

Artigo

Do Óleo de Amendoim ao Biodiesel- Histórico e Política Brasileira para o Uso Energético de Óleos e Gorduras

Pinho, D. M. M.; Suarez, P. A. Z.*

Rev. Virtual Quim., 2017, 9 (1), 39-51. Data de publicação na Web: 21 de novembro de 2016

<http://rvq.sbq.org.br>

From Peanut Oil to Biodiesel- History and Brazilian Policy for the Energetic Use of Fats and Oils

Abstract: The history of the use of oils and fats as liquid fuels in Diesel cycle engines mingles with engine own history. However, it was only in the XXI Century that Brazil and other countries started its commercial use on a large scale. Specifically in Brazil, it was started in 2005 a bold program for replacing diesel by biodiesel. As a result, in only 10 years was installed in the country an industrial park capable to produce annually about 4 billion liters of fatty acids methyl esters, generating thousands of jobs. Although the Brazilian biodiversity present several possible oils and fats sources, today the Brazilian industry virtually uses only soybean oil and waste fat from the animal processing industry as raw material. The future of this industry is very promising, and there are even government new targets for increasing the replacement of diesel by biodiesel.

Keywords: Biodiesel; historical; oils and fats.

Resumo

A história do uso de óleos e gorduras como combustíveis líquidos em motores do ciclo Diesel se confunde com a história do próprio motor. No entanto, foi somente no Século XXI que o Brasil e outros países iniciaram o seu uso comercial em larga escala. Especificamente no Brasil, foi iniciado em 2005 um ousado programa para a substituição de óleo diesel por biodiesel. Como resultado, em apenas 10 anos foi instalado no país um parque industrial capaz de produzir cerca de 4 bilhões de litros de ésteres metílicos de ácidos graxos anualmente, gerando milhares de empregos. Apesar da biodiversidade brasileira apresentar diversas possíveis fontes de óleos e gorduras, a indústria brasileira hoje praticamente utiliza apenas o óleo de soja e gorduras residuais do processamento de animais de corte. O futuro desta indústria é bastante promissor, já havendo metas governamentais para o aumento da substituição do óleo diesel por este biocombustível.

Palavras-chave: Biodiesel; histórico; óleos e gorduras.

* Universidade de Brasília, Laboratório de Materiais e Combustíveis, Instituto de Química, P. Box. 4478, CEP 70919-970, Brasília-DF, Brasil.

✉ psuarez@unb.br

DOI: [10.21577/1984-6835.20170006](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20170006)

Do Óleo de Amendoim ao Biodiesel- Histórico e Política Brasileira para o Uso Energético de Óleos e Gorduras

David M. M. Pinho, Paulo A. Z. Suarez*

Universidade de Brasília, Laboratório de Materiais e Combustíveis, Instituto de Química, P. Box. 4478, CEP 70919-970, Brasília-DF, Brasil.

* psuarez@unb.br

Recebido em 8 de novembro de 2016. Aceito para publicação em 18 de novembro de 2016

1. Histórico do uso de óleos vegetais como combustível
2. Biocombustíveis a partir de óleos vegetais
3. Atual política brasileira de produção de biodiesel
4. Mercado brasileiro de biodiesel
5. Considerações finais

1. Histórico do uso de óleos vegetais como combustível

Não se sabe exatamente a primeira vez em que os óleos e gorduras foram utilizados como combustíveis, mas provavelmente, tenha a mesma idade em que o homem domina o fogo. No entanto, conforme relatos do engenheiro alemão Rudolf Christian Karl Diesel, inventor do motor que leva seu nome, o primeiro uso de óleo vegetal como combustível em motores a combustão interna aconteceu durante a Feira Internacional de Paris, ocorrida entre abril e novembro de 1900. Diesel havia desenvolvido um motor para queimar combustíveis fósseis, inicialmente pó de carvão mineral e posteriormente petróleo e derivados. No entanto, durante a feira Diesel apresentou um pequeno motor utilizando óleo de amendoim como combustível a pedido do governo francês. A partir dessa

época, diversas alternativas foram apontadas para o uso dos óleos e gorduras, de fontes vegetais ou animais, como combustível, principalmente durante períodos de escassez de petróleo no mercado internacional devido às Primeira e Segunda Guerras Mundiais. Nesse sentido, vale a pena destacar alguns estudos realizados na Bélgica no final da década de 1930 com ésteres metílicos e etílicos de ácidos graxos (hoje conhecidos como biodiesel) e a produção de hidrocarbonetos realizados na China por craqueamento de óleo de tungue em refinarias de petróleo na década de 1940. No entanto, devido à sua elevada disponibilidade e baixo custo, o petróleo se consagrou como matéria-prima para combustível dos motores diesel.

A rediscussão do uso de óleos e gorduras como fontes de combustíveis líquidos somente foi retomada a partir da elevação dos custos de produção e os choques de oferta ocorridos em 1973 e 1979, quando

ficou evidente para o mundo a necessidade da busca por fontes alternativas de energia. A partir dos anos 1990, além dessas preocupações econômicas e estruturais, questões ambientais que relacionam o aquecimento global com a elevada queima de combustíveis fósseis vêm reforçando a necessidade de substituir os derivados de petróleo do mercado energético por soluções sustentáveis. Neste sentido, diversos países, tais como Estados Unidos, Áustria, Alemanha e França, desenvolveram estudos acerca da produção e uso de óleos e gorduras e seus derivados como combustíveis líquidos a partir do final da década de 1970, culminando na introdução de biodiesel, diesel renovável (mistura de hidrocarbonetos obtidos do hidrocraqueamento de óleos e gorduras) e bioquerosene de aviação (diesel renovável ramificado) nas suas matrizes energéticas.

No Brasil o cenário não foi diferente. Em 1975 foi criado o Programa Nacional do Álcool (Pró-Alcool). O Proálcool foi uma iniciativa do Governo Federal de incentivo à produção de álcool combustível para substituir a gasolina em motores do ciclo Otto. Quando criado, esse programa oferecia empréstimos, com taxas abaixo das de mercado, aos produtores de cana de açúcar que produzissem etanol e às indústrias automobilísticas que fabricassem carros movidos a álcool. Inicialmente, esse programa teve um impacto positivo, uma vez que reduziu a importação de petróleo. No entanto, na década de 1980 a normalização da oferta de petróleo acarretou uma queda em seu preço, aproximando os custos da gasolina e do álcool, eliminando a vantagem do biocombustível e seu interesse por parte dos consumidores. Além disso, quedas de safra de açúcar em outros países elevaram o preço do açúcar no mercado internacional, fazendo com que os produtores preferissem produzir esse alimento para exportação. Nesse contexto, os fabricantes de veículos priorizaram a produção de veículos movidos à gasolina. Somente em 2003, com um novo aumento no preço do petróleo, a indústria automotiva inovou, criando os veículos *flex*,

movidos tanto a álcool hidratado quanto gasolina em qualquer proporção, que são vendidos até hoje.¹

Além do Proálcool, também houve no Brasil outras iniciativas para a substituição de combustíveis fósseis, como os programas para uso de carvão vegetal e de óleos vegetais. Por exemplo, o governo federal criou nos anos de 1970 o programa Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-Óleo). O Pró-Óleo visava a adição de óleos vegetais e seus derivados ao óleo diesel em 30 % com a perspectiva de substituição total em longo prazo. Mas esse programa, diferentemente do Proálcool, foi completamente abandonado em 1986 devido à normalização nos preços do petróleo.²

No âmbito do Pró-Óleo, foram estudados tanto o uso de óleos vegetais *in natura* quando modificados pela reação de transesterificação com metanol e etanol, levando a formação de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, hoje conhecidos como biodiesel. À época, destacaram-se os estudos realizados na Universidade Federal do Ceará (UFC), na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e na Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC). Em Fortaleza não só foram realizados estudos em laboratório, mas também foram realizados extensos testes em frotas de ônibus com biodiesel puro, chamado à época de “Prodiesel”. O nome “Prodiesel” é uma referência ao programa Proálcool. Um destes veículos foi apresentado em Fortaleza em um evento ocorrido em outubro de 1980, em que um modelo O-364 da Mercedes Benz circulou pela cidade transportando os convidados para uma festa,³ como ilustrado na foto apresentada na Figura 1. Deve-se destacar que neste programa de testes em frotas de ônibus foram consumidos mais de 300 mil litros de biodiesel e percorridos mais de 2 milhões de quilômetros. O biodiesel foi produzido pela empresa Proerg, provavelmente a primeira empresa criada visando à fabricação de biodiesel no Brasil. Os resultados apontaram a viabilidade técnica do biodiesel, mas foram barrados nos custos de produção.⁴



Figura 1. Fotografia de um ônibus movido a biodiesel em 1980³

Somente no final da década de 1990 o biodiesel entrou novamente em pauta com a crescente preocupação com os efeitos climáticos da queima de combustíveis fósseis e com a crise mundial instalada no oriente médio, agravada em 2001, e com a real possibilidade de esgotamento das fontes de petróleo. Após diversos estudos coordenados pelo então Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), o governo federal lançou o Programa Brasileiro de Desenvolvimento Tecnológico de Biodiesel (Probiodiesel) em 2002 pela Portaria MCT Nº 702, de 30 de Outubro de 2002. Com a mudança de governo em 2003, foi acrescentada a questão da inclusão social na produção de biodiesel e alterado o nome para Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), sendo o biocombustível finalmente inserido na matriz energética brasileira pela Lei Federal Nº 11097 de 13 de Janeiro de 2005.⁵

2. Biocombustíveis a partir de óleos vegetais

A busca pelo aumento de eficiência foi modificando os motores do ciclo Diesel ao longo dos últimos 100 anos, fazendo com que

hoje em dia não seja mais possível a utilização dos óleos e gorduras *in natura*. Então, para que os óleos e gorduras possam ser utilizados como combustíveis é necessário modificá-los no sentido de aproximar suas propriedades físicas e químicas às do óleo diesel.

Diversos processos foram propostos para aproximar as propriedades dos óleos e gorduras, sejam de origem vegetal, animal ou microbiana, ao óleo diesel. Por exemplo, os triacilglicerídeos e ácidos graxos, principais constituintes dos óleos e gorduras, podem ser transformados por transesterificação, esterificação ou craqueamento. A partir da transesterificação de triacilglicerídeos ou esterificação de ácidos graxos com monoálcoois são obtidos monoésteres, enquanto o craqueamento leva a formação hidrocarbonetos similares aos encontrados no óleo diesel, ilustrados pelas reações não balanceadas apresentadas na Figura 2.

Além disso, a composição das cadeias graxas irá depender da origem do óleo ou da gordura, e isso interfere diretamente nas propriedades físico-químicas do biocombustível obtido. A diferença nas cadeias graxas pode ser o tamanho e o número de insaturações. Alguns ácidos graxos podem, também, apresentar grupos

funcionais, tais como álcoois, cetonas, epóxidos, etc., e mesmo ramificações. Por exemplo, o óleo de soja apresenta majoritariamente cadeias insaturadas com 18 carbonos, a gordura de coco possui essencialmente cadeias saturadas com 12 carbonos, e o óleo de mamona possui quase que exclusivamente um ácido graxo com o

grupo funcional álcool (ácido 12-hidroxi-9-cis-octadecenóico, conhecido como ricinoléico). Essas composições fazem com que, a temperatura ambiente, o óleo de soja seja líquido e pouco viscoso, a gordura de coco seja sólida e pastosa, e o óleo de mamona seja extremamente viscoso.

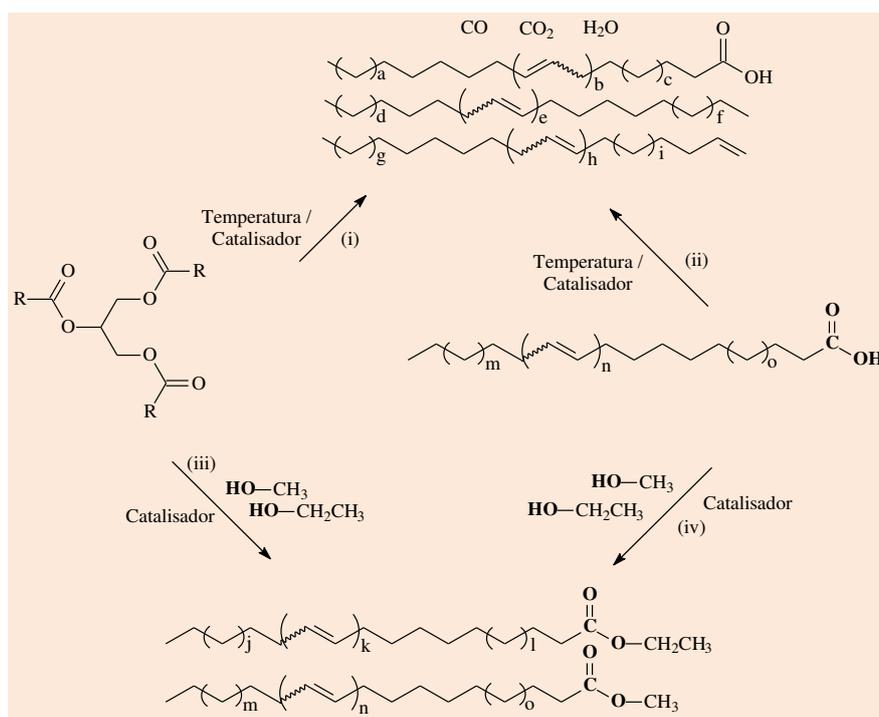


Figura 2. Produção de combustíveis líquidos a partir de triglicerídeos e ácidos graxos: (i) Craqueamento de triacilglicerídeos; (ii) Craqueamento de ácidos graxos; (iii) Transesterificação de triacilglicerídeos; (iv) Esterificação de ácidos graxos. Observação: as equações não estão balanceadas⁶

Ao processar estes materiais graxos, seja por transesterificação/esterificação ou craqueamento, serão obtidos biocombustíveis com propriedades físico-químicas diferenciadas em função da estrutura das cadeias dos ácidos graxos. Por exemplo, é apresentado na Tabela 1 um comparativo da viscosidade e densidade de biodieséis metílicos obtidos a partir de diversos óleos e gorduras oriundos de oleaginosas presentes no Brasil e os valores especificados atualmente para biodiesel e diesel pela ANP. Como pode ser concluído a partir dos valores apresentados na Tabela 1, nem toda oleaginosa pode ser usada para

produzir biodiesel, pois a mistura de ésteres metílicos, devido às características estruturais, não atende às especificações da ANP para esse biocombustível. Por exemplo, em decorrência das ligações de hidrogênio entre os grupos álcool presentes nas cadeias dos ésteres metílicos obtidos a partir do óleo de mamona, tanto a viscosidade quanto a densidade apresentam valores muito acima do especificado, tornando inviável o seu uso como biodiesel. Estranhamente o PNPB e particularmente a Petrobrás apostaram nesta oleaginosa durante dez anos, mesmo com conhecimento técnico sobre as peculiaridades desta oleaginosa.⁷

Tabela 1. Viscosidade e densidade do óleo diesel e de diversos biodieseis metílicos

| | Densidade a 20 °C (Kg/m ³) | Viscosidade a 40 °C (mm ² /s) |
|--|--|--|
| Óleo diesel* | 815,0- 850,0 | 2,0- 4,5 |
| Biodiesel** | 850,0- 900,0 | 3,0- 6,0 |
| Ouricuri (<i>Syagrus coronata</i>) ⁸ | 271 | 2,9 |
| Macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>) ⁷ | 883 | 9,6 |
| Castanhola (<i>Terminalia catappa</i>) ⁹ | 879 | 4,3 |
| Andiroba (<i>Garapa guianensis</i>) ⁸ | 875 | 4,6 |
| Nabo forrageiro (<i>Raphanus sativus</i>) ¹⁰ | - | 5,0 |
| Chicha (<i>Sterculia striata</i>) ¹¹ | 860 | 5,4 |
| Pinhão-manso (<i>Jatropha curcas</i>) ¹² | 883 (15°C) | 4,0 |
| Pinhão-roxo (<i>Jatropha gossypifolia</i>) ¹² | 887 (15°C) | 3,9 |
| Mamona (<i>Ricinus communis</i>) ¹³ | 925 | 13,8 |
| Soja (<i>Glycine max</i>) ¹⁴ | 883 | 2,8 |

* Resolução ANP n° 50 de 2013;

** Resolução ANP n° 45 de 2014.

3. Atual política brasileira de produção de biodiesel

Como mencionado anteriormente, a retomada do interesse do governo brasileiro pelo biodiesel aconteceu no final do Século XX, dando início à retomada de pesquisas e testes com esse biocombustível, e resultando com o lançamento do Probi biodiesel em 2002. Apesar da mudança política que ocorreu em 2003, foi dada continuidade no projeto de introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira, sendo criado um Grupo de Trabalho Interministerial em julho de 2003, que ficou responsável de apresentar a viabilidade técnica e ações necessárias para implementar o programa. No relatório final, em 4 de dezembro de 2003, o grupo de trabalho mostrou que o biodiesel deveria ser imediatamente implementado e recomendou:¹⁵

- O uso não deve ser obrigatório;

- Não deve haver uma rota ou matéria-prima preferencial;

- Incluir o desenvolvimento socioeconômico das regiões mais carentes.

Em 13 de setembro de 2004 o governo federal emite a medida provisória 214 que delega à ANP (atualmente chamada de Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis) a competência para especificar o biodiesel. Ainda, essa medida provisória define em seu artigo 6°:

“Biodiesel: combustível para motores a combustão interna com ignição por compressão, renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais, que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil.”

Observa-se nesta definição que a produção de biodiesel independe da rota utilizada. Além disso, este artigo possui um equívoco quando diz “óleos vegetais ou de gorduras animais”, pois também existem gorduras vegetais e óleos animais, o que foi

corrigido na legislação posterior.¹⁶ Em 6 de dezembro de 2004, exatamente um ano após a emissão do relatório final, foi lançado pela Presidência da República o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), por meio de medida provisória.⁵ Sem dúvida esse foi o grande marco da história do biodiesel no Brasil, pois possibilitou a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. A medida provisória foi aprovada através da lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005 pelo Congresso Nacional. Esta lei previa a mistura de biodiesel ao diesel comercializado no país de forma gradativa. Inicialmente, foi autorizada a adição de 2 %vol de biodiesel ao diesel (chamado de B2) de forma não obrigatória, passando a ser obrigatório 3 anos após a publicação da lei. Além disso, a lei previa o aumento gradativo do teor de biodiesel até chegar em B5 em Janeiro de 2013. Mas, devido à elevada capacidade de produção instalada da indústria nacional do biodiesel, o B5 foi antecipado para Janeiro de 2010, 3 anos antes do que a lei estipulava.

Como recomendado pelo grupo de trabalho interministerial, um dos principais objetivos e desafios do PNPB foi integrar a produção de biodiesel com a diminuição de desigualdades regionais e desenvolvimento socioeconômico dos agricultores familiares. Para viabilizar essa recomendação, foi criado o Selo Combustível Social, o qual foi gerido pelo então Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) e atualmente é de responsabilidade da Secretaria Especial de Agricultura Familiar e Desenvolvimento Agrário da Casa Civil. Inicialmente, o Selo

Combustível Social era concedido somente aos produtores que adquirissem matéria-prima de pequenos produtores rurais. O selo permitia aos produtores participar dos leilões de biodiesel, única forma prevista para a comercialização do biocombustível. Além disso, o produtor detentor do selo tinha isenção de impostos federais, como PIS/PASEP e COFINS.¹⁴ O desconto variava de 30% a 100%, dependendo da região e da oleaginosa usada, sendo o valor máximo para o caso de obter matéria-prima de agricultores familiares do norte, nordeste ou semiárido, desde que a oleaginosa fosse a mamona ou o dendê. Porém, em 2008 passou a haver isenção total dessas taxas para os produtores de biodiesel que adquirissem qualquer matéria-prima de agricultores familiares.¹⁷

Alcançada a meta estipulada na lei 11.097, em 24 de Setembro de 2014 foi sancionada a lei nº 13.033, que aumenta a obrigatoriedade do teor de biodiesel para B6 em 1 de Julho de 2014, e B7 em 1 de Novembro de 2014. Novamente alcançada a meta, foi sancionada a lei nº 13.263 de 23 de Março de 2016, que estipula que o teor de biodiesel deve chegar a B8 até Março de 2017, B9 até Março de 2018 e B10 até Março de 2019. Além disso, esta mesma lei autoriza o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) elevar o teor de biodiesel em até 15 %vol, após testes e ensaios em motores que validem tal mistura, até 2019. A Figura 3 apresenta o histórico do programa de biodiesel brasileiro até sua implantação, durante sua obrigatoriedade e as perspectivas atuais.

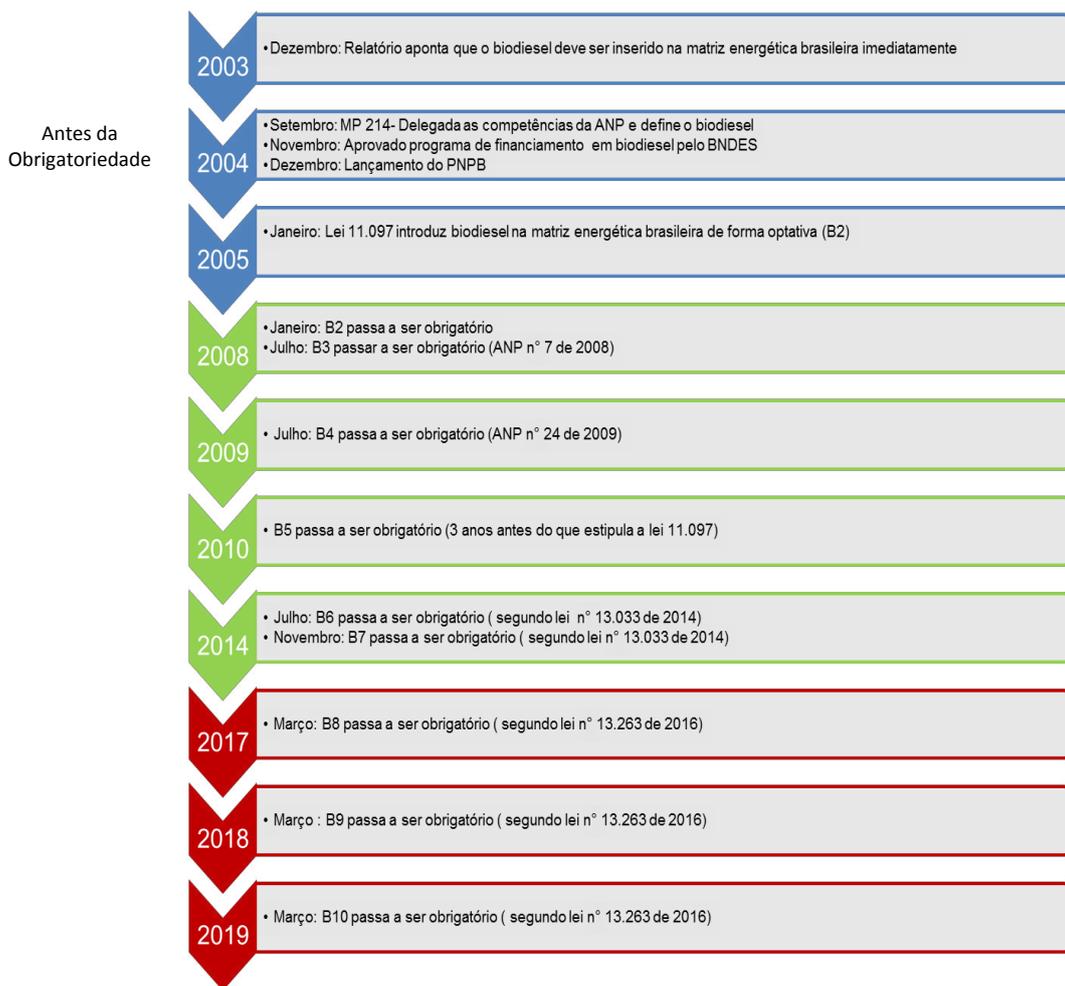


Figura 3. Histórico do biodiesel no Brasil

4. Mercado brasileiro de biodiesel

A ANP é o órgão responsável pela regulamentação dos combustíveis no Brasil e através da resolução n° 45 de 2014, descreve 24 parâmetros de qualidade a serem atendidos pelo biodiesel para que este possa ser comercializado sem que gere problemas aos veículos movidos a óleo diesel. Além disso, esta resolução define biodiesel como sendo:

“Art. 2º: Biodiesel: combustível composto de alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e/ou esterificação de matérias graxas, de gorduras de origem

vegetal ou animal...”

Nesta definição, observa-se claramente que só é possível a comercialização de biocombustível que seja constituído por ésteres de ácidos graxos, independentemente da rota tecnológica empregada seja a transesterificação ou a esterificação. Além disso, em comparação com leis e regulamentações anteriores, foi corrigida a questão de definição de óleos e gorduras.

No entanto, atualmente no Brasil o processo para a produção de biodiesel envolve exclusivamente a rota de transesterificação alcalina, e seu processo pode ser observado no fluxograma apresentado na Figura 4. É interessante salientar que já houve no Brasil uma planta operando pelo processo de esterificação de

ácidos graxos residuais do processo de refino de óleo de palma, a qual inclusive participou

dos primeiros leilões, mas essa unidade foi desativada.¹⁸

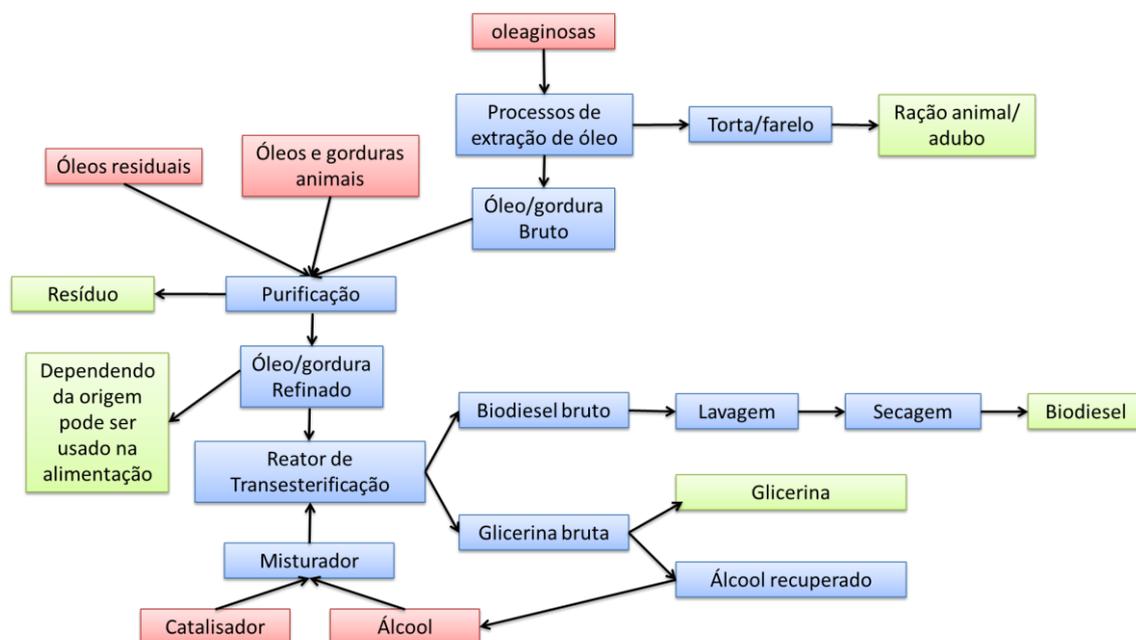


Figura 4. Etapas da cadeia de produção do biodiesel pelo processo de transesterificação

A origem da matéria-prima graxa pode ser tanto vegetal quanto de origem animal, ou até mesmo resíduos industriais ou domésticos. A principal desvantagem da transesterificação alcalina é a necessidade de matérias-primas com alto grau de pureza, principalmente matéria graxa com baixos teores de ácidos graxos livres (<0,5%) e álcool anidro.⁶ A presença de água, nas condições reacionais em que ocorre a transesterificação, leva à reação paralela de hidrólise dos ésteres, tanto dos óleos e gorduras quanto do biodiesel formado, produzindo ácidos graxos. Já os ácidos graxos, sejam oriundos da matéria-prima ou produzidos por hidrólise, são saponificados na presença de álcali, consumindo o catalisador e levando à formação de emulsões estáveis, dificultando a purificação do biodiesel e elevando os custos de produção. Assim, independentemente da sua origem, a matéria graxa precisa ser purificada antes do processo de transesterificação de forma a conter essencialmente triacilglicerídeos. Deve-se destacar que o óleo ou gordura purificado possui grau

alimentício, podendo ser usado tanto para a indústria de biodiesel quanto para a produção de alimentos dependendo da sua origem. Por essa razão, o uso desta rota muitas vezes recebe críticas, pois o deslocamento de grandes quantidades de óleo ou gordura refinado para a produção de combustíveis pode inflacionar o mercado de alimentos.

Como pode ser visualizado na Figura 4, existem na cadeia completa de biodiesel diversos co-produtos, como farelos/tortas, sabões, lecitinas, glicerina, entre outros. A indústria brasileira de biodiesel tem encontrado diversos mercados para esses co-produtos, sendo o farelo de soja dividido entre o consumo interno e externo e a glicerina é majoritariamente exportada. No entanto, diversos resíduos ainda precisam ser estudados para se encontrar processos economicamente viáveis para o seu aproveitamento.

Desde a criação do PNPB, é possível observar um constante crescimento na indústria do biodiesel, iniciando do zero em

2005 para alcançar a produção de 3,94 bilhões de litros em 2015. Esse crescimento ocorreu tanto pelo aumento do teor de biodiesel no diesel comercializado, que partiu de zero para alcançar 7 vol.% em 2014, quanto pelo aumento no consumo de combustíveis líquidos no país. Mesmo com a queda na venda de óleo diesel em 2015 (queda de 4,7%), ocorrido em reflexo a desaceleração da economia brasileira, o biodiesel apresentou um crescimento de 15,3 % nesse ano.¹⁹ Isso ocorreu devido a elevação do teor de

biodiesel na mistura em 2014, que em Janeiro era de 5 vol.% e passa para 7 vol.% em Novembro. O comportamento da produção do parque industrial de produção de biodiesel pode ser mais bem observado na Figura 5. Note que a capacidade instalada de produção sempre esteve acima da produção de biodiesel e esta capacidade ociosa permitiu um aumento do teor de mistura sem acarretar desabastecimento do biocombustível.

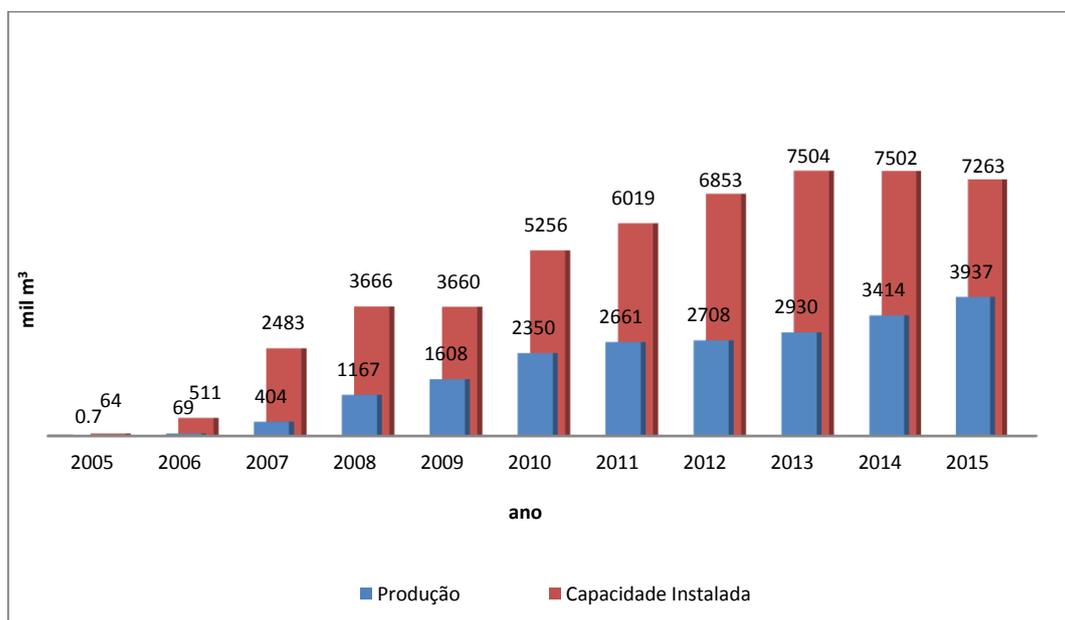


Figura 5: Capacidade instalada e produção de biodiesel no Brasil ao longo dos anos. Fonte: FECOMBUSTÍVEIS, 2016¹⁹

Apesar da grande biodiversidade brasileira, bem como de fontes exóticas de biomassa cultivadas comercialmente ou presentes de forma selvagem no Brasil, a indústria de biodiesel tem utilizado como matéria-prima predominantemente óleo de soja (77 %) e gordura bovina (19 %), como se pode observar na Figura 6.²⁰ Os outros 4% correspondem a uma mistura de diversas outras matérias-primas como o algodão, óleo residual de fritura, gordura de porco, gordura de frango, óleo de palma, entre outros. Ou seja, a indústria brasileira de biodiesel utiliza, além do óleo de soja oriundo de uma cadeia produtiva agrícola tradicional e bem

consolidada, essencialmente resíduos da indústria frigorífica, da indústria de algodão e do processamento de alimentos. Dessa forma, pode-se afirmar que a inserção do biodiesel na matriz energética ainda não trouxe a estruturação de novas cadeias agrícolas de produção de oleaginosas no país, como desejado originalmente pelo PNPB. De fato, espécies nativas ou exóticas bem adaptadas e que crescem de forma selvagem no Brasil, como as apresentadas na Tabela 1, excetuando a soja, nunca foram usadas para a produção comercial de biodiesel ou o foram de forma marginal.

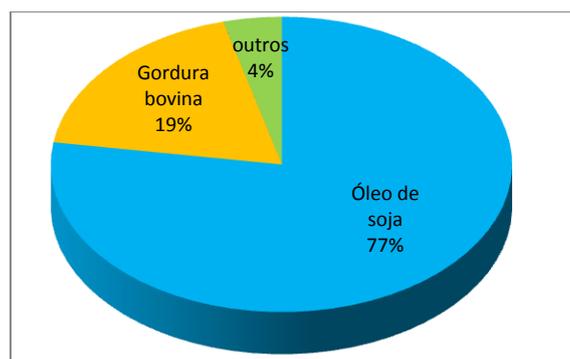


Figura 6. Média anual das matérias-primas utilizadas pela indústria brasileira para a produção de biodiesel em 2015

A Tabela 2 apresenta a distribuição das usinas de biodiesel por região e o volume arrematado em 2015. Nota-se pelos dados apresentados na Tabela 2 uma maior concentração das usinas nas regiões Centro-oeste e Sul, que concentram mais de 80 % do volume de biodiesel comercializado nos leilões. Considerando que essas regiões também são as principais produtoras

brasileiras de soja e de animais de corte, pode-se corroborar o fato de que a indústria brasileira de biodiesel se instalou onde havia cadeias produtivas estruturadas e capazes de fornecer matérias-primas graxas com segurança, em dissonância com o objetivo original do PNPB de diminuir desigualdades regionais.

Tabela 2. Distribuição das usinas de biodiesel no país por região¹⁹

| Região | Número de usinas | Distribuição da capacidade instalada (%) | Volume arrematado nos leilões (mil m ³) |
|---------------|------------------|--|---|
| Norte | 3 | 3 | 77 |
| Nordeste | 4 | 7 | 340 |
| Centro-oeste | 21 | 39 | 1789 |
| Sudeste | 9 | 13 | 301 |
| Sul | 3 | 38 | 1548 |
| Brasil | 50 | 7263 mil m³ | 4055 |

5. Considerações finais

O Programa Nacional de Produção de Uso de Biodiesel (PNPB) introduziu em 2005 esse biocombustível na matriz energética brasileira tendo como principais objetivos a diminuição na dependência de combustíveis fósseis e a diminuição de assimetrias regionais, incentivando a implantação de indústrias na região norte e nordeste e o uso de matérias-primas produzidas pela

agricultura familiar. Após 10 anos do PNPB, pode-se concluir que o programa foi extremamente efetivo, uma vez que se conseguiu instalar com sucesso um parque industrial que fornece anualmente 4 bilhões de litros de biodiesel, gerando milhares de empregos no país. No entanto, evidencia-se que a indústria de biodiesel foi instalada consorciada com as cadeias produtivas da soja e de animais de corte, as quais já estavam consolidadas nas regiões Sul e Centro-oeste. Assim, pode-se concluir que o

PNPB foi falho em promover o uso de novas oleaginosas, sejam elas nativas ou exóticas, e de estruturar parques industriais nas regiões Norte e Nordeste, como desejado inicialmente.

Por outro lado, além de gerar emprego e renda, a indústria do biodiesel é hoje responsável por uma importante economia de divisas internacionais. De fato, mesmo com o uso de 4 bilhões de biodiesel produzidos no país, o Brasil em 2015 ainda necessitou importar 44 milhões de barris de óleo diesel,²¹ uma vez que não possui capacidade de refino de petróleo capaz de abastecer a demanda interna por combustíveis líquidos. Ou seja, os 4 bilhões de biodiesel usados hoje estão substituindo diretamente o diesel importado, o que contribui para equilibrar as contas externas diminuir os impactos da forte crise econômica em que o país se encontra.

Assim, mesmo não cumprindo todos os objetivos originais, o PNPB é hoje um programa consolidado e espera-se que continue avançando nos próximos anos. Esta expectativa não se dá apenas pela a real tendência de aumento na produção e uso de biodiesel para atender a meta estabelecida na lei nº 13.263, mas espera-se que aumentos futuros ocorram.

Agradecimentos

Os autores agradecem às diferentes agências que financiam as pesquisas em Oleoquímica realizadas no LMC/UnB (CNPq, FINEP, CAPES, FAPDF), e ao INCT-CATÁLISE. Os autores agradecem também ao CNPq e CAPES pelas bolsas de pesquisa concedidas ao longo dos últimos 15 anos.

Referências Bibliográficas

¹ Francisco, W. de C. E. Proálcool. Brasil Escola. Disponível em:

<<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/proalcool.htm>>. Acesso em: 26 julho 2016.

² Manzoni L. P.; Barros T. D. Biodiesel. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl290nv02wx5eo0sawqe3ho6o476.html>>. Acesso em: 26 julho 2016.

³ A Concepção do Biodiesel no Ceará. Fortalbus. Disponível em: <<http://www.fortalbus.com/2011/09/concepcao-do-biodiesel.html>>. Acesso em: 26 julho 2016.

⁴ História Brasil. BiodieselBr. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/oleos-vegetais-biodiesel-brasil.htm>>. Acesso em: 26 julho 2016.

⁵ Flexor, G. O biodiesel e os desafios da inovação. Carta Maior. Disponível em: <<http://cartamaior.com.br/?/Opiniao/O-biodiesel-e-os-desafios-da-inovacao/21980>>. Acesso em: 27 julho 2016.

⁶ Suarez P. A. Z.; Meneghetti, S. M. P. 70º Aniversário do Biodiesel em 2007: Evolução Histórica e Situação Atual no Brasil. *Química Nova* **2007**, *30*, 2068. [CrossRef]

⁷ Suarez, P. A. Z. Crônica de uma morte anunciada: o óleo de mamona como matéria-prima para a produção de biodiesel. Biodiesel BR, Curitiba- PR, n. 44, p. 46, 01 janeiro 2015. [Link]

⁸ Iha O. K.; Alves F. C. S. C.; Suarez P. A. Z.; Oliveira M. B. F.; Meneghetti S. M. P.; Santos B. P. T.; Soletti J. I. Physicochemical properties of Syagrus coronata and Acrocomia aculeata oils for biofuel production. *Industrial Crops and Products* **2014**, *62*, 318. [CrossRef]

⁹ Iha O. K.; Alves F. C. S. C.; Suarez P. A. Z.; Silva C. R. P.; Meneghetti M. R.; Meneghetti S. M. P. Potential application of Terminalia catappa L. and Carapaguianensis oils for biofuel production: Physical-chemical properties of neat vegetable oils, their methyl-esters and bio-oils (hydrocarbons). *Industrial Crops and Products* **2014**, *52*, 95. [CrossRef]

¹⁰ Shah, S. N.; Iha, O. K.; Alves, F. C. S. C.; Sharma, B. K.; Erhan, S. Z.; Suarez P. A. Z.

Potential Application of Turnip Oil (*Raphanussativus* L.) for Biodiesel Production: Physical-Chemical Properties of Neat Oil, Biofuels and their Blends with Ultra-Low Sulphur Diesel (ULSD). *BioEnergy Research* **2013**, *6*, 841. [CrossRef]

¹¹ Mangas M. B. P.; Rocha F. N.; Suarez P. A. Z.; Meneghetti, S. M. P.; Barbosa D. C., Santos, R. B.; Carvalho, S. H. V.; Soletti, J. I. Characterization of biodiesel and bio-oil from *Sterculiastrinata* (chicha) oil. *Industrial Crops and Products* **2012**, *36*, 349. [CrossRef]

¹² Oliveira, J. S.; Leite, P. M.; Souza, L. B.; Mello, V. M.; Silva, E. C.; Rubim, J. C.; Meneghetti, S. M. P.; Suarez, P. A. Z. Characteristics and composition of *Jatropha gossypifolia* and *Jatropha curcas* L. oils and application for biodiesel production. *Biomass and Bioenergy* **2009**, *33*, 449. [CrossRef]

¹³ Conceição, M. M.; Candeia, R. F.; Silva, F. C.; Bezerra, A. F.; Fernandes, V. J.; Souza, A. G. Thermoanalytical characterization of castor oil biodiesel. *Renewable Sustainable Energy Reviews* **2007**, *11*, 964. [CrossRef]

¹⁴ Pinho, D. M. M.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Brasília, 2013. [Link]

¹⁵ Pousa G. P. A. G.; Santos A. L. F.; Suarez, P. A. Z. History and policy of biodiesel in Brazil. *Energy Policy* **2007**, *35*, 5393. [CrossRef]

¹⁶ Pinho, D. M. M.; Suarez, P. A. Z. A Hidrogenação de Óleos e Gorduras e suas Aplicações Industriais. *Revista Virtual de Química* **2013**, *5*, 47. [CrossRef]

¹⁷ Legislação. BiodieselBr. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/legislacao/legislacao-biodiesel.htm>>. Acesso em: 30 julho 2016.

¹⁸ Suarez P. A. Z.; Santos A. F.; Rodrigues J. P.; Alves, M. B. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. *Química Nova* **2009**, *32*, 768. [Link]

¹⁹ Fecombustíveis. Relatório Anual da Revenda de Combustíveis, 2016. [Link]

²⁰ ANP. PMQC Edições anteriores. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=82482&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1471874676842>>. Acesso em: 22 agosto 2016.

²¹ ANP. Dados Estatísticos Mensais. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=81705&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1471875108938>>. Acesso em: 22 agosto 2016.