

A introdução do Biodiesel na matriz energética brasileira: contextualização histórica, cadeia produtiva e processo produtivo

VERLAINE LIA COSTA

(UEPG/UTFPR) verlaine-@brturbo.com.br

JOÃO LUIZ KOVALESKI

(UTFPR) kovaleski@utfpr.edu.br

PEDRO PAULO DE ANDRADE JUNIOR

(UTFPR) pedropaulo@utfpr.edu.br

DENEIVE LEONOR COSTA

(UEPG) leodede@brturbo.com.br

EMILIO LOURENÇO MORSCHER

(UTFPR) emilio@rhnoossa.com.br

Resumo: A preocupação mundial para que seja estimulada e controlada a emissão de poluentes, assim como a diminuição da dependência dos combustíveis fósseis, incentivam as políticas públicas para a inserção do biodiesel na matriz energética. Essa inserção do biodiesel vem gerando impactos positivos para o desenvolvimento do país e tornando de grande importância as pesquisas que envolvem a estruturação da cadeia produtiva desse combustível. Dessa forma, este artigo tem como objetivo definir, contextualizar historicamente e descrever a produção do biodiesel. Assim, disponibiliza uma visão geral da cadeia e processo produtivo e demonstra que o biodiesel pode ser visto como um apoio para alcance da sustentabilidade e ainda oferecer condições para que energias sejam geradas e distribuídas, abrindo portas para a inovação, geração de novos empregos e melhor distribuição de renda, tornando-se uma oportunidade para que o homem se reconcilie com o meio ambiente.

Palavras-chave: Biodiesel. Cadeia produtiva. Processo produtivo. Sustentabilidade.

The introduction of Biodiesel in the Brazilian energy matrix: historical context, supply chain and production process

Abstract: The global concern to be stimulated and controlled the emission of pollutants as well as reducing dependence on fossil fuels public policy to encourage the inclusion of biodiesel in the energy matrix. This insertion of biodiesel has been generating positive impacts for the country's development, so important to do research involving the structuring of this fuel supply chain. Therefore, this article aims to define and contextualize historically, as well as describe the production of biodiesel, providing an overview of the biodiesel production chain and of the production process, thus demonstrating that biodiesel can be seen as a support for achieving sustainability, may provide conditions that generate and distribute energy, opening doors for innovation, generating new jobs and better income distribution and as an opportunity for man to be reconciled with the environment.

Key words: Biodiesel. Production chain. Production process. Sustainability.

INTRODUÇÃO

A evolução humana tem sido acompanhada, principalmente nas últimas décadas, por avanços tecnológicos. A cada dia, torna-se mais visível a queda de antigos paradigmas e a substituição nos modos de vida da sociedade. Da mesma maneira acelerada com que são criados, os ciclos de vida são destruídos, e, não obstante, o homem se perde em meio a tamanha atualização própria, assim como das tecnologias e dos espaços em que vive.

Todo o consumismo excessivo, assim como a preferência natural do ser humano a coisas que agreguem tecnologia de ponta, criam gigantescas quantidades de produtos e serviços inúteis, também requerendo em seu processo de produção enorme aplicação de energia. Ainda hoje, a energia não-renovável, proveniente de combustíveis fósseis, é responsável pela manutenção da grande maioria dos processos produtivos, e, conseqüentemente, com a diminuição de recursos naturais iniciada de forma gradativa e que vem ocorrendo em alta velocidade, essa mesma energia, tão importante para todo o mundo, é agora um recurso bastante escasso e de alto custo.

Presente totalmente nas atividades do homem, a energia é considerada como um elemento fundamental para que sejam satisfeitas as necessidades do ser humano. Sendo assim, diversos conhecimentos e complexas tecnologias assimiladas por estudiosos da área objetivam a procura de meios para apropriar-se e controlar as formas de conversão energética, isto é, formas pelas quais se obtém energia em conformidade com a demanda. Passou-se por vários estágios de desenvolvimento do conhecimento científico e da dominação da tecnologia que acabaram por permitir que as diversas fontes de energia fossem usadas durante o processo evolutivo da sociedade, através das tecnologias de conversão. Dessa forma, a utilização de recursos de energia foi, e ainda é, um instrumento de suma importância para que se possam suprir as demandas impostas pela sociedade em seus momentos históricos.

A preocupação mundial para que seja estimulada e controlada a emissão de poluentes, assim como a diminuição da dependência dos combustíveis fósseis, incentivam as políticas públicas para a inserção do biodiesel na matriz energética. Essa inserção do biodiesel vem gerando impactos positivos para o desenvolvimento do país. Desse modo, as pesquisas se fazem importantes, envolvendo a estruturação da cadeia produtiva deste combustível.

O Brasil, especificamente, encontra-se em local estratégico para o desenvolvimento de biocombustíveis, os quais auxiliam diretamente no desenvolvimento sustentável: possui oportunidades para resolver parte do problema com relação ao clima e a pobreza, podendo produzir os biocombustíveis, utilizando internamente e exportando parte da produção, assim como vendendo suas tecnologias ao mercado internacional. No entanto, para que isso seja possível, são necessárias políticas públicas que apoiem as

energias alternativas, para que não seja necessário se curvar ao mercado, criando assim mecanismos para a diminuição das desigualdades sociais.

Dessa forma, observadas essas considerações, este artigo tem como objetivo definir e contextualizar historicamente, assim como descrever a produção do biodiesel, disponibilizando uma visão geral da cadeia produtiva do biodiesel e seu processo produtivo. Dessa forma, demonstrando que o biodiesel pode ser visto como um apoio para alcance da sustentabilidade, podendo oferecer condições para que energias sejam geradas e distribuídas, abrindo portas para a inovação, gerando então novos empregos e melhor distribuição de renda, sendo uma oportunidade para que o homem se reconcilie com o meio ambiente e mantenha as disponibilidades para as futuras gerações.

O BIODIESEL

BIODIESEL: DEFINIÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

Atualmente, aumenta gradativamente a preocupação de todo o mundo com o ambiente e uma procura por novas fontes de energia limpas. Em consequência, suscita-se a necessidade de união de esforços da sociedade, do meio acadêmico e iniciativas do governo, objetivando a viabilização de alternativas para que possa haver o desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, paralelamente ao álcool, o biodiesel é considerado a segunda principal experiência efetivada pelo governo brasileiro no que tange a combustíveis alternativos. O biodiesel é também conhecido como o 'diesel natural', tem seu uso aplicado tanto na alimentação de motores quanto para a bioeletricidade, que é a geração de energia elétrica pelo biodiesel.

De acordo com Portela (2008, p.33), tecnicamente, pode-se definir o biodiesel como

um alquil éster derivado dos ácidos graxos contidos nos triglicerídeos, que é o nome genérico dos óleos e gorduras, tanto de origem animal quanto vegetal. Refere-se ao combustível puro, antes da mistura com o diesel mineral, e possui propriedades semelhantes a esse.

O biodiesel pode ser obtido através de uma reação entre triglicerídeos e, por exemplo, o metanol ou o etanol, que são álcoois primários. Segundo a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, o biodiesel pode ser definido como sendo um

biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil.

Segundo Biodiesel (2010), com relação ao uso, o biodiesel substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclodiesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas, automóveis, etc) ou estacionários (geradores de eletricidade, calor, etc). Pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções. A mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100.

Historicamente, em 1893 foi desenvolvido o primeiro motor a ciclo diesel. Entretanto, quarenta anos antes, já no ano de 1853, E. Duffy e J. Patrick, ambos cientistas, foram os primeiros condutores do processo de transesterificação de óleos vegetais.

Rudolph Diesel criou o primeiro motor eficiente a diesel, na Alemanha, em 10 de agosto de 1893, sendo esse apresentado de forma oficial na Feira Mundial de Paris, em 1898, utilizando um combustível feito com base no amendoim, o óleo de amendoim, o qual era obtido a partir de um processo de transesterificação (SÁ FILHO *et al.*, 1979).

De acordo com Motor Diesel (2010, p.1), Rudolph Diesel afirmou entre 1911 e 1912,

o motor a diesel pode ser alimentado por óleos vegetais, e ajudará no desenvolvimento agrário dos países que vierem a utilizá-lo. O uso de óleos vegetais como combustível pode parecer insignificante hoje em dia, mas com o tempo irão se tornar tão importantes quanto o petróleo e o carvão são atualmente.

Todavia, a oferta de petróleo era abundante e o preço era baixo, dessa forma, determinando a preferência e predominância dos combustíveis com essa base, preservando os óleos vegetais para outras aplicações. Em contraponto, existiam dificuldades para obtenção de uma boa combustão nos óleos vegetais, justificadas pela elevada viscosidade, impedindo dessa forma a adequada injeção em motores. Os combustíveis de origem vegetal também deixavam resíduos de depósitos de carbono nos cilindros e injetores, necessitando de intensivas manutenções. Todas as pesquisas para que fosse possível alterar esse quadro, solucionando os problemas, conduziram para que fosse descoberta a transesterificação, que, de acordo com Geris *et al.* (2007), é um termo utilizado para descrição de uma importante classe de reações orgânicas, onde há a transformação de um éster em outro, através da troca de resíduo alcoxila. Segundo Knothe (2005), o responsável pelo patenteamento desse processo de produção foi o cientista belga Charles G. Chavanne, em 1937, com a patente de número 422.877, onde pode ser encontrada a descrição do uso de óleo vegetal de palma e etanol e a demonstração da reação de transesterificação.

A primeira experiência efetiva com a utilização do biodiesel, como hoje é conhecido, foi a aplicação em uma linha comercial especial de ônibus que ligava Bruxelas e Louvain.

Outro marco pode ser encontrado durante a II Guerra Mundial, pois, devido ao corte das linhas de abastecimento de combustíveis derivados de petróleo, causando signifi-

cativa escassez, houve uma promoção à aplicação de combustíveis vegetais, sendo utilizado então por países como a Bélgica, a China e a Índia. Entretanto, findada a guerra, as linhas foram restabelecidas, o petróleo podia ser importado abundantemente com preços acessíveis, o uso de combustíveis vegetais foi desestimulado.

Em 1970, o Oriente Médio descobre que o petróleo é um bem não renovável, portanto, um dia esgotaria, e eclode a Crise do Petróleo, onde os preços disparam com a redução da produção de petróleo. Esse é o marco onde o mundo se mobiliza e passa a procurar medidas de emergência para a diminuição de consumo energético e a corrida por fontes de energia alternativas, agora renováveis.

Os primeiros a adotarem o termo biodiesel foram pesquisadores chineses, já em 1988. Esse produto passa a ter alta produção e consumo pela Áustria e pela França. Foi criado então, na França, uma associação com o nome de “Partenaires Diester”, na qual, uma parceria entre produtores e consumidores foi firmada, formando uma entidade que objetivava a avaliação da viabilidade do biodiesel nos sistemas urbanos, principalmente em Paris. Até o ano de 2003, pode ser creditado à França o título de maior produtor de biodiesel. Após esse ano, a Alemanha é caracterizada como a líder mundial, conseguindo superar outros países, pois o valor do biodiesel é 12% menor que o diesel derivado do petróleo, alcançando assim a marca de substituição de 2% do valor total do diesel consumido pelo país. (BIODIESEL..., 2010)

Ainda para Biodiesel (2010), essa liderança alemã adveio do programa de grande expressividade desse país, o qual dá isenção total de tributação a toda a cadeia produtiva do biodiesel. Para outro país que começou a produção de biodiesel em 1990, a Itália também é significativo produtor e consumidor do biocombustível. Entretanto, o governo mantém uma isenção total dos tributos até o limite de produção de 300 mil toneladas/ano. O parlamento europeu, no ano de 2003, estabeleceu uma Diretiva, para a promoção da utilização de energias renováveis em todo seu setor de transportes, criando duas metas principais para seus países membros: que atingissem, em relação ao total consumido, a quantidade de 2% até dezembro de 2005 e 5% até dezembro de 2010.

Em 2001 foi aberto o primeiro posto de biodiesel nos Estados Unidos, após avaliação feita em 1999, em Las Vegas, no estado de Nevada, colocado na legislação como combustível alternativo, atualmente, o combustível abarca todo o país em um mistura de 20% com o óleo diesel.

Historicamente, em 1920, inicia-se o uso de óleos vegetais como fonte de energia para combustíveis, e, o INT – Instituto Nacional de Tecnologia efetivava estudos e testes para combustíveis alternativos e renováveis com os insumos: palma, amendoim e algodão. Segundo Lucena (2004), Conde Francisco de Matarazzo foi pioneiro na utilização de biocombustível, em 1960, procurando a produção de óleo a partir de grão de café, sendo que, para a lavagem do café

utilizou-se de álcool de cana-de-açúcar, objetivando a retirada das impurezas que são impróprias para o consumo humano. O resultando foi uma reação entre álcool e óleo que liberava glicerina, gerando um éster etílico, ou seja, o produto hoje conhecido como biodiesel. Já para a UBRABIO (2009), foi em 1970, que a UFCE – Universidade Federal do Ceará passou a desenvolver pesquisas sobre possíveis fontes de energia, onde se revelou o novo combustível, o Biodiesel.

À luz de Homem de Melo e Fonseca (1981), em 1975, o Brasil passou a desenvolver programas que buscavam substituir os derivados de petróleo, procurando também resolver os significativos problemas de balanço de pagamentos. O programa de maior vulto foi o Proálcool ou Programa Nacional do Álcool, criado pelo decreto de número 76.593, em 14 de novembro de 1975, que tinha como objetivo o estímulo à produção de álcool para atender a demanda interna e externa e à política dos combustíveis automotivos. Desse modo, foram designados incentivos para que fosse possível aumentar a oferta de matéria-prima como a mandioca, a cana-de-açúcar ou outros insumos, modernizando as destilarias que já existiam, assim como a criação de novas unidades de produção, quer anexas às usinas, quer autônomas, e também instalação de unidades de armazenagem.

Em 1980, no Brasil, a primeira patente de combustíveis a base de óleos vegetais é registrada, sob número PI – 8007957, pelo Doutor Expedito Parente. No entanto, com a redução no preço do petróleo e a disponibilidade de substituição do óleo diesel por gás natural, tanto em caminhões quanto em ônibus, as pesquisas foram deixadas de lado.

Constam também, para Vergara (1981), programas como: o Programa do Xisto, em 1986, prevendo a instalação de uma planta para 50 mil barris equivalentes de petróleo/dia, o Programa do Carvão Mineral, objetivando uma produção de 170 mil barris equivalentes de petróleo/dia, o Programa de Carvão Vegetal para a Siderurgia como um termo-redutor e o Programa de Florestas Energéticas, visando substituir óleos de combustíveis pesados e ainda o Programa Nacional de Conservação de Energia no Setor Industrial.

Já no ano de 1993, o Professor Doutor Miguel Joaquim Dadboud, pesquisador na USP (Universidade de São Paulo) volta às pesquisas em Biodiesel, sendo criado então, em 2002, o LADETEL (Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas) e o Congresso Internacional de Biodiesel, passando-se a ter como ponto necessário discussões a respeito do Biodiesel.

Através da Portaria nº 240, de 25 de agosto de 2003, a Agência Nacional do Petróleo, estabelece quais os regulamentos para o uso de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não especificados no Brasil. Em 23 de dezembro de 2003, um Decreto do governo federal então institui a CEI – Comissão Executiva Ministerial e o GG – Grupo Gestor, os quais são encarregados de implantar as ações para produzir e utilizar o biodiesel. E através das Resoluções 41 e 42, de

24 de novembro de 2004, da Agência Nacional do Petróleo, foi instituída a obrigatoriedade da autorização desse órgão para produzir o biodiesel, assim como estabeleceu a especificação para a comercialização, podendo ser adicionado nessa data 2% em volume ao óleo diesel.

Em 06 de dezembro de 2004, o governo federal lança o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e logo depois, em 13 de janeiro de 2005, o biodiesel é introduzido na matriz energética brasileira, através da Lei nº 11.097/05, aprovada pelo Congresso Nacional e publicada no Diário Oficial da União, sendo o marco regulatório no qual são estabelecidos os percentuais mínimos da mistura do biodiesel ao diesel assim como a monitoração da inserção do novo combustível no mercado. Segue-se pela publicação da Instrução Normativa SRF nº 516, que dispõe sobre o Registro Especial a que estão sujeitos os produtores e os importadores de biodiesel. Em março de 2005, foi publicada a Instrução Normativa SRF nº 526, dispoendo sobre a opção por regimes de incidência na contribuição para PIS/PASEP e Cofins, de que tratam o art. 52 da Lei nº. 10. 833, de dezembro de 2003, e o art. 4º da Medida Provisória nº227, de dezembro de 2004.

Essa Lei nº 11.097/2005 (BRASIL, 2005) define o biodiesel da seguinte forma: “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir total ou parcialmente combustíveis de origem fóssil”.

É introduzido assim o biodiesel na matriz energética brasileira.

A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL

A cadeia produtiva é resultante do aumento gradativo na divisão do trabalho e a crescente interdependência entre os agentes da economia. Na visão de Dantas, Kertsnetzky e Prochnik (2002, p. 36-37), “cadeia produtiva é um conjunto de etapas consecutivas pelas quais passam e vão sendo transformados e transferidos os diversos insumos”.

A definição adotada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC (2002, p. 2), no seu programa Fórum de Competitividade, cadeia produtiva é “o conjunto de atividades que se articulam progressivamente desde os insumos básicos até o produto final, incluindo distribuição e comercialização, constituindo-se em elos de uma corrente”.

A cadeia produtiva faz uma análise das atividades econômicas que constituem o processo de um produto desde a sua elaboração até o produto final, sua distribuição e comercialização, sendo que pode abranger várias regiões ou ter uma predominância local.

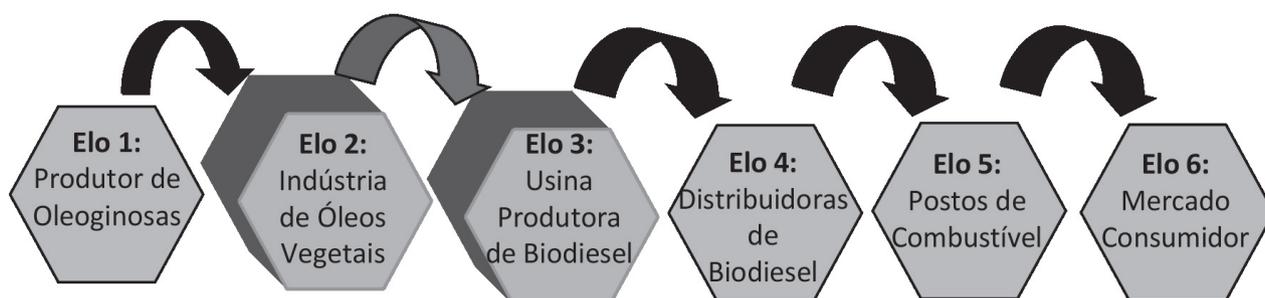
No Brasil, a organização da cadeia produtiva do biodiesel está sendo viabilizada através da criação do Probiodiesel, que vem incentivando em grande escala a produção do biodiesel tanto pela indústria quanto pelo agricultor. O programa afere à indústria o Selo Combustível Social (SCS) e promove a redução nos impostos nos casos em que esta utilize ao menos 30% da matéria-prima para a produção, sendo proveniente de agricultura familiar e que contemple o agricultor familiar com assistência técnica.

O governo, em 1995, criou o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), com o objetivo de integrar o agricultor na cadeia de agronegócios,

facilitando a comunicação entre o agricultor e a indústria, sendo responsável pela organização de leilões para o comércio dos biocombustíveis.

A cadeia produtiva do biodiesel, em decorrência da ampla demanda mundial, assim como a importância do seu desenvolvimento para o país, carece de forte organização no que cerne o conhecimento e a produção de informações estratégicas.

É possível afirmar que, a cadeia produtiva do biodiesel, observada de modo à abrangência nacional e produção de origem vegetal, é composta por seis elos, conforme dispostos esquematicamente na figura 1:

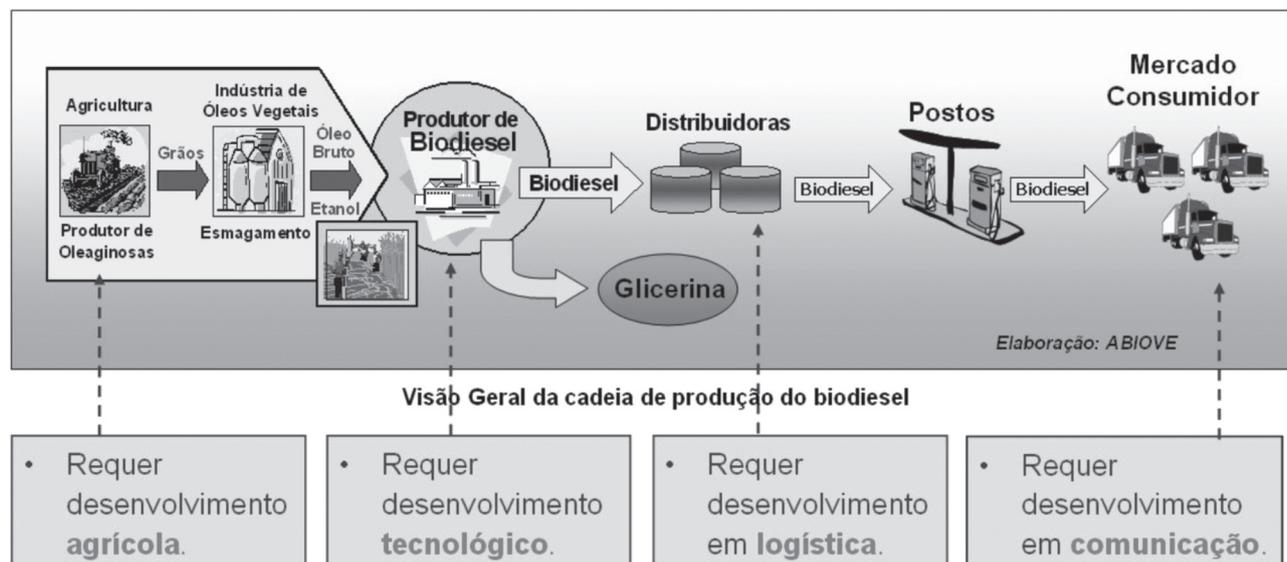


Fonte: Elaborada pelos autores.
 Figura 1 - Cadeia Produtiva do Biodiesel

O Elo 1 está relacionado com a produção de insumos agrícolas, é o incentivo para a produção de matéria-prima; o Elo 2 é onde ocorre o esmagamento da matéria-prima já para a produção de óleos vegetais; o Elo 3 é a produção de biodiesel nas usinas beneficiadoras; o Elo 4 tange as distribuidoras de biodiesel (adquirem em leilões); o Elo 5 engloba os postos de combustíveis compradores do biodiesel das

distribuidoras; e, por fim, o Elo 6 que é o mercado como consumidores finais.

A Figura 2 traz uma visão geral da cadeia produtiva do biodiesel, onde é visível sua complexidade e o envolvimento de diversos setores da economia para a sustentabilidade econômica.



Fonte: Abiove (2010)
 Figura 2 – Visão Geral da cadeia produtiva do biodiesel

É de importância extrema que hajam investimentos diretos em pesquisa e inovação, possibilitando assim que sejam desenvolvidas tecnologias de produção que possam articular agricultores e industriais, de forma sistemática e integrada, envolvendo todos os elos da cadeia produtiva, de acordo com Brasil (2008, p.194),

desde a produção de insumos, assistência técnica, exploração agrícola, industrial e comercialização, de forma que se possa obter: lavouras mais aptas às nossas condições edafoclimáticas; sistemas de produção agroindustrial mais eficientes e aproveitamento sustentável das nossas potencialidades regionais. Novas tecnologias industriais são fundamentais, pois representam a essência da transformação de produtos agrícolas em biocombustíveis, proporcionando agregação de valor e competitividade sistêmica aos nossos produtos agrícolas.

Vários pesquisadores utilizam o termo “a nova civilização da biomassa” quando se referem às possibilidades que são abertas a partir da produção do biodiesel, justificando o termo pela relação que vem se estreitando entre o agricultor familiar e o território, o que tem como consequência a valorização da especialização nas agriculturas de determinadas regiões. Segundo Brasil (2008), essa especialização pode, ineditamente, ter amplo alcance na distribuição de políticas de energia em todo o país, observado que parte significativa das matérias-primas para a produção do biocombustível advém da agricultura familiar, pelos óleos vegetais, no que toca o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). Todas essas variáveis têm, então, o poder de contribuição para que sejam reduzidas as desigualdades sociais e regionais, fazendo do biodiesel uma escolha estratégica bastante adequada para que os propósitos do desenvolvimento do território do Brasil sejam atendidos.

Em suma, toda a cadeia produtiva possui conexão direta com os insumos e com as matérias-primas disponibilizadas, do processo de produção, assim como da forma de agricultura praticada em cada uma das regiões. Para a maximização dos ganhos na gestão da cadeia, é necessário que seja observado o aproveitamento de oportunidades que possam gerar emprego e renda para os agricultores familiares, organizando esses agricultores em comunidades cooperativas, gerando valor agregado, praticando o desenvolvimento sustentável, conservando o meio ambiente.

PROCESSO PRODUTIVO

De acordo com a Cartilha Biodiesel do SEBRAE (2007, p. 35), “existem duas tecnologias que podem ser aplicadas para a obtenção de biodiesel a partir de óleos vegetais (puros ou de cocção) e sebo animal: a tecnologia de transesterificação e a tecnologia de craqueamento”.

É predominante no mundo a opção pela rota tecnológica de transesterificação metilica para a produção de bio-

diesel, se justificando isso devido ao alto preço do etanol, principalmente em outros países. O Brasil, mesmo tendo como predominância a rota metilica, vem superando algumas questões técnicas e possui alguns empreendimentos que operam através da rota etilica, devido ao baixo custo na produção de etanol.

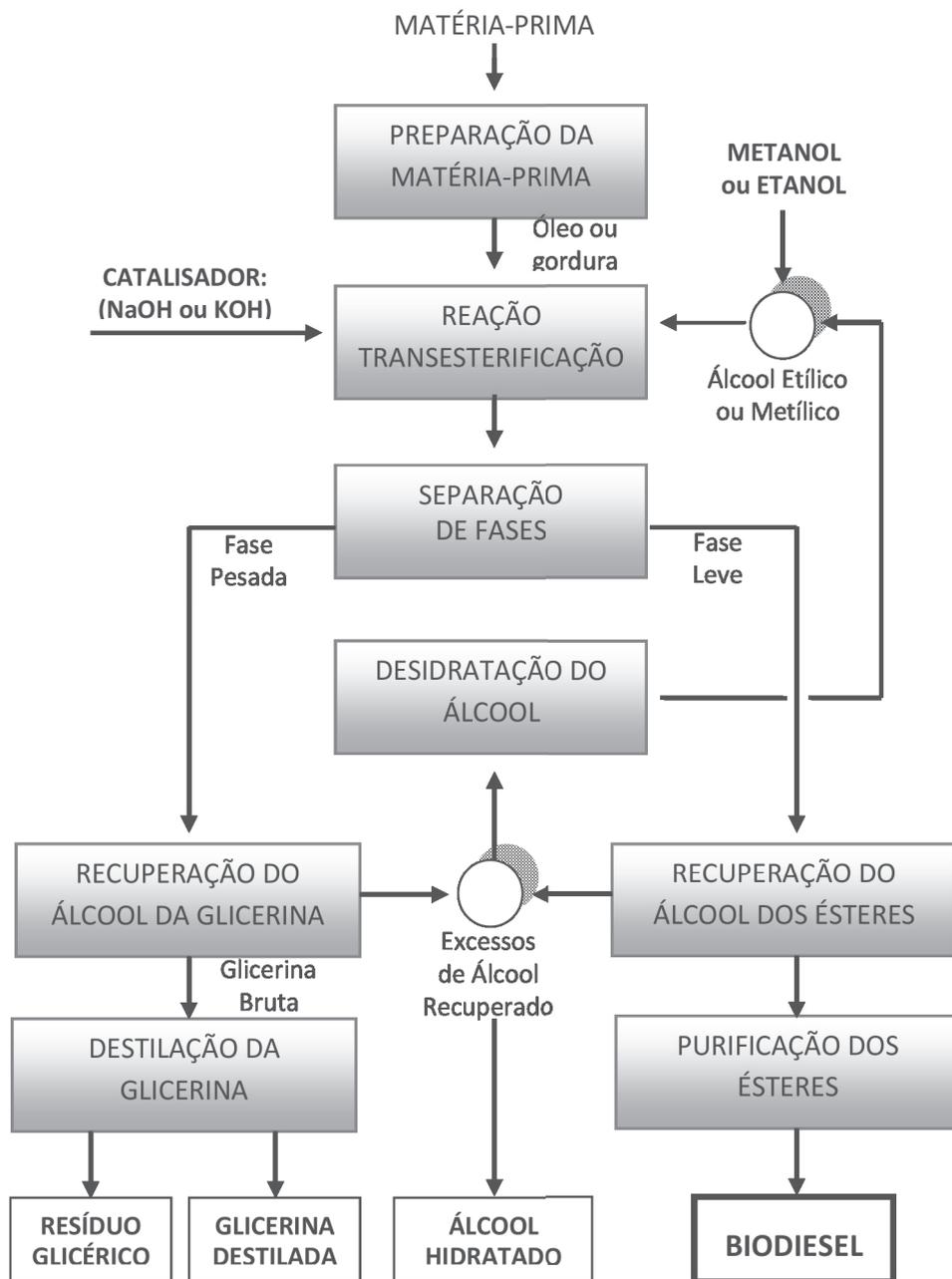
Segundo Processo de Produção do Biodiesel (2010), a transesterificação é o

processo de separação do glicerol do óleo vegetal. Cerca de 20% de uma molécula de óleo vegetal é formada por três ésteres ligados a uma molécula de glicerina, o que faz dele um triglicídio. A glicerina torna o óleo mais denso e viscoso. Durante o processo de transesterificação, a glicerina é removida do óleo vegetal, deixando o óleo mais fino e reduzindo sua viscosidade.

O craqueamento é visto como uma rota alternativa, sendo desenvolvido no Brasil pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), conjuntamente com a Universidade de Brasília. O protótipo comercial desse equipamento está sendo desenvolvido pela empresa GET – Global Energy and Telecommunication, com o apoio da FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, podendo ser utilizada comercialmente após validação científica. Entretanto, é importante salientar que a transesterificação é a realidade predominante nas usinas de todo o país.

Vale ressaltar que, independentemente da matéria pela qual se originou o óleo vegetal, o processo de transesterificação é basicamente igual, tendo variação unicamente nas dosagens e nos diagramas de massa.

É possível observar um fluxograma simplificado das etapas do processo de produção do biodiesel através de transesterificação na Figura 2.

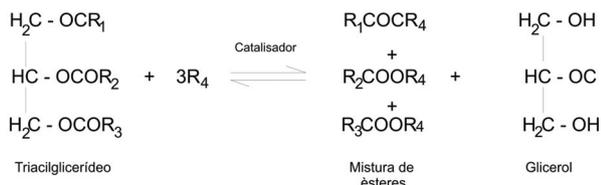


Fonte: Adaptado pelos autores de Parente (2003)
Figura 3 – Fluxograma do Processo de Produção do Biodiesel

A seguir serão descritas com maiores detalhes as etapas operacionais apresentadas na figura 3.

A primeira fase é a preparação de matéria-prima, sendo necessário que a mesma possua o mínimo em umidade e acidez, sendo isso possível se submetida a um processo de neutralização, ou seja, a matéria-prima deve ser lavada com uma solução alcalina de hidróxido de sódio ou de potássio, e então passar por um processo de desumidificação ou secagem. A especificação no tratamento depende da natureza e das condições da matéria graxa que foi utilizada como matéria-prima.

A segunda fase é a Reação de transesterificação, que, conforme se pode observar na reação disposta na figura 1, no processo de transesterificação de óleos vegetais, de acordo com Geris *et al.* (2007), ocorre a reação de um triacilglicerídeo com um álcool, na presença de uma base ou de um ácido forte, tendo-se então a produção de uma mistura de ésteres de ácidos graxos e de glicerol; para que seja possível produzir uma transesterificação estequiometricamente completa, é necessária uma proporção molar de 3:1 (3 para 1) de álcool por triacilglicerídeo. Essa reação possui caráter reversível. Dessa forma, geralmente há a adição em excesso do álcool (agente transesterificante), contribuindo para um aumento do rendimento do éster, assim como permitindo que seja separado do glicerol formado.



Fonte: GERIS *et al.* (2007)

Figura 04 - Reação de transesterificação reversível

Knothe *et al.* (2006) afirma que, não somente o tipo de catalisador, que pode ser ácido ou alcalino, tem sido parâmetro para investigação da transesterificação alcalina, esses incluem a pesquisa de: razão molar existente entre o álcool e o óleo vegetal, o tempo da reação, as temperaturas, o grau de refinamento de óleo vegetal que foi empregado, assim como o efeito da presença de umidade e ácidos graxos livres. Para que se alcance o máximo em rendimento, o álcool precisa ser livre de umidade e o AGL (ácidos graxos livres) deve ter conteúdo menor do que 0,5%. Essa ausência de umidade é muito significativa, devido o poder de ocorrência de hidrólise de ésteres alquílicos sintetizados a ácidos graxos livres. Teoricamente falando, a transesterificação de um óleo vegetal tem sua cinética regida pelo princípio enunciado em 1888, por Louis Le Chatelier, químico francês, que, dita que o rendimento da reação depende do deslocamento do equilíbrio químico em favor dos ésteres, através da otimização de fatores como a temperatura da reação, da concentração e do caráter ácido-base do catalisador, bem como o excesso estequiométrico do agente da

transesterificação. (RAMOS *et al.*, 2003)

Analisando-se quimicamente, o produto da reação de óleo com álcool é um éster monoalquílico do óleo vegetal, sendo que essa molécula é significativamente parecida com as moléculas produzidas a partir de derivados de petróleo, sendo ainda que, em comparação ao diesel de petróleo, o rendimento térmico do ‘novo combustível’ é de 95%, isto é, pode-se afirmar que visto em ordem prática, não é perceptível qualquer diferença.

Barnwal e Sharma (2004), afirmam que a reação pode ser descrita como uma reação reversível na qual um éster é transformado em outro por uma mudança na sua porção alcóxi, sendo que isso ocorre em três etapas: o início é quando as moléculas de triglicerídeos são convertidas em diglicerídeos, aí então têm sua conversão para monoglicerídeos, para aí converterem-se em glicerol, com a produção então de um mol de éster a cada etapa da reação. No caso, o álcool deve ter até oito átomos de carbono na sua cadeia. Entretanto, em decorrência das propriedades desse produto, o metanol e o etanol são caracterizados como os principais agentes de transesterificação, assim como são os mais comumente utilizados nesse processo.

Para Parente (2003), técnica e economicamente observando, geralmente a rota de transesterificação metilica é mais vantajosa do que a etilica, como é possível observar no quadro 1.

Quantidades e Condições Usuais Médias Aproximadas	Rotas de processo	
	Metilica	Etilica
Quantidade consumida de álcool por 1000 litros de biodiesel	90 kg	130 kg
Preço médio do álcool (US\$/ton)	190	360
Temperatura recomendada de reação	60°C	85°C
Tempo de reação	45 minutos	90 minutos

Fonte: PARENTE (2003)

Quadro 1- Comparação das rotas de transesterificação metilica e etilica

Entretanto, no Brasil, a oferta do álcool etílico é bastante significativa, assim como é disseminada nacionalmente. Dessa forma, os custos de frete para abastecer o etanol, se relacionado ao metanol, pode delinear a decisão pela rota a ser optada no processo.

A terceira fase tem relação com a separação das fases. Depois da reação de transesterificação a massa da reação se constitui de duas fases que podem ser separadas por decantação e/ou por centrifugação. A fase pesada é composta por glicerina bruta impregnada por excessos de álcool utilizado, água e impurezas da matéria-prima. A fase leve possui ésteres impregnados por excessos de álcool utiliza-

do. É efetivada então a recuperação do álcool da glicerina na fase pesada, através de evaporação, eliminando da glicerina os constituintes voláteis (água e álcool), cujo vapor é liquefeito em condensador apropriado; e a recuperação do álcool dos ésteres na fase leve, de modo que o álcool residual libere os ésteres de metanol ou etanol. Ocorre então a desidratação do álcool, por destilação, pois, depois da recuperação, possuem significativas porções de água, carecendo de separação. (PARENTE, 2003).

Então, resultante de todo o processo de transesterificação, além do Biodiesel, substituto do diesel derivado de petróleo, tem-se a co-produção de glicerina, que, sendo purificada, possui um amplo mercado, tanto nacional quanto internacionalmente, e o álcool hidratado, que pode ser usado em veículos movidos a álcool.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, vem sendo observado o crescimento da preocupação do mundo voltada aos impactos da exploração ao meio ambiente, ligados à exploração, ao refino e a utilização de combustíveis fósseis como o petróleo e os seus derivados, aliado ainda ao aumento do preço desses produtos e conseqüentemente, da própria energia no mercado tanto nacional quanto internacional. Os olhos do mundo se voltam ao que poderia ser classificado como uma necessidade e como uma oportunidade. A necessidade seria de se encontrar fontes energéticas mais baratas e que agredissem menos o meio ambiente. A oportunidade seria a de desenvolvimento e utilização de novas tecnologias para a exploração de fontes de energias alternativas, dando-se ênfase atualmente à substituição dos combustíveis fósseis pelos chamados biocombustíveis.

Deve-se observar, sempre, que a oferta de energias renováveis não deve recair somente na exploração econômica, em proveito da nova onda de defesa ambiental. A sociedade e as políticas públicas precisam necessariamente se mobilizar em defesa do futuro, do desejo de que a sociedade possa continuar se desenvolvendo e, mesmo assim, mantendo vivo o ambiente para as próximas gerações.

O Brasil, especificamente, encontra-se em local estratégico para o desenvolvimento de biodiesel: possui oportunidades assim para resolver parte do problema com relação ao clima e a pobreza, podendo produzir os biocombustíveis, utilizando internamente e exportando parte da produção assim como vendendo suas tecnologias ao mercado internacional. Dessa forma, para que seja possível a produção de biodiesel, fez-se necessária a contextualização histórica e as definições do biodiesel, a compreensão da cadeia produtiva do biodiesel, o processo de produção e as fontes para produção do biodiesel.

REFERÊNCIAS

- ABIOVE, Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Disponível em: <<http://www.abiove.com.br>>.
- BARNWAL, B. K.; SHARMA M. P. Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 2004.
- Biodiesel no mundo. **Biodiesel Brasil**. Disponível em: <http://www.biodieselbrasil.com.br/biodiesel_mundo.asp>. Acesso em: 08 jul. 2010.
- Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em: 08 jul. 2010.
- BRASIL**. Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11>. Acesso em: 08 jul. 2010.
- BRASIL**. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Fórum de Competitividade: Diálogo para o Desenvolvimento – Documento Básico**. Brasília, 2002. 17 p.
- BRASIL**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos - SPI. **Estudo da Dimensão Territorial para o Planejamento: Volume IV – Estudos Prospectivos - Escolhas Estratégicas / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão**. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos. Brasília: MP, 2008.
- DANTAS, Aléxis; KERTSNETZKY, Jacques; PROCHNIK, Victor. Empresa, indústria e mercados. In: KUPFER, David; HASENCLEVER, Lia. (Org.). **Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- GERIS, Regina. et al.. Reação de Transesterificação para Aulas Práticas de Química Orgânica. **Química Nova**. Salvador, v. 30, n. 5. p.1369-1373, 2007.
- HOMEM DE MELLO, F.; FONSECA, E. G.. **Proálcool, Energia e Transportes**. São Paulo: Pioneira, 1981.
- KNOTHE, G. et al.. **Manual de Biodiesel**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.
- LUCENA, T. K. **O Biodiesel na matriz energética brasileira**. 2004, Monografia (Graduação em Economia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Rio de Janeiro, 2004.
- Motor Diesel. **Biodiesel Brasil**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/motor-diesel/motor-diesel.htm>>. Acesso em: 08 jul. 2010.
- PARENTE, E. J. S. **Uma aventura tecnológica num país engraçado**. Disponível em: <www.tecbio.com.br>. Acesso em: 08 jul. 2010.
- PORTELA, Hugo Eduardo. **Avaliação técnico-econômica de um empreendimento produtivo de biodiesel**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2008.
- Processo de Produção do Biodiesel. **Biodiesel Brasil**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/processo-producao/biodiesel-processo-producao.htm>>. Acesso em: 08 jul. 2010.
- RAMOS, L.P. et al.. Biodiesel. **Biocombustíveis: Ciência & Desenvolvimento**. n. 31, p. 28-37, 2003.
- SÁ FILHO, H. L. et al.. Diagnóstico da Viabilidade Técnica de Utilização dos Óleos Vegetais Brasileiros como Combustível/Lubrificantes. **Informativo INT**, v.12, n.22, p.29-40, mai./ago. 1979.
- VERGARA, F. A escassez de combustível e as implicações das opções de substituição dos derivados de petróleo. In: **Revista Econômica Rural**. v.19, p. 651-680, 1981.