barato que o hidróxido de potássio.

Passando pela etapa do produto da transesterificação que gera uma massa reacional final, que é constituída por duas fases que podem ser separáveis por decantação e/ou centrifugação. A fase mais pesada dessa massa é composta por glicerina bruta, absorvido

dos excessos utilizados de álcool, de água e de impurezas inerentes à matéria-prima. Enquanto que a fase menos densa é constituída por uma mistura de ésteres etílicos ou metílicos (GÓES, 2006).

Para Dorado (2004), a etapa mais importante na produção do biodiesel, é a separação, pois o processo de refino dos produtos decorrentes da sua produção pode ser tecnicamente difícil e pode elevar os custos de produção. Além disso, a pureza do biodiesel precisa ser alta.

Em seguida ocorre a recuperação do álcool da glicerina em que a fase pesada contém água e álcool e deve ser submetida a um processo de evaporação. Os vapores de água e álcool são, à seguir, liquefeitos em um condensador apropriado. O álcool residual é recuperado da mesma forma, da fase leve é liberado os ésteres metílicos e/ou etílicos para as etapas seguintes. Após essa recuperação, o álcool ainda contém água e deve ser desidratado. Essa desidratação é normalmente feita por destilação (GÓES, 2006).

Parente (2003) mostra que no caso da desidratação do metanol a destilação é bastante simples e fácil de ser conduzida, uma vez que a volatilidade relativa dos constituintes dessa mistura é muito grande, e além disso inexistente o fenômeno da azeotropia para dificultar a completa separação.

## **2.5 Etanol**

O aumento das emissões de dióxido de carbono, o aquecimento global contribuem para que haja necessidade de uso de energia limpa, como o etanol.

Deste modo, o Brasil se apresenta como um dos maiores produtores mundiais de etanol proveniente da cana-de-açúcar. Devido às grandes áreas necessárias para a produção da cana, pesquisadores estão em busca de novas fontes energéticas para a produção de etanol.

O etanol é um álcool, incolor, inflamável e de odor característico cuja sua utilização como combustível em motores, surgiu praticamente junto com a indústria automobilística (fins do Século XIX). Desde 1931, o etanol passou a ser um componente regular da gasolina brasileira e até 1975, o conteúdo médio inserido na gasolina foi de 7,5%. Até a década de 70, o Brasil importava 77% de sua demanda de combustíveis (LEITE, 2011).

Para se obter o etanol é preciso que a matéria-prima contenha açúcar, amido ou material com teor de celulose. Do processo industrial da cana-de-açúcar obtêm-se o açúcar e



suas derivações, álcool anidro e hidratado, o vinhoto, a levedura e o bagaço. Enquanto os materiais que contêm amido, o exemplo da batata, babaçu, mandioca, arroz, e dos que contêm celulose, como a madeira, primeiramente deve-se convertê-los em açúcar através de processo conhecido como sacarificação, seguido de hidrólise, para então obter-se o etanol. Sendo que no Brasil a principal matéria-prima utilizada para obtenção do etanol é a cana-de-açúcar (SCANDIFFIO, 2005).

Marques (2009), defende que o etanol pode ser obtido por meio da destilação de produtos orgânicos fermentados, como a sacarose do caldo (o açúcar) e pode ser classificado como etanol anidro ou etanol hidratado.

Na produção do etanol são gerados subprodutos e resíduos que quando não reutilizados podem causar impactos ambientais. Fazendo o reaproveitamento dos resíduos gerados em tal processo, podem ser utilizados por exemplo, para co-geração de energia elétrica, fabricação de ração animal e fertilizante para as lavouras (PIACENTE, 2006).

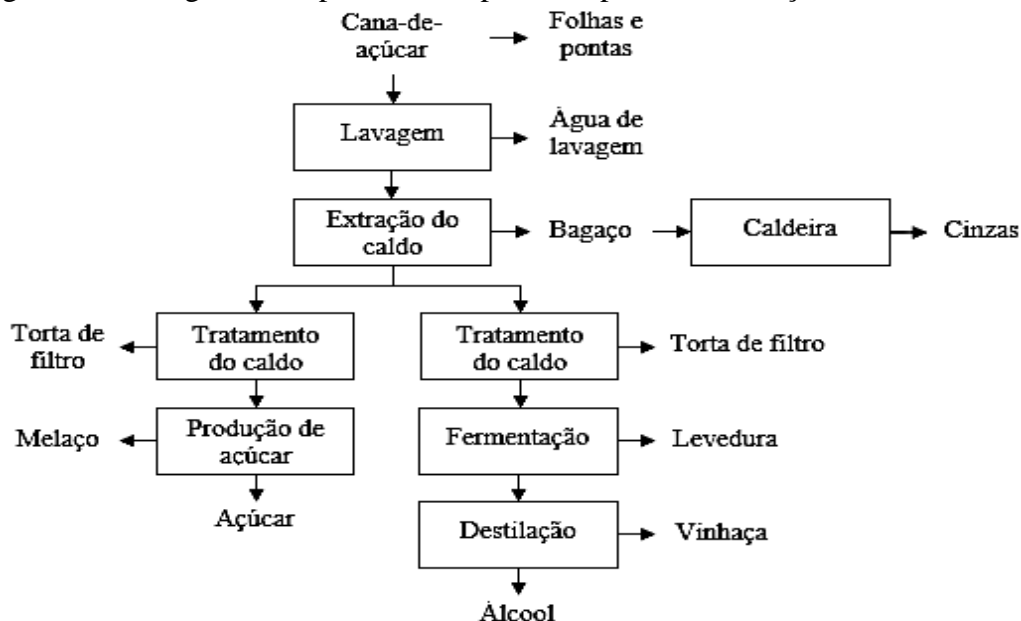
### ***2.5.1 Processo de Produção do Etanol***

Desde início do século XX, a produção de etanol no Brasil vem tornando-se desenvolvida e encontrou o seu auge recentemente. Atualmente, a produção de etanol no Brasil ocorre em grande escala, e é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com cerca de 641 milhões de toneladas processadas na safra 2017/2018, graças à tecnologia, a matriz produtiva brasileira adicionou cerca 45% dos 200 milhões de hectares de cerrados, área não habitada e desacreditada até a década de 70 (EMBRAPA, 2019).

Para Lima (1975), é possível obter o etanol à partir de três maneiras: por via destilatória, por via sintética e por via fermentativa. Atualmente, a via fermentativa é a mais importante para a obtenção do etanol no Brasil. Ela é uma técnica simples e bastante antiga que foi descoberta pela humanidade há milhares de anos, antes de Cristo. Essa técnica consiste basicamente em adicionar micro-organismos ao caldo da cana-de-açúcar para que haja uma quebra de moléculas de açúcar ( $C_6H_{12}O_6$ ), transformando-as em duas moléculas de etanol ( $2 C_2H_5OH$ ) mais duas moléculas de gás carbônico ( $2 CO_2$ ).

O processo produtivo do etanol consiste em várias etapas que envolve desde a colheita da matéria-prima até o armazenamento do produto final como é mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma simplificado do processo produtivo de açúcar e álcool



Fonte: BENINI (2015).

Na Figura 6 mostra o processo fermentativo para obtenção do álcool à partir da cana-de-açúcar. No Brasil, a produção de álcool é fundamentada na fermentação do caldo de cana, como também de misturas de caldo e melação, o que permite uma grande união na produção de açúcar e do álcool nas usinas Brasileiras.

No início, as áreas agrícolas e a indústria têm um conjunto de trabalho que é a escolha de vários tipos de cana-de-açúcar plantada, em busca de maiores teores de sacarose, glicose e frutose. Assim, a cana-de-açúcar é pesada, e quando chega na usina na sua forma natural, onde realiza-se um processo de lavagem de forma a ser retirada as poeiras, as areias e outros tipos de impurezas advindas da colheita e logo a cana-de-açúcar é enviada para os picadores e desfibradores, no caso de a colheita ser manual, que preparam os caules para moagem. E se a cana-de-açúcar for colhida mecanicamente, a cana já vem picada (ÚNICA, 2003).

Após a cana ser enviada para a moagem de forma a extrair o caldo, a cana desfibrada é exposta entre rolos sujeitos a uma pressão aproximadamente de 250 kg/cm<sup>2</sup>

expulsando assim o caldo do interior das células. Este processo é repetido assim por umas seis vezes. Durante a passagem do bagaço de uma moagem para outra, realiza-se a embebição, ou seja, a adição de água. A água é adicionada numa proporção de 30% da qual tem a função de embeber o interior das células da cana diluindo assim o açúcar existente, e com isso aumentando a eficiência da extração, conseguindo assim segundo Gonçalves *et al* (2015) cerca de 96% do açúcar contido na cana. O caldo extraído vai para o processo de tratamento, e o bagaço para as caldeiras para gerar vapor.

Existem duas formas de se extrair o caldo da cana-de-açúcar, por meio da moagem ou da difusão. Os processos de moagem e de difusão geram como resíduo o bagaço da cana e o melaço, que de acordo com Chieppe Júnior (2012) o bagaço é utilizado para cogeração de energia e quando utilizado como matéria-prima, pode ser utilizado na produção de celulose, chapas de aglomerado e ração animal.

O caldo extraído recebe um tratamento químico e é purificado por meio de processos e técnicas de filtração para formar o mosto, na qual segue a um tanque para repousar, fazendo com que as impurezas se depositem ao fundo, processo chamado decantação. Uma vez tratado e após estar completamente puro, é levado para as dornas (tanques) de fermentação onde é adicionado leveduras (*saccharomyces cerevisiae*) e é fermentado de 4 à 12 horas. E é nesta fase que os açúcares são transformados em álcool e como resultado produz o vinho, chamado também de vinho fermentado, que possui leveduras, açúcar não fermentado e cerca de 7% à 10% de etanol (UNICA, 2003).

O tratamento do caldo tem o objetivo de eliminar as impurezas grosseiras e as partículas coloidais, preservar os nutrientes, vitaminas, açúcares, fosfatos, sais minerais e aminoácidos livres e minimizar os contaminantes microbianos. A etapa de purificação do caldo é uma das mais importantes para se obter resultados satisfatórios na fabricação do etanol (GONÇALVES *et al*, 2015).

O mesmo autor afirma que após a fermentação, estando o etanol misturado ao vinho fermentado o próximo passo é separar essa mistura. Nesse processo o vinho fermentado é aquecido nas colunas de destilação onde ocorre a separação dando origem ao álcool hidratado da vinhaça. Este álcool pode ser comercializado, ou, ainda, pode passar pela desidratação, para obter-se o álcool anidro. Estes produtos, o etanol anidro e hidratado são

armazenados em enormes tanques, até serem levados por caminhões que transportam até as distribuidoras.

### **3 METODOLOGIA**

Na realização desta monografia foi realizada uma ampla consulta em artigos, monografias, livros, revistas, meio eletrônico (websites) envolvendo assim uma revisão bibliográfica, de forma fazer uma análise de informações e das novidades a respeito do tema proposto. A metodologia aplicada consiste em analisar as informações que dizem respeito como o etanol e o biodiesel têm sido utilizados e produzidos no Brasil atualmente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Panorama Mundial de Produção de Biocombustíveis

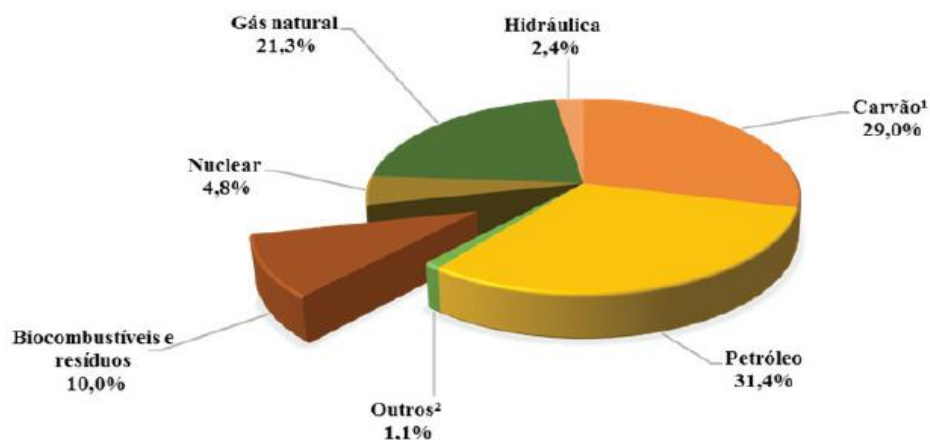
O mundo continua fortemente dependente dos combustíveis fósseis, apesar da crescente preocupação com os efeitos do uso desses combustíveis. Por serem biodegradáveis, e possuírem a ideia de energia limpa e sustentável, os biocombustíveis são de suma importância devido a sua inserção na matriz energética mundial. Além disso, tais combustíveis podem reduzir a dependência que alguns países têm com a utilização do petróleo e seus derivados e por outro lado, mostram benefícios/incentivos econômicos, ecológicos e melhoria das condições de vida no campo (VIDAL, 2019).

A oferta mundial de etanol de cana-de-açúcar está em expansão, e outras nações estão despertando para esse combustível renovável de menor custo, enquanto os Estados Unidos está aumentando a produção de etanol de milho, com um custo mais elevado (GUEVARA, 2016).

A Matriz Energética Mundial (MEM) no ano 2012, foi composta principalmente por fontes não renováveis. Em contrapartida, as fontes renováveis apresentaram cerca de 13,5% segundo aponta (SOUSA *et al*, 2016).

Para o mesmo autor, as maiores contribuições para o fornecimento de energia para a MEM são dos países da organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (39,2%), China (21,8%), Ásia (12,3%, excluindo a China) e Europa (8,9%). Na Figura 7, pode ser observada a Matriz Energética Mundial referente ao ano de 2012.

Figura 7 - Matriz energética mundial em 2012



Fonte: IEA (2015)

A Figura 7, apresenta a matriz energética mundial de 2012, e de todas as fontes renováveis, o biodiesel somado com as outras fontes como a eólica e a solar, representam pouco mais que 11% no que diz respeito à oferta de energia. Mesmo com um baixo percentual na matriz energética mundial, se comparado às fontes fósseis, existem muitos incentivos e programas que visam aumentar sua produção e sua utilização em todo o mundo, como o caso dos que estipulam percentuais obrigatórios de adição dos combustíveis renováveis aos não renováveis (SOUSA *et al*, 2016).

No caso do biodiesel, o mundo conta com 60 países que praticam obrigatoriedade da adição (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2014). Entre eles destacam-se os Estados Unidos, a Argentina, o Brasil, a Indonésia, a China e a Tailândia. No caso dos Estados Unidos, deve-se salientar que, várias iniciativas foram e estão sendo desenvolvidas, o que tornou o país o maior produtor e consumidor de biodiesel do mundo.

Segundo o relatório da Petroleira britânica (BP) (2019), de revisão estatística da energia mundial que fornece dados referentes a 2018, estima que a produção de biocombustíveis do mundo foi de cerca de 95.371.000 de toneladas, o que representa um aumento de 9,72% em relação ao ano de 2017. Para a petroleira, a produção mundial de biocombustíveis em 2017 passou dos 84,1 milhões de toneladas de óleo equivalente (Mtoe). São cerca de 2,6 Mtoe a mais do que no ano anterior e o melhor resultado em uma série histórica que vem desde 1990.

Os EUA e o Brasil produziram o equivalente a 62,35% da produção mundial de biocombustíveis, o que significa que ainda há uma necessidade mundial de desenvolvimento desse tipo de combustível e melhoria de processos para que a tecnologia não fique com apenas uma pequena parcela dos países.

Conforme o relatório da Petroleira Britânica (BP), o crescimento da produção na Ásia contribuiu muito para o aumento global dos biocombustíveis. Entre os principais produtores asiáticos, pode-se destacar o aumento considerável de dois países em relação ao total produzido em 2017 na China e Índia, que aumentaram sua produção de biocombustíveis em 44,4% e 70% respectivamente. Mesmo tendo esse aumento considerável, a Índia ainda está longe de ocupar as primeiras posições do ranking dos maiores produtores de biocombustíveis, já que representa apenas cerca de 1% do total mundial. Apenas a Argentina, dos principais produtores mundiais, teve queda na produção, caindo de 3.115.000 toneladas em 2017 para 2.726.000 toneladas de biocombustível em 2018, o que representa uma queda de aproximadamente 12,5%.

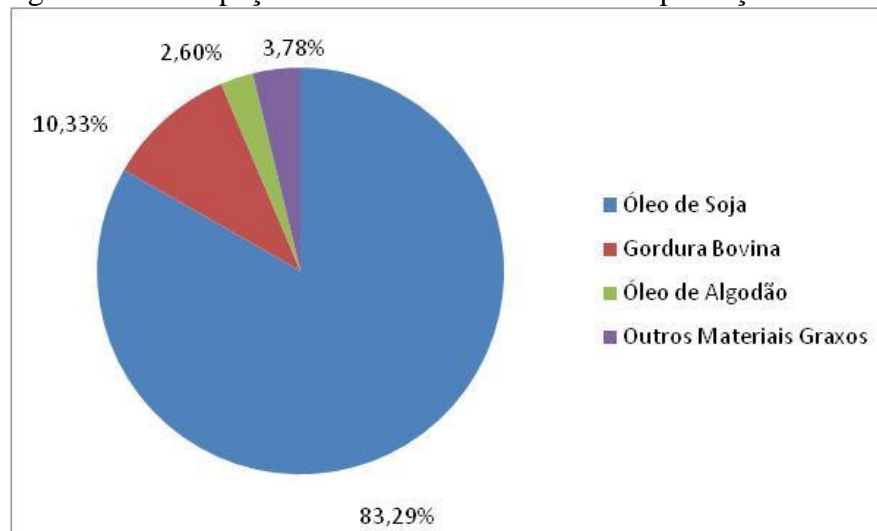
#### **4.2 Panorama Brasileiro da Produção e Consumo do Biodiesel**

O Brasil ocupa uma posição geográfica muito privilegiada, tratar-se de um país tropical, por isso recebe muita incidência de luz, possuindo também, um recurso hídrico abundante o que permite a existência das mais variadas espécies vegetais que podem ser utilizadas para produção de biodiesel a partir de diversos tipos de óleos vegetais (soja, canola, milho, girassol, mamona, pinhão-manso, algodão, dendê, entre outras oleaginosas existentes no País) ou também pode ser obtido a partir de óleos residuais (provenientes de cozinhas industriais) e de gorduras animais (sebo bovino, óleos de peixes, banha de porco, entre outros).

Por exemplo, no mês de agosto de 2009 o óleo de soja representou cerca de 83,29% da matéria-prima utilizada para produzir biodiesel, seguido da gordura bovina com 10,33% , e 2,60 % de algodão segundo informa a ANP conforme pode ser observado na Figura 8 abaixo.



Figura 8 - Participação relativa dos óleos brutos na produção de biodiesel



Fonte: ANP (2009).

Mendes (2015) afirma que os produtores da cadeia produtiva de soja, foram de grande importância para o êxito do programa. Pois quando o programa de biodiesel foi lançado o setor de soja se encontrava melhor preparado para o mercado brasileiro de biodiesel. O setor era produzido em grande escala, estava consolidado e apresentava alta performance. O cultivo da soja tem como vantagem o rápido crescimento, o rápido retorno de investimento, fácil armazenamento.

Embora apresente essas vantagens, a soja não deve permanecer dominante como a principal matéria-prima de produção do biodiesel, por causa da baixa produtividade de óleo por área plantada. A Tabela 1 mostra várias produtividades de diversas oleaginosas. Como pode ser observado, várias culturas conseguem produzir mais óleo vegetal por hectare plantado em relação à soja.

Tabela 1 - Características das oleaginosas

<b>Espécies</b>	<b>Teor de óleo (%)</b>	<b>Ciclo (anos)</b>	<b>Produtividade (ton óleo/há)</b>	<b>Meses de colheita</b>
Babaçu	66	7	0,1-0,3	12
Dendê	20	8	3,0-6,0	12
Canola	40-48	Anual	0,5-0,9	3
Girassol	38-48	Anual	0,5-1,9	3
Mamona	43-45	Anual	0,5-0,9	3
Soja	17	Anual	0,2-0,4	3
Algodão	15	Anual	0,1-0,2	3

Fonte: Mendes (2015)

Segundo Holanda (2004), a cultura do dendê pode ser uma importante fonte de óleo vegetal, pois entre as outras culturas a que mais se destaca é o dendê e o babaçu. O dendê apresenta uma extraordinária produtividade de cerca de 6.000kg de óleo por hectare/ano, um valor cerca de 25 vezes maior que o da soja. Contudo, esse valor somente é atingido 5 anos após o plantio.

Para que a competitividade do biodiesel aumentasse em relação ao diesel mineral, o Brasil buscou por uma cultura ou outra fonte mais eficiente do que a soja. Inicialmente, o governo federal procurou promover, por meio de incentivos fiscais, a produção de biodiesel em áreas degradadas do Nordeste em pequena escala, a partir da mamona.

GOLDEMBERG *et al* (2010) afirmam que o biodiesel produzido a partir dessa oleaginosa apresenta viscosidade elevada. No entanto, os resultados não mostraram satisfatórios. Apesar de a soja apresentar um menor rendimento na produção de biodiesel, ela tem sido a mais cultivada desde que atenda completamente à produção brasileira de biodiesel, devido à sua produção em escala própria.

Em cada estado e região do País é avaliado, pelo Ministério da Agricultura (2014), o desenvolvimento das cadeias produtivas de diferentes óleos vegetais. Assim, a produção de biodiesel deve respeitar a especificidade de cada região produzindo o que, de certa maneira proporcionará uma vantagem comparativa maior e também estimulando a agricultura familiar.

A Figura 9 mostra o mapa com as regiões e suas respectivas culturas para a produção do biocombustível.

Figura 9 - Mapa das regiões brasileiras e suas culturas para a produção de biodiesel



Fonte: FRANCO; SOUZA (2010).

Mello *et al* (2007) revela que o plantio da soja no Brasil não somente está ligado à expansão inter-regional das áreas cultivadas, mas sobretudo a um grande deslocamento de áreas centrais de plantio. Quando comparada à de outros países produtores, percebe-se que ela esta em processo de crescimento. O plantio destina-se quase que totalmente à produção de ração e de óleo vegetal.

Para o mesmo autor os primeiros meses de 2006 foram produzidos cerca de 1.075 mil litros do biocombustível que já eram produzidos entre as oito unidades produtoras, das quais já estavam autorizados pela ANP. Eles afirmam também que além dessas oito empresas, mais dez unidades entraram com pedido junto a ANP e estavam aguardando autorização para funcionar. A PNPB pretendia instalar 24 refinarias de biodiesel ao todo, nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do País.

A seguir, é apresentada a tabela 2 que mostra a produção acumulada dessas oito empresas.

Tabela 2 - Produção de biodiesel por unidade produtora, 2005-2006 (em m<sup>3</sup>)

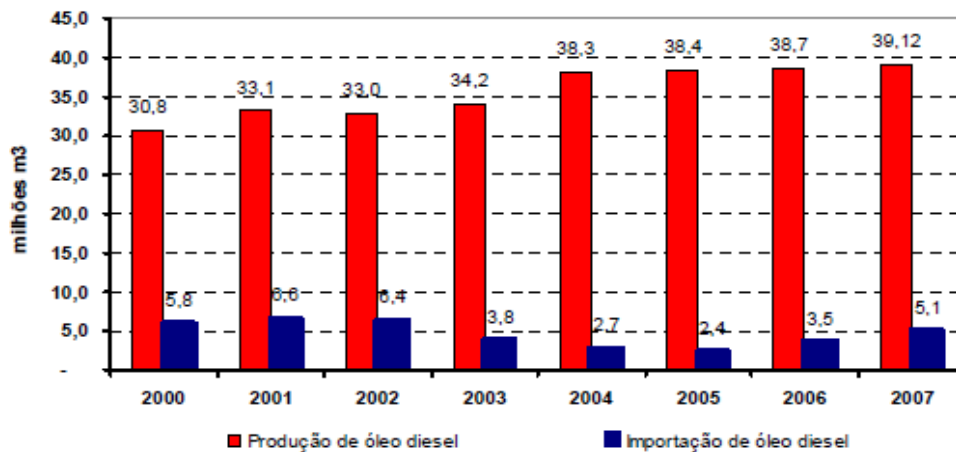
<b>Produtor Autorizado</b>	<b>Matéria-prima</b>	<b>Localização</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
Agropalma	Palma de dendê	Belém/PA	510,4	260,3
Biolix	Varias	Rolândia/PR	25,5	0,0
Brasil Biodiesel	Mamona	Teresina/PI	150,9	767,2
Brasil Biodiesel(filial)	Mamona	Florianópolis/PI	5,5	0,0
Fertibum	-	Catanduva/SP	0,0	47,8
Nutec	-	Fortaleza/CE	0,0	0,0
Renobrás	-	Dom aquino/MT	0,0	0,0
Soyminas	Mamona	Cassia/MG	0,0	0,0
<b>Total</b>	-	-	<b>736,1</b>	<b>1.075,3</b>

Fonte: Mello *et al.*, (2007).

A produção do biodiesel tende a garantir a sua produção, pois existe um problema que é garantir sua competitividade perante o óleo diesel de petróleo. Para Mello *et al* (2007) as tecnologias de fabricação de bioenergia ainda dependem muito da cotação do barril de petróleo.

A importação do óleo diesel no ano de 2007, teve um aumento em cerca de 44% em relação ao ano de 2006, importando assim um volume de 5,1 milhões de m<sup>3</sup> que equivale ao valor monetário de 3 bilhões de dólares. Já a produção interna foi de 39,12 milhões de m<sup>3</sup> no ano de 2007, um pequeno aumento de 1,19% em relação ao ano de 2006. A produção média mensal no ano de 2007 foi de 3,26 milhões de m<sup>3</sup>. A seguir, é mostrado na Figura 10 a evolução da produção do diesel fóssil no Brasil entre anos 2000 à 2007 (OSAKI; BATALHA, 2008).

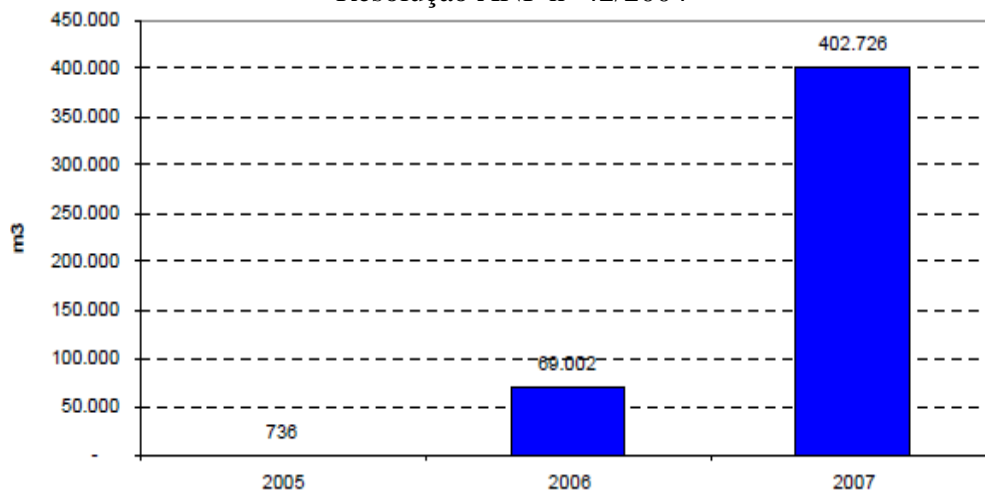
Figura 10 - Evolução da produção e importação de óleo diesel pelo Brasil (milhões de m<sup>3</sup>) entre 2000 e 2007



Fonte: OSAKI; BATALHA (2008).

Em contrapartida, a produção do biodiesel no Brasil no ano 2007, foi produzido equivalente à 402,72 mil m<sup>3</sup> de biodiesel, com média mensal de 30,98 mil m<sup>3</sup>. As unidades produtoras autorizadas pela ANP no ano de 2008 produziram 51,78 mil m<sup>3</sup>, o que equivale a 12,8% da produção total do ano de 2007 (OSAKI; BATALHA, 2008). Conforme é mostrado a seguir na Figura 11.

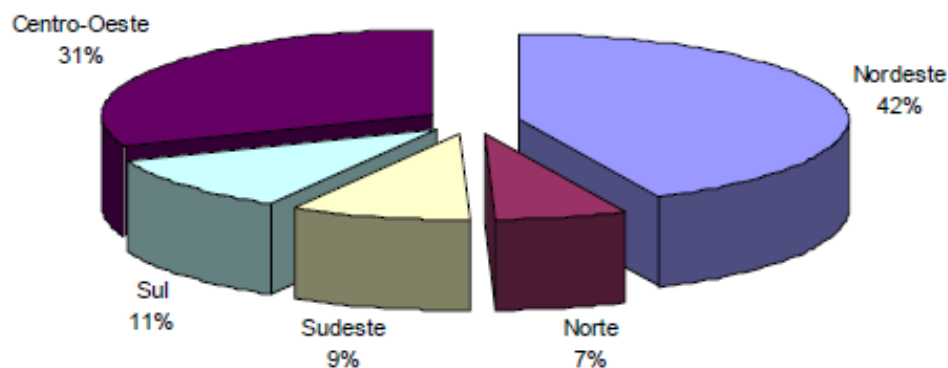
Figura 11 - Produção anual de biodiesel (B100) no Brasil entre 2005 e 2007 – conforme Resolução ANP nº 42/2004



Fonte: OSAKI; BATALHA (2008).

A produção regional do biodiesel no ano 2007, esteve concentrada na região Nordeste que produziu 42% do Biodiesel, seguida pelas regiões Centro-oeste (31%), Sul (11%), Sudeste (9%) e Norte (7%). Como pode ser observado na Figura 12 a produção anual de biodiesel em diferentes regiões Brasileiras no ano de 2007. (OSAKI; BATALHA, 2008)

Figura 12 - Produção anual de biodiesel (B100) nas regiões brasileiras 2007

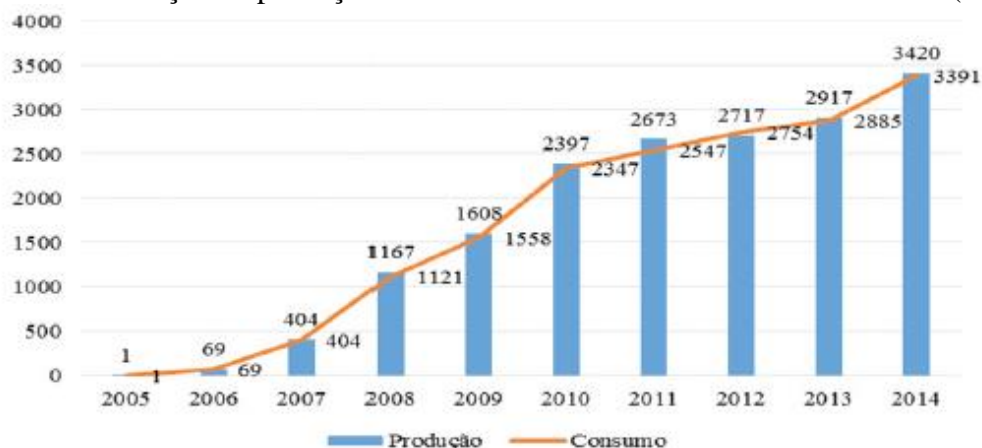


Fonte: OSAKI e BATALHA (2008).

Ao longo dos 10 anos do programa, o óleo de soja permaneceu como a matéria-prima mais importante para a produção de biodiesel utilizada no Brasil como aponta o BEN, segundo a Empresa de Pesquisas Energética (EPE) revela que o óleo de soja (81,2%), seguido do sebo bovino (13,1%) (EPE, 2012).

Com relação à indústria nacional de biodiesel, salienta-se que desde o lançamento do programa até o ano 2014 a produção no Brasil totalizou 17.373.000 m<sup>3</sup> gerados, conforme pode ser observado na figura 13, sendo 3.420.000 m<sup>3</sup> apenas em 2014. E para lado do consumo no mesmo ano, destaca-se que atingiu 3.391.000 m<sup>3</sup>, quase totalizando a oferta interna desse biocombustível conforme afirma de Souza *et al* (2015).

A seguir é apresentado na figura 13 a evolução da produção e do consumo de biodiesel entre os anos 2005 à 2014.

Figura 13 - Evolução da produção e do consumo de biodiesel entre 2005-2014 ( $10^3\text{m}^3$ )

Fonte: SOUZA *et al* (2015).

Com a entrada do percentual de 2% (B2) em 2008, a produção de biodiesel alcançou o volume de 1,2 bilhões de litros, que teve um acréscimo de 189% em comparação com o ano de 2007. Enquanto no ano 2010, com a entrada do B5, esperava-se uma produção superior a 2,4 bilhões de litros (TÁVORA, 2011).

Avanços importantes também ocorreram no setor de biodiesel em 2018 e com o percentual obrigatório de 10% de adição do biodiesel ao diesel, o B10, a produção de biodiesel em 2018 foi superior a 5 bilhões de litros. As matérias-primas usadas na produção de biodiesel foram de 70,07% a partir do óleo de soja, sendo o sebo bovino a segunda mais consumida, com participação de 13,12% (EMBRAPA, 2019).

O sebo bovino hoje em dia é visto como uma matéria estratégica na cadeia produtiva do biodiesel, com participação de 13% da produção global deste biocombustível no Brasil. E ainda com expectativa de aumentar a demanda por esse produto da indústria da reciclagem animal, com a perspectiva do aumento gradual da mistura no diesel que hoje é de 11% para 15%. Dessa forma, há uma estimativa de que o sebo bovino passe de 600 mil toneladas ano para próximo de um milhão de toneladas ano de biodiesel utilizando essa matéria-prima segundo é informado no portal Embrapa.

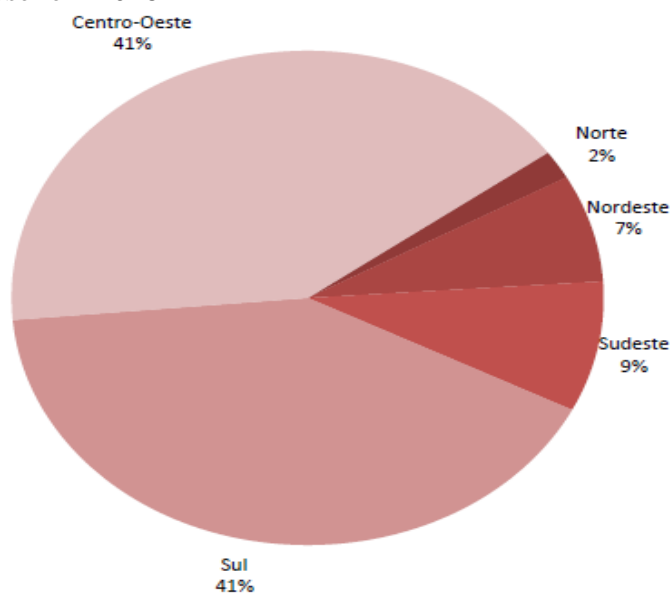
Segundo informa o Cleber Soares, Diretor Executivo de Inovação e Tecnologia da Embrapa “esta expectativa é muito boa para toda cadeia agropecuária bovina, principalmente para o setor final”. “Espera-se um aumento de 50% na quantidade de sebo bovino usada na produção de biodiesel”.

Desse total da gordura bovina, em termos de região, o Norte é o que mais tem inserção, cerca de 37%, sendo 33,76% no Sudeste, 24,45% no Nordeste, 13,99% no Sul e 5,96% no Centro-Oeste (EMBRAPA, 2019).

O Rio Grande do Sul, Mato Grosso lideram o ranking na produção do biodiesel no País, juntos correspondem por quase 50% da produção do país no ano 2018. Outros importantes produtores são Goiás e Paraná esses estados produziram 25 milhões de barris nos primeiros nove meses de 2018. A Bahia é o único estado do Nordeste que continua produzindo biodiesel, respondendo por 7% da produção nacional (VIDAL, 2019).

A produção de biodiesel no Brasil está concentrada no Sul e Centro-Oeste conforme é mostrado a seguir na Figura 14.

Figura 14 - Participação percentual das regiões brasileiras na produção nacional de biodiesel em 2018



Fonte: VIDAL (2019).

A estimativa é que a produção do biodiesel brasileira passe de 5,4 para mais de 10 bilhões de litros anuais com a proposta de aumento gradativo do percentual obrigatório de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, que pode chegar até 15% (B15) entre 2018 e 2023. Esse crescimento representa um aumento de 85% da demanda doméstica, o que deve consolidar o Brasil como um dos maiores produtores de biodiesel no mundo (MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA, 2018).



### 4.3 Panorama Brasileiro da Produção e Consumo do Etanol

O território Brasileiro é vasto, tendo o clima e relevo favoráveis, garantindo assim ao país uma inclinação de grande produtor agrícola. Favorecendo assim uma excelente oportunidade no âmbito de explorar as suas condições agrícolas.

Desta forma, surge o etanol como uma excelente e diferenciada oportunidade para o Brasil no intuito de explorar o seu território e favorecendo também o desenvolvimento do mercado interno e pelo cenário promissor que se vislumbra no mercado externo.

Para produção do álcool sabe-se que são utilizadas variadas matérias-primas e no Brasil a matéria mais predominante é a cana-de-açúcar. Vale ressaltar que o Brasil em 2007 foi o principal país produtor de cana-de-açúcar e correspondeu à 35% na produção mundial segundo os dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura -(FAO) (WOSCH, 2009).

No Brasil, mais da metade da cana-de-açúcar moída é atribuída a fabricação do etanol. De acordo com a Embrapa, os estados que mais produzem cana-de-açúcar são, respectivamente, São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul.

Segundo o portal (AGÊNCIA PAULISTA DE PROMOÇÃO DE INVESTIMENTO E COMPETIVIDADE, 2019) o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo que São Paulo responde por 55% da área plantada no país, pois as plantações paulistas indicam alta produtividade por hectare. Isso deve-se, além da qualidade do solo e das condições climáticas favoráveis. Contribuindo assim para que o Brasil seja o segundo maior produtor de etanol do mundo, ficando atrás somente dos EUA.

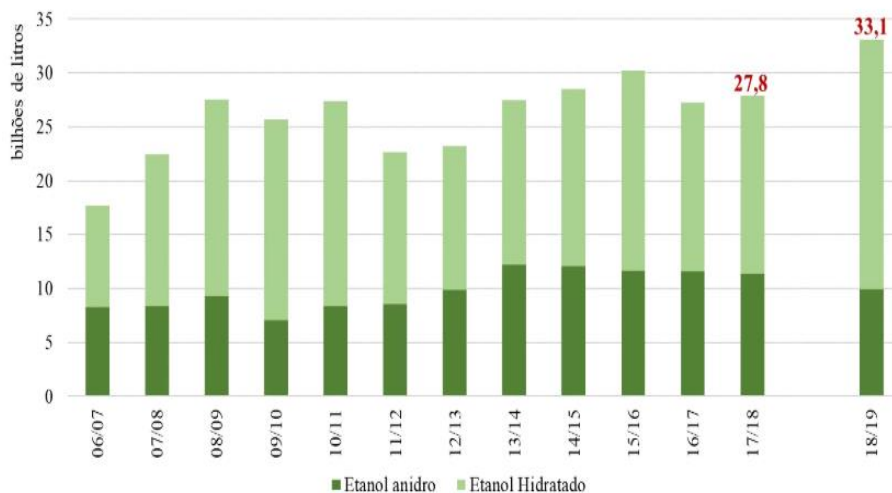
Na safra 2017/2018 foram produzidos 13 bilhões de litros nas usinas instaladas no estado, o que correspondeu a 47,14% do que foi produzido nacionalmente.

Grande parte das usinas paulistas de processamento de cana podem escolher produzir açúcar ou etanol. As 172 usinas instaladas no estado correspondem a 42% do total brasileiro e foram responsáveis por 56% da cana moída nacionalmente na Safra 2016/2017 de acordo a agência Paulista de promoção de Investimento e Competividade (2019).

Já na safra 2018/2019 houve um recorde de oferta do etanol com uma produção de 33,10 bilhões de litros, sendo 9,91 bilhões de litros de anidro e 23,18 bilhões de hidratado conforme os dados de 2018 garantidos da região Norte-Nordeste apresentados pelo

Ministério da Agricultura (MAPA) e do Centro-Sul pela União da indústria de Cana-de-açúcar (ÚNICA). O etanol é menos competitivo na região Nordeste comparando com as demais regiões devido a questões tributárias e logísticas. Para Vidal (2019), Minas Gerais, Goiás, Paraná e Mato Grosso responderam por 84,4% das vendas de etanol no ano 2018. A seguir é apresentado na figura 15 a oferta do etanol no Brasil em bilhões de litros.

Figura 15 - Oferta de etanol no Brasil (bilhões de litros)



Fonte: MAPA; ÚNICA, (2018)

Antônio de Pádua Rodrigues, o diretor técnico da UNICA, afirma que com esse resultado o mix de produção para etanol na safra 2018/2019 atingiu 64,29%. Este número mostra que a maior prioridade das unidades produtoras em produzir o biocombustível em desvantagem ao açúcar foi devido a remuneração superior no período e também devido a capacidade das usinas flexibilizar a oferta de produto conforme as condições do mercado de combustíveis vindo do açúcar (AGÊNCIA PAULISTA DE PROMOÇÃO DE INVESTIMENTO E COMPETIVIDADE, 2019).

Segundo a mesma agência, a safra de 2018/2019 indica que o consumo do etanol hidratado apontou cerca de 20,73 bilhões de litros, tendo um crescimento de 39,40% comparado ao ciclo 2017/2018. O que representa um volume de 5,86 bilhões de litros adicionais consumidos em todo o Brasil. Enquanto foram consumidos 10,1 bilhões de litros de etanol anidro, o aditivo da gasolina totalizando assim 30,83 bilhões de litros de etanol.

Com o uso do etanol na safra 2018/2019, garantiu-se uma economia de US\$ 5,2 bilhões ao País evitando a importação de 10,5 bilhões de litros de gasolina que seriam necessários para garantia do abastecimento interno (AGÊNCIA PAULISTA DE PROMOÇÃO DE INVESTIMENTO E COMPETIVIDADE, 2019).

Por fim, o diretor Rodrigues concluiu que esses valores somente ressaltaram a importância do setor sucroenergético que traz inúmeros benefícios não somente econômicos, mas ambientais e sociais para toda a população.

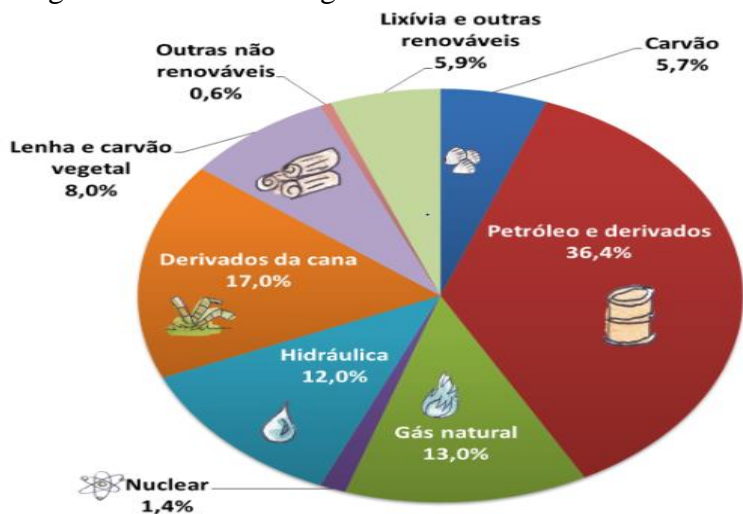
#### **4.4 Matriz energética Brasileira**

Entende-se que matriz energética brasileira é um conjunto de recursos de energia usados no país com a finalidade de atender à demanda por eletricidade. A matriz distribui por setores comerciais, industriais e residenciais. A origem da energia pode ser de natureza renovável ou não renovável (PINTO JR, 2019).

O biocombustível foi introduzido na matriz energética brasileira, no ano de 2005, pela Lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005, por meio da adição do biodiesel ao diesel mineral consumido no país (MENDES; COSTA, 2009). O Brasil é reconhecido internacionalmente como um país que alcançou um alto nível de sustentabilidade em sua matriz energética, em particular no setor transporte.

A matriz energética brasileira é bastante diversificada, sendo composta por fontes renováveis e não renováveis de energia. O consumo de fontes não renováveis ainda é maior do que as renováveis apesar de se usar muito mais fontes renováveis em comparação com o resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, as renováveis totalizam 42,9%, quase metade da matriz energética Brasileira (BEN, 2018). Em seguida é apresentada na Figura 16 a matriz energética Brasileira.

Figura 16 - Matriz energética brasileira 2017

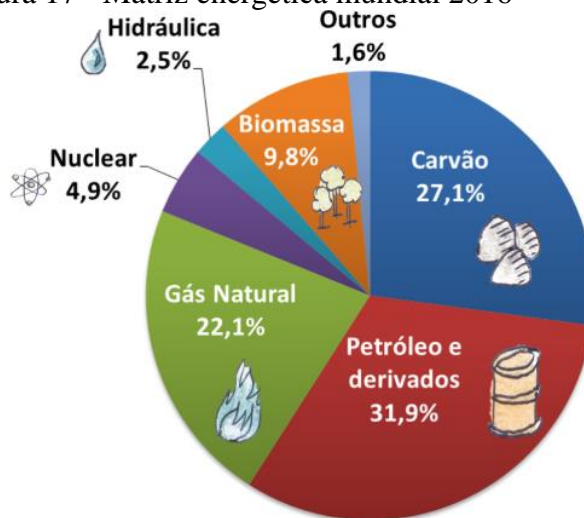


Fonte: BEN (2018).

Entre os países industrializados a matriz energética brasileira é uma das mais renováveis, onde a utilização de fontes não renováveis ainda é grande. Enquanto que no mundo, o uso de fontes não renováveis é de 85,9%, e no Brasil esse uso é de 56,5%. Quanto às fontes renováveis, no Brasil o percentual é de 43,5%, enquanto no mundo é de aproximadamente 14,% somando à participação da energia hidráulica e da biomassa (BEN, 2018).

A matriz energética do mundo é composta principalmente, por fontes não renováveis, como o carvão, petróleo e gás natural. Fontes renováveis como solar, eólica e geotérmica, por exemplo, juntas correspondem a apenas 1,60% da matriz energética mundial. A figura 17 mostra a matriz energética mundial.

Figura 17 - Matriz energética mundial 2016



Fonte: IEA, (2018).

#### 4.5 Sustentabilidade e Aspectos Ambientais dos Biocombustíveis

O termo "sustentabilidade" se refere à prática que a raça humana tem de sustentar a sua própria existência no planeta Terra. Isto é, envolve cuidar das necessidades e demandas da sociedade enquanto se assegura de forma contínua que nenhum dano seja causado ao meio ambiente.

Diversos países no mundo têm estabelecido estruturas legais, políticas e regulatórias que promovem a sustentabilidade socio-ambiental e econômico-financeira dos biocombustíveis. Nesse processo, além da experiência brasileira destacam-se as experiências dos EUA e da União Europeia (EPE, 2017).

A produção de biocombustíveis no Brasil é responsável por contribuições econômicas, sociais e ambientais. Destaca-se a interiorização do desenvolvimento, com distribuição de renda e aumento do Produto Interno Bruto (PIB). A melhoria da qualidade do ar está ligada a sua importância ambiental, principalmente nas grandes cidades, contribuindo para a redução da incidência de doenças pulmonares e, globalmente, para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (EPE, 2017).

Os biocombustíveis produzidos em escala comercial (etanol e biodiesel) geram mais de 1 milhão de empregos diretos e cerca de três milhões de indiretos no Brasil (MDA, 2015). A indústria de biocombustíveis é mão-de-obra intensiva que movimenta o comércio e indústrias locais (em mais de 1.600 municípios), gerando polos de desenvolvimento regional. Para a cadeia produtiva da cana-de-açúcar, o PIB, acumulado até o 3º trimestre de 2016 foi de cerca de R\$ 150 bilhões, o que equivale a 2,5% do PIB nacional (IBGE, 2017).

O governo federal, através dos seus diversos órgãos de fomento, disponibiliza linhas de financiamento direcionadas aos biocombustíveis. Além disso, há uma estrutura legal que suporta o desenvolvimento destas fontes. O Brasil possui uma legislação que, em termos percentuais, impõe os maiores teores de biocombustíveis no mundo (para o etanol: 27% na gasolina comum e 25% na gasolina premium; para o biodiesel, atualmente 7% no diesel mineral, atingindo 10% a partir de 2019) (MAPA, 2015). Em decorrência, o Brasil ocupa lugar de destaque internacional neste tema, contribuindo com uma matriz de combustíveis com elevada participação de renováveis (EPE, 2017).

O marco temporal para a adoção de critérios de sustentabilidade teve como referência a 13ª Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas em Bali, em 2007. Neste contexto, a União Europeia lançou em 23 de abril de 2009 a Diretiva 2009/28/CE, que foi a primeira norma a apresentar critérios de sustentabilidade para o uso de biocombustíveis no seu território (UE, 2009).

A partir de então, cada país elegeu os critérios mais adequados à sua realidade, priorizando políticas e incentivos aos biocombustíveis. Contudo, o denominador comum destes critérios inclui os seguintes temas: redução de GEE, conservação da biodiversidade, respeito à legislação vigente, não competição com alimentos, contribuição para a economia local, bem-estar social e condições de trabalho, além do gerenciamento dos impactos na biodiversidade e nos ecossistemas (EPE, 2017). A Tabela 3 a seguir apresenta o sumário de experiências e princípios de sustentabilidade dos biocombustíveis.

Tabela 3 - Experiências e Princípios de Sustentabilidade dos Biocombustíveis

	Brasil	EUA	UNIÃO EUROPEIA	OUTROS
Socio-Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar;</li> <li>• Certificado BonSucro; <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 37 Usinas certificadas ;</li> </ul> </li> <li>• Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as condições de Trabalho na Cana-de-açúcar; <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 180 usinas certificadas;</li> </ul> </li> <li>• Projeto Etanol Verde; <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 136 usinas certificadas;</li> </ul> </li> <li>• Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular:</li> <li>• InovarAuto;</li> <li>• PROCEL;</li> <li>• Zoneamento Agroecológico do Dendê para as Áreas Desmatadas na Amazônia Legal-ZAE-Dendê;</li> <li>• Maratônia da Soja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa “Cidades Limpas”;</li> <li>• Programa “Agricultura Limpa”;</li> <li>• Programa de Controle da Poluição Atmosférica;</li> <li>• Quadro de Recursos Atmosféricos da Califórnia- CARB;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diretiva das Energias Renováveis <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Teto de 7% para os Biocombustíveis de 1ª Geração em 2020, 3,8% em 2030.</li> </ul> </li> <li>• Diretiva da Qualidade dos Combustíveis ;</li> <li>• Critérios de “Mudança de Uso Indireto da Terra” (ILUC);</li> <li>• Certificação de Biocombustíveis : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Registo de Origem dos Biocombustíveis;</li> <li>○ Critério de Sustentabilidade de Biocombustíveis.</li> </ul> </li> </ul>	
Econômica e Financeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa Nacional de Produção e Uso de Biocombustíveis-PNPB; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa nacional do álcool-PROALCOOL;</li> </ul> </li> <li>• Programa de pesquisa em Bioenergia-BIOEN;</li> <li>• Plataforma nacional de Bioquerosene;</li> <li>• Plano Conjunto BNDES-FINEP-PAISS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subsídio a produtos de Valor Agregado-VAPG;</li> <li>• Subsídios a projetos de pesquisa em fontes avançadas; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escritório das tecnologias de Bioenergia-BETO.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de Mercado de Emissões</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Japão: Estratégia Japonesa de Biomassa</li> </ul>

Fonte: EPE (2017).

Escobar (2009) afirma que o aquecimento global já é reconhecido e que as ações humanas são a grande consequência da mudança da intensidade e distribuição das chuvas, elevação do nível dos oceanos e aumento da frequência e intensidades dos fenômenos climáticos. Com isso, os biocombustíveis são vistos por muitos como uma solução para a diminuição da emissão dos gases causadores do efeito estufa.

O mesmo autor afirma ainda que apesar da viabilidade e menor emissão de poluentes pelos biocombustíveis, é preciso ter atenção em sua produção pois pode gerar grandes impactos ambientais como o uso de grandes quantidades de água, destruição das florestas e aumento da degradação do solo. Além desses efeitos deve-se atentar para o uso de grandes quantidades de combustíveis fósseis em toda sua cadeia de produção.

Barbosa (2015) admite que a agroenergia está entre as principais ameaças à biodiversidade, com destaque para o biodiesel, conhecido pelo movimento ambientalista como "diesel do desmatamento" e a monocultura de eucalipto e cana-de-açúcar que provocam o avanço ilegal sobre imensas áreas de cerrado e florestas, a expulsão de pequenos agricultores de suas terras e concentração fundiária, gerando conflitos rurais e acentuando a pobreza rural e urbana, e o uso de produtos agrotóxicos e agroquímicos, que levam a contaminação de rios, aquíferos e nascentes, sem falar da contaminação do solo.

Para Escobar (2008) a melhor solução seria o desenvolvimento de tecnologias para a viabilidade dos biocombustíveis de segunda e terceira geração, assim como as outras alternativas de energias renováveis como eólica, solar, geotérmica e de marés.

Estes combustíveis que têm um impacto indevido são revelado ser insustentáveis. Apenas aqueles que são produzidos de forma sustentável podem ser considerados verdadeiramente fontes de energia renováveis.

Para que se diga que um biocombustível é de uma fonte sustentável, toda a cadeia de valor precisa garantir a sua sustentabilidade. Isto significa que nenhuma das etapas de produção, manuseio ou transporte de biocombustível pode ser vista como destrutiva ecologicamente de nenhuma maneira (GLENISTER, 2011).



## **5 DESAFIOS E PERSPECTIVA PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS AO LONGO PRAZO**

A energia elétrica, conforme Ibrahim *et al.* (2008), representa cerca de 12% do total de energia processada pela humanidade, uma percentagem que pode subir até 34% para o ano 2025, em um contexto de menor consumo de combustíveis fósseis, sistemas de geração baseados principalmente em energias renováveis e maior consciência ambiental.

A demanda de energia mundial atendida por petróleo, gás natural e carvão em 2014 como aponta (AMBIENTE E ENERGIA, 2019) foi de 80%. Mas no entanto a base fóssil da energia gerou importantes problemas ambientais que nas últimas décadas começou a ser colocada em pauta de políticas energética dos países. Por isso, em dezembro de 2015 foi realizada a 21ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 21) onde se buscou um novo acordo para limitar o aumento de temperatura média, aplicável para todos os países, com o objetivo de manter o aquecimento global abaixo dos 2°C bem como reduzir as emissões de gases de efeito estufa diminuindo assim o uso de combustíveis fósseis.

Para o mesmo relatório a produção de energia através de fontes renováveis no Brasil vem caminhando de forma segura. A oferta interna de energia elétrica chega à 83% e é produzida por diversas fontes renováveis. A energia hidrelétrica é a mais predominante no país, e logo em seguida vem a energia da biomassa, a eólica e a solar fotovoltaica.

Segundo a professora Sônia Valle Oliveira da Faculdade de Economia, Administração e contabilidade de Ribeirão Preto (FEA-RP) da USP, o crescimento da energia de fonte renovável irreversível e sua participação na matriz energética tenderá a crescer cada vez mais. Ela também destaca o reaproveitamento da biomassa vindo da vinhaça rica em resíduos orgânicos (AMBIENTE ENERGIA, 2019).

Para empresa de pesquisa energética (2016) o grande desafio que o setor energético brasileiro tem, é justamente manter elevada a participação de fontes renováveis na sua matriz, o que implica instalações dos parques de usinas eólicas, solares, termelétricas a biomassa e, além de ampliação da produção e consumo de biocombustíveis líquidos, etanol e biodiesel, e diversas ações e políticas com o objetivo de manter os indicadores de emissão de GEE entre os melhores do mundo.

No setor de energia, Brasil estabeleceu três metas no acordo de Paris (COP21), que seria : (i) atingir a participação de 45% de energias renováveis na matriz energética em

2030, (ii) aumentar a participação de bioenergia para 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis, a oferta etanol (inclusive segunda geração) e a parcela de biodiesel na mistura do diesel, e (iii) expandir o uso de fontes renováveis, além da energia hídrica, na matriz total energia para uma participação de 28% a 33% até 2030 (EPE, 2016).

Considerando as estimativas feita no acordo de paris, segundo o portal Embrapa (2017), a produção do etanol continuará tendo um crescimento de 5% ao ano, até chegar a 50 bilhões de litros em 2030, ou 6,1% da matriz energética brasileira.

A perspectiva para 2030 do mercado nacional de biodiesel leva em consideração as previsões de disponibilidade de matérias-primas, das áreas cultivadas, da Matriz Energética, do consumo de diesel B, do percentual de mistura obrigatória, pesquisa e inovação, geração de empregos, segurança energética, infraestrutura e logística entre outros fatores. A ampliação da participação do biodiesel na Matriz Energética Brasileira pelo aumento gradual da mistura obrigatória, poderá seguir o cronograma mínimo que atualmente é de 11%, visando atingir 15% B15 em 2025, e 20% B20 em (2030) (TRIGUEIRINHO *et al*, 2016).

Com o aumento gradativo da mistura obrigatória ao diesel atualmente de 11% para 15% até 2025 o biodiesel necessitaria de R\$ 3 bilhões em investimentos como mostra a (EPE, 2019). A produção de biodiesel deverá alcançar 18 bilhões de litros em 2030 com a implementação do B20, tendo assim uma expectativa que o combustível represente cerca 3,31% da matriz energética do país.

A Empresa de Pesquisa Energética (2019), estima que para atender o consumo de biocombustíveis serão necessários R\$ 90 bilhões em investimentos em biocombustíveis (etanol, biodiesel) no Brasil até 2030. Só o etanol demandaria R\$ 60 bilhões para elevar a produção. E o biodiesel necessitaria de R\$ 3 bilhões em investimentos conforme for aumentando o percentual da mistura obrigatória ao diesel.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os biocombustíveis, são uma alternativa real, não apenas para garantir a autossuficiência e a segurança energética, mas, também, para projetar o Brasil no cenário internacional. Todavia, a produção, o uso e a comercialização de biocombustíveis apresentam inúmeros desafios, principalmente, em relação à sua sustentabilidade. O Brasil tem incentivado pesquisas, objetivando diminuir esses problemas e superar os desafios, pois seu objetivo final é criar um mercado global nesse setor.

No que diz respeito ao incentivo de lançamento de programas estimulando a produção de biocombustíveis, pode-se dizer que o Brasil e os Estados Unidos foram estimulados devido os preços elevados do petróleo, e a Alemanha teve interesse ligado na busca de redução da emissão dos gases do efeito estufa.

O Brasil continua com papel de destaque no cenário mundial de produção e consumo de biocombustíveis. O país já possui uma base institucional, uma boa estrutura, capacidade instalada e conhecimento técnico que são ferramentas importantes para a superação de boa parte dos desafios para a ampliação da participação dos biocombustíveis na matriz energética do País.

O país possui uma maior participação de energias renováveis na matriz energética e possui maior percentagem de biocombustível misturado a um combustível regular. Enquanto no mundo, o uso de fontes renováveis é de apenas 14,% e as não renováveis é de 85,9%.

Com relação ao etanol, o principal mercado deverá continuar sendo o interno. Diferente do que se esperava, o etanol de cana produzida no Brasil não tem-se mostrado competitivo no mercado externo frente ao etanol de milho dos Estados Unidos.

Quanto ao biodiesel, verificou-se que após as políticas de incentivo, a regulamentação do probiodiesel, e com o aumento obrigatório do percentual da mistura do biodiesel ao diesel pode ter contribuído com a utilização variadas matérias-primas. Conclui-se que desde 2005, com a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira houve uma expansão de produção e de consumo. Os produtores da cadeia produtiva de soja foram de grande importância para o êxito do programa. Porque quando o programa de biodiesel foi lançado o setor de soja era o que se encontrava melhor preparado para o mercado brasileiro.

A principal matéria-prima utilizada no Brasil é a soja, seguido do sebo bovino. O sebo bovino, pode ser visto hoje como uma matéria estratégica na cadeia produtiva do biodiesel.

É importante saber também, que apesar de todos esses benefícios, a produção e utilização dos biocombustíveis também trazem algumas desvantagens como um todo. A primeira e mais evidente delas é que conforme aumenta a produção e consumo dos biocombustíveis, maior é a necessidade de grandes áreas destinadas à agricultura.

## REFERÊNCIAS

AEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Brasília. 2008**

ANP- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Biocombustíveis.**

2020. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis> Acesso em: 20/mai/2019

AMBIENTE E ENERGIA MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO- **O Potencial Das Fontes Renováveis E As Oportunidades De Investimento No Brasil.**

2019. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2019/05/o-potencial-das-fontes-renovaveis-e-oportunidades-de-investimentos-brasil/35788>. Acesso em: 23/Dez/2019

AMBIENTE E ENERGIA MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO- **Novas Energias Renováveis no Brasil: Desafios e Oportunidades.** 2017. Disponível

em:<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2017/06/novas-energias-renovaveis-brasil-desafios-e-oportunidades/31794> Acesso em: 23/Dez/2019

ANP- AGENCIA NACIONAL DO PETROLEO- **Óleo diesel passa a conter mínimo de 11% de biodiesel a partir de 1º de setembro-2019.** Disponível em:

<http://www.anp.gov.br/noticias/5298-oleo-diesel-passa-a-conter-minimo-de-11-de-biodiesel-a-partir-de-1-de-setembro>. Acesso em 15/Set/2019

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO-ANP. Relatório gerencial: **situação dos produtores de biodiesel.** Brasília, mar. 2006.

AGÊNCIA PAULISTA DE PROMOÇÃO, INVESTIMENTO E COMPETIVIDADE-

**Agronegócios-Cana-de-açúcar.** Disponível em: <https://www.investe.sp.gov.br/setores-de-negocios/agronegocios/cana-de-acucar/> Acesso em 26/Dez/2019

ANDRADE, EDNILTON. **Programa Do Proálcool E O Etanol No Brasil,** 2009

AVELAR, MOREIRA; PRISCILA. O Brasil e os Biocombustíveis – **Uma análise das Perspectivas do Etanol.** Brasília-DF, 2009.

BARBOSA, C. V.; JORDÃO, L. R. **A produção de agrocombustíveis e o enlaço com a segurança e soberania alimentar.** Revista de Direito Agrário e Agroambiental, v.1, nº 2, Minas Gerais,jul./Dez.2015. Disponível em:

<<http://www.indexlaw.org/index.php/rdaa/article/view/322/pdf>> Acesso em: 11/12/ 2019

BRANCO, L.G.B, Khair, M. M (2011) Biocombustíveis e mercosul: **uma oportunidade para a integração regional**- Revista eletrônica direito e-nergia.

BENINI, M. S. **Fórum Ambiental: uma visão multidisciplinar da questão ambiental**, 2015. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/311100232\\_Forum\\_Ambiental\\_uma\\_visao\\_multidisciplinar\\_da\\_questao\\_ambiental](https://www.researchgate.net/publication/311100232_Forum_Ambiental_uma_visao_multidisciplinar_da_questao_ambiental). Acesso em: Set/2019

BEN - Balanço Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia 2018. Empresa de Pesquisa Energética.

BICHARA, Jahyr-Philippe; LIMA, Raquel Araújo. **Uma análise da Política Nacional sobre Mudança do Clima**. Cadernos de Direito. n. 23. v. 12. p. 165-192, 2012.

CARRERO, A.; VICENTE, G.; RODRIGUEZ, R.; LINARES, M.; DEL PESO, G.L..

**Hierarchical zeolites as catalysts for biodiesel production from Nannochloropsis microalga oil**. Catal Today n.167, p. 148–153, 2011

CERQUEIRA, R. L. **O ETANOL COMBUSTÍVEL NO BRASIL- BIOMASSA.IN:** UNICAMP, 2008.

CGEE. Biocombustíveis. Nota técnica. Preparado por Macedo, I.C. e Horta Nogueira, L.A.

CGEE - Centro de Gestão de Estudos Estratégicos, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Brasília, 2006

CHIEPPE JÚNIOR, J. B. **Tecnologia e Fabricação do Alcool. Inhumas: E-tec Brasil**, 2012. 74 p. Disponível em:

[http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico\\_acucar\\_alcool/tecnologia\\_fabricacao\\_alcool.pdf](http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/tecnologia_fabricacao_alcool.pdf) Acesso em: 19/Out/2019

CONCEIÇÃO, M. M.; CANDEIA, R. A.; DANTAS, H. J.; SOLEDADE, L. E. B.;

FERNANDES Jr, V. J.; SOUZA, A. G.; **Rheological Behavior of Castor Oil Biodiesel. Energy & Fuel**, v. 19, p. 2185-2188, 2005.

COUTO, L. C. **VIAS DE VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DA BIOMASSA. BIOMASSA E ENERGIA**, 2004.

DORADO, M. P., **OPTIMIZATION of Alkali-Catalyzed Transesterification of Brassica Carinata Oil for Biodiesel Production, Energy & Fuels**, v.18, p. 77-83, 2004

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Biodiesel consumption: thousand barrels per day**, 2000-2012. Washington, 2015. Disponível em:

<<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=79&pid=81&aid=2&cid=regions&syid=2000&eyid=2012&unit=TBPD>>. Acesso em: 15/Dez/2019.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; 2015.

**Biodiesel reduz em 70% a emissão de Gases do Efeito Estufa.** Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2723697/biodiesel-reduz-em-70-a-emissao-de-gases-do-efeito-estufa>. Acesso em: Mai/2019

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo de cana-de-açúcar entra como opção em solos arenosos.** 2019. Disponível

em:<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/43158660/cultivo-de-cana-de-acucar-entra-como-opcao-em-solos-arenosos>. Acesso 19/Out/2019

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2017.

**Embrapa traça cenários para o biodiesel em 2030.** Disponível em:

<https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/negocio/inviavel-pais-cumprir-meta-biocombustiveis-conclui-embrapa-170817>. Acesso 23/Dez/2019

EPE - **RenovaBio: Biocombustíveis 2030**; Nota Técnica: Sustentabilidade. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em:

<<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-155/EPE%20-%20NT2%20E2%80%93%20SUSTENTABILIDADE%20-%20ARQUIVO%202.pdf>>  
Acesso em: 11/Dez/2019

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. 2012. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 28/Nov/ 2019

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. 2016. **O**

**Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia.** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/NT%20COP21%20iNDC.pdf>.

Acesso em: 11/Dez/2019

ESCOBAR, J. C. et al. Biofuels: Environment, technology and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.13, 2009. Disponível em:

[http://www.grid.unep.ch/FP2011/step1/pdf/004\\_Escobar\\_2009.pdf](http://www.grid.unep.ch/FP2011/step1/pdf/004_Escobar_2009.pdf). Acesso em: 11/Dez/2019

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "**Reações de Transesterificação**"; *Brasil Escola*.

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/reacoes-transesterificacao.htm>.

Acesso em 14/out/2019

FONSECA, A.D. **Biomass-to-liquids: uma contribuição ao estudo da obtenção de biocombustíveis sintéticos através da síntese Fischer-Tropsch**. Dissertação (mestrado) Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo São Paulo, 2009

FRANCO, L; SOUZA, E. **Nova moeda no campo – Brasil amplia produção de etanol e biodiesel – beneficiando agricultores de todo o país**. Revista Globo Rural. Ed. 299, 2010.

GÓES, Paulo Sergio de Assis. **O Papel Da Petrobras Na Produção De biodiesel: Perspectivas de Produção e Distribuição do Biodiesel de Mamona**. 2006. 64 f.

Departamento de Engenharia Ambiental- DEA, Universidade Federal da Bahia, Bahia.2006.

GLENISTER, David; Nunes, Vanda. **A produção sustentável de biocombustíveis, a diretiva da UE de energia renovável e as iniciativas internacionais**, 2011. Disponível em: < <http://www.dcabr.org.br/download/artigos/sgs.pdf> >. Acesso em: 11/Dez/ 2019

GOES, Tarcisio. **Biocombustíveis – Uma alternativa para o mundo, uma oportunidade para o Brasil**. 2009.

GOLDEMBERG, José. – **Biomassa e energia**. Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, Brasil. 2009

GOMES. R. **Manual do Biodiesel – Uma energia alternativa, uma solução energética**. Lisboa: Litexa Editora. 2006

GOMES, M. Edinalva. **Comparação de algumas propriedades Físico-Química de Biodieseis e discussão junto aos alunos de uma escola pública de Riachão do bacamarte-PB**, Campina Grande, 2014.

GONÇALVES, Y, KAROLINE. *et al.* **Processo produtivo do etanol hidratado a partir da Cana de açúcar**. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, 19 à 20., 2015. Campo Mourão,2015.

GUARDABASSI, P. M. **Biomass as an Energy Resource: Perspectives for Developing Countries**. 2006. 123p. Master's Dissertation – Post-Graduation Program on Energy. University of São Paulo



- GUEVARA; Arnaldo Jose de Hoyos. SILVA, Orlando Roque da. **Avaliação de Sustentabilidade da Produção de Etanol no Brasil: Um Modelo em Dinâmica de Sistemas**. Disponível em <[http://www.scielo.br/pdf/bbr/v14n4/pt\\_1808-2386-bbr-14-04-0435.pdf](http://www.scielo.br/pdf/bbr/v14n4/pt_1808-2386-bbr-14-04-0435.pdf)> Acesso em 26/Dez/2019
- IBRAHIM, H.; ILINCA, A.; PERRON, J. **Energy storage systems—characteristics and comparisons**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 12, n. 5, p. 1221-1250, 2008
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas Nacionais Trimestrais, 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11/Dez/2019
- IEA (International Energy Agency) Energy Balances of non-OECD countries 2002- 2003, Paris, 2005
- JARDINE, J. G.; PERES, M. R.; DISPATO, I. **Considerações sobre Biodiesel como Biocombustível Alternativo ao Diesel**. 1ª ed. Campinas: Embrapa informática Agropecuária, 2009.
- KAREKEZI S. et al (Eds). SPECIAL ISSUE - **Africa: Improving modern energy services for the poor**. *Energy Policy* 30(11-12). Elsevier Science Ltd, Oxford, 2002
- LEITE, M. A.V. **Estado da Arte e Novidades da Bioenergia no Brasil**, 2011.
- LIMA, Urgel de Almeida; AQUARONE, Eugênio; BORZANI, Walter. **Biotecnologia: Tecnologia das Fermentações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1975. 285 p.
- MARQUES, D. **Conselho de Informações sobre Biotecnologia, Guia da cana – de açúcar**. 2009
- MASIERO, GILMAR; LOPES, HELOISA; **Etanol e biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia**, 2008.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria MAPA nº 75, de 05 de março de 2015. **Fixa, o percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível à gasolina**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 06 mar. 2015. Disponível em: [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br) Acesso em: 11/Dez/2019
- MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology**, Volume 83, Número 1, maio 2002, p. 37-46, 2002.
- MDA – Secretaria Especial da Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário. **Selo Combustível Social – Balanço 2015**. Brasília, 2015. Disponível em: <

[http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user\\_arquivos\\_383/SCS%20-%20Balan%C3%A7o%202015%20para%20publica%C3%A7%C3%A3o.pdf](http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_383/SCS%20-%20Balan%C3%A7o%202015%20para%20publica%C3%A7%C3%A3o.pdf). >. Acesso em: 11/Dez/2019

MELLO, Fabiana. Ortiz.Tanoue; PAULILLO; Luiz Fernando. Vian; Carlos Eduardo de Freitas. **O BIODIESEL NO BRASIL: panorama, perspectivas e desafios**. SP, v.37, n.1, jan. 2007

MENDES. Luís Filipe Barradas, **Produção de biodiesel, situação atual e perspectivas futuras**, 2015

MENDES; APA. COSTA; RC (2009). **Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras**. BNDES. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Governo Federal.

Ministério de Minas e Energia, Biodiesel: **o que é biodiesel**. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiese/perguntas.html>. Acesso em: 26/jun/2019.

NOTÍCIAS AGRICOLAS- **Sebo bovino é segunda matéria-prima na produção de biodiesel**. 2019. Disponível

em:<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/biocombustivel/246237-sebo-bovino-e-segunda-materia-prima-na-producao-de-biodiesel.html#.Xe0Y-OhKjIU>. Acesso em: 7/Dez/2019

NOVA CANA- **Biocombustíveis demandarão R\$ 90 bilhões até 2030, projeta EPE**. 2019. Disponível em :

<https://www.novacana.com/n/industria/investimento/biocombustiveis-demandam-2030-projeta-epe-080119>. Acesso em: 28/01/2020.

OSAKI,MAURO; BATALHA, MÁRIO OTÁVIO. **Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio, 2008**. São Carlos-SP-Brasil

PIACENTE, ERIK. AUGUSTO. **Perspectivas do Brasil no Mercado Internacional de Etanol**. Dissertação (mestrado) Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas,2006

PARENTE, Expedito José de Sá. **BIODIESEL: Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003

- PASSOS; SAMPAIO. DANIEL. **Biocombustíveis: Estratégia De Longo Prazo Do Brasil E A Barreira Da Concorrência Internacional**. Monografia no curso de Ciência Econômicas. Universidade Federal de Bahia. Salvador, 2009
- RAMOS, L.P.. KUCEK, T. K. DOMINGOS, K. A. WILHEM, M. H. **um projeto de sustentabilidade economica e sócio – ambiental para o brasil**. BIODIESEL. SIAMIG- 2018. **Perspectivas para o setor de biocombustíveis do Brasil em 2018**. Disponível em: <http://www.siamig.com.br/artigos/perspectivas-para-o-setor-de-biocombustiveis-do-brasil-em-2018>. Acesso em: 7/Dez/2019
- DE SOUZA, V.H.A.; Dos Santos, L.T.; Campos, A.F.; Carolino, J.; **Análise do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): Resultados e Críticas**. Revista de Administração Geral, v.1, n.1, p.23 – 41. 2015
- SOUSA, IVAN SERGIO FREIRE DE- **Rumo A Uma Sociologia Da Agroenergia**, 2010.
- SOUSA, Victor.Hugo.Alves. Dos Santos; Luan Tolentino. Campos; Adriana.Fiorotti. Carolino; Jaqueline. **Um panorama do biodiesel no brasil e no mundo: esforços para a ampliação do setor e desafios**. Rio de Janeiro,2016.
- TÁVORA, L. F (2011). *História e Economia dos Biocombustíveis no Brasil*. Acesso em 20/Mai/2019
- TAVARES, I. P.; **Produção De Ésteres Etílicos De Ácidos Graxos (Biodiesel) Do Óleo De Soja Em Reator Batelada**, CAMPO MOURÃO, 2015.
- TRIGUEIRINHO;F. MINELLI; J.C. TORKASKI; D.- **Biodiesel: oportunidades e desafios no longo prazo**, Brasilia, 2016. Disponível em: [http://abiove.org.br/wp-content/uploads/2019/05/07102016-131231-07\\_10\\_2016\\_n\\_cenario\\_para\\_o\\_biodiesel\\_em\\_20302.pdf](http://abiove.org.br/wp-content/uploads/2019/05/07102016-131231-07_10_2016_n_cenario_para_o_biodiesel_em_20302.pdf). Acesso em 7/Dez/2019
- UE – União Europeia. Energia, 2009. Disponível em: < [https://europa.eu/european-union/topics/energy\\_pt](https://europa.eu/european-union/topics/energy_pt) > Acesso em: 11/Dez/2019
- UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO - UNICA (2003)- Álcool Combustível, Produção. Site [www.unica.com.br](http://www.unica.com.br)
- UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Etanol: 60 países já adotam a mistura obrigatória de biocombustíveis aos combustíveis fósseis**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticia/27251092920325965467/60-paises-ja>

adotam-mistura-obrigatoria-de-biocombustiveis-aos-combustiveis-fosseis/>. Acesso em: 27/Dez/2019.

VIDAL; M. F.; **Produção e uso de biocombustíveis no brasil**- Caderno setorial, 2019.

Disponível em :

[https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5014256/78\\_Biocombustiveis.pdf/e0dc0c8c-e995-16ec-d63c-d477f80e0131](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5014256/78_Biocombustiveis.pdf/e0dc0c8c-e995-16ec-d63c-d477f80e0131). Acesso em: 1/Dez/2019

Zhang, Y; Dub, M.A.; Mclean, D.D.; Kates, M. 2003) **Biodiesel production from waste cooking oil: Process design and technological assessment**, **Bioresource Technology**, 2003