

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

KELLY FERNANDA BELPHMAN

BIODIESEL: Uma solução para o agronegócio

**Bauru
2007**

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

KELLY FERNANDA BELPHMAN

BIODIESEL: Uma solução para o agronegócio

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Química, sob orientação da Prof.^a Dr.^a Márcia Aparecida Zeferino Garcia.

**Bauru
2007**

B4527b

Belphman, Kelly Fernanda.

Biodiesel : uma solução para o agronegócio. / Kelly
Fernanda Belphman. -- 2007.
61 f.

Orientadora: Prof^a. Dra Márcia Aparecida Zeferino
Garcia

Trabalho de Conclusão de Curso (Química) -
Universidade do Sagrado Coração - Bauru - SP.

1. Biodiesel 2. Transesterificação 3. Oleaginosa
4. Inclusão social 5. Mercado I. Garcia, Márcia Aparecida
Zeferino II. Título.

KELLY FERNANDA BELPHMAN

BIODIESEL: Uma solução para o agronegócio

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Química, sob orientação da Prof.^a Dr.^a Márcia Aparecida Zeferino Garcia.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a. Sirlei Roca

Prof.^a Dr.^a. Márcia Aparecida Zeferino Garcia

Prof.^a. Ms. Setsuko Sato

Bauru 23 de Novembro de 2007.

*Dedico este trabalho a todos
aqueles que fazem de sua vida
uma luta diária pela melhoria
deste mundo.*

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade de estar no mundo.

Aos meus pais Pedro e Maria, pelo amor, e por dedicarem sua existência aos seus três filhos. Aos meus irmãos, Raphael, pela amizade e experiência nos momentos necessários; e ao Gabriel, pela graça e entusiasmo sempre me estimulando e inspirando com sua alegria. A Prof.^a Dr.^a. Márcia Aparecida Zeferino Garcia por ter me orientado de forma clara e objetiva, com liberdade para fazer minhas próprias escolhas. Aos amigos do curso pelo apoio e companheirismo.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Quem não sonha não realiza.
Quem na ousa não conhece seus limites!”
Arquimedes Bastos

RESUMO

O biodiesel é definido como mono-alquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de fontes renováveis que utiliza como matéria-prima óleos vegetais ou gordura animal. As propriedades físicas e químicas dos óleos ou gorduras influenciam diretamente a qualidade do biodiesel produzido, assim como a espécie de álcool e catalisador empregados no processo de transesterificação. Atualmente a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis são responsáveis em determinar as especificações existentes para o biodiesel com referências em normas européias e americanas garantindo a qualidade adequada para o uso. A obrigação legal de que o óleo diesel seja aditivado com 2% de biodiesel é plenamente justificável dos pontos de vista técnico, ambiental e econômico. Para aumentar os benefícios sociais, as oleaginosas para produção de biodiesel devem ser preferencialmente cultivadas em pequenas propriedades rurais e o combustível produzido em cooperativas de pequenos agricultores havendo isenção tributária em toda a cadeia de produção para as indústrias que aderirem ao Selo do Combustível Social. O Brasil tem grandes possibilidades de crescer no mercado de créditos de carbono e também como alvo de investimentos em projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo visando à redução dos gases poluentes, como é o caso do biodiesel.

Palavras-chave: biodiesel, transesterificação, oleaginosa, inclusão social, mercado.

ABSTRACT

The biodiesel is defined as mono-alkyl ester of long-chain fatty acids, from renewable sources it uses as raw material vegetable oils or animal fats. The physical and chemical properties of oils or fats directly influence the quality of biodiesel produced, and the kind of alcohol and catalyst employed in the process of transesterification. Currently the Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis is responsible to determine the existing specifications for biodiesel with references to European and American standards guarantees the quality suitable for use. The legal requirement that diesel oil is added with 2% of biodiesel is fully justifiable by technical, environmental and economic points of view. To increase social benefits, the oil for the production of biodiesel should be preferably grown in small rural properties and fuel produced in cooperatives of small farmers with tax exemption on the entire chain of production for industries to join the Seal of Social Fuel. Brazil has great potential to grow in the market for carbon credits and also as a target for investments in projects in the Clean Development Mechanisms aimed at the reduction of greenhouse gases, such as biodiesel.

Keywords: biodiesel, transesterification, oil, social inclusion, carbon credits, market.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Transesterificação de triglicerídeo com metanol	18
Figura 2 - Fluxograma do processo de produção do biodiesel	23
Figura 3 - Reação de neutralização do sabão de sódio	24
Figura 4 - Ácido graxo saturado e insaturado.....	27
Figura 5 - Ácido linoléico e linolénico.....	28
Figura 6 - Ácido palmítico	28
Figura 7 – Ácido oléico	28
Figura 8 - Atlas do biodiesel.....	30
Figura 9 - Mamona	32
Figura 10 - Soja	34
Figura 11 - Girassol	35
Figura 12 - Algodão.....	37
Figura 13 - Canola	39
Figura 14 - Amendoim	40
Figura 15- Logotipo do Selo do Combustível Social	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Conversão em uma reação progressiva de transesterificação	20
Gráfico 2 – Total de atividades de projetos MDL no mundo	48
Gráfico 3 – Número de atividades de projetos MDL	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Propriedades físico-químicas e composição dos ácidos graxos	25
Quadro 2 – Especificação preliminar do biodiesel	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Propriedades dos álcoois	21
Tabela 2 - Incidência de PIS/PASEP e COFINS sobre os produtores de biodiesel	53
Tabela 3 - Competitividade do biodiesel a partir do óleo de soja para cotações de janeiro de 2007	55

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
CAPITULO - 1 Definição	17
CAPITULO - 2 PRINCÍPIOS DE TRANSESTERIFICAÇÃO.....	20
2.1 Produção industrial	23
2.2 O reagente lipídico.....	25
2.2.1 Matérias-primas	29
2.2.2 Principais oleaginosas	32
2.2.2.1 A mamona	32
2.2.2.2 A soja.....	34
2.2.2.3 O girassol.....	35
2.2.2.4 O algodão	37
2.2.2.5 A canola.....	39
2.2.2.6 O amendoim	40
CAPITULO - 3 CARACTERÍSTICAS DO BIODIESEL	41
CAPITULO - 4 MISTURAS BIODIESEL/ DIESEL	45
4.1 Especificações e controle de qualidade	46
CAPITULO - 5 CRÉDITOS DE CARBONO.....	48
CAPITULO - 6 SELO DO COMBUSTÍVEL SOCIAL	51
CAPITULO - 7 POLÍTICA DE MERCADO	54
8 CONCLUSÃO.....	57
9 REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

INTRODUÇÃO

A maior parte de toda a energia consumida no mundo provém do petróleo, do carvão e do gás natural. Essas fontes são limitadas e não renováveis com previsão de esgotamento no futuro próximo.

Portanto, a busca por fontes alternativas de energia é de suma importância. Neste contexto, os óleos vegetais aparecem como uma alternativa para substituição ao óleo diesel em motores de ignição por compressão, sendo que o seu uso já foi testado em fins do século XIX, e produziu resultados satisfatórios no próprio motor diesel.

Do ponto de vista econômico, sua viabilidade está relacionada à substituição das importações e às vantagens ambientais inerentes, como a redução de emissão de materiais particulados e de enxofre, que evitará custos com saúde pública e de gases responsáveis pelo efeito estufa, que pode gerar recursos internacionais do mercado de carbono.

O aproveitamento energético de óleos vegetais é também, benéfico para a sociedade, pois gera postos de trabalho e aumenta a oferta de produção protéica das oleaginosas sendo importante insumo para a indústria de alimentos e ração animal, além de nitrogenar o solo durante o crescimento, viabilizando consorciar o plantio de outras culturas.

Esta possibilidade de emprego de combustíveis de origem vegetal renovável em motores do ciclo diesel é bastante atrativa tendo em vista o aspecto ambiental por serem uma fonte renovável de energia e pelo fato do seu desenvolvimento permitir a redução da dependência de importação de petróleo (FERRARI, 2005a).

As grandes motivações para a produção de biodiesel também estão ligados aos benefícios sociais e ambientais que esse novo combustível pode trazer. Contudo, em razão dos diferentes níveis e desenvolvimento econômico e social dos países, esses benefícios devem ser considerados diferentemente. Os benefícios gerados pela produção de biodiesel no Brasil podem ser convertidos em vantagens econômicas, através do mercado de créditos de carbono nascido em dezembro de 1997 com a assinatura de Protocolo de Kyoto (BIODIESELBR, acesso em 2 de out. 2007a). Nele foram estabelecidas metas de redução de gases poluentes pelos países desenvolvidos, que se comprometeram em reduzir as emissões, em média 5% abaixo dos níveis registrados em 1990, para o período entre 2008 e 2012. Esse período é também conhecido como primeiro período de compromisso (LUCENA, acesso em 26 out. 2007). Caso seja impossível

atingir essas metas estabelecidas por meio de redução de emissões dos gases, os países poderão comprar créditos de outras nações que possuam projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O MDL é um instrumento de flexibilização que permite a participação no mercado dos países em desenvolvimento que não querem comprometer suas economias, ou nações sem compromisso de redução, como o Brasil. Os países que não conseguirem suas metas terão liberdade para investir em projetos MDL de países em desenvolvimento.

O Brasil deve-se beneficiar deste cenário como vendedor de créditos de carbono e também com alvo de projetos engajados com a redução da emissão de gases poluentes, como é o caso do biodiesel.

O ganho decorrente da redução da emissão de CO₂, por queimar um combustível mais limpo, pode ser estimado em cerca de 2,5 toneladas de CO₂ por tonelada de biodiesel (BIODIESELBR, acesso em 2 out. de 2007a).

Foi constatado, porém, que a aplicação direta dos óleos vegetais nos motores é limitada por algumas propriedades físicas dos mesmos, principalmente sua alta viscosidade, sua baixa volatilidade e seu caráter poli insaturado, o que causariam alguns problemas nos motores e uma combustão incompleta. Assim, visando reduzir a viscosidade dos óleos vegetais, diferentes alternativas têm sido consideradas, tais como diluição, micro emulsão com metanol ou etanol, craqueamento catalítico e reação de transesterificação com etanol ou metanol. Entre essas alternativas, a transesterificação tem se apresentado como a melhor opção, visto que o processo é relativamente simples promovendo a obtenção de um combustível, denominado biodiesel (FERRARI, 2005).

A maior parte do biodiesel atualmente produzido no mundo deriva de diversas oleaginosas, utiliza o metanol e catalisador alcalino.

O biodiesel pode ser produzido de uma grande variedade de matérias primas, onde as melhores no Brasil são: soja, mamona, milho, amendoim, algodão, girassol, babaçu, dendê e palma; podem ser utilizados também gorduras de origem animal, bem como óleos de descarte. A escolha da matéria-prima para a produção de biodiesel está interligada com os fatores geográficos e sazonais. Dependendo da origem e da qualidade da matéria-prima, mudanças no processo de produção são necessárias.

Sendo assim, serão discutidas as características físico-químicas do biodiesel produzido das principais fontes de oleaginosas do Brasil perante as exigências da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível).

A integração entre aspectos científicos, políticos, sociais e ambientais deste setor ficarão evidentes, pois muitas especificações hoje existentes foram definidas de tal forma que apenas ésteres metílicos podem ser classificados como biodiesel, pelo menos em que todos os limites da especificação devam ser atendidos rigorosamente.

Este trabalho apresenta caráter exploratório a fim de expandir os conhecimentos sobre este setor que se desenvolve cada vez mais.

1 DEFINIÇÃO

Um dos primeiros registros da utilização de óleos vegetais em motores a combustão foi quando o próprio criador do motor, Rudolf Diesel, utilizou óleo de amendoim para uma demonstração na exposição de Paris, em 1900 (ALTIN *et al.*, 2001 *apud* BAHIA ANÁLISE & DADOS, 2006).

Historicamente, porém o uso de óleos vegetais *in natura* como combustível foi rapidamente superado pelo uso de óleo diesel derivado de petróleo, tanto por fatores econômicos quanto técnicos. Contudo, os sucessivos aumentos do preço do petróleo e as crescentes preocupações ambientais renovaram o interesse de muitos países na utilização de combustíveis alternativos.

A utilização direta de óleos vegetais pode causar danos aos motores ciclo diesel, especialmente pela ocorrência de excessivos depósitos de carbono; obstrução nos filtros de óleo, linhas e bicos injetores; diluição parcial do combustível no lubrificante e comprometimento da durabilidade do motor (HANNA, 1999 *apud* BAHIA ANÁLISE & DADOS, 2006).

Sendo assim, problemas como estes podem ser superados através da reação de transesterificação obtendo-se além do biodiesel, a glicerina.

As matérias-primas podem ser selecionadas visando agregar um menor custo na produção do biodiesel, como no caso o uso de óleos de descarte (KNOTHE *et al.*, 2006).

De um modo geral, biodiesel foi definido pela “National Biodiesel Board” (1998 *apud* COSTA NETO *et al.*, 2000) dos Estados Unidos como o derivado monoalquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de fontes renováveis como óleos vegetais ou gordura animal, cuja utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão (motores do ciclo Diesel). Possui propriedades físico-químicas similares ao óleo diesel de petróleo e pelas características é um substituto natural ao óleo diesel, podendo ser obtido através de um processo de transesterificação.

Nesta reação, óleos vegetais e gordura animal reagem na presença de um catalisador básico (ou ácido) com um álcool (usualmente o metanol) para produzir os alquil ésteres correspondentes da mistura de ácidos graxos que é encontrada no óleo vegetal ou na gordura

animal de origem. A Figura 1 apresenta uma reação de transesterificação.

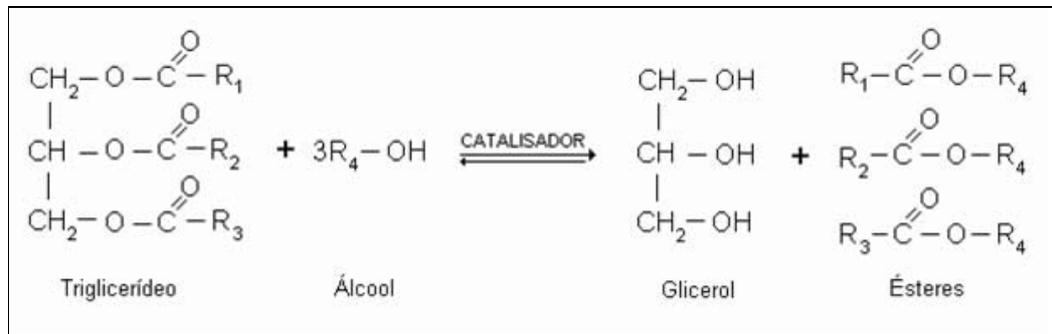


Figura 1: transesterificação de triglicerídeo com metanol

Fonte: Disponível em: < <http://www.migrosbio.com/informacoes.php> >. Acesso em 26 set. 2007.

O metanol é muito empregado para a produção de biodiesel por ser um álcool de baixo custo, mas outros álcoois como o etanol ou o iso-propanol podem ser utilizados produzindo um biodiesel de qualidade superior. Os produtos da transesterificação metílica são quase sempre denominados ésteres metílicos de ácidos graxos ao invés de biodiesel, porém mesmo outros álcoois podem por definição gerar biodiesel, as especificações existentes atualmente define que apenas ésteres metílicos são classificados como biodiesel quando todas as especificações existentes devam ser atendidas com rigor.

Além das propriedades do biodiesel serem compatíveis com o diesel de petróleo, o biodiesel também apresenta muitas vantagens em relação aos combustíveis de origem fóssil como:

- A redução da atual dependência sobre os derivados de petróleo preservando as suas últimas reservas;
- É biodegradável;
- Redução nas principais emissões presentes nos gases de exaustão como os compostos sulfurados;
- Possui alto ponto de fulgor, o que lhe proporciona manuseio armazenamento mais seguros;
- Possui excelente lubricidade, adicionando 1-2% ao petrodiesel melhora sua lubricidade, pois esta propriedade é perdida durante o processo de produção do diesel que visa reduzir o teor de enxofre.

Da mesma maneira que existem muitas vantagens o biodiesel apresenta alguns problemas como:

- Custos elevados de produção tornam-no pouco competitivo a menos que existam incentivos fiscais;
- Abaixo de 0°C podem existir problemas de passagem do biodiesel do depósito para o motor que neste caso em particular são desfavoráveis nos países frios;
- Pode causar a dissolução da pintura, sendo necessário utilizar tintas resistentes;
- Provoca a corrosão de componentes de borracha;
- Podem dissolver ou plastificar o asfalto;
- Pode provocar o aumento nas emissões de aldeídos e NO_x;
- Baixa estabilidade quando exposto ao ar.

Geralmente o biodiesel é considerado como uma alternativa correta em virtude de suas mais variadas vantagens como já citamos anteriormente. Mas quando todo o ciclo de vida do biodiesel é analisado, desde a produção da biomassa até a conversão como fonte de energia, estes argumentos não necessariamente se mantêm como vantagens naturais. Por exemplo, na produção agrícola de canola e girassol, duas importantes matérias-primas para a produção de biodiesel, fertilizantes e biocidas são utilizados, bem como combustíveis para tratores. As produções destes insumos, por sua vez, consomem quantidades significativas de combustíveis fósseis, o mesmo pode ser observado em outras culturas disponíveis para a produção de biodiesel (KNOTHE et al., 2006).

Portando sobre estes aspectos negativos gerados pelo biodiesel precisam ser mais bem discutidos, pois impactos ambientais como estes não ocorrem para o caso dos combustíveis fósseis. O uso de áreas anteriormente reservadas para a natureza, mas agora utilizadas para a produção de biomassa, também deve ser mencionado.

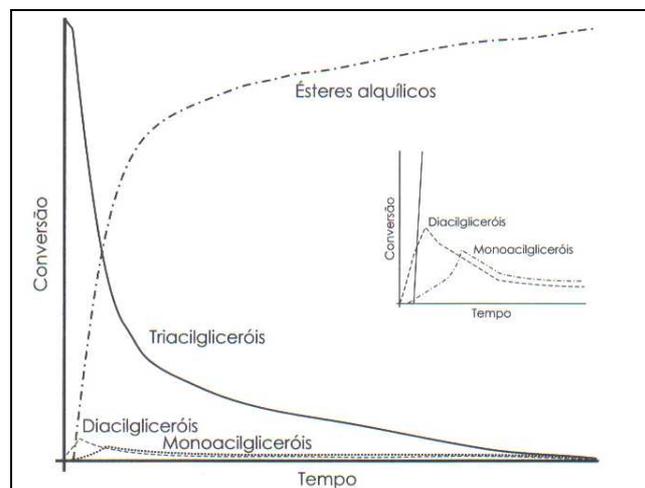
Estes exemplos demonstram que as vantagens e desvantagens ecológicas do biodiesel devem ser determinadas muito cuidadosamente em consideração ao sistema completo, e não simplesmente a alguns segmentos.

2 PRINCÍPIOS DA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO

Alguns métodos têm sido investigados para reduzir a alta viscosidade dos óleos vegetais e, assim, permitir o seu uso em motores diesel sem problemas operacionais: uso de misturas binárias com petrodiesel, pirólise, microemulsificação (ou mistura co-solvente) e transesterificação. A transesterificação é sem dúvida o método mais comum e aplicado (KNOTHE et al, 2006).

O processo global de transesterificação de óleos vegetais e gorduras é uma seqüência de três reações reversíveis e consecutivas em que os monoacilglicerídeos e os diacilglicerídeos são intermediários (FELIZARDO, 2003). O Gráfico 1 demonstra qualitativamente a relação entre conversão e tempo de reação para um processo em que di- e monoacilgliceróis estão representados como intermediários de reação. Aspectos quantitativos deste Gráfico, como concentração final dos vários tipos de gliceróis e a concentração máxima que di- e monoacilgliceróis podem atingir durante o processo podem variar consideravelmente de reação para reação, dependendo das condições em que é realizada. Desta forma, o Gráfico 1 apresenta a conversão em uma reação progressiva de transesterificação, indicando as concentrações relativas de óleo vegetal (triacilgliceróis), di- e monoacilgliceróis intermediários, bem como os ésteres metílicos produzidos. A escala deste Gráfico também pode variar se a concentração (em mol/l) dos componentes é empregada em substituição à taxa de conversão.

GRÁFICO 1 - Conversão em uma reação progressiva de transesterificação.



Fonte: KNOTHE et al., 2006, p. 3

Além da influência do catalisador, outros parâmetros de reação têm sido estudados na transesterificação alcalina como: a razão molar entre álcool e o óleo vegetal, a temperatura, o tempo de reação, o grau de refino do óleo vegetal, o efeito proporcionado pela presença de umidade e ácidos graxos livres. Assim para que a reação tenha rendimentos máximos, o álcool deve ser livre de umidade e apenas álcoois simples tais como o metanol, etanol, propanol, butanol, e o álcool amílico, podem ser utilizados na transesterificação. A Tabela 1 contém uma lista de álcoois de um a quatro carbonos e suas propriedades.

TABELA 1 - Propriedades de álcoois

	Fórmula	Massa molar	Ponto de ebulição (C°)	Ponto de fusão (C°)	Densidade (g/mL)
Metanol	CH ₃ OH	32,042	65	-93,9	0,791420/4
Etanol	C ₂ H ₅ OH	46,069	78,5	-117,3	0,789320/4
1- Propanol	CH ₂ OH-CH ₂ -CH ₃	60,096	97,4	-126,5	0,803520/4
2-Propanol (iso-propanol)	CH ₃ -CHOH-CH ₃	60,096	82,4	-89,5	0,785520/4
1 Butanol (n-Butanol)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	74,123	117,2	-89,5	0,809820/4
2-Butanol	CH ₃ -CHOH-CH ₂ -CH ₃	74,123	99,5	-	0,808020/4
2-Metil-propanol (iso-Butanol)	CH ₂ OH-CH(CH ₃)-CH ₂ -CH ₃	74,123	108	-	0,801820/4
2-Metil-2-propanol (terc-Butanol)	CH ₃ -COH(CH ₃)-CH ₃	74,123	82,3	25,5	0,788720/4

Fonte: KNOTHE et al, 2006, p.30

De fato o metanol apresenta menor custo que o etanol isento de água e possui a cadeia mais curta e mais polar. Essas propriedades tornam mais fáceis a separação entre os ésteres e a glicerina. Contudo o etanol pode ser atrativo pelo aspecto ambiental, mas precisa ser isento de água para que seja utilizado, assim como o óleo utilizado como matéria-prima deve ter um baixo teor de água, caso contrário tem-se a formação de emulsão com a glicerina o que dificulta a separação.

A ausência de água também é importante porque pode ocorrer a hidrólise dos ésteres

alquílicos sintetizados a ácidos graxos livres. Da mesma forma a reação de triacilglicerídeos com a água pode formar ácidos graxos livres, pois estas substâncias também são ésteres.

A reação pode ser realizada por catálise ácida ou básica. A catálise homogênea, onde catalisadores alcalinos como hidróxidos de sódio e de potássio; ou alcóxidos correspondentes proporcionam processos mais rápidos que catalisadores ácidos. Quando empregado um catalisador alcalino (NaOH ou NaOMe), aos 32°C, a transesterificação completa 99% de rendimento em 4 h. Já para temperaturas $\geq 60^\circ\text{C}$ utilizando óleos vegetais refinados em proporções álcool : óleo de pelo menos 6: 1 a reação pode se completar em 1h. Óleos brutos também podem ser transesterificados, mas apresentam rendimentos de reação reduzidos devido a presença de gomas e materiais de outra natureza química presente. No entanto estas condições têm se tornado padrões para a transesterificação metílica.

Soluções de alcóxidos com o álcool apresentam vantagens sobre hidróxidos porque a reação de formação de água, não pode ocorrer no sistema de reação, assegurando que o processo fique livre de água o quanto possível. Essa reação ocorre quando se emprega NaOH e KOH como catalisadores. O uso de alcóxidos também tem a vantagem de resultar uma fração de glicerina mais pura no final da reação.

Segundo Knothe *et al.* 2006, a transesterificação é uma reação reversível, embora durante a produção de ésteres alquílicos de óleos vegetais, isto é, biodiesel, a reversão não ocorra, ou seja, consideravelmente negligenciável por que o glicerol formado na reação não é miscível no produto, levando a um sistema de duas fases. O esquema geral da reação de transesterificação foi apresentado anteriormente neste trabalho na Figura 1.

2.1 Produção industrial

É possível afirmar que o processamento e a qualidade do biodiesel estão fortemente relacionados com os princípios da reação de transesterificação. Sendo assim os processos utilizados para refinar as matérias-primas e convertê-las à biodiesel determinam se o combustível irá atender as especificações necessárias. A maioria das unidades produtoras de biodiesel usa temperaturas baixas, pressões próximas à atmosférica e longos tempos de reação para reduzir o custo de produção.

Para a transesterificação alcalina, a Figura 2 apresenta um diagrama esquemático do processo utilizando matérias-primas contendo baixo teor de ácidos graxos livres. Para plantas de pequeno porte o processo de batelada é realizado por reatores de batelada e em muitas plantas de grande porte (acima de quatro milhões de l/ano) utilizam processos de fluxo contínuo envolvendo reatores de leito agitado (RCLA).

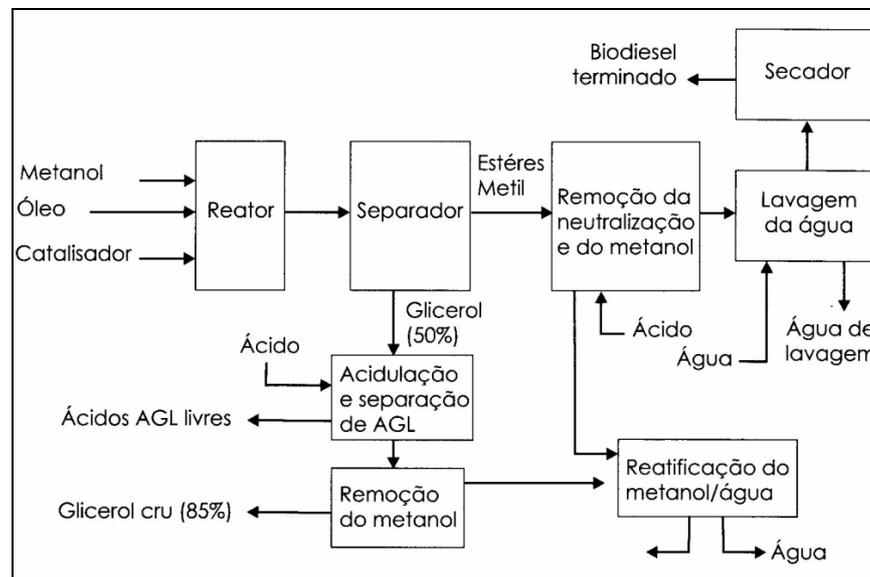


Figura 2 - Fluxograma do processo de produção do biodiesel.

Fonte: KNOTHE et al. 2006, p. 2

Após a reação, o glicerol é removido dos ésteres metílicos, e esta separação é feita rapidamente através de decantadores ou pelo emprego de uma centrífuga. Após a separação do glicerol, os ésteres metílicos passam por uma neutralização adicionando-se ácido para que

qualquer catalisador residual e sabão que tenha sido formado durante a reação sejam quebrados. O sabão ao reagir com o ácido formará sais solúveis e ácidos graxos livres conforme a reação da Figura 3.



Figura 3 - Reação de neutralização do sabão de sódio.

Fonte: KNOTHE et al., 2006, p. 37

A neutralização que antecede a lavagem aquosa tem como finalidade reduzir a quantidade de água necessária para o processo posterior, para que diminua tendências à formação de emulsões, quando a água de lavagem for adicionada ao biodiesel. Após a lavagem aquosa qualquer traço de água existente no biodiesel é removido por evaporação a vácuo. A glicerina ao ser decantada geralmente possui 50% de glicerol, algum resíduo de metanol, boa parte do catalisador e sabões formados no processo. Na forma que se encontra o glicerol apresenta baixo valor de mercado e por ter em sua composição metanol é classificado como efluente tóxico e perigoso.

Para a remoção do metanol presente na composição do glicerol faz-se uma destilação a vácuo, ou outro tipo de evaporação. Nessa etapa o glicerol apresenta uma pureza de 85% e já pode ser vendido para uma unidade de refino. O refino por sua vez eleva a pureza do glicerol a 99,5 – 99,7% através de processos de destilação a vácuo ou troca iônica.

O metanol removido dos ésteres metílicos e do glicerol apresenta tendência de absorver água que possa ter sido formado nesse processo, portanto é necessário que esta seja removida em coluna de destilação. Assim, o álcool descontaminado pode ser reconduzido ao processo, fase transesterificação ou até para o tanque de estocagem fechando o ciclo sem perda de matéria-prima.

Portanto como todo produto natural o biodiesel sofre degradação e os subprodutos oriundos desse processo poderão ocasionar problemas aos motores, por isso além de passar por um processo de purificação, ao biodiesel deve ser adicionados produtos antioxidantes (FALLOPA, 2007b).

2.2 O reagente lipídico

Atualmente as matérias-primas graxas mais conhecidas para a produção de biodiesel são os óleos vegetais refinados. Assim a escolha da matéria-prima está relacionada com a sua disponibilidade e abundância. Os óleos refinados podem ser relativamente dispendiosos mesmo sob melhores condições quando comparados com os produtos derivados de petróleo. No entanto ao optar pelo óleo que será utilizado para a produção de biodiesel é necessário verificar sua disponibilidade local e viabilidade econômica.

Dessa forma os óleos de colza (canola) e girassol são os mais utilizados na União Européia, óleos de palma, predomina em países tropicais e o óleo de soja e as gorduras animais representam as principais matérias-primas nos Estados Unidos.

De acordo com Knothe *et al.*, 2006, qualquer lipídio de origem animal ou vegetal pode ser considerado adequado para a produção de biodiesel. Mas vários fatores irão interferir nesta seleção, por exemplo, o Brasil apesar de ser o segundo maior produtor mundial de soja, o governo local estimula a produção industrial do biodiesel de óleo de mamona, pois o mercado para o óleo de soja já está bem estabelecido. Enquanto que o óleo de mamona pode facilitar a geração de renda em regiões pobres do país, onde a soja não pode ser cultivada. Veja no Quadro 1 as propriedades físico-químicas e composição dos ácidos graxos de algumas oleaginosas utilizadas no Brasil para a produção de biodiesel.

QUADRO 1- Propriedades físico-químicas e composição dos ácidos graxos.

Óleo	Índice de iodo	Índice de saponificação	Composição dos ácidos graxos						
			14:00	16:00	18:00	18:01	18:02	18:03	22:01
Canola	110-126	188-193		1,5 - 6	1 - 2,5	52 - 66,99	16,1 - 31	6,4 - 14,1	1,0 - 2,0
Algodão	90-119	189-198	0,6 - 1,5	21,4 - 26,4	2,1 - 5	14,7 - 21,7	46,7 - 58,2		
Amendoim	80-106	187-196	0 - 0,5	6,0 - 14,0	1,9 - 6	36,4 - 67,1	13 - 43		0 - 0,3
Soja	117-143	189-195		2,3 - 13,3	2,4 - 6	17,7 - 30,8	49 - 57,1	2 - 10,5	0 - 0,3
Girassol	110-143	186-194		3,5 - 7,6	1,3 - 6,5	14 - 43	44 - 74		
Mamona ¹	81-91	176-187		1,0 - 2,0	0,9 - 0,2	2,9 - 6,0	3,0 - 5,0	0 - 0,5	2,1

Fonte: KNOTHE et al., 2006, p. 316

¹ Fonte: disponível em: < <http://www.campestre.com.br> />. Acesso em 31 out. 2007a.

Plantas oleaginosas são vegetais que possuem óleos e gorduras que podem ser extraídos através de processos adequados. Os óleos extraídos são substâncias insolúveis em água (hidrofóbicas), que na temperatura de 20° C exibem aspecto líquido. As gorduras distinguem-se dos óleos por apresentar um aspecto sólido à temperatura de 20° C. O termo azeite é utilizado exclusivamente para os óleos provenientes de frutos, extraídos através de processos mecânicos ou físicos, particularmente condições térmicas, que não levem a deterioração. São formados predominantemente por triglicerídeos, compostos resultantes da condensação entre um glicerol e ácidos graxos (SETOR 1, acesso em 30 out. 2007).

Os óleos vegetais podem ser encontrados nas sementes das plantas e em algumas polpas de frutos. São constituídos principalmente de glicerídeos, contendo outros lipídeos em pequenas quantidades. Os ácidos graxos que esterificam o glicerol apresentam muitas vezes cadeias alifáticas saturadas, mas, freqüentemente, cadeias insaturadas estão presentes. As diferenças funcionais entre os ácidos graxos constituintes dos óleos vegetais determinam as diferenças entre certas propriedades destes óleos tais como: ponto de fusão, calor e pesos específicos, viscosidade, solubilidade, reatividade química e estabilidade térmica (BIODIESELBR, acesso em 30 out. 2007a).

O grau de insaturação dos ácidos presentes influencia o ponto de fusão da mistura de ésteres, parte principal dos óleos. Os ésteres mais saturados são constituintes de gorduras. Vê-se, pois, que o fator determinante da denominação de um composto, como gordura ou óleo, é simplesmente seu ponto de fusão, assim estes são chamados de óleos graxos ou ácidos graxos, para distinguirem dos óleos essenciais (SHREVE, 1997).

Os ácidos graxos diferem entre si a partir de três características:

- O tamanho de sua cadeia hidrocarbônica;
- O número de insaturações;
- Presença de grupamentos químicos.

Quanto maior a cadeia hidrocarbônica da molécula, maior o número de cetano e a lubricidade do combustível. Porém será maior o ponto de névoa e o ponto de entupimento. Assim, moléculas exageradamente grandes (ésteres alquílicos do ácido erúcido, araquidônico ou eicosanóico) devido ao processo de preaquecimento tornam o combustível de uso difícil em regiões com temperaturas baixas.

O menor número de insaturações (duplas ligações) nas moléculas, maior o número de

cetano do combustível, ocasionando uma melhor "qualidade à combustão". Visto de outra maneira, um aumento no número de cetano ocasiona também um aumento no ponto de névoa e de entupimento (maior sensibilidade aos climas frios). Por outro lado, um elevado número de insaturações torna as moléculas menos estáveis quimicamente. Isso pode provocar inconvenientes devido a oxidações, degradações e polimerizações do combustível (ocasionando um menor número de cetano ou formação de resíduos sólidos), se inadequadamente armazenado ou transportado (WIKIPÉDIA, acesso em 29 ago. 2007h).

Desta forma, tanto os ésteres alquílicos de ácidos graxos saturados (láurico, palmítico, esteárico) como os de poli-insaturados (linoléico, linolênico) possuem alguns inconvenientes. De uma forma geral, um biodiesel com predominância de ácidos graxos combinados mono-insaturados (oléico, ricinoléico) são os que apresentam os melhores resultados. Veja a seguir respectivamente as Figuras 4, 5, 6 e 7 as estruturas químicas de ácidos graxos saturados e insaturados; e os ácidos graxos mais comuns encontrados nos óleos e gorduras vegetais como o linoléico palmítico e oléico .

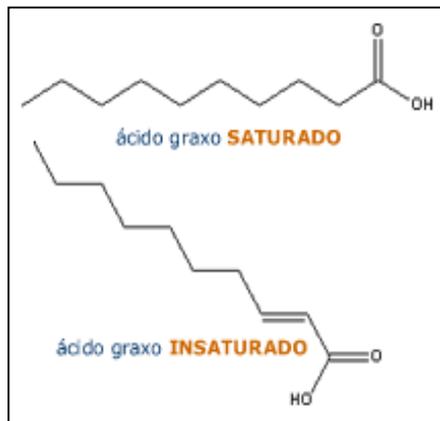


Figura 4 – ácido graxo saturado e insaturado

Fonte disponível em:

< <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/lipidios/lipidios.html> >. Acesso em 14 de nov. 2007.

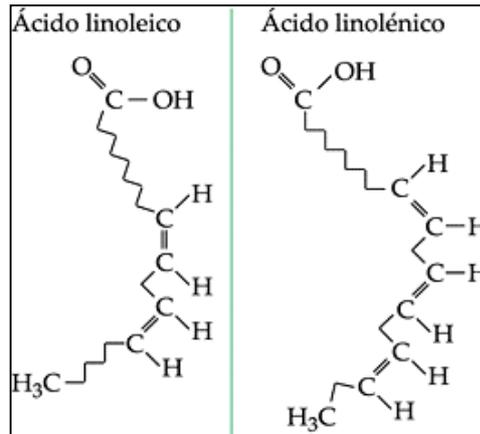


Figura 5 – ácido linoléico e linolénico

Fonte disponível em:

< <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/lipidios/lipidios.html> >. Acesso em 14 de nov. 2007.

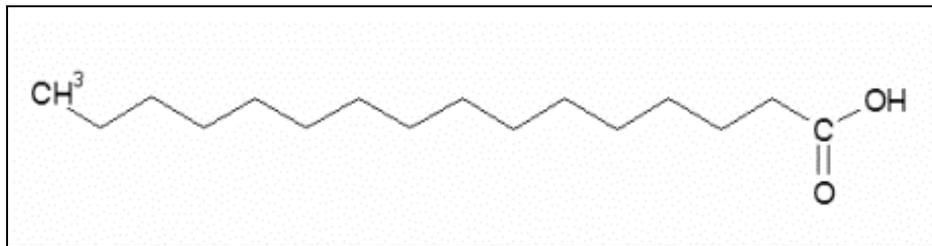


Figura 6 – ácido palmítico

Fonte disponível em:

< http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_palm%C3%ADtico >. Acesso em 21 nov. 2007f.

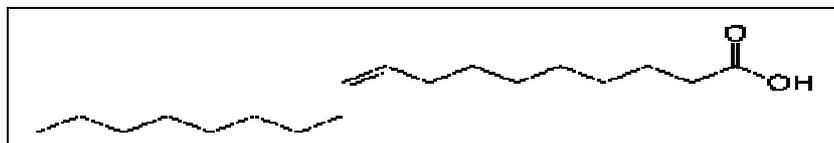


Figura 7 – ácido oléico

Fonte disponível em: < http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_ol%C3%A9ico >.

Acesso em 22 nov. 2007g.

2.2.1 Matérias-primas

Devido à extensão territorial endafoclimática, o Brasil apresenta um grande potencial para a produção de diferentes oleaginosas (BAHIA ANÁLISE & DADOS, acesso em 5 set. 2007) como: soja, mamona, dendê, algodão, canola, amendoim, palma e outras.

Atualmente, a matéria-prima para produção de óleo no Brasil encontra-se fortemente concentrada na cultura da soja. Cerca de 90% dos atuais 6 milhões de toneladas de óleo vegetal produzidos anualmente originam-se dessa oleaginosa. Outras oleaginosas tradicionais como o algodão, girassol, canola, amendoim e mamona, contribuem com pequenas quantidades de óleo, assim como o dendê. Adicionalmente, para a soja e o algodão, o produto principal de sua cadeia não é o óleo e sim o farelo protéico e a fibra têxtil, respectivamente.

Os óleos de girassol, canola e amendoim, além de serem produzidos em escalas relativamente pequenas no país, têm seu uso preferencial no mercado alimentício. Resta, portanto, das oleaginosas tradicionais somente o dendê com características vantajosas para atendimento do crescente mercado de biodiesel, tendo grande produtividade por área e possibilidades de expansão sem interferências de outros subprodutos que não o óleo. Entretanto, o dendê está restrito às regiões de clima tipicamente equatorial, na Amazônia e no Recôncavo Baiano (AGROSOFT, acesso em 30 de out. de 2007). Na página seguinte a Figura 8 apresenta o Atlas do biodiesel que comprova estas informações.

No Mato-Grosso, onde possui grandes áreas para a implantação da agricultura, a soja tem se destacado como o principal grão, logo em seguida o girassol e algodão. Até mesmo no interior da Bahia, Tocantins, Maranhão e Piauí , a soja tem avançado e mantém-se como grande produto do agronegócio brasileiro.

A mamona, por sua vez, ainda resiste no semi-arido nordestino. Nas regiões Sul e Sudeste, destaque para as culturas do algodão, da soja e amendoim, que cobrem razoáveis extensões de terra da região.

2.2.2 Principais oleaginosas

2.2.2.1 A Mamona



Figura 9 - Mamona²

Possui outras denominações como óleo de rícino, óleo de mamona nº 1, óleo de mamona industrial, óleo de mamona tipo exportação. É uma planta da família das Euforbiácea (*Ricinus communis*) (CAMPESTRE, acesso em: 31 out. 2007b).

É conhecida desde a mais remota antiguidade. Sua origem não está bem definida sendo mencionada como asiática, africana e até mesmo americana. No Brasil a mamona é conhecida desde a era colonial. Dos produtos obtidos da mamona, o óleo é sem dúvida, o mais importante e o objetivo principal de todos aqueles que a exploram comercialmente (FORNAZIERI, 1986). Segundo a Rede Baiana de Biocombustíveis (acesso em 31 out. 2007), a Índia, a China e o Brasil são os três principais países produtores, em área e produção de mamona. No Brasil destaca-se o Estado da Bahia como maior produtor dessa oleaginosa, com aproximadamente 92% da produção nacional. De acordo com o zoneamento agroecológico elaborado pela Embrapa Algodão, foram identificados na Região Nordeste 452 municípios aptos para o cultivo dessa oleaginosa. Onde na Bahia as cidades de Irecê e Chapada Diamantina concentram-se no cultivo

² Fonte disponível em: < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Mamona>>. Acesso em: 15 nov. 2007a.

da mamona, que é feito em grande parte por agricultores familiares, que utilizam a mamoeira como cultura principal, em consórcio com cultivos alimentares.

Como lembra Menani (2007), a possibilidade da oleaginosa promover o desenvolvimento no semi-árido nordestino e contribuir com a agricultura familiar foi o impulso para a exposição e as expectativas em torno da mamona. Até incentivos fiscais foram concedidos para estimular a produção da mamona.

Da industrialização da mamona obtemos dois produtos: o óleo de mamona, que é produto principal conforme já dito, e a torta de mamona, que é produto secundário utilizado principalmente como adubo. O teor de óleo nas sementes situa-se, em média, entre 35 e 55%, mas o padrão comercial adotado é de 44% (FORNAZIERI, 1986). O óleo de mamona apresenta-se como um óleo límpido de cor amarelada e odor suave característico. Por apresentar características laxativas o óleo de mamona não é utilizado em aplicações alimentícias, mas sua importância fica evidenciada pela larga aplicação, possuindo cerca de quatrocentas finalidades das quais podemos destacar como principais: tintas, vernizes, cosméticos, sabão, plásticos e fibras sintéticas. Assim como em lubrificantes, combustível, fluídos para freios entre muitas outras não menos importantes. O óleo de mamona diferencia-se dos similares vegetais pela grande quantidade de hidroxiácidos que contém, especialmente, o ácido ricinoleico

2.2.2.2 A Soja



Figura 10 – Soja³

A soja (*Glycine Max*, *Soja Max* ou *Glycine Híspida*) é uma leguminosa domesticada pelos chineses a cerca de 5 mil anos. Sua espécie mais antiga, a soja selvagem, crescia principalmente nas terras baixas e úmidas, junto aos juncos nas proximidades dos lagos e rios da China central (REDE BAIANA DE BIOCOMBUSTÍVEIS, acesso em 31 out. 2007). Foi introduzida na Europa no século XVIII. No Brasil sua introdução data do final do século XIX, no estado da Bahia. Ainda hoje podemos descobrir novas utilizações para a soja, como a utilização da isoflavona na prevenção de doenças cardiovasculares. A soja e seus subprodutos também têm enorme importância para a balança comercial brasileira (CAMPESTRE, acesso em 31 out. 2007b). Os grãos de soja contem 13 a 22 % de óleo, 18% numa média aproximada. É um dos mais importantes produtos da preciosa leguminosa do Extremo oriente. Consta principalmente de palmitos e estereatos apresenta coloração amarelo-áureo, tendendo ao vermelho (GOMES, 1981).

³ Fonte disponível em: < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Soja> >. Acesso em: 21 nov. 2007c.

2.2.2.3 O Girassol



Figura 11 - Girassol⁴

Originário da América Centro Setentrional, o girassol (*Helianthus annuus*) é uma das quatro culturas oleaginosas de óleo vegetal com utilização no mundo. As sementes são ricas em óleo com teores variando entre 30 e 50%. A planta possui aproveitamento integral, sendo utilizada como forragem, silagem e adubo verde. O grão é fonte de proteína na alimentação humana e animal, sendo o óleo utilizado na alimentação humana, na fabricação de biodiesel e na indústria cosmética.

A cultura se adapta a diferentes climas, permitindo seu plantio em regiões e épocas marginais para outras culturas, desta maneira é muito utilizada em esquemas de sucessão e consorciação entre culturas, principalmente com oleaginosas.

Com o aumento da demanda do óleo vegetal para a produção de biodiesel, o girassol que já foi cultivado no passado em algumas regiões do estado, se posiciona como uma boa opção para a agricultura, podendo ser cultivado em sistemas de integração agricultura-pecuária (CAMPESTRE, acesso em 31 out. 2007b).

Conforme Menani (2007), a maior parte desse óleo ainda é importado, uma vez que a área destinada à produção de óleo industrial de girassol gira em torno de 50 mil hectares, enquanto os outros usos da cultura ocupam perto de 60 mil hectares. Nos últimos anos a cultura tem apresentado crescimento constante chegando a 90 mil na safra de 2000. A área plantada deve triplicar nesta safra por causa do aumento do consumo de biodiesel no Brasil [...]. Os pesquisadores descobriram que ela tem vantagens frente às outras culturas como a mamona e o amendoim que tem teor médio de 47% de óleo, mas a mamona tem baixa produtividade de grãos

⁴ Fonte disponível em: < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Girassol> >. Acesso em: 21 nov. 2007b.

por hectare. Já o girassol com uso de adubação nitrogenada a produtividade fica entre 1,4 e 3,4 toneladas por hectare superando o dobro da média nacional (1,5 T/hectare) e teores de óleo obtidos atingiram 55% (MARÇAL, 2007).

2.2.2.4 O algodão



Figura 12 – Algodão⁵

Algodão é originário da Índia, tendo-se expandido, através do Irã e da Ásia ocidental, em direção ao norte e oeste.

Caracteristicamente o algodoeiro é uma planta de clima quente, no entanto não tolera frio. O período vegetativo varia de cinco a sete meses, conforme a quantidade de calor recebida exige verões longos, quentes e bastante úmidos.

No Brasil, o estado do Paraná é o que mais produz algodão arbóreo (em caroço), assim como os estados de São Paulo e Bahia. Óleo de algodão é extraído da semente que também é conhecida como caroço de algodão, possui um leve sabor de castanha, geralmente é um óleo límpido de cor dourada claro ao amarelo avermelhado, como os demais óleos seu grau de cor depende do grau de refinamento. Seu óleo é rico em tocoferol, um antioxidante natural que possui altos graus de vitamina E. Segundo Menani (2007), a semente coberta com línter e rica em óleo, contém em média 60% de caroço e 40% de fibra. A amêndoa liberada com a quebra das cascas possui de 30 a 40% de proteínas e de 35 a 40% de lipídios. É uma das principais matérias-primas para a indústria de óleo, pois fornece inúmeros subprodutos, como resíduos da extração do óleo,

⁵ Fonte disponível em: < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Algod%C3%A3o> >. Acesso em: 21 nov. 2007d.

torta de farelo, ricas em fontes de proteínas de boa qualidade e bastante utilizados no preparo de rações. Atualmente com a produção do biodiesel o algodão poderá ressurgir no semi-árido, com ampla vantagem e renda para os produtores ligados a agricultura familiar. O algodão apresenta um óleo quase todo constituído por ácidos graxos insaturados, no caso o palmítico, o que significa uma excelente opção para o biodiesel, sendo seu custo relativamente baixo.

2.2.2.5 A canola



Figura 13 - Canola⁶

A canola que também pode ser chamada de Colza (*Brassica campestris*, *Brassica napus*) pertence à família das plantas crucíferas.

A canola foi obtida através do melhoramento genético feito na Colza que apresenta em sua composição compostos tóxicos que inviabilizam seu uso para fins alimentícios. O nome “canola” vem do nome em inglês CANadian Oil Low Acid e só foi obtida em 1987.

O consumo do óleo de canola atualmente ocorre mais no Canadá, onde ocupa 80% dos óleos para salada e supre 25% do mercado mundial. O rendimento da extração do óleo da semente é em média de 40 a 45%. O óleo de canola apresenta coloração amarelada de odor e sabor suavemente característico, e pode substituir com vantagens os óleos de: soja, milho, algodão e girassol (CAMPESTRE, acesso em 31 out. 2007b). Os grãos de canola produzidos no Brasil possuem em torno de 24 a 27% de proteína e de 34 a 40% de óleo. Hoje na Europa, a Alemanha é o principal produtor de biodiesel com base na canola, desta forma os alemães montaram um expressivo programa de produção de óleo diesel vegetal com capacidade de gerar 1 milhão de toneladas por ano. Embora essa oleaginosa tenha sua importância nos EUA, Canadá e União Européia, a canola não tem demonstrado a mesma expressão no Brasil por dificuldades mercadológicas e tecnológicas (MENANI, 2007).

⁶ Fonte disponível em: < <http://www.campestre.com.br/oleo-de-canola.shtml>>. Acesso em 31 de out. 2007a.

2.2.2.6 O amendoim



Figura 14 - Amendoim⁷

Esta oleaginosa pertence a família das plantas Leguminosae, o amendoim (*Arachis hypogea*) é originário da América do Sul e se espalhou para o norte do México. Sua produção se concentra na Ásia, principalmente na Índia e China e também nos Estados Unidos, Nigéria e Senegal (CAMPESTRE, acesso em 31 out. 2007b).

Seu óleo pode ser extraído por prensagem mecânica ou por solvente, o rendimento está entre 45%, quando se extrai o óleo das sementes descascadas, sem película e sem embrião, mostrando-se mais puro e de maior valor comercial. O óleo apresenta cor amarelo pálido, odor e sabor característico.

O óleo de amendoim tem aplicação na indústria farmacêutica, cosmética, alimentícia, entre várias outras aplicações. O óleo não refinado é utilizado com combustível, lubrificante, na indústria de sabões finos e outras (MENANI, 2007).

⁷ Fonte disponível em: < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Amendoim> >. Acesso em: 21 nov. 2007e.

3 CARACTERÍSTICAS DO BIODIESEL

As características físicas e químicas do biodiesel são semelhantes entre si, independentemente de sua origem, isto é, tais características são quase idênticas, independente da natureza da matéria-prima e do agente de transesterificação, se etanol ou metanol (PARENTE, 2003, acesso em 6 nov. 2007).

Abordaremos de forma genérica o comportamento do biodiesel em relação aos vários aspectos, que podem servir de introdução ao processo industrial deste biocombustível.

Vale ressaltar que esses conceitos não substituem uma avaliação aprofundada e tecnicamente do produto, sempre sob a supervisão de profissionais capacitados na área.

Vejamos as principais propriedades físicas:

- **Viscosidade e densidade**

As propriedades fluidodinâmicas de um combustível são importantes, pois estão ligadas ao funcionamento de motores de injeção por compressão mais conhecido como motores diesel. Essas propriedades exercem influencia na circulação e injeção do combustível.

- **Lubricidade**

É uma medida do poder de lubricidade de certa substância, sendo uma função de várias de suas propriedades físicas, dando destaque a viscosidade e a tensão superficial. Os motores a óleo diesel são bem diferentes dos motores a gasolina, pois exigem que o combustível tenha propriedades de lubrificação para o funcionamento da bomba, exigindo que o líquido que escoar lubrifique de forma eficiente as suas peças em movimento.

- **Ponto de névoa e fluidez**

O ponto de névoa é a temperatura em que o líquido por refrigeração, começa a ficar turvo, e o ponto de fluidez é a temperatura em que o líquido não mais escoar livremente.

Tanto o ponto de fluidez como o ponto de névoa do biodiesel varia segundo a matéria que lhe deu origem, e ainda, o álcool utilizado na reação de transesterificação. Estas propriedades são consideradas importantes no que diz respeito às temperaturas ambientes onde o combustível deve ser armazenado e utilizado. Todavia, no Brasil, de norte a sul, as temperaturas são amenas e

não constituem problemas de congelamento do combustível.

- **Ponto de fulgor ou *Flash Point***

É a temperatura em que um líquido torna-se inflamável na presença de uma chama ou faísca. Esta propriedade somente assume importância no que diz respeito aos transportes, manuseios e armazenamentos.

O ponto de fulgor do biodiesel, se completamente isento de metanol ou etanol, (100°C conforme redução das ANP) é superior a temperatura ambiente, significando que o combustível não é inflamável nas condições normais onde ele é transportado, manuseado e armazenado, servindo inclusive para ser utilizado em embarcações.

- **Poder calorífico**

Indica a quantidade de energia pelo combustível por unidade de massa quando é queimado. O poder calorífico do biodiesel é muito próximo do poder calorífico do óleo diesel mineral, a diferença média em favor do óleo diesel do petróleo situa na ordem de somente 5%. Entretanto com uma combustão mais completa, o biodiesel possui um consumo específico equivalente ao diesel mineral.

- **Índice de cetano**

O índice de octano ou octanagem dos combustíveis está para motores do ciclo Otto, da mesma forma que o índice de cetano ou cetanagem está para os motores do ciclo Diesel. Portanto, quanto maior for o índice de cetano de um combustível, melhor será a combustão desse combustível num motor a diesel. O índice de cetano médio do biodiesel é 60, enquanto para o óleo diesel mineral este índice varia entre 48 a 52, bastante menor, sendo a razão pelo qual o biodiesel queima muito melhor num motor diesel que o próprio diesel mineral.

Veja as propriedades químicas:

- **Teor de enxofre**

Como os óleos vegetais e as gorduras animais não possuem enxofre, o biodiesel é completamente isento desse elemento. Os produtos derivados do enxofre são bastante danosos ao meio ambiente, ao motor e aos seus pertences.

- **Poder de solvência**

O biodiesel sendo constituído por uma mistura de ésteres de ácidos carboxílicos, solubiliza um grupo muito grande de substâncias orgânicas, incluindo as resinas que compõem as tintas. Dessa forma cuidados especiais devem ser tomados ao manusear o biodiesel com o propósito de evitar danos à pintura dos veículos, nas proximidades do ponto ou bocal de abastecimento.

Na Europa a normalização dos padrões para o biodiesel é estabelecida pelas Normas EM 14.214. Nos Estados Unidos a normalização emana Normas ASTM D-6751/02 (MENANI, 2007).

As normas européias e americanas determinam valores para as propriedades e características do biodiesel e os respectivos métodos para as determinações. Tais características e propriedades determinantes dos padrões de identidade e qualidade do biodiesel, introduzidos pelas normas ASTM e DIN, são respectivamente:

- Ponto de fulgor
- Teor de água e sedimentos
- Viscosidade
- Cinzas
- Teor de enxofre
- Corrosividade
- Número de cetano
- Ponto de névoa
- Resíduo de carbono
- Numero de acidez
- Teor de glicerina total
- Teor de glicerina livre
- Temperatura de destilação para 90% de recuperação

Assim os métodos que são utilizados para análise do biodiesel são os mesmos para o diesel, com exceção do teor de glicerina total e livre, onde o método de análise por cromatografia

gasosa é orientado pelas normas ASTM D- 6584. É essencial a realização e o cumprimento das seguintes especificações para o biodiesel:

- Água e sedimentos
- Cinzas
- Glicerina total e livre
- Resíduo de carbono
- Acidez
- Corrosividade

4 MISTURA BIODIESEL/DIESEL

O nome biodiesel muitas vezes é confundido com a mistura diesel+biodiesel, disponível em alguns postos de combustível. A designação correta para a mistura vendida nestes postos deve ser precedida pela letra B do inglês *Blend* (WIKIPÉDIA acesso em 29 out. 2007h).

O biodiesel de qualidade deve ser produzido seguindo especificações industriais restritas a nível internacional; tem-se então a ASTM D6751. Nos EUA, o biodiesel é o único combustível alternativo a obter completa aprovação no *Clean Air Act* de 1990 e autorizado pela Agência Ambiental Americana (EPA) para venda e distribuição. Os óleos vegetais puros não estão autorizados a serem utilizados como óleo combustível.

O biodiesel pode ser usado puro ou em mistura com o óleo diesel em qualquer proporção. Tem aplicação singular quando em mistura com o óleo diesel de ultra baixo teor de enxofre, porque confere a estes melhores características de lubricidade. É visto como uma alternativa excelente o uso dos ésteres em adição de 5 a 8% para reconstituir essa lubricidade.

Mundialmente passou-se a adotar uma nomenclatura bastante apropriada para identificar a concentração do Biodiesel na mistura. É o Biodiesel BXX, onde XX é a percentagem em volume do Biodiesel à mistura. Por exemplo, o B2, B5, B20 e B100 são combustíveis com uma concentração de 2%, 5%, 20% e 100% de Biodiesel, respectivamente. (BIODIESELBR, acesso em 2 de out.2007b). Por sua vez, o biodiesel puro (B100) a ser misturado ao diesel de petróleo na proporção inicial de 2% no Brasil, deve atender as especificações da Resolução ANP 42 de 24/11/2004, seja qual for a fonte de matéria-prima (TECPAR, Acesso em: 20 de out.2007). A experiência de utilização do biodiesel no mercado de combustíveis tem se dado em quatro níveis de concentração:

- Puro (B100);
- Misturas (B20 – B30);
- Aditivo (B5);
- Aditivo de lubricidade (B2).

As misturas em proporções volumétricas entre 5% e 20% são as mais usuais, sendo que para a mistura B5, não é necessário nenhuma adaptação dos motores.

4.1 Especificações e controle de qualidade

A especificação do biodiesel destina-se a garantir a sua qualidade é pressuposto para se ter um produto adequado ao uso.

O biodiesel de óleos vegetais deverá ser avaliado para cada oleaginosa e cada uso, porque características físico-químicas podem ser diversas de um óleo para o outro.

As especificações de normas visam dois grupos de cuidados. Aqueles que pertencem ao que se denominam padrões de identidade e do que se denomina padrão de qualidade. As normas que direcionam para o padrão de qualidade dizem a respeito ao uso do produto e as normas que dizem respeito ao padrão de identidade procuram assegurar que o produto não seja adulterado.

A especificação brasileira é similar à européia e à americana, com alguma flexibilização para atender às características das matérias-primas nacionais. Esta especificação editada em portaria pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) é considerada adequada para evitar alguns problemas, inclusive observados na Europa.

A ANP é uma autarquia integrante da Administração Pública Federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Tem por finalidade promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo, de acordo com o estabelecido na Lei nº. 9.478, de 06/08/97, regulamentada pelo Decreto nº. 2.455, de 14/01/98, nas diretrizes emanadas do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e em conformidade com os interesses do País (ANP, acesso em 12 de nov.2007).

A especificação Européia determina expressivamente o uso de metanol para a produção de biodiesel enquanto que a especificação brasileira assim como a americana, não restringe o uso do álcool etílico. O ponto essencial é que a mistura do biodiesel com diesel atenda a especificação do diesel, principalmente quanto às exigências do sistema de injeção do motor, do sistema de filtragem e de exaustão.

Os valores adotados pela ANP resultaram de um amplo processo de consulta, com fabricantes de motores e sistema de injeção, produtores de biodiesel e diesel, universidades e centros de pesquisa. O Quadro 2 apresenta as especificação preliminar do biodiesel.

QUADRO 2 - Especificação preliminar do biodiesel

Características	Unidades	Limites	Normas		
			ABNT NB + R	ASTM D	ISO
Ponto de Fulgor min.	°C	100,0	14598	93	ISOC D 3679
Água e sedimentos máx.	%vol.	0,050	-	2709	-
Viscosidade a 40°C	mm ² /s	anotar (1)	10441	445	EN ISO 3104
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020	9482	874	EN ISO 3987
Enxofre total, máx.	% massa	0,001	-	5453	EN ISO 14596
Corrosividade ao cobre 3h a 50°C, máx	-	1	14359	130	EN ISO 2160
Número de Cetano, min	-	45	-	613	EN ISO 5165
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx	°C	(2)	14747	6371	-
Resíduo de carbono, máx	% massa	0,05	-	7530 /189	EN ISO 10370
Índice de acidez, máx	MgKOH/g	0,80	14448	664	pr EN 14104
Glicerina livre, máx	% massa	0,02	-	6584	pr EN 14105
			-	-	pr EN 14106
Glicerina Total, máx	% massa	0,38	-	6584	pr EN 14105
Aspecto	-	LII(3)	-	-	-
Destilação (95%), vol. Recuperado, máx	°C	360 (4)	-	1160	-
Massa específica a 20°C	Kg/m ³	anotar (5)	714/140658	1298/4052	-
Metanol (ou Etanol, Brasil), máx.	% massa	0,5	-	-	pr EN 14110
Índice de iodo, máx	% massa	anotar	-	-	pr EN 14111
Monoglicerídeo, máx	% massa	1,00	-	6584	pr EN 14105
Diglicerídeo, máx	% massa	0,25	-	6584	pr EN 14105
Triglicerídeo, máx	% massa	0,25	-	6584	pr EN 14105
Sódio + Potássio, máx	mg/kg	10	-	-	pr EN 14108
			-	-	pr EN 14109
Fósforo, máx	mg/kg	10	-	4951	pr EN 14107
Estabilidade à oxidação a 110°C, min	h	6	-	-	pr EN 14112

Fonte: MENANI, 2007, p. IV -5

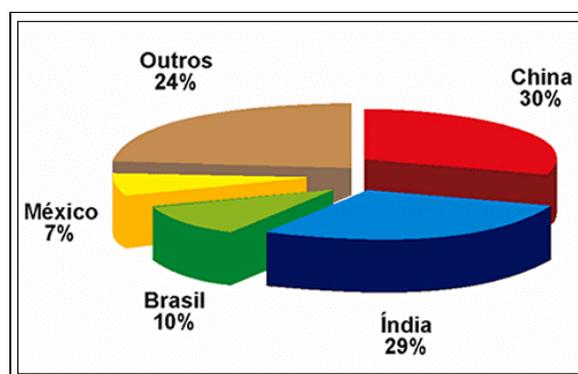
5 CRÉDITOS DE CARBONO

O efeito estufa começou a ser tratado como problema em 1979, através da realização da Primeira Conferência Mundial do Clima, em Genebra, concluindo o aumento das emissões de CO₂ na atmosfera decorrentes da queima de combustíveis fósseis e desmatamento. Somente então após comprovar através de avaliações científicas mais elaboradas e seguras sobre os impactos ambientais e sócio-econômicos do aumento de CO₂ e outros gases do efeito estufa, que aconteceu o principal marco; o acordo internacional chamado de Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) que deu origem ao Protocolo de Kyoto, no Japão em 1997.

O Protocolo de Kyoto determina que os países industrializados reduzam entre 2008 e 2012, a emissão de gases que causam o efeito estufa para atingir uma média global de 5,2% em relação aos níveis de 1990 (FALLOPA, 2007a). Este momento também é conhecido como primeiro período de compromissos, onde os países em desenvolvimento deverão contribuir para esta redução, mas não terão metas a cumprir, podendo então comprar créditos de carbono de outras nações que possuam projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Assim surge um novo mercado, o MDL; que possibilita que o desenvolvimento de atividades de redução seja realizado nos países em desenvolvimento como o Brasil. Basta, portanto que os projetos atendam os critérios de elegibilidade estabelecidos no Protocolo e as reduções de emissões nela obtida sejam certificadas pela Organização das Nações Unidas (ONU). No Gráfico 2 da página seguinte é possível visualizar a participação total dos países em atividades de projetos MDL no mundo.

GRÁFICO 2 - Total de atividades de projetos MDL no mundo.



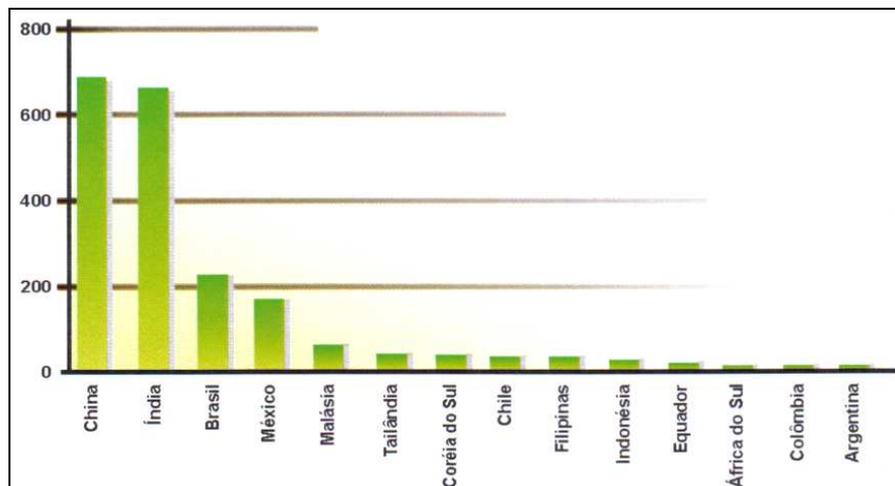
Fonte: FALLOPA, 2007a, p.17

Cada unidade de redução conhecida como crédito de carbono corresponde a uma tonelada de CO₂ que deixou de ser emitido ou foi absorvido da atmosfera. Considerando que os gases que causam o efeito estufa são causados por diferentes gases como CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HF₆ e PFC; adota-se uma medida para uniformizar as quantidades de gases em termos de CO₂ para facilitar a somatória (FALLOPA, 2007a).

O Brasil tem grandes possibilidades de crescer neste mercado de créditos de carbono e também como alvo de investimentos em projetos voltados para a redução dos gases poluentes, como é o caso do biodiesel.

De acordo com uma pesquisa feita pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, o Brasil ocupa a terceira posição em números de projetos MDL no mundo (a China em primeiro lugar, e a Índia em segundo). Dos 2.145 projetos MDL no globo 11% estão em território Nacional. Estima-se que os projetos em desenvolvimento no país entre 2008 e 2012, resultarão na redução de 200 milhões de toneladas de CO₂, proporcionando benefícios ambientais como também financeiros e sociais. A seguir o Gráfico 3 da página seguinte apresenta os países e o n° de atividades de projetos do MDL desenvolvidos.

GRÁFICO 3 - N° de atividades de projetos do MDL.



Fonte: FALLOPA, 2007a, p. 18

Apesar do grande potencial do Brasil, é preciso que as empresas brasileiras fiquem atentas, pois o Ministério indica que estamos perdendo projetos para outros países. Até julho nosso país era responsável por 11% dos projetos MDL detendo apenas 5% das reduções

mundiais, contra 50% da China, mas existe explicação para este cenário, basta lembrar que nossa matriz energética é limpa se comparada com a de países como China e Índia.

Se considerarmos que 22% dos gases emitidos no Brasil são provocados pela queima de combustíveis fósseis, pode-se afirmar que a substituição de combustíveis derivados do petróleo (gasolina e diesel) por combustíveis renováveis, como o biodiesel, é uma contribuição bastante significativa para a redução das emissões dos gases do efeito estufa.

O biodiesel em sua forma pura (B100) pode reduzir em 46% as emissões de CO₂, 36% de hidrocarbonetos, 100% de enxofre e 68% das emissões de material particulado (fumaça preta) sem falar na fumaça e agentes cancerígenos encontrados no diesel (FALLOPA, 2007a).

Outra possibilidade que vem sendo analisada é a absorção de créditos de carbono na atmosfera pela plantação de mamona. A lavoura de 1 hectare de mamona pode absorver 8 toneladas de gás carbônico da atmosfera, porém esta estimativa ainda não pode ser considerada, pois não existem garantias de que esse tipo de seqüestro seja comercializável, dado ao curto ciclo de vida da planta de mamona (LUCENA, acesso em 26 out. 2007).

Como se vê o uso de biodiesel em veículos e equipamentos auxilia na diminuição do aquecimento global, beneficiando a vida no Planeta para futuras gerações e contribuindo para melhor qualidade da vida da população em geral.

6 O SELO DO COMBUSTÍVEL SOCIAL

O selo do combustível social é um componente de identificação concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) aos produtores de biodiesel que promovam a inclusão social e o desenvolvimento regional por meio da geração de emprego e renda para os agricultores familiares⁸ enquadrados nos critérios do Pronaf, conforme a instrução Normativa n° 1 de Setembro de 2005 (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, acesso em 5 de set. 2007). A Figura 15 apresenta o logotipo do Selo do combustível social.



Figura 15 – Logotipo do Selo do Combustível Social

Os resultados dos benefícios proporcionados pelo Selo do Combustível Social ganharam destaque e hoje é um dos apelos mais fortes do setor, pois além de oferecer ganhos para uns dos pontos mais debatidos no programa que é a inclusão social, possui vantagens econômicas e ambientais.

De acordo com estudos do Ministério do Desenvolvimento Agrário, Pecuário e Abastecimento, da Integração Nacional e do Ministério das Cidades, a cada 1 % de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar poder ser gerados cerca de 45 mil empregos no campo, com uma renda média anual de aproximadamente R\$ 4.900,00 por emprego. Se para 1 emprego no campo são gerados 3 empregos na cidade, serão criados então 180 mil empregos (MENANI, 2007).

Conforme Prates 2007, (acesso em 5 de nov. 2007) entre os critérios regulados através de contratos para a obtenção do Selo do Combustível Social destacam-se a exigência da prestação de

⁸ Agricultores familiares são definidos como beneficiários do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), criado pelo Decreto 1. 946, de 28 de julho de 1996, alterado pelo Decreto 3.991 de outubro de

serviços de assistência técnica e a capacitação aos agricultores familiares e os percentuais mínimos de aquisição de matéria-prima do agricultor familiar feitas pelo produtor de biodiesel, que são de:

- 50% para a Região Nordeste e Semi-árido;
- 30% para as Regiões Sudeste e Sul; e
- 10% para as Regiões Norte e Centro-oeste.

Estabelece-se ainda uma forma de verificação pelo MDA de um cumprimento por parte dos beneficiários do selo, critérios para a sua manutenção, uma vez que, prevê validade de cinco anos para o Selo do Combustível Social. Após esse período necessita ser validado anualmente por técnicos ou consultores MDA.

É importante destacar que a obtenção do selo vale somente após a conclusão do projeto, com aprovação de uma aquisição mínima de matéria-prima de agricultura familiar.

Diante desse fato, o MDA criou o Instituto do Enquadramento Social, por meio a Instrução Normativa 2, de 30-09-2005.

Onde o MDA sinaliza para as instituições financeiras que tenham condições de financiamentos especiais para projetos de produção de biodiesel, quais são os projetos que contemplam os critérios mínimos de inclusão social da agricultura familiar para a obtenção futura do Selo do Combustível Social, quando a planta entrou em operação (PRATES, 2007, acesso em 5 de nov. 2007).

Por meio do Selo do Combustível Social, o produtor de biodiesel terá acesso a alíquotas de PIS/PASEP e COFINS⁹ com coeficientes de redução diferenciados, acesso a melhores condições de financiamento junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e as instituições financeiras credenciadas como Banco da Amazônia (Basa), Banco do Nordeste do Brasil (BNB), Banco do Brasil (BB), ou outras instituições que possuam condições especiais de financiamento para projetos do Selo do Combustível Social para fins de promoção de sua empresa. Na Tabela 2 da página seguinte podemos verificar a incidência do PIS/PASEP e

⁹ PIS/PASEP - Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público. Para mantê-los, as pessoas jurídicas são obrigadas a contribuir com uma alíquota variável (de 0,65% a 1,65%) sobre o total das receitas, com exceção das microempresas e empresas de pequeno porte que hajam aderido ao SIMPLES. COFINS - Contribuição para Financiamento da Seguridade Social. É um tributo cobrado pela União sobre o faturamento bruto das pessoas jurídicas, destinado a atender programas sociais do Governo Federal. Sua alíquota, que era de 2%, foi aumentada para 3% em fevereiro de 1999.

COFINS sobre os produtores do biodiesel.

TABELA 2 - Incidência de PIS/PASEP e COFINS sobre os produtores de biodiesel.

Modalidade de produtor de biodiesel	Matéria-prima/Região	
	Qualquer matéria-prima de qualquer região	Palma e mamona (Norte e Nordeste)
Sem Selo Combustível Social	R\$ 0,22 (67% redução)	R\$ 0,15 (77,5% redução)
Com Selo Combustível Social	R\$ 0,07 (89,6% redução)	R\$ 0,00 (100% redução)

Fonte: MENANI, 2007, p. VI - 4

7 POLÍTICA DE MERCADO

É reconhecido internacionalmente que o biodiesel atualmente não é competitivo em relação ao óleo diesel. A existência dessa grande diferença entre o preço do biocombustível e do combustível mineral representa a necessidade de incentivos por parte dos agentes públicos, para dar viabilidade econômica ao projeto de implementação do biodiesel na matriz energética brasileira. Esses incentivos são vantajosos somente quando as externalidades forem maiores que os gastos com subsídio ou renúncia a receita fiscal.

Sobre o preço final do biodiesel para o consumidor ainda existe muita controvérsia. A matéria-prima utilizada, assim como a escala da planta de transesterificação e a incidência tributária do produto, pode resultar em grandes distinções de custo fazendo com que a análise comparativa com os preços do petróleo torne-se muito difícil.

O custo de produção envolve despesas com matéria-prima (óleo vegetal e álcool), catalisador, mão-de-obra, energia, despesas do setor administrativos e financeiros, além da margem do produtor. Para facilitar o entendimento do custo total do biodiesel, pode-se separar a etapa agrícola, composta pela plantação e esmagamento, da etapa industrial. Deduzindo o custo da etapa agrícola do custo de produção, obtêm-se dois custos distintos: o custo do óleo e da conversão. Já o custo de distribuição envolve custos de pós-produção, tais como transporte, mistura com óleo diesel, estocagem e revenda. No entanto a tributação é um fator que pode ser definitivo para a implementação do projeto, como principal meio de atratividade, capaz de tornar o custo final do biodiesel inferior ao do diesel mineral (LUCENA, acesso em 26 out. 2007).

Cabe lembrar que embora a economia brasileira, historicamente, tenha uma alta dependência em relação ao óleo diesel, os elevados custos do combustível renovável impediram que o Pró-óleo, programa lançado paralelamente ao Pró-álcool, tivesse o mesmo êxito desse último.

Pode-se dizer que é fundamental ter uma referência ao comportamento dos preços de exportação para avaliar as condicionantes atuais da competitividade do biodiesel, dessa forma somente em 2001 que a possibilidade dos óleos vegetais substituir o óleo diesel voltou ao Governo devido a Associação Brasileira dos óleos vegetais – ABIOVE, ter provocado a discussão em função dos baixos preços do óleo de soja no mercado internacional (cotações abaixo de US\$ 300,00/ tonelada entre o segundo semestre de 2.000 e o primeiro semestre de

2.001, disponíveis no sítio da associação). Diante desse momento constatava-se a competitividade do biodiesel mesmo não tendo o pleno domínio tecnológico do seu processo produtivo em grande escala, logo após ocorreu naquele período momentos de recuperação dos preços internacionais do complexo soja, e crises no setor cambial brasileiro gerando atratividade do mercado externo.

Tomaremos com exemplo o óleo de soja para analisarmos os custos envolvidos na indústria de biodiesel perante o óleo diesel, pois diante dos óleos vegetais disponíveis no mercado o óleo de soja é abundante e de menor custo sendo ao mesmo tempo um *commodity*¹⁰ internacional. O custo de oportunidade para uma indústria de biodiesel pode ser assumido como o preço FOB¹¹ dessa matéria-prima. A seguir a Tabela 3 faz uma estimativa simplificada dos custos de produção.

TABELA 3- Competitividade do biodiesel a partir do óleo de soja para cotações de janeiro de 2007.

Insumo	Quantidade (kg)	Preço médio (R\$/kg)	Custo total
Óleo	1.000,00	1,49	1.494,85
Álcool	15,00	1,06	159,38
Catalisador	5,00	4,40	22,00
Custo fixo	1,00	0,12	116,10
Custo total	-	-	1.792,33
(-) glicerina	150,00	0,35	52,50
Custo final (tonelada)	1.000,00	1,74	1.739,83
Custo final (m ³)	890,00	1,55	1.538,45

Fonte: MENANI, 2007, p. VII-23

Ao se processar uma tonelada de óleo de soja, tendo neste caso o álcool etílico como reagente

¹⁰ *Commodity* é um termo de língua inglesa que, como o seu plural *commodities*, que significa mercadoria, é utilizado nas transações comerciais de produtos de origem primária produzidos em grandes quantidades e por diferentes produtores nas bolsas de mercadorias. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Commodity>>. Acesso em 12 Nov. 07

¹¹FOB: Abreviação utilizada nos contratos de comércio marítimo internacional, que estipula que o preço da mercadoria transacionada cubra todas as despesas de transporte até o porto de embarque, bem como todos os direitos e taxas incidentes (sobre a mercadoria para poder ser posta a bordo. Disponível em: <<http://dicionario-de-economia.portalmidis.com.br/f/o-que-e-fob-f-o-b.htm>>. Acesso em 12 nov. 07.

(150 quilos) por ter maior disponibilidade no mercado brasileiro; há uma demanda por 5 quilos de catalisador diante de uma tecnologia eficiente, chega a um custo de R\$116,10 para esse volume de matéria-prima. Levando em conta as cotações de janeiro para a soja e o álcool etílico/anidro, chega a um custo total de R\$ 1.739,83 por tonelada de biodiesel. Considerando não haver despesas com o reaproveitamento do álcool etílico recuperado ao chegar no final do processo restaria uma tonelada de biodiesel e 1.250 quilos de glicerina. Essa glicerina vendida aos preços de mercado também de janeiro (R\$120,00/tonelada) renderia uma receita de R\$52,50. Abatendo-se as receitas com a glicerina chega-se a um custo final de R\$ 1739,83 para uma tonelada de biodiesel sabendo que o biodiesel tem uma densidade de aproximadamente 89%, uma tonelada equivale 1.123 litros. Logo o custo final do biodiesel seria de R\$1,55 sem adição de impostos, e mesmo assim está R\$ 0,28 um preço superior do que o preço de faturamento do óleo diesel pela Petrobrás que atualmente é R\$ 1,27 por litro (MENANI, 2007).

Portanto os dados apresentados na Tabela 3 revelam-se preocupantes, pois o preço do óleo diesel está um pouco acima da paridade internacional segundo especialistas, devido ao recuo dos preços do petróleo quanto ao cambio dos últimos meses e também por causa da alta volatilidade dos preços do complexo de soja nos últimos anos. Caso a Petrobrás venha fazer um realinhamento destes preços a atratividade do biodiesel poderia reduzir ainda mais.

8 CONCLUSÃO

A utilização do biodiesel como combustível tem apresentado um potencial promissor no mundo inteiro. Em primeiro lugar pela sua enorme contribuição com o meio ambiente reduzindo qualitativamente e quantitativamente os níveis de poluição ambiental e em segundo lugar como fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados do petróleo.

Do ponto de vista econômico, a viabilidade do biodiesel está relacionada com o estabelecimento de um equilíbrio favorável na balança comercial brasileira, visto que o diesel é o derivado de petróleo mais consumido no Brasil, e que uma fração crescente desse produto vem sendo importada anualmente.

O processo de transesterificação é o mais utilizado para a produção de biodiesel, por apresentar tecnologias mais desenvolvidas. Sua cadeia produtiva além de produzir o biodiesel como principal produto, gera subprodutos como o álcool e a glicerina, além de torta e farelo do processamento vegetal.

Nem todo óleo vegetal pode ou deve ser utilizado como matéria-prima para a produção de biodiesel. Isso porque alguns óleos apresentam propriedades não ideais, como alta viscosidade, entre outras, o que o torna inadequado para uso direto em motores de ciclo diesel.

Portanto, a viabilidade de cada matéria-prima dependerá de suas respectivas competitividades técnica, econômica e sócio-ambiental, e passam, inclusive, por importantes aspectos agrônômicos. Considerando a grande produção de soja no mercado brasileiro, é relativamente fácil e imediato reconhecer que essa oleaginosa apresenta o maior potencial para servir como modelo para desenvolvimento de um programa nacional de biodiesel. Assim é previsto que o Brasil com sua enorme diversidade de biomassa, terá uma valorização de espécies locais e regionais como alternativa energética. O que já é esperado, pois isso proporcionará maior vantagem econômica, pela redução de custos de produção.

Para bons resultados a curto prazo, medidas como uma legislação que estabeleça metas de uso de biocombustíveis são vistas com bons olhos. Neste sentido Agência Nacional do petróleo, Gás natural e Biocombustíveis estabelece especificações que asseguram a qualidade do biodiesel à ser usado de acordo com pequenas adequações das especificações européias e americanas para o biodiesel produzido no Brasil., tendo estabelecido como obrigatório a adição de 2% de biodiesel

ao diesel, ou seja o uso do B2 a partir de 2008, com aumento gradativo dessa mistura conforme as aprovações da ANP. A adoção de políticas de estímulo ao uso e produção de biodiesel possibilitará o setor se consolidar com confiança perante o mercado consumidor.

A participação do Brasil no mercado de créditos de carbono e projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo vem obtendo destaque ficando em terceira posição em números de projetos no mundo de acordo com o Ministério da Ciência e tecnologia.

O Selo do combustível Social com seu conjunto de medidas específicas visa estimular a inclusão da agricultura na cadeia produtiva do biodiesel gerando benefícios econômicos e sociais ao conferir redução de impostos para as empresas que aderirem ao selo por adquirirem matéria-prima de agricultores familiares e pequenas cooperativas. Dessa maneira o biodiesel integrará em sua cadeia produtiva, diferentes categorias de agricultores e de agentes econômicos nas diversas regiões brasileiras, promovendo assim a inclusão social pela geração de emprego e renda, esta é a característica chave neste contexto, que é a geração e permanência de postos de trabalho no campo.

É muito importante a realização de ações a curto prazo para impulsionar e garantir sustentabilidade à produção de biodiesel.

Não adianta dizer que o Brasil possui todas as características necessárias para se tornar um dos grandes produtores mundiais de biodiesel, é necessário potencializar os resultados já conhecidos e buscar soluções para os problemas que vão surgindo para que o país ocupe seu lugar de direito no cenário mundial de biocombustíveis.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROSOFT. **Oleaginosos potenciais para a produção de biodiesel**: necessidade de cultivares melhorada. 2007. Disponível em: <<http://www.agrosoft.org.br>>. Acesso em: 30 out. 2007.

ANJUT - AÇÃO NACIONAL PELA JUSTIÇA TRIBUTÁRIA. Dicionário dos tributos. Disponível em: <<http://www.anjut.org.br/dicionario.htm>>. Acesso em: 15 de nov. 2007)

ANP: AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Quem somos**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/conheca/quem.asp>>. Acesso em: 12 de nov. 2007.

BAHIA ANÁLISE & DADOS. **Biodiesel**: Uma nova realidade energética no Brasil. Salvador, jun. 2006. Disponível em: <<http://www.sei.ba.gov.br/publicações>> Acesso em: 5 set. 2007.

BIODIESELBR. **Crédito de carbono – MDL**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/credito-de-carbono/mdl/index.htm>>. Acesso em: 2 out. 2007a.

BIODIESELBR. **O que é o biodiesel?** Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/>> Acesso em: 2 out. 2007b.

CAMPESTRE IND. E COM. DE ÓLEOS VEGETAIS LTDA. **Óleo de canola**. Disponível em: <<http://www.campestre.com.br/oleo-de-canola.shtml>>. Acesso em 31 de out. 2007a.

CAMPESTRE IND. E COM. DE ÓLEOS VEGETAIS LTDA. **Óleos vegetais**. Disponível em: <http://www.campestre.com.br/oleos_vegetais.shtml>. Acesso em 31 de out. 2007b.

COSTA NETO, P.R.; ROSSI, F.S.L.; ZAGONEL, F.G.; RAMOS, L.P. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo de diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. Química Nova, jul./ago. 2000. Vol. 23, nº4 p. 531-537. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2654.pdf>> Acesso em: 24 out.2007.

FALLOPA, D. et al. Créditos de carbono. **Revista Biodiesel**. Monte Alto, ano2, nº19, p.15-18, ago. 2007a.

FALLOPA, D.; COLATRELLI, L.G.; MOZZAMBANI, A.C. **Ecotrader**: Soluções ambientais e muito lucro. **Revista Biodiesel**. Monte Alto, ano2, nº20, p.15, set. 2007b.

FELIZARDO, P.M.G. **Produção de biodiesel a partir de óleos de fritura**. 2003. Disponível em: <<http://www.netresiduos.com/cir/relatórios/RelaEstaBiodiesel.pdf>> Acesso em: 30 out. 2007.

FERRARI, R.A.; OLIVEIRA, V.S.; SCABIO, A. **Biodiesel de soja**: Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 5 de out. 2006.

FORNAZIERI, J.A. **Mamona**: uma rica fonte de óleos e divisas. São Paulo: Ícone, 71p. (Coleção Brasil agrícola). 1986.

GOMES, R.P. **A soja**. 5° ed. São Paulo: Nobel, 1981.

KNOTHE, Gerard et al. **Manual de biodiesel**. Tradução Luiz Pereira Ramos. 1° ed. São Paulo: Edgard Bücher, 2006. 340p.

LUCENA, T.K. **O biodiesel na matriz energética brasileira**. 2004. Disponível em: <http://www.gee.ie.ufrj.br/pdf/o_biodiesel_na_matriz_energetica_brasileira.pdf> Acesso em: 26 out. 2007.

MARÇAL, L.R. O poder das flores. **Biodieselbr**. Curitiba, ano 1, nº1, p. 14-16, 23-26. out. 2007.

MENANI, Rogério (Org.). **1° Anuário brasileiro do biodiesel**. Monte Alto: Letra Boreal, 2007. 224p.

MIGROSBIO. **Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.migrosbio.com/informaco.php>>. Acesso em 26 set. 2007.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Selo combustível social**. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/saf/index.php?sccid=362>>. Acesso em 5 de set. 2007.

PARENTE, E.J.S. **Biodiesel**: Uma aventura tecnológica num país engraçado. Ceará, 2003. Disponível em: <<http://www.tecbio.com.br/>>. Acesso em: 06 de nov. 2007.

PRATES, C.P.T.; PIEROBON, E. C.; COSTA, R.C. **Formação do mercado de biodiesel no Brasil**. 2007. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set2502.pdf>>. Acesso em 5 de nov.2007.

REDE BAIANA DE BIOCOMBUSTÍVEIS. **Oleaginosas na Bahia**. Disponível em: <<http://www.rbb.ba.gov.br/>>. Acesso em 29 out. 2007.

REVISTA ELETRÔNICA DO DEPARTAMENTO DE QUÍMICA – UFSC. **Lipídeos as biomoléculas hidrofóbicas**. Disponível em: <<http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/lipidios/lipidios.html>>. Acesso em 14 de nov. 2007.

SETOR1. **Oleaginosas**. Disponível em: <http://www.setor1.com.br/oleaginosas_no.htm>. Acesso em: 30 out.2007.

SHREVE, N.R.; BRINK JR. J.A. **Indústrias de processos químicos**. Tradução de Horacio Macedo. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1997. 717 p.

TECPAR: SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Formulário de respostas técnicas**. Paraná. 2006. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>> Acesso em: 20 de out.2007.

WIKIPÉDIA. **Mamona**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Mamona>>. Acesso em:

15 nov. 2007a.

WIKIPÉDIA. **Girassol**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Girassol>>. Acesso em: 21 nov. 2007b.

WIKIPÉDIA. **Soja**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Soja>>. Acesso em: 21 nov. 2007c.

WIKIPÉDIA. **Algodão**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Algod%C3%A3o>>. Acesso em: 21 nov. 2007d.

WIKIPÉDIA. **Amendoim**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Amendoim>>. Acesso em: 21 nov. 2007e.

WIKIPÉDIA. **Ácido palmítico**. Disponível em:
< http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_palm%C3%ADtico>. Acesso em 21 nov. 2007f.

WIKIPÉDIA. **Ácido oléico**. Disponível em:
< http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_ol%C3%A9ico>. Acesso em 22 nov. 2007g.

WIKIPÉDIA. **Biodiesel**. Disponível em: < <http://pt.wipipedia.org/wiki/biodiesel>>. Acesso em 29 de ago. 2007h.

WIKÍPÉDIA. **Ciclo de Otto**. Disponível em:<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_Otto>. Acesso em 22 nov. 2007.