

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA

MICHEL RODRIGUES RIBEIRO

**Análise dos impactos socioeconômicos e ambientais da produção do
biodiesel no Brasil**

Lorena
2018

MICHEL RODRIGUES RIBEIRO

Análise dos impactos socioeconômicos e ambientais da produção do biodiesel no Brasil

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo como requisito parcial para conclusão da Graduação do curso de Engenharia Química.

Orientador: Prof. Gerônimo Virgínio Tagliaferro.

Lorena
2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Ribeiro, Michel Rodrigues Ribeiro
Análise dos impactos socioeconômicos e ambientais
da produção do biodiesel no Brasil / Michel Rodrigues
Ribeiro Ribeiro; orientador Gerônimo Virgínio
Tagliaferro. – Lorena, 2018.
57 p.

Monografia apresentada como requisito parcial
para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia
Química – Escola de Engenharia de Lorena da
Universidade de São Paulo. 2018

1. Biodiesel. 2. Economia. 3. Meio ambiente. 4.
Agricultura familiar. I. Título. II. Tagliaferro,
Gerônimo Virgínio, orient.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo apoio irrestrito ao longo do curso em todos os aspectos e de todas maneiras possíveis.

Aos amigos que fiz durante o curso, mas que infelizmente perdi contato e, principalmente, aos amigos que fiz e ainda estão presentes no meu dia-a-dia apesar da distância.

Ao professor Gerônimo Virgínio Tagliaferro por aceitar me orientar e fazê-lo com toda a paciência possível.

RESUMO

RIBEIRO, M. R. **Análise dos impactos socioeconômicos e ambientais da produção do biodiesel no Brasil**. 2018. 57f. Trabalho de conclusão de curso (Trabalho de graduação em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2018.

Há algum tempo a sociedade procura alternativas energéticas com menor impacto ambiental e, nesse contexto, o Brasil é um dos pioneiros em pesquisas sobre biocombustíveis com desenvolvimento do álcool da cana-de-açúcar e, posteriormente, no avanço das tecnologias para produção de biodiesel de diversas fontes. Esse trabalho buscou identificar por meio de pesquisa na literatura sobre como os avanços na produção do biodiesel no Brasil afetam a economia, o meio ambiente e as famílias que são introduzidas no ciclo produtivo desse biodiesel. Essas famílias são inseridas no processo do biodiesel por meio de políticas públicas que, além de impor que biodiesel seja acrescentado ao diesel mineral, incentiva indústrias que fabriquem esse biodiesel a partir de matérias-primas compradas da agricultura familiar. O investimento em tecnologias para substituir gradativamente o diesel mineral por biodiesel também vai de encontro aos interesses de acordos ambientais firmados entre as maiores economias, como o vigente acordo de Paris.

Palavras-chave: biodiesel, economia, meio ambiente, agricultura familiar.

ABSTRACT

RIBEIRO, M. R. **Analysis of socioeconomic and environmental impacts of biodiesel production in Brazil**. 2018. 57p. Graduation work in Chemical Engineering - Lorena School of Engineering, University of São Paulo, Lorena, 2018.

For some time, society has been looking for energy alternatives with less environmental impact, and in this context, Brazil is one of the pioneers in biofuels research with sugar cane ethanol development and, later, in the advancement of technologies for the production of biodiesel from different sources. This work sought to identify through research in the literature on how advances in the production of biodiesel in Brazil affect the economy, the environment and the families that are introduced in the production cycle of this biodiesel. These families are included in the biodiesel process through public policies that, in addition to imposing that biodiesel is added to the mineral diesel, encourages industries that manufacture this biodiesel from raw materials purchased from family agriculture. The investment in technologies to gradually replace diesel with biodiesel also meets the interests of environmental agreements signed between major economies, such as the current Paris agreement.

Key words: biodiesel, economy, environment, family farming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Projeção feita em 2018 para a produção de etanol no Brasil até 2030 (em bilhões de litros).....	22
Figura 2 - Reação de transesterificação para produção de biodiesel a partir de um óleo vegetal e metanol.	22
Figura 3 - Projeção feita em 2007 de produção e consumo de óleo diesel no Brasil comparada à produção de biodiesel e diesel com H-Bio (em bilhões de litros).	25
Figura 4 - Matriz energética global em 2015 comparada à matriz energética brasileira em 2016.....	34
Figura 5 - Plantas de produção de biodiesel autorizadas pela ANP atuando em 2018.....	39
Figura 6 - Evolução do volume de matéria-prima adquirida da agricultura familiar nos arranjos do Selo Combustível Social (mil toneladas).	40
Figura 7 - Metas de diminuição de emissão de gases apresentadas pelo Brasil no acordo de Paris.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução do percentual mínimo obrigatório de biodiesel presente no diesel fóssil no Brasil.....	35
Tabela 2 - Características de algumas espécies de oleaginosas com potencial de uso para fins energéticos.	36
Tabela 3 - Quantidade de óleo por hectare das matérias-primas mais utilizadas.	37
Tabela 4 - Volume de biodiesel vendido em 2017 pela região Norte em m ³ e divididos por região compradora.	43
Tabela 5 - Volume de biodiesel vendido em 2017 pela região Nordeste em m ³ e divididos por região compradora.	44
Tabela 6 - Volume de biodiesel vendido em 2017 pela região Sudeste em m ³ e divididos por região compradora.	44
Tabela 7 - Volume de biodiesel vendido pela região Centro Oeste em m ³ e dividido por região compradora.....	45
Tabela 8 - Volume de biodiesel vendido pela região Sul em m ³ e divididos por região compradora.	45
Tabela 9 - Produção anual de biodiesel em litros desde a obrigatoriedade de adição ao diesel.	46
Tabela 10 - Comparação da emissão de poluentes entre o diesel mineral e a mistura com 20% ou 10% de biodiesel	48

LISTA DE SIGLAS

API – American Petroleum Institute
APROBIO – Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil
ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
CNPE – Conselho Nacional de Política Energética
CO – Monóxido de Carbono
COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GT – Grupo de Trabalho
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MME – Ministério de Minas e Energia
MP – Material Particulado
NO_x – Óxidos de Nitrogênio
OVEG – Programa de Óleos Vegetais
PASESP – Programa de Formação de Patrimônio do Servidor Público
PIS – Programa de Integração Social
PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PROÁLCOOL – Programa Nacional do Alcool
PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PRÓ-ÓLEO – Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos
SIMP – Sistema de Informações de Movimentação de Produtos
SO_x – Óxidos de Enxofre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVO GERAL	13
2.1	Objetivo Específico	13
3	OS COMBUSTÍVEIS	14
3.1	O uso de biocombustíveis no Brasil	14
3.2	Combustíveis fósseis	16
3.2.1	O petróleo	17
3.3	Combustíveis renováveis	19
3.3.1	O etanol	20
3.4	O biodiesel	22
3.4.1	O processo de produção do biodiesel.....	26
3.4.2	As matérias-primas	27
3.4.2.1	A soja.....	27
3.4.2.2	Gordura animal.....	28
3.4.2.3	Óleo de palma	29
3.4.2.4	Microalgas	30
3.5	Glicerol.....	31
4	OS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL.....	34
5	OS IMPACTOS AMBIENTAIS	46
6	CONCLUSÃO.....	50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Há anos a preocupação com grandes mudanças climáticas alarma a comunidade especializada e, caso a emissão de gases que contribuem para o efeito estufa continue a crescer, a tendência é chegar nas grandes mudanças climáticas (TIMMER-MANN et al., 1999). Esse crescimento na emissão de gases fica visível quando se avalia que, de 1750 a 2011, aproximadamente metade das emissões de dióxido de carbono vindas da humanidade vieram nos últimos 40 anos (IPCC, 2014).

Estudos indicam que, em poucos anos, os impactos ambientais decorrentes do efeito estufa, serão sentidos em todo o planeta, trazendo consequências como o aumento da temperatura média do planeta, derretimento de geleiras com consequente aumento do nível dos oceanos e desaparecimento de ilhas e áreas litorâneas, além do aumento na ocorrência de tempestades, furacões e outros fenômenos (NETO; NERY, 2005).

O efeito estufa consiste na ação de gases, como metano e dióxido de carbono, sobre os raios infravermelhos refletidos pela superfície terrestre, mantendo esse calor na atmosfera e, assim, uma temperatura estável na Terra. Esse aumento de raios refletidos de volta para a Terra acaba por aumentar gradativamente a temperatura média terrestre, causando um aumento do nível dos mares graças ao derretimento de geleiras. Também há o aumento da poluição urbana graças ao acúmulo de nuvens de gases nas cidades, já que esses gases apresentam dificuldade para se dissipar por conta dos prédios e grandes construções (NETO; NERY, 2005).

Esses gases de efeito estufa têm como principais representantes o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxidos de enxofre (SO_x), além de hidrocarbonetos (HC) e material particulado (MP), um dos principais causadores de doenças respiratórias nas grandes cidades (NEEFT; MAKKEE; MOULIJN, 1996).

Para Parente (2003), com o crescente desenvolvimento industrial, aumentou-se também a emissão de gases poluentes. Essa alta da poluição ocasionou a criação do protocolo de Kyoto e acordos nos quais os países participantes se comprometeram a diminuir suas emissões de gases poluentes

em 5,2% em relação aos níveis de 1990, sendo passível de sanções o descumprimento das obrigações. A partir desses acordos, amplificou-se a busca por energias renováveis que gerassem menor impacto ambiental. A produção de biocombustíveis para uso em automóveis transformou-se em uma possibilidade de diminuição da emissão de gases, já que o uso de combustíveis fósseis emite alto volume de gases poluentes. Os biocombustíveis realizam retirada de carbono da atmosfera por meio da fotossíntese de suas fontes e esse mesmo carbono é lançado de volta na queima do combustível; já os combustíveis fósseis retiram fontes de carbono que estão no subsolo e, após serem queimados, lançam esse carbono na atmosfera, obtendo um balanço positivo de emissão de carbono em seu processo.

2 OBJETIVO GERAL

A pesquisa teve como objetivo investigar e analisar o mercado brasileiro do biodiesel, assim como os impactos sociais e econômicos no Brasil, gerados do plantio ao fim da cadeia produtiva.

2.1 Objetivo Específico

Por meio de estudo na literatura disponível, procurou-se contextualizar a atual situação da produção do biodiesel no Brasil e seus impactos diretos e indiretos no âmbito econômico, ambiental e todas suas projeções de impacto social.

Também buscou-se explicitar as dificuldades para a consolidação do planejamento governamental para tornar o biodiesel uma opção cada vez mais atraente aos olhos do mercado financeiro e do consumidor final, além de suas dificuldades tecnológicas e burocráticas.

3 OS COMBUSTÍVEIS

Segundo Dionysio e Meirelles (2007) combustível é qualquer substância que reage a um comburente, geralmente o oxigênio, produzindo calor, chamas e/ou gases, liberando energia utilizável. As fontes de combustível, no entanto, são limitadas, pois, esses materiais devem ser extraídos da natureza e não são renováveis ou fabricados, o que gera custos. As reações de combustão são exotérmicas, mas nem toda reação exotérmica é de combustão. Para que a combustão ocorra é indispensável a presença tanto do combustível quanto do comburente.

Os combustíveis podem ser classificados em fósseis, quando se originaram de animais, vegetais e microrganismos fossilizados há milhares de anos e que sofreram transformações complexas, e renováveis quando são de origem biológica e não fóssil. Pode-se citar como exemplos de combustíveis fósseis: o petróleo, o gás natural, o xisto betuminoso e o carvão mineral. Os combustíveis renováveis mais comuns são o biodiesel e o álcool etílico.

O primeiro tipo de energia utilizada pela sociedade humana foi a energia térmica proveniente do fogo pela combustão natural ou provocado por tempestades elétricas. Os grupos de seres humanos alimentavam o fogo com materiais que selecionavam pelo conhecimento que tinham, esses materiais eram combustíveis à medida que mantinham a fonte de energia. Dominar o fogo como fonte de energia e aprender sobre o combustível que o mantinha, permitiu aos agrupamentos humanos transformar os materiais, se defender e mesmo sobreviver a temperaturas baixas, além de mudar hábitos alimentares (DIONYSIO; MEIRELLES, 2007).

3.1 O uso de biocombustíveis no Brasil

O consumo de energia proveniente de fontes fósseis representa mais de 80% do consumo global, enquanto apenas 8% da energia é gerada pelo uso de biocombustíveis. Entretanto, por razões econômicas e ambientais, tem-se realizado no Brasil estudos para se obter uma saída gradual da era do petróleo,

iniciando com a produção de etanol e, mais recentemente, meios mais viáveis economicamente de produzir o biodiesel (DEMIRBAS, 2009).

Com esse intuito, em 1975 nasceu o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (PRÓ-ÓLEO), que possuía como objetivo criar um excedente de óleo vegetal capaz de tornar seus custos de produção competitivos com os do petróleo (ABREU; VIEIRA; RAMOS, 2006).

Após o PRÓ-ÓLEO, o Brasil se tornou um dos pioneiros em pesquisas com biodiesel e, em 1983, após o aumento do preço do petróleo, aconteceu a implantação do Programa de Óleos Vegetais (OVEG) para que pudesse ser testado o uso do biodiesel puro e em vários níveis na mistura ao diesel mineral.

Segundo Charles et al. (2007), praticamente todos os países moldam sua demanda de biodiesel por meio de políticas públicas, fornecendo benefícios fiscais e estipulando misturas obrigatórias de biodiesel ao diesel mineral. E foi assim que aconteceu no Brasil, já que em 2004 teve início o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), que conta com a participação de 14 ministérios e possui o objetivo de estimular, de forma sustentável, a produção do biodiesel, gerando empregos e desenvolvimento regional.

Já Garcez e Vianna (2009) citam a importância da inserção de agricultores familiares no processo de produção do biodiesel, enquanto Demirbas (2009) cita que a produção do biodiesel pode, juntamente com o desenvolvimento social, trazer um maior valor agregado à produção agrícola por meio do processamento das oleaginosas, além de diminuir a dependência em relação ao mercado externo de derivados de petróleo.

Para proporcionar maior incentivo à produção do biodiesel, criou-se a Medida Provisória nº 214, de 13 de setembro de 2004, que depois tornou-se a lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que estabeleceu a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Em janeiro de 2008 a mistura mínima de 2% de biodiesel (B2) passou a ser obrigatória e, com o tempo, essa fração elevou-se e tende a continuar crescendo, segundo planejamento da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2007).

Além desse estímulo causado pela obrigatoriedade da adição de biodiesel ao diesel mineral, houve a criação do “Selo Combustível Social”, que é concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) a produtores de biodiesel que

estão de acordo com os critérios relatados na Portaria nº 512, de 5 de setembro de 2017. Tal selo qualifica o produtor como promotor de inclusão social dos agricultores familiares enquadrados do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) (MDA, 2018).

Esse selo oferece vantagens ao produtor por meio de isenção ou diminuição em tributos e uma maior facilidade para realizar empréstimos juntos aos bancos envolvidos com o PNPB. Entretanto, o selo também confere ao produtor as obrigações de firmar contrato com o agricultor e, se necessário, oferecer todo tipo de suporte técnico gratuitamente ou capacitação para os agricultores familiares contratados, além de se comprometer a comprar uma fatia mínima da produção.

3.2 Combustíveis fósseis

De acordo com o balanço da International Energy Agency (IEA), em 2016 os combustíveis fósseis ainda eram a fonte mais usada a fim de conseguir energia no planeta, sendo que juntos o petróleo, o carvão e o gás natural representam mais de 80% da matriz energética global (IEA, 2016). Entretanto, o custo desse uso contínuo vem por meio de impactos ambientais a curto e longo prazo, pois o processo de exploração do petróleo tem impacto direto na qualidade do ar, do solo e da água em seu entorno. Para a água, a queda de qualidade vem por meio do lançamento de efluentes contaminados e acidentes ambientais, como os derramamentos de petróleo no mar. Já para o solo, a interferência vem por meio da contaminação por metais pesados e pela remoção da cobertura vegetal, que influencia na defesa natural do solo e aumenta a tendência a erosão (MARTINS; SILVA; AZEVEDO, 2014). Todavia, o efeito mais discutido atualmente é a poluição do ar, pois a queima dos combustíveis fósseis libera grande volume de gases que contribuem para o agravamento do efeito estufa e para o aumento da temperatura global (CARVALHO, 2010).

As radiações solares que incidiram sobre a Terra propiciaram condições para o desenvolvimento de microrganismos, como bactérias e microalgas, árvores gigantes e grandes animais, cujo ciclo de vida culminou com a morte e decomposição. Durante as eras de aquecimento global, as folhas e outros resíduos foram depositados no fundo do mar pelos rios ou pela erosão, criando,

sob elevadas pressões e temperaturas, condições para a formação de gás. Portanto, os combustíveis fósseis consubstanciam energia solar acumulada por fotossíntese em vegetais ao longo de milhões de anos. Os grandes depósitos de petróleo, geralmente vêm associados a depósitos de gás (CARVALHO, 2008).

3.2.1 O petróleo

A origem da formação do petróleo é a decomposição de matéria orgânica (plantas e animais), por um longo tempo, sob a ação de bactérias, sob alta pressão e elevadas temperaturas. Esse material, em condições específicas, se transforma em hidrocarbonetos (CARDOSO, 2005) sendo assim variações da composição e da qualidade às condições geológicas. Segundo Santos et al. (2006) as principais variações encontradas nas amostras de petróleo são: a densidade, o teor de enxofre e a base (hidrocarboneto) predominante. Por isso o petróleo bruto recebe classificações que vão de leves a pesados, conforme a densidade e de acordo, com normas internacionais da American Petroleum Institute (API). O petróleo mais leve tem maior valor comercial, pois produz uma quantidade maior de derivados nobres, são petróleos com grau de API maior.

O grau de API é maior quando se diz que o petróleo é mais leve. Petróleos com grau de API maior que 32° são considerados leves, entre 24° e 31° API são considerados médios, abaixo de 23° API são considerados pesados; e com API igual ou inferior a 10° são petróleos extrapesados. Em relação à base ou tipo de hidrocarboneto predominante na composição o petróleo pode ser parafínico (que produzem gasolina de menor octanagem, mas produzem ceras e lubrificantes); naftênicos e aromáticos (SANTOS et al, 2006).

O petróleo é de suma importância para a sociedade, os combustíveis de origem fóssil ainda não foram substituídos por nenhum outro em larga escala, apesar dos esforços e pesquisas do setor. Essa fonte de energia tem sido explorada indiscriminadamente pelo ser humano, apesar de não ser renovável e nem infinita, mas a sua exploração, refino e utilização gera resíduos e está sujeita a acidentes que podem causar grandes destruições e problemas ao meio ambiente. Todas as etapas de sua manipulação envolvem riscos ao ser humano,

a fauna e a flora, principalmente durante o processo de transporte e refino (FREGOLENTE, 2009).

As indústrias de refino de petróleo são construídas e equipadas tendo em vista o tipo de petróleo que irão processar devido ao produto que irão produzir (CARDOSO, 2005). Uma vez montadas, a flexibilidade é quase inexistente e o perfil inicial da produção deve ser mantido, por isso, para produzir os derivados desejados, o planejamento deve ser prévio e cada refinaria apresenta características apropriadas a sua produção.

Segundo Fregolente (2009) refinar é separar o material bruto em frações, no caso do petróleo é processar produtos através de processos químicos e físicos, as frações obtidas passam por outros processos de separação e conversão levando aos derivados finais. As diferenças entre os tipos de petróleo bruto é que definem a qualidade e a quantidade dos produtos derivados. As refinarias podem ser produtoras de energéticos ou de não-energéticos e petroquímicos (SANTOS et al, 2006). Os energéticos são: o gás combustível, gás liquefeito, gasolina de aviação e automotiva, querosene de aviação comum, óleo diesel, óleos combustíveis, coque verde, entre outros. Os produtos não-energéticos e petroquímicos são: lubrificantes, parafinas e produtos que são matéria-prima como gás residual, solventes, naftas, gasóleo petroquímico, óleos lubrificantes, óleos isolantes, graxas, parafinas, resíduos aromáticos, asfálticos e asfalto, entre outros. A refinaria que produz o segundo tipo de derivados exige maiores investimentos, mas gera maior lucro.

As restrições da indústria de petróleo de um modo geral, referem-se à qualidade do petróleo que tem se deteriorado, à forma de explorar e refinar o petróleo gerando menor impacto ambiental e à exigência do mercado de produtos de qualidade (SANTOS et al, 2006). Isso tudo exige recursos cada vez maiores e investimentos em instalações complexas que levam a lucros menores devido a gastos maiores.

As indústrias de petróleo crescem de uma maneira continua e constante devido a sua crescente importância para a sociedade moderna. Com isso aumentam os riscos de acidentes de grandes proporções com contaminação humana, animal e vegetal. Os acidentes com petróleo geralmente geram

alterações ambientais muito grandes e todas as etapas de exploração e refino oferecem riscos (BAYARDINO, 2004).

Ainda segundo Bayardino (2004) nos anos 80 houve um aumento da preocupação com o meio ambiente no cenário internacional o que gerou a criação de regras, multas, taxas e impostos sobre a produção e refino de petróleo no intuito de minimizar os efeitos negativos deste sobre o meio ambiente.

De acordo com Santos et al. (2006), o descarte inadequado dos resíduos oleosos tem contaminado o solo, o lençol freático e os mares, além disso a recorrência de acidentes e vazamentos na exploração e no transporte tem aumentado. Nessa fase também acontecem acidentes nos quais o derramamento de quantidades de produtos e subprodutos em rios e no solo representam grande impacto ambiental. Há também os riscos que a indústria do refino apresenta em relação ao armazenamento dos produtos refinados e até mesmo riscos associados à matéria-prima que utiliza e a locais e recipientes malconservados.

Para Bayardino (2004) os riscos existem e não podem ser descartados, mas podem ser minimizados através de medidas preventivas muito eficientes; porém a substituição dessa fonte de energia por combustíveis renováveis pode representar uma saída para a preservação dos recursos naturais.

3.3 Combustíveis renováveis

Os biocombustíveis, como por exemplo o etanol e o biodiesel, são energias renováveis produzidas a partir de óleos vegetais, sebo de origem animal, óleo de frituras e da matéria graxa encontrada nos esgotos municipais. Esses materiais podem substituir os combustíveis de origem fósseis, principalmente o petróleo, pois liberam na atmosfera uma quantidade menor de poluentes. (D'ARCE, 2005).

Segundo a projeção da Matriz Energética Nacional para 2030 do Ministério de Minas e Energia (2007), a produção de biocombustíveis no Brasil tende a aumentar de acordo com o melhor aproveitamento de fontes de biomassa e de novas tecnologias, além de um mercado mais interessado nesse tipo de energia. Muito desse aumento projetado é em vista da busca mundial por opções ambientalmente viáveis e, juntamente com isso, por conta do crescente avanço de tecnologias ligadas à agropecuária no Brasil. Essas tecnologias trazem

consigo um aumento da produtividade por área plantada e, automaticamente, um menor custo no produto final, o que torna possível um aumento nas exportações de biocombustível nos próximos anos.

3.3.1 O etanol

O etanol é uma substância orgânica que possui dois átomos de carbono ligados por ligação simples e uma hidroxila em uma das pontas. Essa molécula é produzida principalmente pela fermentação de açúcares, mas também pode ser conseguida por destilação de resíduos da indústria de bebidas e por reações com hidrocarbonetos insaturados como o eteno e o etino (BASTOS, 2007). Na via fermentativa, o substrato é fermentado principalmente pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*, mas também pode ser feito por outras leveduras ou até bactérias (MOREIRA et al., 2008).

O etanol é usado como combustível líquido, misturado à gasolina ou utilizado como insumo para outros produtos orgânicos na indústria química. Como combustível, o etanol é usado quase que exclusivamente por Brasil e Estados Unidos, os maiores produtores globais (BASTOS, 2007). Porém, segundo Lima, Basso e Amorim (2001), a utilização do etanol como combustível teve início graças à escassez de gasolina no período da segunda guerra mundial. Entretanto, com o fim da guerra, o derivado de petróleo voltou a ser importado e o etanol perdeu importância, voltando a ser relevante no Brasil nos anos 70 com o início do Programa Nacional do Álcool, o PROÁLCOOL.

Existem dois tipos principais de destilarias de álcool no Brasil: as autônomas, que são as destilarias que compram matéria-prima com o intuito exclusivo de produzir combustível, e as anexas, que são destilarias integradas a usinas de açúcar, se aproveitando de subprodutos do processo do açúcar que possuem alta concentração de açúcares fermentáveis (ORTEGA; WATANABE; CAVALETT, 2006).

Segundo Lima, Basso e Amorim (2001), existem três rotas principais para a produção do etanol: a que utiliza matérias-primas doces e diretamente fermentáveis, como a cana-de-açúcar e a beterraba açucareira; a que usa matérias-primas amiláceas e que necessitam ser convertidas em açúcares, como

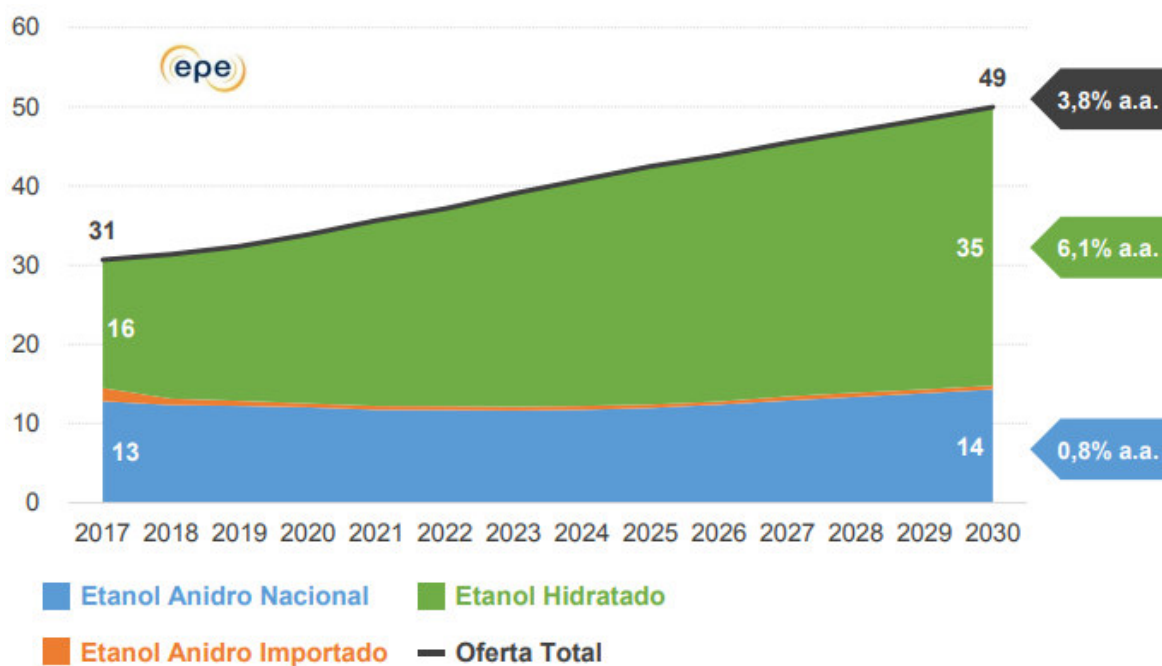
o milho e o trigo; e a que, através da hidrólise das cadeias celulósicas, utiliza a biomassa residual, como o bagaço e a palha, para produzir uma solução fermentável de açúcares.

Em ambos os casos, o processo se direciona para uma fermentação alcoólica, que se trata de um processo anaeróbico (ou seja, sem a presença de oxigênio), catalisado por enzimas e que utiliza açúcares para produzir etanol e dióxido de carbono (CO_2). Essa fermentação é feita principalmente por leveduras, buscando produzir energia e, assim, o etanol trata-se apenas de um subproduto que é liberado no meio ao fim desse processo. Esse processo envolve 12 reações sequenciais, catalisadas por diferentes enzimas e, por esse motivo, a fermentação se processa no citoplasma celular e pode ter um maior ou menor rendimento dependendo de fatores como pH, temperatura, inibidores e todos outros fatores que atuam sobre a ação enzimática (LIMA; BASSO; AMORIM, 2001).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2007), o Brasil alcançou em 2005 a produção de mais de 28 milhões de toneladas de açúcar e 16 bilhões de litros de etanol, sendo que mais da metade desse açúcar foi destinado à exportação. Além disso, com o domínio dos fatores que podem influenciar na produção e com uma tecnologia de ponta, tanto na agricultura, quanto na indústria, a produtividade de etanol por hectare plantado aumentou drasticamente nos últimos anos, levando o Brasil a contribuir com quase metade do açúcar e do etanol negociados mundialmente.

Graças à força nesse mercado, espera-se o aumento constante da produtividade da área plantada e consequente aumento da produção de etanol e açúcar. Como pode ser visto na Figura 1, isso leva a uma projeção muito otimista dos órgãos federais que, com base na evolução histórica, indicam uma produção de 49 bilhões de litros etanol em 2030, elevando ainda mais o patamar do Brasil como fornecedor de energias alternativas de menor impacto ambiental.

Figura 1 - Projeção feita em 2018 para a produção de etanol no Brasil até 2030 (em bilhões de litros).

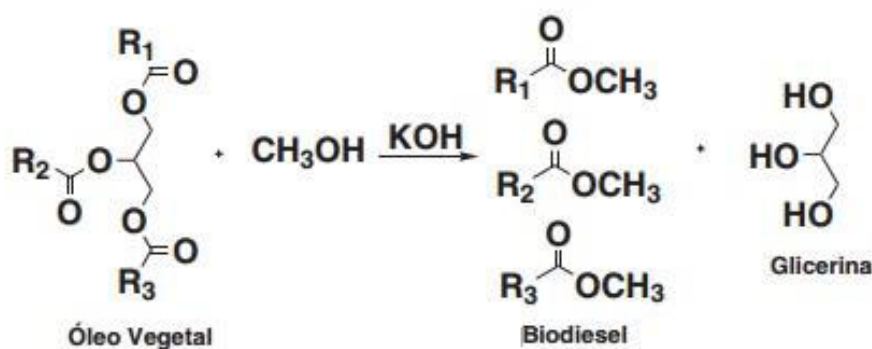


Fonte: EPE, MAPA e ANP, 2018.

3.4 O biodiesel

O biodiesel é um combustível obtido a partir de óleos vegetais ou gordura animal por meio de transesterificação, esterificação e pelo craqueamento, sendo a transesterificação, demonstrada na Figura 2, o método mais utilizado (PARENTE, 2003).

Figura 2 - Reação de transesterificação para produção de biodiesel a partir de um óleo vegetal e metanol.



A transesterificação é a reação química entre um éster e um álcool para gerar um novo éster. Especificamente sobre a reação de transesterificação para obtenção do biodiesel, trata-se da reação de um mol de triglicerídeo de origem vegetal ou animal com 3 mols de álcool (geralmente metanol ou etanol), formando o biodiesel e glicerol como subproduto (SCHUCHARDT; SERCHELI; VARGAS, 1998; ALBUQUERQUE, 2006).

A transesterificação, meio comumente utilizado para produção de biodiesel, pode empregar diversos tipos de catalisadores, sejam eles ácidos, alcalinos ou enzimáticos. A rota preferencialmente utilizada é a alcalina, porém estudos com catalisadores são comuns para se obter uma melhoria do rendimento da transesterificação, além da importância inerente do tipo de matéria-prima na hora de decidir sobre qual catalisador usar (PARENTE, 2003).

Graças à compatibilidade do biodiesel com o diesel, é possível vislumbrar uma boa opção ao mercado, pois a maioria dos motores que utilizam o ciclo diesel podem ser utilizados com biodiesel, não necessitando de alterações na tecnologia envolvida. Assim, a produção do biodiesel apresenta a possibilidade de oferecer atratividade suficiente ao mercado por questões econômicas e à sociedade por vantagens ambientais (DERMIBAS, 2009).

Graças a essa compatibilidade com o diesel mineral e ao contínuo avanço de tecnologias para sua produção, o biodiesel aumenta gradualmente sua importância no mercado e, automaticamente, sua competitividade econômica (MME, 2007).

Além da inserção de biodiesel purificado ao diesel mineral como forma de mistura, também há o processo H-Bio, desenvolvido afim de adicionar processamento de matéria-prima renovável no processo de refino de petróleo, o que é facilitado pelo fato de utilizar as mesmas plantas já existentes. O óleo vegetal ou animal é, juntamente com porções de diesel mineral, hidroconvertido em Unidades de Hidrotratamento (HDT), que são utilizadas com intenção de reduzir o teor de enxofre do óleo diesel, algo extremamente interessante do ponto de vista ambiental (MME, 2007).

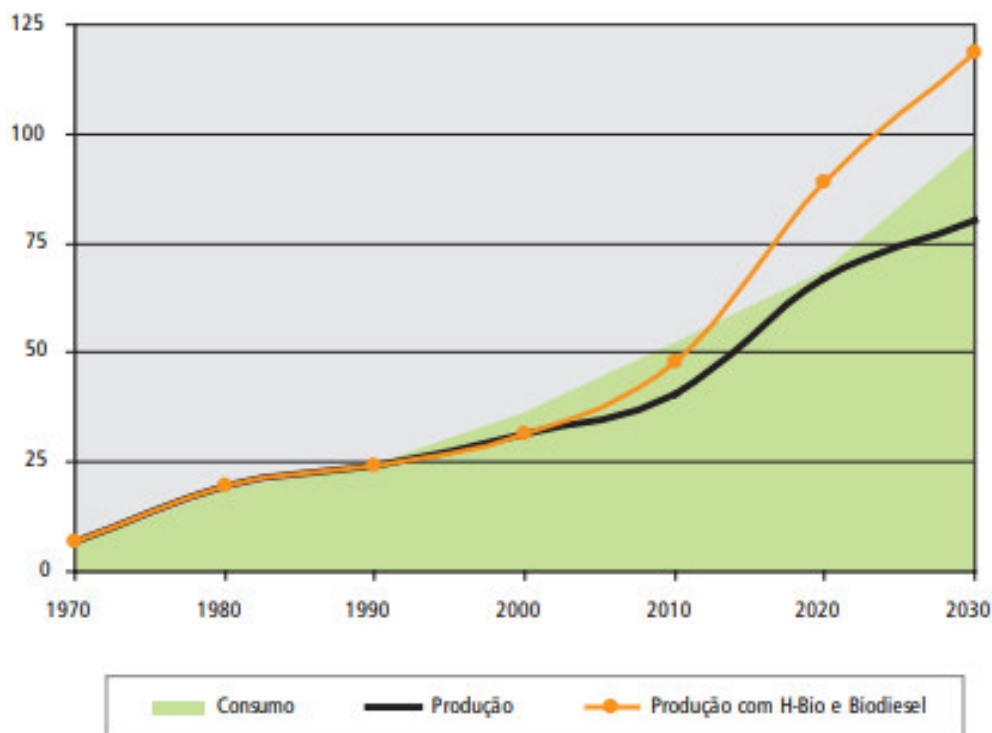
Ainda segundo o MME (2007), a Petrobrás buscou implementação da tecnologia H-Bio em três refinarias, o que acarretou no ano um consumo de óleo

vegetal de aproximadamente 256.000 m³. Para 2008, buscou-se implantar em mais duas refinarias o processo H-Bio, aumentando o consumo anual de óleo vegetal para cerca de 425.000 m³.

O centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobrás realizou em planta piloto testes com até 30% de óleo vegetal em relação ao total da mistura do HDT, gerando um produto sem diferenças para o diesel de petróleo comum, porém o uso de proporções mais altas de óleo vegetal esbarra em adaptações industriais e alto consumo de hidrogênio, o que encarece o processo. Assim, os testes industriais chegaram à proporção de 10% de óleo vegetal na mistura do HDT, algo já relevante como opção para o biodiesel aplicado diretamente, pois conforme a qualidade do biodiesel, os catalisadores atualmente utilizados para purificação dos gases emitidos por caminhões e ônibus têm sua vida útil reduzida. Além disso, o estudo da aplicação de HDT também tem importância tendo em vista a implantação da mais atual fase do programa brasileiro de controle de emissões de poluentes para veículos comerciais pesados, o Proconve P8, que utilizará o padrão de tratamento Euro 6, já vigente na Europa desde 2016, mas que está atrasado no Brasil. O sistema Euro 6 é bastante flexível, compacto e de baixo peso, sendo composto por quatro módulos: catalisador de oxidação de partículas (DOC), filtro de particulados derivados do diesel (DPF), misturador de gases e partículas (mixer) e o catalisador de redução de NO_x (SCR) (MME, 2018).

Graças a essa facilidade do H-Bio em atender os novos padrões de tratamento de poluentes em motores, a projeção para o H-Bio era otimista em 2007, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Projeção feita em 2007 de produção e consumo de óleo diesel no Brasil comparada à produção de biodiesel e diesel com H-Bio (em bilhões de litros).



Fonte: Ministério de Minas e Energia (MME), 2007.

Estudos mostram um crescimento na produção e no consumo de biodiesel no mundo. Essa alta na demanda pode ser benéfica para o aumento da produção de biodiesel, que já cresce com o incentivo à produção por meio de leis, tais como a lei 11.097/2005, que tornou obrigatória a adição de 2% de biodiesel ao diesel até 2008 e projetou uma adição gradual a partir daí (LEONETI et al., 2012). Em alguns países do BRICS (bloco econômico composto por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) há a previsão de que o biodiesel evolua até 20% de todo o diesel consumido até 2020 (XIAO et al., 2011).

A lei 11.097/2005 inferiu alterações na lei nº 9.478/97 que, apesar de ser a norma jurídica brasileira de maior relevância no setor energético por ter instituído o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e a ANP, focava quase que exclusivamente em assuntos relacionados ao petróleo e ao gás natural (ANTUNES, 2012).

Além da lei 11.097/2005, várias outras medidas jurídicas foram tomadas para garantir o incentivo à produção do biodiesel, tais como as citadas pela ANP em seu site:

Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, que oficializa o Selo Combustível Social, tornando-o uma certificação a ser concedida a produtores de biodiesel que promovam a inclusão social da agricultura familiar.

Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005, que trata do Registro Especial, feito na Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda, de produtor ou importador de biodiesel, além da incidência da Contribuição para o PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) impostas sobre as receitas oriundas da venda desse produto.

Resolução nº 3, do CNPE, de 23 de setembro de 2005, responsável por reduzir o prazo para o atendimento do percentual mínimo obrigatório de 2% (B2), sendo essa obrigatoriedade restrita a possuidores do Selo Combustível Social e resolução nº 2, do CNPE, de 13 de março de 2008, responsável por diminuir o prazo para o atendimento do percentual mínimo obrigatório de 3% (B3) para 1º de julho de 2008.

Instruções Normativas nº 02 de 30 de Setembro de 2005 e nº 01 de 19 de Fevereiro de 2009 e Portarias nº 60, de 06 de setembro de 2012, nº 81, de 26 de novembro de 2014, nº 337, de 18 de setembro de 2015, nº 362, de 16 de outubro de 2015, nº 4, de 5 de janeiro de 2016 e nº 512, de 5 de dezembro de 2017, todas referentes aos critérios e procedimentos que regulamentam o selo combustível social, seja para sua aquisição, seja para sua manutenção.

Todas essas resoluções moldaram os projetos de produção de biodiesel e proporcionaram uma base para a implementação desses projetos.

3.4.1 O processo de produção do biodiesel

Dentre as opções de ser feito via transesterificação, esterificação ou pelo craqueamento, a transesterificação é amplamente usada para o processo produtivo do biodiesel. Esse processo pode ser influenciado por diversos fatores, como a razão molar entre os reagentes e suas respectivas purezas, o tipo e a pureza do catalisador e a temperatura de reação (MEHER et al., 2006). De acordo com Peterson et al. (2002), os hidróxidos de sódio e de potássio são os catalisadores mais utilizados graças aos resultados obtidos em relação à velocidade e ao custo-benefício.

Segundo Parente (2003), o etanol é muito utilizado no Brasil por ser menos tóxico e, principalmente, por conta de sua fácil aquisição, pois é acessível em praticamente todo o território nacional, diminuindo o impacto dos custos logísticos. Porém, o metanol é mais utilizado na maior parte dos outros países por ser mais reativo e proporcionar uma reação em temperaturas mais amenas, além do fato do etanol gerar uma dispersão de glicerol no biodiesel, dificultando sua separação.

O glicerol formado apresenta maior densidade e se concentra no fundo do reator, enquanto a outra fase, com uma mistura de ésteres, encontra-se na parte superior do reator (BEATRIZ et al., 2011). Estas fases requerem alguns processos de purificação antes de seguirem com o processo, pois há o risco de contaminação por parte do catalisador utilizado (FELIZARDO, 2003).

De acordo com Mota et al. (2009), ao final do processo de transesterificação para produção do biodiesel, aproximadamente 10% da massa total obtida é glicerina bruta. Por esse motivo é necessário buscar novas aplicações para o glicerol, pois assim é possível evitar que o excesso de subproduto vire um problema ambiental, já que a estimativa é que a produção de glicerina bruta chegue na casa das de 3 milhões de toneladas até 2020, enquanto que sua demanda dificilmente alcançará 500 toneladas por ano (LIN, 2013).

Contudo, vários fatores podem influenciar os aspectos econômicos da cadeia produtiva do biodiesel, como por exemplo o setor agrícola, cuja cotação da soja no mercado internacional possui impacto direto no custo de produção.

3.4.2 As matérias-primas

3.4.2.1 A soja

Atualmente, a soja representa aproximadamente 75% das fontes disponíveis para a produção do biodiesel e é representada pela Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil (APROBIO), sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial de soja (APROBIO, 2015).

De acordo com Peña et al. (2009), esse óleo de soja pode ser misturado também a outras fontes, como o óleo de mamona, que possui alta viscosidade e

pode acarretar problemas com o sistema de injeção e interferir na eficiência do motor, mas também possui maior resistência à oxidação. Portanto, uma mistura com a proporção ideal de óleos de mamona e de soja poderia ser benéfica e garantir os melhores parâmetros dos dois óleos.

Considerando o censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2006, o último oficial a ser realizado, existem mais de 160 mil estabelecimentos produtores de soja no Brasil que pertencem a grupos de agricultura familiar, e estes grupos são responsáveis pela produção de 6,6 milhões de toneladas da oleaginosa no país, o que pela distância do último censo aos dias atuais, pode representar um número consideravelmente maior. Cerca de 98% dessas unidades de agricultura familiar se encontram nas regiões Sul e Centro Oeste (MDA, 2010).

Como o PNPB tem entre suas premissas trabalhar cada região com suas especificidades, as regiões Centro Oeste e Sul representam grande participação no Selo Combustível Social, pois já existem famílias produtoras de soja nas regiões há pelo menos 30 anos, implantadas nessas regiões graças às cadeias agroindustriais de carne e leite. Porém essa produção sofre uma mudança importante, já que antes do incentivo ao plantio de soja para biodiesel, as famílias produziam com o intuito de fornecer proteína vegetal (farelo de soja) para a alimentação dos animais. Sendo assim, o óleo que antes era considerado subproduto do grão, passou a ser valorizado por apresentar uma opção de venda vantajosa para o produtor, o que o transformou em uma opção igualmente interessante.

Se forem considerados os dados do PNPB, em 2010, cerca de 60 mil grupos familiares produziram aproximadamente 1,6 milhão de toneladas de soja. Esse número mostra como a agricultura familiar impacta positivamente no sistema de plantio, mas também indica que há muitas famílias que ainda podem ser beneficiadas.

3.4.2.2 Gordura animal

Muitas fontes de gordura animal têm sido estudadas como matérias-primas para a produção de biodiesel, mas como o Brasil possui o segundo maior rebanho

bovino do mundo, o sebo bovino se consolidou como segunda maior fonte de ácidos graxos para a cadeia do biodiesel no país, ficando atrás apenas da soja (PRADO, 2015).

Segundo Krause (2008), ao se utilizar do sebo bovino na produção de biocombustíveis, também se evita que esse resíduo termine contaminando lençóis freáticos ou gere outros tipos de danos ambientais. Porém, a utilização da gordura animal como matéria-prima traz consigo a dificuldade de armazenamento, pois apenas a baixas temperaturas é possível manter o sebo bovino sem que haja degradação.

O consumo do sebo bovino como matéria-prima começou a partir de 2006 e, com sua inclusão em 2014 nos programas que envolviam o Selo Combustível Social, a carga de sebo utilizado nas indústrias de biodiesel ganhou um acréscimo. Esse aumento do volume de sebo bovino utilizado na produção veio principalmente pelas parcerias firmadas entre indústrias produtoras e pequenos produtores de gado de corte, possibilitando uma maior renda para as famílias com pequena produção pecuária (PRADO, 2015).

Segundo a ANP, empresas de processamento de carnes intensificam a cada ano sua participação como produtoras de matéria-prima na cadeia do biodiesel. É o caso da JBS, gigante do ramo de processamento de carnes, que possui duas plantas para produção de biodiesel com a matéria-prima do processamento de carnes, além de utilizar óleo de fritura usado que é recolhido por programas da própria empresa. Essas plantas produtivas levaram a JBS Biodiesel, empresa do Grupo JBS dedicada à produção de biodiesel, ao posto de 9º maior produtor de biodiesel do Brasil em 2017.

3.4.2.3 Óleo de palma

O óleo extraído das palmeiras, também conhecido como óleo de dendê, é conhecido no Brasil por suas aplicações culinárias, mas globalmente é utilizado principalmente no meio industrial para composição de margarina, biscoitos, chocolate e para produção de itens de higiene pessoal, precisando ser refinado para que perca odor e cor característicos (CASTRO; LIMA; SILVA, 2010).

O Brasil possui um grande potencial para produção de biocombustíveis graças à vasta área de terras plantáveis, porém, a soja, principal matéria-prima atualmente, se torna menos competitiva quando comparada ao óleo de palma, pois a área de soja plantada atualmente teria um rendimento muito maior caso fosse preenchida por plantações de palma. Contudo, a plantação de palmeiras de dendê esbarra na legislação, pois áreas plantadas com palmeiras não são hoje consideradas áreas de reflorestamento.

De acordo com o MDA (2017), com mudanças no código florestal, o cultivo de palma seria uma alternativa de criação de renda para o comércio da região amazônica, além de ser uma potencial oportunidade de preservação ambiental. Essa preservação se daria por meio da plantação de palmeiras de dendê em áreas da floresta já desmatadas, com o intuito de cobrir clareiras e garantir a cobertura vegetal já devastada pelo avanço da pecuária, da extração de madeira ilegal e da agricultura de um modo geral.

Com essa alternativa para reflorestamento, seria possível seguir caminhos diferentes de Malásia e Indonésia, os maiores produtores de óleo de dendê do planeta. Nesses países, a evolução da extração de óleo de palma resultou em uma perda irreparável para a biodiversidade local, seja por meio de desmatamento indiscriminado para plantação de palmeiras, seja por meio de cortes e queimas ilegais de madeira (CASTRO; LIMA; SILVA, 2010).

Por necessitar de clima úmido típico de florestas tropicais, o cultivo da palma se destaca na região Norte, sendo o Pará o estado com maior produção e, conseqüentemente, o que mais sofre com as consequências do avanço das plantações. De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Óleo de Palma (ABRAPALMA), mais de 85% da produção de óleo de dendê tem origem no Pará, onde existem mais de 200 mil hectares de palma de óleo. Em contrapartida ao possível risco oferecido às florestas, o cultivo da palma no estado do Pará gera, entre empregos diretos e indiretos, mais de 80 mil postos de trabalho

3.4.2.4 Microalgas

Um dos problemas da produção do biodiesel é que, ao direcionar a produção agrícola para esse fim, se diminui o uso no setor alimentício. Assim, muitas opções têm sido buscadas, sendo que uma das de maior potencial é o uso de microalgas, que podem ser cultivadas durante o ano todo e nas mais diversas condições climáticas. A produção do biodiesel a partir de microalgas pode variar de 100.000 litros por hectare a até 237.000 litros por hectare, segundo os mais otimistas (DEFANTI, 2010).

As microalgas são microrganismos fotossintéticos simples, com grande importância no equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Esses microrganismos se adaptam facilmente a diversos biomas, além de suportarem alterações de temperatura e composição do meio em que vivem, podendo resistir mesmo em condições de anaerobiose. Além da facilidade de desenvolvimento em diferentes situações, como água salobra, as microalgas apresentam uma grande variedade de espécies e propriedades que proporcionam sua exploração comercial, como por exemplo, o teor de lipídeos, matéria-prima essencial à produção do biodiesel (AMARO et al., 2011).

Para Dong, et al. (2013), algumas metodologias com técnicas de transesterificação *in situ* podem ser uma alternativa para aumentar a extração e conversão do óleo, diminuindo perdas de processo e reduzindo os custos.

Essa transesterificação *in situ* pode ser combinada a um catalisador enzimático afim de obter maior rendimento na produção do biodiesel, já que, segundo GO et al. (2016), essas enzimas podem proporcionar uma conversão com rendimento entre 86 e 96%, além de gerarem menor volume de subprodutos graças à sua alta especificidade e maior facilidade no descarte.

Segundo Juneja et al. (2013), a composição total das microalgas pode conter, além do óleo, esteróis, ceras, terpenos, quinonas e pigmentos. Esses pigmentos são representados principalmente pelas clorofilas, que por possuírem atividade quelante, podem ser utilizadas na indústria alimentícia como corante e, principalmente, na indústria farmacêutica como agente cicatrizante, já que aumentam o crescimento celular (HARUN et al., 2010).

3.5 Glicerol

O glicerol é o nome usado para designar o 1,2,3-propanotriol. Ele está presente como subproduto da produção do biodiesel com óleos e gorduras, tanto de fontes vegetais, quanto de fontes de origem animal, e trata-se de um tri-álcool líquido à temperatura ambiente e inodoro (BEATRIZ et al., 2011).

Até 1949, toda a produção de glicerol era advinda da indústria do sabão. Atualmente, aproximadamente 70% do glicerol que é produzido vem de glicerídeos (óleos e gorduras naturais), contrastando com o domínio da indústria do sabão como fonte de glicerol, o que acontecia até 1949 (CARVALHO et al, 2007). Outras formas de obtenção do glicerol podem ser citadas, por exemplo a hidrogenação de carboidratos, a produção de ácidos graxos e a fermentação do álcool alílico (BEATRIZ et al., 2011).

A glicerina representa aproximadamente 10% da massa total gerada no processo de produção do biodiesel, o que a torna um empecilho, pois o aumento da produção de biodiesel implica no aumento de oferta de glicerina no mercado, causando uma saturação devido às poucas alternativas existentes para utilização dessa glicerina (MOTA et. al., 2009).

Logo, a transformação da glicerina em substâncias de maior valor agregado é uma possibilidade interessante à indústria, pois garante alternativas de destinar comercialmente o subproduto. Porém, graças à necessidade de elevada pureza para ser utilizada em outros processos, a venda do subproduto fica prejudicada (ANDRADE; MORENO; CANTOR, 2015). Assim, o excesso de produção e o alto custo de purificação reduzem o valor de venda, fazendo com que o processo de produção do biodiesel seja menos rentável (DAVE; PANT, 2011).

Segundo Bauer et. al (2013), a partir do glicerol é possível a obtenção de diferentes produtos, como por exemplo, éteres butílicos, ácido propiônico, etanol, metano e hidrogênio.

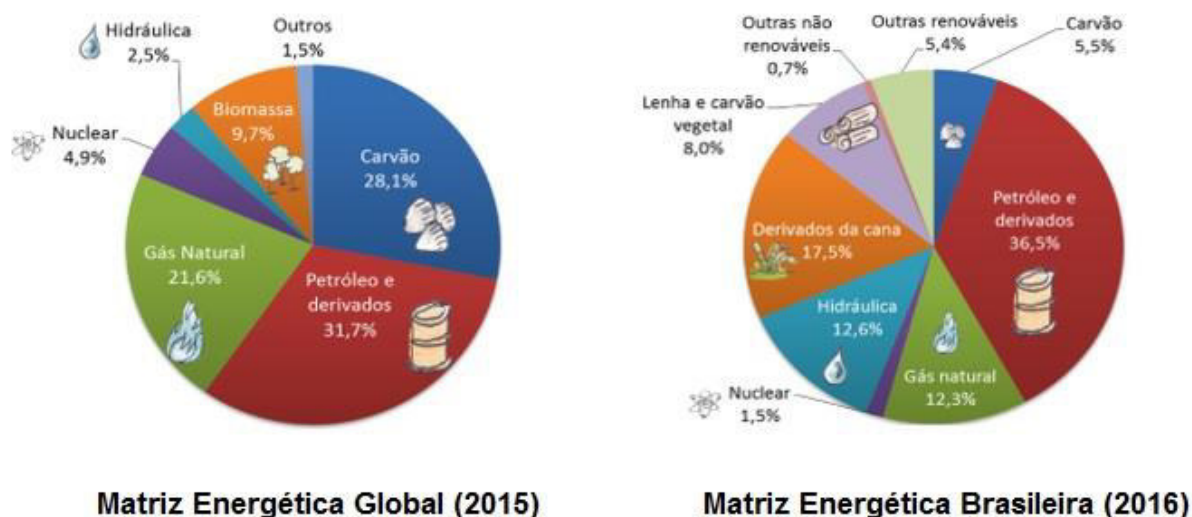
Essa glicerina também pode ser utilizada como fonte de energia dietética na nutrição de aves e, quando usada para esse fim, pode fornecer até 3696kcal/kg de energia total e apresenta aproximadamente 95% de metabolização (ROSTAGNO et al. 2011), mesmo com as diferenças nos teores de metanol, cloro e sódio remanescentes do processo produtivo do biodiesel. Segundo Henz et al. (2014), as aves com inclusões variando de 5 a 15% de glicerina, apresentam bom desempenho na manutenção de peso e consumo de ração.

Para Donkin (2008), a alimentação de bovinos também pode ser uma boa destinação para a glicerina, pois estipula-se que uma inclusão de até 15% na matéria seca da dieta não cause interferência na produção animal (carne e/ou leite) ou na ingestão de alimentos. Ainda de acordo com o mesmo autor, a glicerina pode, gradualmente, substituir o milho na alimentação de ruminantes e ser uma boa alternativa para reduzir os custos em produções que trabalham com confinamento.

4 OS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL

Cada vez mais aumenta a busca por energia proveniente de fontes renováveis, com baixo impacto ambiental e que, à medida que seja usada, diminua a dependência energética em relação aos combustíveis fósseis. Porém, apesar da crescente participação na matriz energética global, há um desafio especial na mudança do diesel para o biodiesel, pois o sistema produtivo do diesel é consolidado e produz em larga escala a partir de combustíveis fósseis. Essa inserção de energias limpas já está mais consolidada no Brasil do que no resto do planeta, como pode ser visto na Figura 4 (MINDILLI; DINCER, 2008).

Figura 4 - Matriz energética global em 2015 comparada à matriz energética brasileira em 2016.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017).

Contudo, caso essa mudança consiga ser feita, os impactos sociais da produção do biodiesel virão em maior volume do que vêm atualmente, principalmente por conta das obrigações impostas aos produtores para que possam conseguir o selo combustível social, o que, segundo a ANP (2018), já foi conseguido por 49 empresas até abril/2018.

Além da busca por motivos ambientais, a inserção do biodiesel na matriz energética por parte do governo também incentiva o desenvolvimento da produção. Esse incentivo à produção vem desde a obrigação da adição de 2% ao

diesel mineral, influenciando mais a cada vez que a mistura mínima obrigatória é aumentada. Esse aumento pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Evolução do percentual mínimo obrigatório de biodiesel presente no diesel fóssil no Brasil.

Período	Concentração do biodiesel (%)
Janeiro/2008	2
Julho/2008	3
Julho/2009	4
Janeiro/2010	5
Agosto/2014	6
Novembro/2014	7
Março/2018	10

Fonte: Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), 2018.

Apesar de o biodiesel ter sido inserido na matriz energética brasileira com suas frações no diesel mineral, segundo Silva (2013), esse volume crescente de produção não impactou satisfatoriamente no crescimento de importações de diesel. Somente no período de recente crise financeira global o volume de importação encarou uma diminuição, porém essa diminuição só ocorreu por causa da flutuação dos preços do barril de petróleo. Esse insucesso em contrapor as importações de diesel evidencia a dificuldade em conseguir que o biodiesel seja competitivo com o diesel comum, pois seu custo de produção ainda é elevado. Contudo, o PNPB vai de encontro a essa dificuldade e, mais do que isso, concentrar o planejamento do biodiesel no Brasil tendo a agricultura familiar como protagonista.

Toda essa estratégia é planejada e implementada pelo MDA, que possui a função de promover a inserção de agricultores familiares e capacitá-los para que essa fonte de matéria-prima seja qualificada.

No Brasil há diversas fontes de matéria-prima para a produção do biodiesel, variando de uma região do país para outra, sendo: óleos de dendê, babaçu e soja e gordura animal para a região Norte; óleos de soja, babaçu, mamona, dendê, algodão e coco, gordura animal e óleo de peixe para a região Nordeste; óleos de

soja, colza, girassol e algodão, gordura animal e óleo de peixe na região Sul; e, para o Sudeste, óleos de soja, mamona, algodão e girassol, gordura animal e óleo de peixe. Essa diversidade permite que agricultores de várias localidades do país possam ser contemplados ao plantar as diferentes matérias-primas tendo diferentes rendimentos de óleo, como mostra a Tabela 2 da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de 2008.

Tabela 2 - Características de algumas espécies de oleaginosas com potencial de uso para fins energéticos.

Espécie	Origem do óleo	Teor do óleo (%)	Meses de colheita por ano	Rendimento (ton óleo/ha)
Dendê	Amêndoa	22	12	3 – 6
Coco	Fruto	55 – 60	12	1,3 – 1,9
Babaçu	Amêndoa	66	12	0,1 – 0,3
Girassol	Grão	38 – 48	3	0,5 – 1,9
Canola	Grão	40 – 48	3	0,5 – 0,9
Mamona	Grão	45 – 50	3	0,5 – 0,9
Amendoim	Grão	40 – 43	3	0,6 – 0,8
Soja	Grão	18	3	0,2 – 0,4
Algodão	Grão	15	3	0,1 – 0,2

Fonte: Adaptada de Meirelles F.S. 2003.

Dentre essas matérias-primas, o óleo de palma tem um grande potencial. O óleo de palma é utilizado principalmente no setor alimentício por conta de sua grande resistência à oxidação e um preço que se tornou mais acessível nos últimos anos, tendo em vista a queda de aproximadamente 20% no preço da tonelada nos últimos 4 anos. Também deve ser levada em consideração a alta produtividade da palma, oleaginosa comercial com maior rendimento por hectare, chegando a gerar cinco toneladas de óleo por hectare a cada ano. Essa produtividade pode ser melhor compreendida quando comparada ao óleo de soja, principal matéria-prima utilizada na produção de biodiesel, que produz, graças ao desenvolvimento tecnológico das sementes, cerca de 500kg por hectare (CASTRO; LIMA; SILVA, 2010).

Com o crescimento acelerado da produção de óleo de palma, espera-se que a produção para 2018 supere a marca de 500 mil toneladas, substancialmente maior que a produção de 2016, ano em que foram produzidas 346 mil toneladas de óleo e mais 192 mil foram importadas. Esse crescimento também aumenta a expectativa de que o Brasil se torne autossuficiente ainda em 2018, caso a demanda dos produtores de biodiesel não seja ainda maior, o que aumentaria a participação de pequenos agricultores, pois atualmente 20% da produção de óleo tem origem na agricultura familiar (EMBRAPA, 2018).

Além de várias matérias-primas vegetais, também há o grande avanço para o uso de microalgas, já que, como mostra a Tabela 3, seu rendimento por hectare é muito alto e pode ser uma fonte de renda em ambientes impróprios para o cultivo de oleaginosas.

Tabela 3 - Quantidade de óleo por hectare das matérias-primas mais utilizadas.

Matéria-prima	Quantidade de óleo (L/ha)
Milho	172
Soja	446
Canola	1190
Pinhão	1892
Coco	2689
Palma	5950
Microalgas com 30% de óleo em massa	136900

Fonte: CHISTI, 2007.

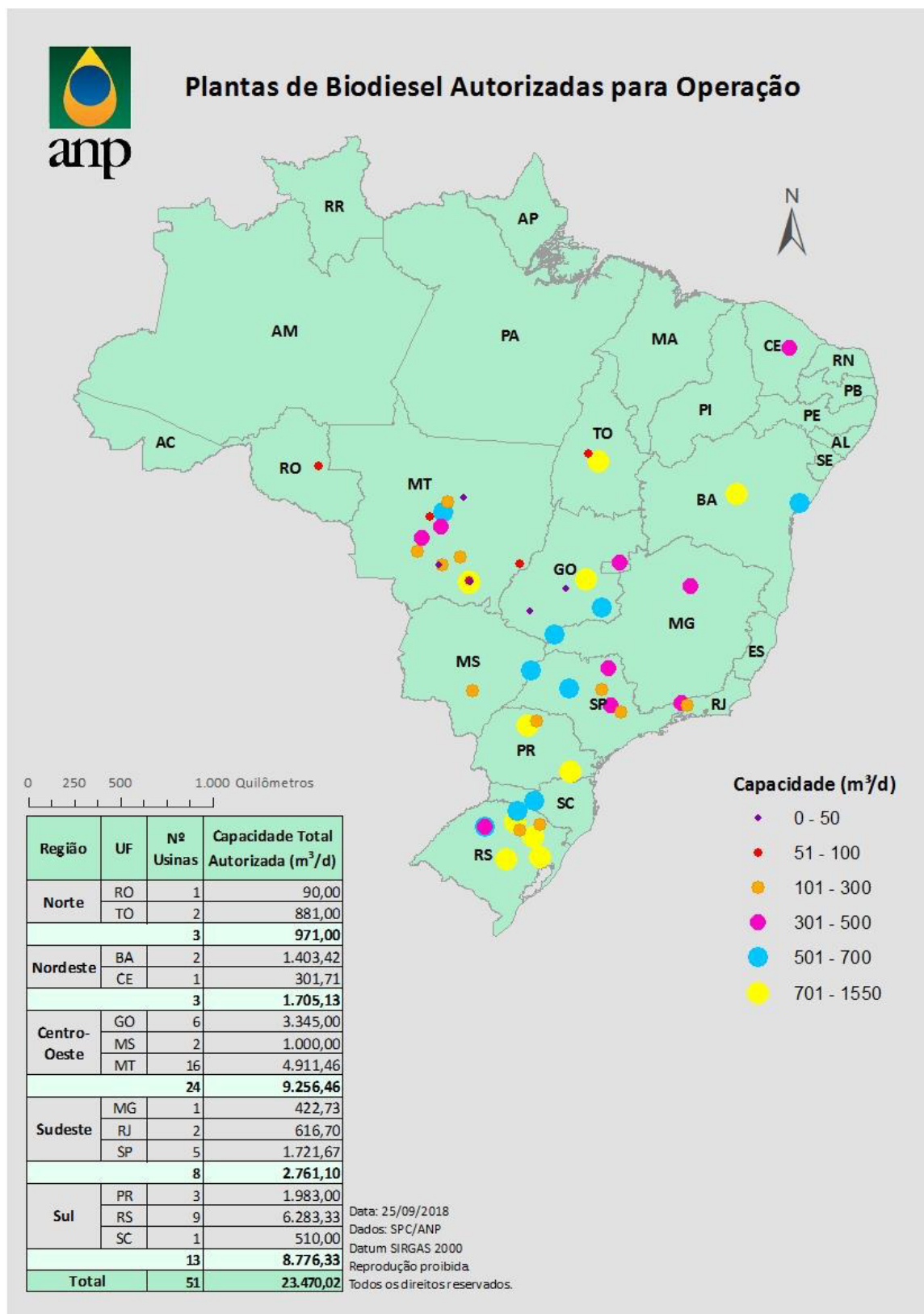
À medida que os produtores de biodiesel incentivam a agricultura familiar a produzir matérias-primas usadas na cadeia produtiva do biodiesel, eles promovem inclusão social e, com ajuda do PRONAF, geram renda para essas famílias, finalizando no recebimento do Selo Combustível Social, concedido pelo MDA.

De acordo com o MDA, o selo garante vantagens fiscais e algumas facilidades financeiras como possível isenção dos tributos PIS/PASESP e COFINS, uma preferência em novos leilões públicos da ANP para o biodiesel e acesso a melhores condições de financiamento junto aos bancos que operam o programa ou quaisquer outras instituições financeiras que estejam envolvidas.

Por outro lado, o selo também envolve obrigações que variam desde garantir que os contratos sejam firmados com conhecimento, consentimento e aprovação de entidades representativas dos pequenos agricultores, como sindicatos, até a garantia de assistência técnica e treinamento para os agricultores, para assim garantir que a renda seja gerada sem que se arrisque segurança alimentar da família, além de adquirir um percentual mínimo da matéria-prima oriunda dessa agricultura familiar.

Atualmente cinquenta e uma usinas possuem autorização da ANP, o que totaliza uma produção acima dos 23000 m³/dia, sendo que várias dessas usinas já exportam biodiesel e grande parte delas se concentra na região centro-oeste pela proximidade com a produção da soja ou na região Sul, principalmente no Rio Grande do Sul, pela tradição da agricultura familiar na região e facilidade de cultivo de diferentes culturas. Nas regiões Nordeste e Norte há poucas usinas com autorização para produção do biodiesel, o que dificulta a descentralização de produção de matéria-prima da agricultura familiar, desejo primordial do PNPB para a ajuda a famílias mais carentes do país. Também pode se destacar a baixa produção da região Sudeste, região mais rica e industrializada do país, com usinas de baixa capacidade produtiva se comparadas àquelas instaladas na região Centro-oeste. Esses dados podem ser vistos na Figura 5, retirada do site da ANP.

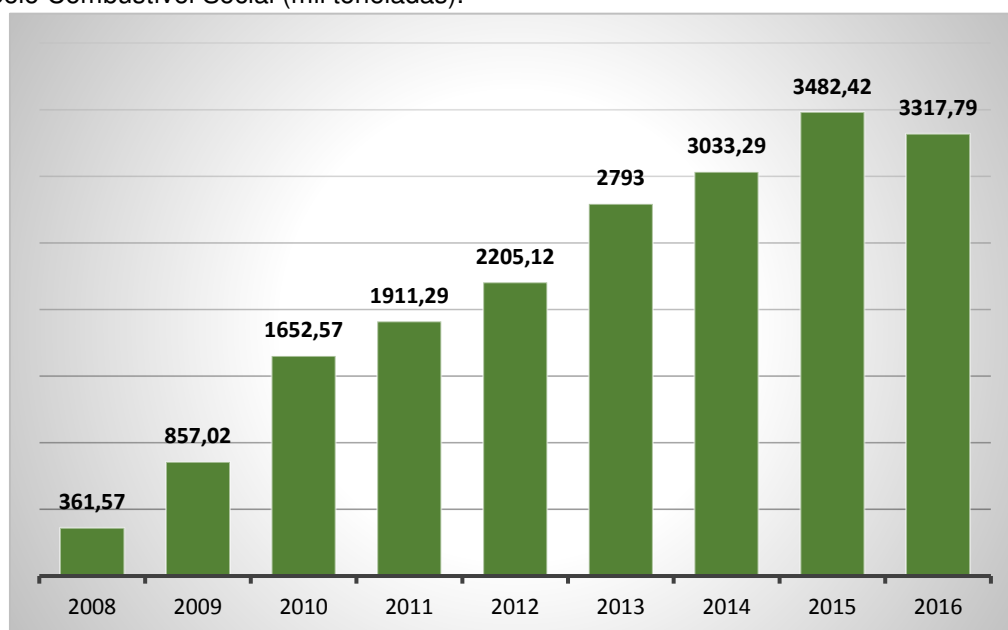
Figura 5 - Plantas de produção de biodiesel autorizadas pela ANP atuando em 2018.



Fonte: Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), 2018.

Segundo dados da ANP, essa política tem sido efetiva para garantir a inclusão da agricultura familiar na matriz do biodiesel, mantendo um crescimento no volume de matérias-primas compradas de pequenos agricultores e, por consequência, sua renda e as possibilidades de aumento da lavoura e da qualidade de vida de suas famílias. Essa evolução de mercado para pequenos agricultores é mostrada na Figura 6.

Figura 6 - Evolução do volume de matéria-prima adquirida da agricultura familiar nos arranjos do Selo Combustível Social (mil toneladas).



Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), 2017.

Estudos apontam que, para cada 1% de participação da agricultura familiar no mercado do biodiesel, cerca de 45 mil empregos poderiam ser gerados no campo e, ao gerar 1 emprego no campo, 3 empregos são gerados na cidade para a continuidade da cadeia produtiva. Ao se comparar a criação de empregos na agricultura familiar e na agricultura empresarial dos grandes latifúndios, é possível que se tenha uma noção maior do impacto, pois, em média, a agricultura empresarial emprega 1 trabalhador para cada 100 hectares cultivados, enquanto a familiar emprega dez vezes mais, com um trabalhador a cada 10 hectares cultivados (HOLANDA, 2004).

Além disso, cada R\$ 1,00 aplicado na agricultura familiar geraria R\$ 2,13 adicionais na renda bruta anual, ou seja, a renda familiar dobraria ao participar do mercado do biodiesel, o que demonstra a efetividade da inserção da agricultura

familiar como aliada no combate à miséria, principalmente no Norte e Nordeste (CUNHA, 2007).

Segundo o IBGE (2017), mais de 2 milhões de famílias vivem em baixíssimas condições de vida na região semiárida nordestina. Essas condições podem ser melhoradas com a inclusão social e o desenvolvimento regional, gerados pelo incentivo da agricultura familiar, principalmente com a geração de empregos e renda para as regiões mais pobres do país. Contudo, para que esse planejamento de melhor distribuição de renda por meio do biodiesel seja viável, a produção de matérias-primas, aliada à distribuição de tecnologias e indústrias, deve ser descentralizada e diversificada para que as diferentes culturas criadas no país possam ser contempladas com o incentivo do biodiesel.

Além de gerar uma maior inclusão e distribuição de renda, o incentivo à agricultura familiar tem potencial para diminuir os gastos com programas sociais no Brasil. Uma família cadastrada no programa Bolsa Família recebe até R\$95,00, o que deixaria de ser pago caso essas mesmas famílias estivessem inseridas no programa do biodiesel, gerando uma economia de subsídios diretos e garantindo geração de empregos em contrapartida dos tributos renunciados para dar competitividade ao biodiesel (FREITAS, 2011).

Esse possível efeito gerador de renda pode ser melhor explicitado se considerado que o Brasil possui aproximadamente 4,13 milhões de agricultores familiares, o que representa cerca de 85% dos estabelecimentos rurais no país. Entre esses agricultores familiares, quase 50% está na região Nordeste e representa a porção mais pobre desse grupo, tratando-se muitas vezes de famílias assentadas em um dos mais de 6 mil assentamentos do país.

De acordo com o MDA (2017), os agricultores familiares produzem considerável parcela de diversas culturas essenciais para a mesa dos cidadãos, como 70% do feijão, 60% da carne de suínos 54% do leite e 50% do milho. Também são responsáveis por cerca de 40% do valor bruto da produção são responsáveis por aproximadamente 40% do valor bruto da produção agropecuária, ajudando a fomentar o mercado de sebo bovino.

Em função dessa busca pela inclusão de famílias mais pobres na cadeia do biodiesel, o governo se propôs inicialmente a incentivar a produção de óleos vegetais em todas as regiões do país, dando preferência às espécies já

consolidadas em cada região, como a mamona no Nordeste e a soja no cerrado. Além disso, esses esforços tendem a priorizar a região Nordeste pela pobreza da região e a região Norte pelo potencial da terra, inclusive de terras desmatadas (RATHMANN, 2007).

Também há o consenso, sobretudo nos órgãos responsáveis pelo incentivo à produção de biodiesel, que esse apoio deve ser orientativo e não compulsório, pois cada região demanda cuidados diferentes e deve ser evitado uma disputa produtiva entre as regiões, o que poderia influenciar no correto uso das terras cultiváveis, seja por agricultores sozinhos ou por cooperativas.

Com o uso correto das terras e as tecnologias corretas, além de um acesso amplo ao mercado, os agricultores familiares podem se apropriar da etapa de esmagamento do óleo e aumentar sua renda, já que o óleo separado é até 4 vezes mais caro que o grão de origem, além da possibilidade de vender separadamente o farelo do grão para uso na alimentação animal (RATHMANN, 2007).

Para que os resultados pudessem ser acompanhados com maior facilidade, o MDA implantou uma metodologia de organização da base produtiva, chamada de “Projeto Polos de Biodiesel”. Essa metodologia é uma das mais importantes estratégias para aumentar, com foco microrregional ou territorial, o aumento da inclusão social das famílias que cultivam oleaginosas na cadeia produtiva do biodiesel.

Esses polos são áreas que abrangem diversos municípios e abrigam vários agricultores familiares, produtores ou potenciais produtores de matérias-primas que se encaixem nos parâmetros do PNPB para serem usados na produção de biodiesel.

Para formar esse polo considera-se pontos como a facilidade dos agricultores familiares em cultivar oleaginosas, a presença de áreas cultiváveis para as culturas específicas, a atuação ou interesse de produtores que possuam o Selo Combustível Social e o interesse financeiro de possíveis compradores dos produtos dessa cadeia.

Para que todo esse sistema que conta com agricultores, empresas e diversos interessados possa funcionar, o MDA institui Grupos de Trabalho (GT's) com o intuito de compartimentar o gerenciamento. A ideia principal é identificar

possíveis obstáculos para o desenvolvimento do sistema produtivo e, com o apoio do grupo elaborar e programar ações estratégicas para a resolução dos problemas. Geralmente, os GT's possuem trânsito com todos os envolvidos no sistema produtivo, e assim conseguem mediar os possíveis conflitos entre os setores. Dessa maneira, o MDA e instituições parceiras se encarregam de conciliar todos os envolvidos, agrupando representantes de agricultores familiares, cooperativas, sindicatos, prefeituras, órgãos de pesquisa e vários outros interessados para formar um GT que possa fortalecer o capital social dessa área.

Segundo o MDA, até 2010, a região Norte era representada apenas pelo polo do dendê, que se localiza no estado do Pará e é o único polo organizado da região. Porém, houve um impulso no cultivo da cultura regional graças ao lançamento do Programa Nacional de Produção Sustentável de Palma de Óleo, o que fez com que empresas entrassem na região e outras sinalizassem o interesse, principalmente nos estados do Pará e de Roraima. As vendas de biodiesel na região Norte são para consumo próprio da região ou para a região Nordeste, como mostra a Tabela 4 do Sistema de Informações de Movimentação de Produtos (SIMP) da ANP.

Tabela 4 - Volume de biodiesel vendido em 2017 pela região Norte em m³ e divididos por região compradora.

Região Compradora	Volume (m³)
Centro Oeste	354
Nordeste	2.381
Norte	2.165
Sudeste	0
Sul	0

Fonte: SIMP/ANP, 2018.

Já a região Nordeste apresenta o maior número de polos organizados, além de ter sido a primeira região de atuação dos projetos de polos. Muito disso vem da alta demanda de organização da base de agricultura familiar e do foco principal do início da implementação do PNPB ser a região Nordeste. Esse foco diminuiu nos últimos anos por conta da expansão da soja no mercado do biodiesel como principal matéria-prima e, conseqüentemente, a exclusão da

região Nordeste, que por se tratar de uma região seca, não possui potencial para plantio de soja como as demais regiões, gerando os pequenos volumes de venda evidenciados na Tabela 5.

Tabela 5 - Volume de biodiesel vendido em 2017 pela região Nordeste em m³ e divididos por região compradora.

Região Compradora	Volume (m³)
Nordeste	290.478
Sudeste	1.232

Fonte: SIMP/ANP, 2018.

Por se tratar de uma região altamente industrializada e com poucas áreas livres de implantação do cultivo de oleaginosas, a região Sudeste aparece como uma região com baixa participação em número de polos organizados, principalmente em São Paulo. Contudo, desde 2009, a implantação de uma nova unidade produtora de biodiesel alavancou a demanda por agricultores familiares focados no cultivo de matéria-prima, possibilitando em um futuro próximo o aumento das atuais vendas descritas na Tabela 6.

Tabela 6 - Volume de biodiesel vendido em 2017 pela região Sudeste em m³ e divididos por região compradora.

Região Compradora	Volume (m³)
Centro Oeste	461
Nordeste	47.753
Sudeste	283.265
Sul	502

Fonte: SIMP/ANP, 2018.

Apesar de a região Centro Oeste ser a principal produtora de biodiesel do Brasil e possuir o maior número de polos, possui menor número de seguidores da ideia do cooperativismo, amplamente difundida no Sul. Ainda assim, o intercâmbio de equipes nos polos, com apoio do MDA, influencia para que esses conceitos sejam mais difundidos. Como culturalmente os estados da região Centro Oeste vêm sido ocupados por grandes fazendas que produzem para exportação, o crescimento da agricultura familiar fica um pouco dificultado. Porém, novas

iniciativas voltadas ao cooperativismo aparecem na região para buscar a diversidade da cultura, como por exemplo o cultivo de gergelim nos estados de Goiás e Mato Grosso e a produção de canola no estado do Mato Grosso do Sul para aumentar mais ainda a produção de biodiesel que, segundo a Tabela 7, já é a maior do país.

Tabela 7 - Volume de biodiesel vendido em 2017 pela região Centro Oeste em m³ e dividido por região compradora.

Região Compradora	Volume (m³)
Centro Oeste	645.754
Nordeste	491.584
Norte	197.898
Sudeste	529.674
Sul	15.724

Fonte: SIMP/ANP, 2018.

Por outro lado, a região Sul possui grande número de polos de produção de oleaginosas, destacados por um grande senso de cooperativismo e uma agricultura familiar forte, como é característica histórica da região, especialmente no Rio Grande do Sul. Esse alto volume produzido pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8 - Volume de biodiesel vendido em 2017 pela região Sul em m³ e divididos por região compradora.

Região Compradora	Volume (m³)
Centro Oeste	373
Nordeste	787
Sudeste	751.282
Sul	1.003.602

Fonte: SIMP/ANP, 2018.

Apesar de não aproveitar todo o potencial teórico, a produção de biodiesel tende a aumentar e, conforme previsão para 2050, pode atingir 50 milhões de toneladas equivalentes de petróleo. Parte desse crescimento previsto vem de um maior aproveitamento do sebo residual do abate de gado, da possibilidade de uso da palma amazônica como fonte de óleo e do desenvolvimento de novas tecnologias como o uso de microalgas. Essa previsão, que pode parecer otimista

para alguns, traz consigo todo o histórico dos últimos anos e o crescimento da produção do biodiesel por conta dos incentivos fiscais e obrigatoriedades que são evidenciados na Tabela 9. Além disso, conforme a tendência do mercado de combustíveis se tornar a busca por combustíveis mais limpos, a necessidade do biodiesel e a sua viabilidade econômica tendem a aumentar exponencialmente (MME, 2017).

Tabela 9 - Produção anual de biodiesel em litros desde a entrada do biodiesel na matriz energética brasileira até o ano de 2017.

Ano	Volume (m³)
2005	736
2006	69.002
2007	404.329
2008	1.167.128
2009	1.608.448
2010	2.386.399
2011	2.672.760
2012	2.717.483
2013	2.917.488
2014	3.422.210
2015	3.937.269
2016	3.801.339
2017	4.291.294

Fonte: SIMP/ANP, 2018.

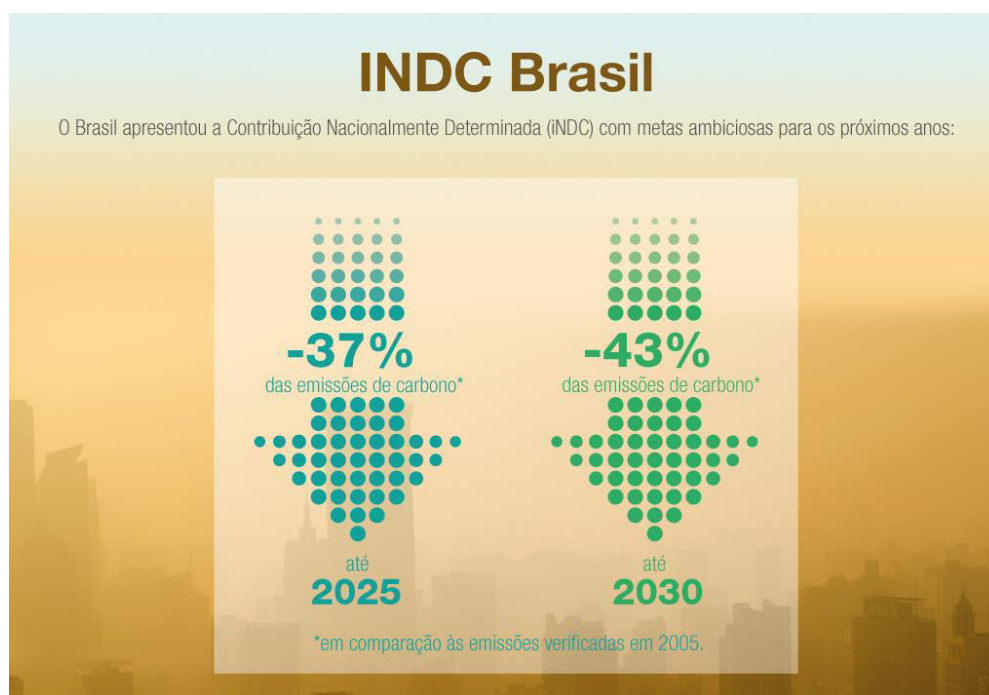
5 OS IMPACTOS AMBIENTAIS

A biomassa, massa biológica base da produção de energia a partir da decomposição de resíduos orgânicos, se renova através do ciclo do carbono. Ao realizar-se a queima da matéria orgânica ou de seus derivados, há a liberação de CO₂ que, pela fotossíntese, é convertido juntamente com água para formar oxigênio e hidratos de carbono. A partir da biomassa, há a possibilidade da produção de biocombustíveis, sendo o biodiesel um deles. A produção do biodiesel é, além de positiva energeticamente, uma solução para diminuir o

impacto ambiental, pois a adição do biodiesel ao diesel promove uma redução na emissão dos principais poluentes resultantes da queima do diesel. Usando-se as condições europeias (colza e soja como matérias-primas), o B100 apresenta uma redução das emissões que varia entre 40 e 60%, quando comparado ao diesel puro. Já para o B20, há redução de emissão de SO_x e CO, porém um aumento na emissão de NO_x (MACEDO, 2004).

Essa redução de emissão de poluentes vai de encontro aos acordos assinados pelos principais países, geralmente reunidos pela chancela de G20. Dentre esses tratados, o acordo de Paris é de maior impacto e maior visibilidade atualmente, pois exige um esforço grande dos governos e das maiores empresas sediadas nos países participantes. No Brasil, as propostas e metas para o acordo de Paris passam diretamente pela atuação do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e foram otimistas, como mostra a figura abaixo. O país visa a participação de 45% de energias renováveis na matriz energética até 2030 e um reflorestamento de 12 milhões de hectares, entre outras metas para diminuir a poluição produzida no país e amenizar a que continuar sendo liberada no ambiente (MMA, 2016).

Figura 7 - Metas de diminuição de emissão de gases apresentadas pelo Brasil no acordo de Paris.



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2016).

Segundo Hoekman & Robbins (2012) e Ribas et al. (2016), ao usar o biodiesel em detrimento do diesel comum, a tendência é que haja uma redução nas emissões de CO, HC e MP, porém também se registra um aumento na emissão de NO_x, conforme pode ser visto na Tabela 10. De acordo com o que registra Reis et al. (2013), em misturas que possuem acima de 65% de biodiesel (B65), é constatada uma redução na emissão de grande parte dos gases poluente, além de levar a emissão de enxofre a valores próximos de zero, o que segundo Cunha et al. (2015), pode ser considerada uma das maiores vantagens ambientais no uso do biodiesel, pois sem a produção de gases de enxofre, ocorrerá a diminuição do impacto sobre a camada de ozônio e, principalmente, a diminuição da incidência de chuvas ácidas, o que contribuiria para a construção civil com uma maior durabilidade dos monumentos levantados nas grandes cidades e para a agricultura, pois a acidez do solo possui impacto direto no crescimento de plantas e na absorção de nutrientes pelas plantas o que representa um impacto direto na produtividade das plantações.

Tabela 10 - Comparação da emissão de poluentes entre o diesel mineral e a mistura com 20% ou 10% de biodiesel

Tipo de Emissão	B20	B10
Total de Hidrocarbonetos	-20%	-67%
Monóxido de Carbono (CO)	-12%	-48%
Dióxido de Carbono (CO ₂)	-16%	-79%
Material Particulado	-12%	-47%
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	+2%	+10%
Óxidos de Enxofre (SO _x)	-20%	-100%
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)	-13%	-80%
HPA Nitrados (nHPA)	-50%	-90%

Fonte: Adaptado de França (2008).

Segundo definido por Neeft; Makkee; Mouljin (1996) e Braun; Appel; Schmal (2003), o MP é composto principalmente por uma fração orgânica solúvel (conjuntos de núcleos de carbono e de hidrocarbonetos) com frações de trióxido de enxofre (SO₃) ou ácido sulfúrico (H₂SO₄) e água, adsorvidos ou condensados, sendo que, segundo estudos, uma concentração de MP acima dos limites

definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), tem impacto direto nas condições atmosféricas.

Conforme apurado por Santos, Carvalho e Reboita (2016), a região metropolitana do Rio de Janeiro apresentou repetidamente uma concentração de MP maior que a definida pela resolução Conama nº 03/1990, o que teve influência direta na baixa precipitação e no acontecimento de inversões térmicas na baixa troposfera. Além disso, o MP é um dos poluentes responsáveis por problemas respiratórios, principalmente em crianças, mesmo que em níveis aceitáveis (CASTRO et al. 2009).

Para minimizar a emissão de gases oriundos da combustão em motores que utilizam do ciclo diesel, é necessário o controle rigoroso dos parâmetros físico-químicos durante o processo de produção para garantir a qualidade do produto final, pois a viscosidade tem impacto direto na composição dos gases poluentes liberados, variando de acordo com a matéria-prima utilizada (LÔBO; FERREIRA; CRUZ, 2009; ZHU et al., 2009; CAN, 2014).

Diferentes oleaginosas possuem como produto final um biodiesel de viscosidade mais alta e, segundo Prabhakar e Annamalai (2011), essa maior viscosidade favorece a queima incompleta e, conseqüentemente, aumenta a fração de MP liberado nos gases da combustão.

6 CONCLUSÃO

O estudo e o investimento em novos combustíveis que podem ser feitos a partir de fontes renováveis é de extrema importância para os países desenvolvidos, pois historicamente são os maiores responsáveis pela emissão de gases poluentes e pelo uso indiscriminado dos recursos naturais. Para o Brasil, essa busca de tecnologia para novos combustíveis vem da importância dos tratados firmados, como o acordo de Paris, e do fato do transporte de cargas no Brasil ser prioritariamente por caminhões movidos a diesel.

Assim, o país deve investir cada vez mais em pesquisa e tecnologia, pois apenas com incentivos reais às já promissoras pesquisas existentes nas faculdades brasileiras podem continuar, tais como pesquisas na melhoria dos processos já existentes, na busca de novas matérias-primas e novos catalisadores oriundos de subprodutos ou descartes de outros processos. Essas pesquisas também carregam a tendência de buscar matérias-primas com maior rendimento do que as utilizadas atualmente, como é o caso do óleo de microalgas, que poderia ser uma opção às famílias do Nordeste que possuem apenas áreas semiáridas e água salobra para tentarem se inserir no contexto agrícola do país.

Sendo assim, um dos pontos principais do cultivo de oleaginosas para produção de biodiesel, o incentivo à agricultura familiar, precisa cada vez mais ser garantido via regras que obriguem o uso de biocombustíveis, por meio de incentivos a produtores de biocombustível que comprem de pequenos agricultores. Esse incentivo faz parte da ideia central do PNPB e por meio dele pode ser possível a chegada de renda e desenvolvimento a algumas partes do Brasil que carecem de oportunidades de negócio, seja por sua localização, seja pelo seu clima incompatível com a plantação de boa parte das culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVAY, R., MAGALHÃES, R. **O acesso dos agricultores familiares aos mercados de biodiesel: parcerias entre grandes empresas e movimentos sociais.** In: Conferência da Associação Internacional de Economia Alimentar e Agroindustrial, AIEA2, Londrina, 22-27/07/2007.

ABREU, F. R.; VIEIRA, J. N. de S.; RAMOS, S. Y. **Programa Nacional para a produção e uso do biodiesel.** Diretrizes, desafios e perspectivas. Revista de Política Agrícola, Brasília, DF, ano 15, n. 3, p. 5-18, jul./set. 2006.

ALBUQUERQUE, G. A. **Obtenção e Caracterização Físico-Química do Biodiesel de Canola (Brassica napus).** (Dissertação de Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2006.

AMARO, H.M.; GUEDES, A.; MALCATA, F.X. **Advances and perspectives in using microalgae to produce biodiesel.** Applied Energy, 88, 3402-3410, 2011.

ANP. **Publicações.** Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/distribuicao-e-revenda/leiloesde-biodiesel>>. Acesso em 18 de agosto de 2018.

ANTUNES, P. de B. **Direito ambiental.** 14. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016 - Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2017.

BASTOS, V. D.. **Etanol, alcoolquímica e biorrefinarias.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 25, p. 5-38, mar. 2007.

BAUER, F. HULTEBERG, C. **Is there a future in glycerol as a feedstock in the production of biofuels and biochemicals?** Biofuels, Bioproducts and Biorefining, v. 7, p. 43–51, 2013.

BAYARDINO, R. A. **A Petrobras e o desafio da sustentabilidade ambiental.** 2004. 65f. Monografia (Bacharelado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

BEATRIZ, A., ARAÚJO, Y. J. K., LIMA, D. P. **Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estereosseletivas.** Química Nova, São Paulo, v. 34, n.2, 2011.

CARDOSO, L. C. **Petróleo do poço ao posto.** Petróleo do poço ao posto. 2005.

CARVALHO, J. L. N. et al. **Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, p.277-289, 2010.

CARVALHO, J. F. de. **Combustíveis fósseis e insustentabilidade.** Ciência e Cultura: Energia, Ambiente e Sociedade, São Paulo, v. 60, n. 3, p.30-33, set. 2008.

CASTRO, M. G. A.; LIMA, M. V. S.; SILVA, F. V. J. **Complexo Agroindustrial de Biodiesel no Brasil**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2010.

CASTRO, H.A. de; CUNHA M.F. da; MENDONÇA, G.A.S.; JUNGER, W.L.; CUNHA-CRUZ, J.; LEON, A.P. de. **Efeitos da poluição do ar na função respiratória de escolares**. Revista de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1. 2009.

CHARLES, M. B et al. **Public policy and biofuel: The way forward?** Energy Policy. v. 35, p. 5737-5746, 2007.

CORREIA, A.F; FARIAS, T. **O Biodiesel no Contexto Jurídico Brasileiro**. AREL FAAR, Ariquemes, RO, v. 4, n. 1, p. 27-53, jan. 2016.

COSTA, R. C. da; PRATES, C. P. T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, mar. 2005.

CUNHA, J.P.B.; REIS, E.F.; COUTO, R.F.; HOLTZ, V.; MACHADO, T.A.; LEONÍDIO, D.M. **Efeito de diferentes concentrações de biodiesel nas emissões gasosas de um trator agrícola em operação**. Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 10, n. 4, p. 564-569, 2015.

CUNHA, J. S. F. **Projeto etanol da batata-doce - A opção da agricultura familiar**. 2007. Disponível em: <<https://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI46040,61044-Projeto+etanol+da+batatadoce+A+opcao+da+agricultura+familiar>>. Acesso em: 06 set. 2018.

D'ARCE, M. A. B. R. **Matérias-primas oleaginosas e biodiesel**. ESALQ/USP, setor de açúcar e álcool, 2005.

D'AUREA, A.P. et al. **Glicerina bruta associada à ureia na terminação de bovinos: consumo, desempenho e características da carne**. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. [online], vol.69, n.1, pp.165-172, 2017.

DABDOU, M. J.; BRONZEL, J.L.; RAMPIN, M.A. **Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria**. Química Nova, v. 32, p. 776-792, 2009.

DEFANTI, L. S.; SIQUEIRA, N. S.; LINHARES, P. C. **Produção de biocombustíveis a partir de algas fotossintetizantes**. Divulgação do Projeto Universidade Petrobras e Instituto Federal Fluminense, Rio de Janeiro, v. 1, p.11-21, 2010.

DEMIRBAS, A. **Progress and recent trends in biodiesel fuels**. Energy Conversion and Management. v.50, p. 14–34, 2009.

DIONYSIO, R. B., MEIRELLES, F. V. P. **Combustíveis: a química que move o mundo**. PUC RIO, Rio de Janeiro, 2007.

DONG, T. et al. **Two-step in situ biodiesel production from microalgae with high free fatty acid content**. *Bioresource technology*, v. 136, p. 8-15, 2013.

DONKIN, S. S. **Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, p. 280-286, 2008.

DOURADO, L. R. B. et al. **Desempenho e saúde de frangos de corte não são prejudicados em função do teor de metanol da glicerina incluída em dietas**. *Pesq. Vet. Bras.* [online], vol.37, n.6, pp.537-543, 2017.

EPE, MAPA e ANP. **PROJEÇÕES DE OFERTA E DEMANDA DE ETANOL, GASOLINA, BIODIESEL E DIESEL**. Recife, SP. 26 mar. 2018. Disponível em <http://epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/EPE_Jos%C3%A9%20Mauro_Proje%C3%A7%C3%B5es%20de%20Oferta%20e%20Demanda_26mar.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2018.

FELIZARDO, P. M. G. **Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Usados de Fritura**. Relatório de Estágio; Licenciatura em Engenharia Química; Departamento de Engenharia Química; Instituto Superior Técnico; Lisboa, 2003.

FERREIRA, S. L.; SANTOS, A. M. dos; SOUZA, G. R. de. **Análise por cromatografia gasosa de BTEX nas emissões de motor de combustão interna alimentado com diesel e mistura diesel-biodiesel (B10)**. *Quim. Nova*, Vol. 31, Nº. 3, p. 539-545, 2008.

FREGOLENTE, L. V. **Aplicação de planejamento de experimentos em diferentes etapas do refino de petróleo**. 2009. 145 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/266397>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

FREITAS, M. S. **Selo Combustível Social: Os (des)caminhos da inclusão da agricultura familiar em um mercado energético**. 2011. Dissertação (Mestrado). Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas. Universidade Federal do ABC, Santo André, SP. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/tese/livro25.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2018.

GARCEZ, C.A.G.; VIANNA, J.N.S. **Brazilian Biodiesel Policy: Social and Environmental considerations**. *Energy*, Aalborg, v. 34, n. 5, p. 645-654, 2009.

GARCIA, J. R. **O programa nacional de produção e uso de biodiesel brasileiro e a agricultura familiar na região nordeste**. 2007. 200p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, SP. Disponível em:

<<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/285464>>. Acesso em: 12 de set. 2018

GO, A. W. et al. **Developments in in-situ (trans) esterification for biodiesel production**: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 60, p. 284-305, 2016.

HARUN, R., SINGH, M., FORDE, G. M. & DANQUAH, M.K. **Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14: 1037-1047, 2010.

HOEKMAN, S.K.; ROBBINS, C. **Review of the effects of biodiesel on NOx emissions**. *Fuel Process Technology*, 2012.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, Brasília, 2004.

IEA - International Energy Agency. **Key World Energy Statistics**. 2016 Edition. Disponível em: <<http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/kwan1/docs/KeyWorld2016.pdf>>. Acesso em: 27 de dez. de 2018.

IPCC. **Climate change 2014**: impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: regional aspects. In: Barros, V. R. et al. (Ed.). *Contribution of working group 2 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014b.

JUNEJA, A., et al. **Effects of environmental factors and nutrient availability on the biochemical composition of algae for biofuels production**: a review. 2013.

LEONETI, A.B.; ARAGAO-LEONETI, V.; OLIVEIRA, S.V.W. **Glycerol as a byproduct of biodiesel production in Brazil**. *Alternatives for the use of unrefined glycerol*. *Renewable Energy*, 45, p.138, 2012.

LIMA, U. A., BASSO, L. C., AMORIM, H. V. **Produção de Etanol**. In: LIMA, U. A. (Coord.). *Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos*. São Paulo: Edgard Blücher. p.1-43. (Biotecnologia Industrial; v.3), 2001.

LÔBO, I.P.; FERREIRA, S.L.C.; CRUZ, R.S. **Biodiesel**: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. *Química Nova*, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 1596-1608. 2009.

MACEDO, G. A.; MACEDO, J. A. **Produção de biodiesel por transesterificação de óleos vegetais**. *Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, ano VII, nº. 32, pa. 38-46, 2004.

MARTINS, S. S. S.; SILVA, M. O.; AZEVEDO, V. P. **Produção de Petróleo e Impactos Ambientais**: Algumas Considerações. Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – Instituto Federal do Rio Grande do Norte, 2014.

MDA. **Balanco do Selo Combustível Social**. 2018. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-biodiesel/o-selo-combust%C3%ADvel-social>>. Acesso em: 21 de ago. de 2018.

MDA. **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel - Inclusão Social e Desenvolvimento Territorial**. 2010. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_64/Biodiesel_Book_final_Low_Completo.pdf>. Acesso em: 21 de ago. de 2018.

MEHER, L. C., SAGAR, D. V., NAIK, S. N. **Technical Aspects of Biodiesel Production by Transesterification - a Review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews; Índia, v. 10, n. 3, p. 248-268, 2006.

MEIRELLES, F. S. **Biodiesel**. Serviço Nacional de Aprendizado Rural. Brasília, 2003.

MIDILLI, A., DINCER, I. **Hydrogen as a Renewable and Sustainable Solution in Reducing Global Fossil Fuel Consumption**. International Journal of Hydrogen Energy. Turquia, v. 33, ed. 16, p. 4209-4222, 2008.

MME; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética Nacional 2030**. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/matriz-energetica-nacional-2030>>. Acesso em: 21 de ago. de 2018.

MME. **Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel**. 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 21 de ago. de 2018.

MMA. **INDC (Contribuição Nacionalmente Determinada)**. 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/comunicacao/item/10570-indc-%20contribui%C3%A7%C3%A3o-nacionalmente-determinada>>. Acesso em: 21 de ago. de 2018.

MME. **Selo Combustível Social**. 2004. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 21 de ago. de 2018.

MOREIRA, J. C. P.; MERA, R. D. M.; MAYORGA, M. I. de O.. **Análise revisional de estudos do cultivo da mamona na região dos inhamuns, no Estado do Ceará**. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008, Rio Branco. Anais do XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.

MOTA, C.J.A. **Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel**. Quim. Nova. Brasil, v. 32, n.3, p.639-648, 2009.

NEEFT, J.P.A.; MAKKEE, M.; MOULIJN, J.A. **Diesel particulate emission control**. Fuel Processing Technology, Hershey, v. 47, n. 1, p. 1-69, 1996.

NETO, J. L. S.; NERY, J. T. **Variabilidade e Mudanças climáticas no Brasil e seus Impactos regionais**. IN: SOUZA et al, Quaternário do Brasil: Ribeirão Preto, 2005.

ORTEGA, E.; WATANABE, M.; CAVALETT, O. **A produção de etanol em micro e minidestilarias**. Campinas: IEA/Unicamp, 2006.

PARENTE, E. J. de S. **Biodiesel: Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado**. Fortaleza, 2003.

PEÑA, R.; ROMERO, R.; MARTÍNEZ, S.L.; RAMOS, M.J.; MARTÍNEZ, A.; NATIVIDAD, R. **Transesterification of castor oil: effect of catalyst and co-solvent**. Industrial Engineering Chemistry Research, v. 48, n. 3, p. 1186-1189, 2009.

PETERSON, C. L. et al. **Continuous Flow Biodiesel Production**. 2002.

PRABHAKAR, S.; ANNAMALAI, K. **Comparison of sound, exhaust gas temperature and smoke opacity characteristics of methyl esters of vegetable oils blends**. Journal of Engineering and Applied Sciences, v. 6, n. 10, p. 34-40, 2011.

PRADO, J. N. **Estudo sobre o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): Uma análise sobre os municípios produtores de soja e as cooperativas de agricultura familiar**. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2015.

RATHMANN, R. et al. **Biodiesel: uma alternativa estratégica na matriz energética brasileira?**. 2007. Disponível em: <http://www.academia.edu/30707511/Biodiesel_Uma_alternativa_estrat%C3%A9gica_na_matriz_energ%C3%A9tica_brasileira>. Acesso em: 22 de ago. de 2018.

REIS, E.F.; CUNHA, J.P.B.; MATEUS, D.L.S.; DELMOND, J.G.; COUTO, R.F. **Desempenho e emissões de um motor-gerador ciclo diesel sob diferentes concentrações de biodiesel de soja**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 565-57, 2013.

RIBAS, W.F.; BILOTTA, P.; JANISSEK, P.R.; CARVALHO FILHO, M.A.S.; PENTEADO NETO, R.A. **Influência do combustível (diesel e biodiesel) e das características da frota de veículos do transporte coletivo de Curitiba, Paraná, nas emissões de NOx**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, 2011.

SAMPAIO, R. M.; BONACELLI, M. B. M. **Tecnologias renováveis: interação entre políticas públicas e iniciativa privada, a partir da produção brasileira de biodiesel**. R. Tecnol. Soc., Curitiba, v. 14, p. 17-34, 2018.

SANTOS, O. M. dos et al. **A teoria das restrições no processo de refino de petróleo.** 2006.

SANTOS, T.C.; CARVALHO, V.S.B.; REBOITA, M.S. **Avaliação da influência das condições meteorológicas em dias com altas concentrações de material particulado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, 2016.

SCHUCHARDT, U; SERCHELI, R.; VARGAS, R.M. **Transesterification of vegetable oils – a review.** Chem. Soc. v.9, p.199-210, 1998.

SILVA. J. **Avaliação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel no Brasil – PNPB.** Revista de Política Agrícola, 2013.

SIMP/ANP. **Produção de Biocombustíveis: Produção de biodiesel (metros cúbicos), Venda de biodiesel pelos produtores: 2018.** Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>>. Acesso em: 21 de ago. de 2018.

SOUZA, D. T. de et. al. **Cenários sobre contribuição do biodiesel para ampliar a participação de biocombustíveis na matriz energética brasileira em 2030.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2017.

TIMMER-MANN, A., J et al. **Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming.** Nature, v. 398, p. 694-697, 1999.

Imagens etanol e biodiesel http://epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/EPE_Jos%C3%A9%20Mauro_Proje%C3%A7%C3%B5es%20de%20Oferta%20e%20Demanda_26mar.pdf