

2

Biodiesel

Antes de avançarmos ao estudo detalhado sobre a produção do biodiesel a partir de óleos residuais e sua logística associada, faremos uma revisão bibliográfica sobre o biodiesel, de maneira a ter maior embasamento com relação às suas especificações, propriedades, processo de produção e mercado.

2.1.

Importância do Biodiesel

A importância do biodiesel para o país provém de argumentos econômicos, legais, sociais e ambientais.

Quanto aos aspectos econômicos, o biodiesel é uma alternativa de diminuição da dependência dos derivados de petróleo, recursos cada vez mais escassos e com preços suscetíveis a oscilações políticas, ajudando a diversificar a matriz energética brasileira e propiciando uma economia de divisas. Em 2007, o consumo anual esperado de diesel no Brasil é de cerca de 40 bilhões de litros, e 5% desse valor, ou seja, 2 bilhões de litros, são importados. A produção de biodiesel prevê uma redução de quase 50% destas importações, significando uma redução próxima aos US\$ 640 milhões na saída de divisas (Cristina, 2007). Além disso, a introdução do biodiesel no mercado representará uma nova dinâmica para a indústria, com seu consequente efeito multiplicador em outros segmentos da economia, envolvendo óleos vegetais, álcool, óleo diesel e mais os insumos e co-produtos da produção do éster vegetal.

No âmbito legal, o biodiesel será um componente obrigatório no curto/médio prazo na composição do óleo diesel comercializado no território nacional. O biodiesel pode ser usado puro ou misturado ao diesel de petróleo em diversas proporções. O Art. 2º, Lei nº 11.097 de 13.01.2005, determina a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, fixado em 5% (cinco por cento) em volume o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final em qualquer parte do território

nacional. O prazo para aplicação do disposto no *caput* deste artigo é de 8 (oito) anos após a publicação da Lei, sendo de 3 (três) anos o período, após a publicação da Lei, para se utilizar um percentual mínimo obrigatório intermediário de 2% (dois por cento) em volume (MCT, 2005). O fato dos menores encargos de impostos que incidem sobre este combustível alternativo também é um atrativo econômico. Esses impostos serão discutidos mais adiante nesta dissertação.

Em se tratando do cunho social, o biodiesel possibilita a geração de novos empregos em regiões carentes do país, tendo como resultado a redução da violência urbana. A criação de um novo mercado para oleaginosas, recurso do qual o biodiesel pode ser gerado, aumenta seu valor agregado e possibilita a reversão das migrações campo-cidade, diminuindo o custo de investimento em infra-estrutura nas cidades (Ambiente Brasil, 2006) e evitando a desertificação pelo desenvolvimento da agricultura (MB do Brasil, 2006). Ocorre, ainda, a ampliação do acesso à energia para cerca de um terço da população mundial (Petrobras, 2006), melhorando sua qualidade de vida.

Quanto aos aspectos ambientais, há um ganho devido à perspectiva de redução da emissão de poluentes e por ser uma alternativa para exportação de créditos de carbono relativos ao Protocolo de Kyoto, incorrendo, também, numa vantagem econômica. O biodiesel não é nocivo ou tóxico, não é explosivo ou inflamável à temperatura ambiente, não provoca danos ecológicos por vazamento em oleodutos, navios, tanques etc. Estudos apresentados em Ferreira *et al.* (2006) mostram que a substituição do óleo diesel mineral pelo biodiesel resulta em reduções de emissões de 20% de enxofre, não contribuindo para chuva ácida, 9,8% de anidrido carbônico, 14,2% de hidrocarbonetos não queimados, 26,8% de material particulado e 4,6% de óxido de nitrogênio, se tomado o biodiesel 100% puro em comparação ao diesel. No caso de mistura, a redução é proporcional às percentagens apresentadas. A redução de poluentes como o dióxido de carbono promove a reversão do efeito estufa na fase de implantação do programa (Ambiente Brasil, 2006). Os benefícios ambientais podem, ainda, gerar vantagens econômicas, pois o país poderia enquadrar o biodiesel nos acordos estabelecidos no Protocolo de Kyoto e nas diretrizes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Assim, haveria a possibilidade da venda de cotas de carbono através do Fundo Protótipo de Carbono (PCF), pela redução das emissões de gases poluentes

e também créditos de “sequestro de carbono”², através do Fundo Bio de Carbono (CBF), administrados pelo Banco Mundial (Meirelles, 2003). Neste sentido, o biodiesel permite que se estabeleça um ciclo fechado de carbono, no qual o CO₂ é absorvido durante o crescimento da planta e é liberado quando o biodiesel é queimado na combustão do motor (Holanda, 2004).

Ainda, os dados relativos aos investimentos são bastante representativos e mostram o crescimento do setor. Uma projeção conservadora prevê que será de 5% a participação potencial dos biocombustíveis no consumo de energia mundial na área de transportes em 2020, em relação a 1%, atualmente. Para suprir essa demanda será necessário aumentar em cinco vezes a produção mundial de biocombustíveis, com investimentos de US\$ 200 bilhões somente em expansão da capacidade, nos próximos 14 anos. No mundo todo, já foram anunciados investimentos em novos projetos de US\$ 7 bilhões em 2008 (Tachinardi, 2007). De acordo com a Cenbio (2007), os investimentos de grupos estrangeiros em usinas no Brasil superam US\$ 2 bilhões em 2007.

Por fim, não pode ser descartado o desenvolvimento científico e tecnológico derivado da nova atividade de negócios para um mercado já definido.

2.2. Definições

A MB do Brasil (2006) define biodiesel como um combustível de queima limpa, derivado de fontes naturais e renováveis. Já o PNPB (2006) descreve o biodiesel como um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, que pode ser obtido por diferentes processos, tais como o craqueamento, a esterificação ou pela transesterificação. Pode ser produzido a partir de gorduras animais ou de óleos vegetais, existindo dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras.

A MB do Brasil (2006) afirma, ainda, que o biodiesel é o produto resultante da reação química entre óleos vegetais e álcool. Esse produto pode ser usado como combustível em qualquer motor diesel sem a necessidade de alteração nesse

² Para recebimento de créditos por sequestro de carbono, a matéria vegetal em questão deve ser credenciada.

motor. Por ser um combustível alternativo ao diesel feito a partir de fontes renováveis, passou a ser chamado de biodiesel. Quimicamente o biodiesel é conhecido como éster metílico ou etílico de ácidos graxos, dependendo do álcool utilizado.

A Agência Nacional do Petróleo (ANP) *apud* MB do Brasil (2006) define biodiesel como um combustível composto de mono-alkilésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais e designado B100. Parente (2003) discorre que o biodiesel é um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, sucedâneo ao óleo diesel mineral, constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, respectivamente.

A definição do biodiesel pode ser sintetizada pela Tabela 1:

Tabela 1: Definição de biodiesel

Biodiesel	
Características	Renovável, queima limpa, biodegradável.
Origem	Biomassa, gorduras animais ou óleos vegetais: dendê (palma), mamona, soja, algodão, girassol, pinhão manso, amendoim, babaçu, dentre outros.
Obtenção	Processos de craqueamento, esterificação ou transesterificação.
Utilização	Motores de combustão interna com ignição por compressão, motores de grande porte, caldeiras, fornos, combustível para navios, máquinas pesadas, indústrias e geração termoeletrica.
Denominação Química	Éster metílico ou etílico composto de mono-alkilésteres de ácidos graxos de cadeia longa.
Reação Química	Qualquer triglicerídeo ou ácido graxo com um álcool de cadeia curta (metanol ou etanol).

Misturas de biodiesel numa porcentagem de 2% recebem a denominação usual de B2, bem como o termo B5 é utilizado para uma mistura de 5%. O B100 constitui o biodiesel puro. As especificações do biodiesel podem ser encontradas no Apêndice I.

2.3. Processos de transformação

Neste item será apresentado o principal processo de transformação do biodiesel, a transesterificação. Detalhamentos sobre este processo e outros dois, também utilizados na transformação do biodiesel, podem ser encontrados no Apêndice II.

A transesterificação consiste na reação química de um óleo vegetal com um álcool na presença de um catalisador. Como resultado, obtém-se o éster metílico ou etílico (denominados biodiesel), conforme o álcool utilizado, e a glicerina. Durante o processo em que ocorre a transformação do óleo vegetal em biodiesel, a glicerina, que compõe cerca de 20% da molécula de óleo vegetal e cujo principal constituinte é o glicerol, é removida e substituída pelo álcool, deixando o óleo mais fino e reduzindo sua viscosidade (Meirelles, 2003). A Figura 1 apresenta a reação química do triglicerídeo com o metanol e um catalisador.

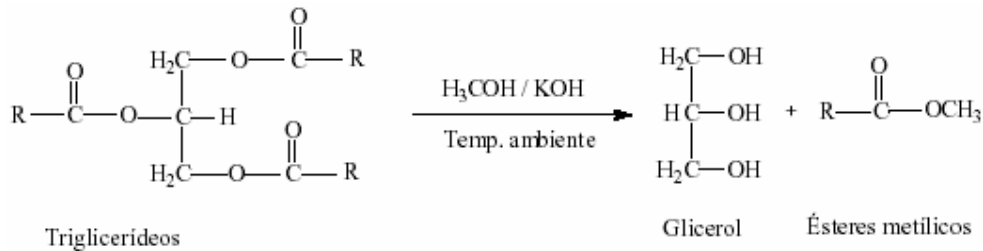


Figura 1: Reação de transesterificação por rota metílica. Fonte: Mittelbach *apud* Almeida Neto *et al.* (2000).

Segundo a MB do Brasil (2006), para a realização da transesterificação, o óleo vegetal é misturado ao álcool e aos catalisadores em um reator e sofre agitação por meia hora. É necessário utilizar um excesso de álcool para aumentar a eficiência do processo, porém este excesso pode ser recuperado posteriormente. Nesta etapa se formam duas fases: a glicerina e o biodiesel. Após a separação entre as fases, o biodiesel deve ser purificado antes da liberação para venda. A glicerina pode ser recuperada e, devido ao seu valor agregado, aumentar a lucratividade deste processo. Porém, a recuperação exige mais etapas, gerando um custo adicional.

De acordo com Regitano-Darce (2005), os álcoois mais frequentemente empregados na produção de biodiesel são os de cadeia curta, tais como o metanol e o etanol, e, menos freqüentemente, o propanol e o butanol. Meirelles (2003) afirma que os catalisadores empregados podem ser básicos, como o hidróxido de sódio (NaOH) ou de potássio (KOH), ou ácidos, como o ácido clorídrico (HCl), ácido sulfúrico (H₂SO₄) ou ácido metanosulfônico (CH₃SO₃H).

Geralmente, os catalisadores mais eficientes são mais caros. Os ácidos são mais lentos que as bases na transesterificação, na ordem de mil vezes. O ideal seriam catalisadores heterogêneos, que não são solúveis no meio reacional,

podendo ser reutilizados e regenerados. Porém, ainda não existe esse tipo de catalisador para transesterificação (Aranda, 2005), sendo mais comumente utilizado o catalisador básico.

A tecnologia necessária na transesterificação, porém, já é amplamente difundida no Brasil. Esquemáticamente, a reação para a obtenção do biodiesel pode ser representada, resumidamente, na Figura 2:

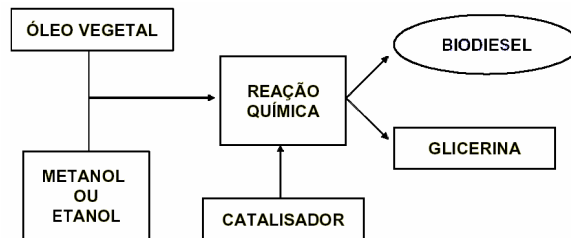


Figura 2: Obtenção do biodiesel através do processo de transesterificação. Fonte: Meirelles (2003)

A representação do processo mais detalhado, que considera as etapas de produção do biodiesel, incluindo a recuperação e tratamento do álcool e da glicerina, é apresentada no fluxograma da Figura 3.

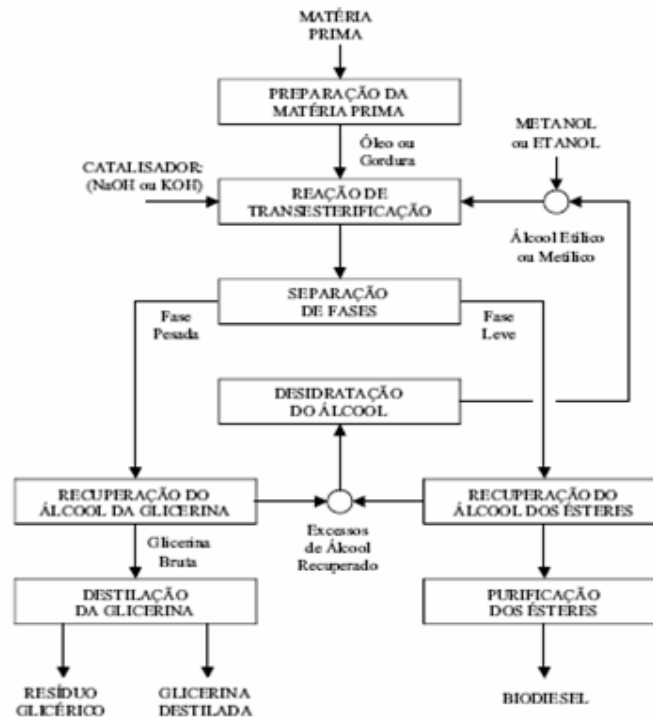


Figura 3: Transesterificação considerando tratamento do álcool e glicerina. Fonte: Parente (2003).

A recuperação da glicerina é possível independente do porte das unidades, mas deve ser feita uma análise de custos de produção antes de optar por sua

instalação. Em unidades pequenas, os equipamentos utilizados aumentam consideravelmente os custos iniciais, podendo dobrar o preço da unidade, em alguns casos. Como pouca glicerina é gerada no processo, os equipamentos ficam ociosos boa parte do tempo. Em unidades de maior porte, o alto volume processado dilui o investimento nos equipamentos, utilizados com maior eficiência (MB do Brasil, 2006).

Duas das possíveis rotas que efetivam a reação de transesterificação são as rotas metílica e etílica, comparadas na Tabela 2:

Tabela 2: Comparação das rotas metílica e etílica. Fonte: Parente (2003)

Quantidades e Condições Usuais Médias Aproximadas	Rotas de Processo	
	Metílica	Etílica
Quantidade consumida de álcool por 1.000 litros de biodiesel	90 kg	130 kg
Tempo de reação	45 minutos	90 minutos
Excesso recomendado de álcool, recuperável, por destilação, após reação	100%	650%
Temperatura recomendada de reação	60°C	85°C

Podemos citar as seguintes vantagens comparativas do uso do metanol em detrimento do etanol na transesterificação:

- O consumo de metanol no processo de transesterificação é cerca de 45% menor que do etanol anidro;
- Para uma mesma taxa de conversão, o tempo de reação utilizando o metanol é cerca de metade do tempo quando se emprega o etanol;
- Considerando a mesma produção de biodiesel, o consumo de vapor na rota metílica é cerca de 20% do consumo na rota etílica, e o consumo de eletricidade é menos da metade;
- Os equipamentos de processo da planta com rota metílica possuem cerca de um quarto do volume dos equipamentos para a rota etílica.

Pelas considerações anteriores extrai-se que os custos do processamento utilizando-se a transesterificação com metanol, grosso modo, é cerca de metade do custo do processamento empregando-se o álcool etílico. Tudo isso induz, em favor da rota metílica, uma redução nos custos finais de biodiesel na faixa de 5 a 60%, dependendo dos preços da matéria prima (Parente, 2003).

2.4. Mercado do Biodiesel

O biodiesel resultante dos processos descritos tem dois mercados principais, o mercado automotivo e a aplicação em estações estacionárias. Ou seja, o biodiesel pode substituir 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.).

O mercado automotivo pode ser subdividido em dois grupos, sendo um composto por grandes consumidores com circulação geograficamente restrita, tais como empresas de transportes urbanos, de prestação de serviços municipais, transportes ferroviário e hidroviário, entre outras. A segunda parcela do mercado automotivo caracteriza-se pelo consumo a varejo, com a venda do combustível nos postos de revenda tradicionais. Neste grupo estão incluídos os transportes interestaduais de cargas e passageiros, veículos leves e consumidores em geral.

O mercado de estações estacionárias caracteriza-se basicamente por instalações de geração de energia elétrica e representa casos específicos e regionalizados. Outros nichos de mercado para utilização do biodiesel para geração de energia podem ser encontrados na pequena indústria e no comércio, como forma de redução do consumo de energia no horário de ponta, aliado aos aspectos propaganda e *marketing*. Tipicamente, pode-se considerar a geração de energia nas localidades não supridas pelo sistema regular nas regiões remotas do país, que em termos dos volumes envolvidos não são significativos, mas podem representar reduções significativas com os custos de transporte e, principalmente, a inclusão social e o resgate da cidadania dessas comunidades.

2.5. A Cadeia Produtiva do Biodiesel

Para contextualizar o tipo de óleo designado para este trabalho, é necessário verificar as cadeias produtivas do biodiesel a partir das matérias graxas classificáveis segundo as suas fontes de matérias-primas. A Figura 4 mostra, em blocos, os diversos elos das cadeias produtivas do biodiesel.

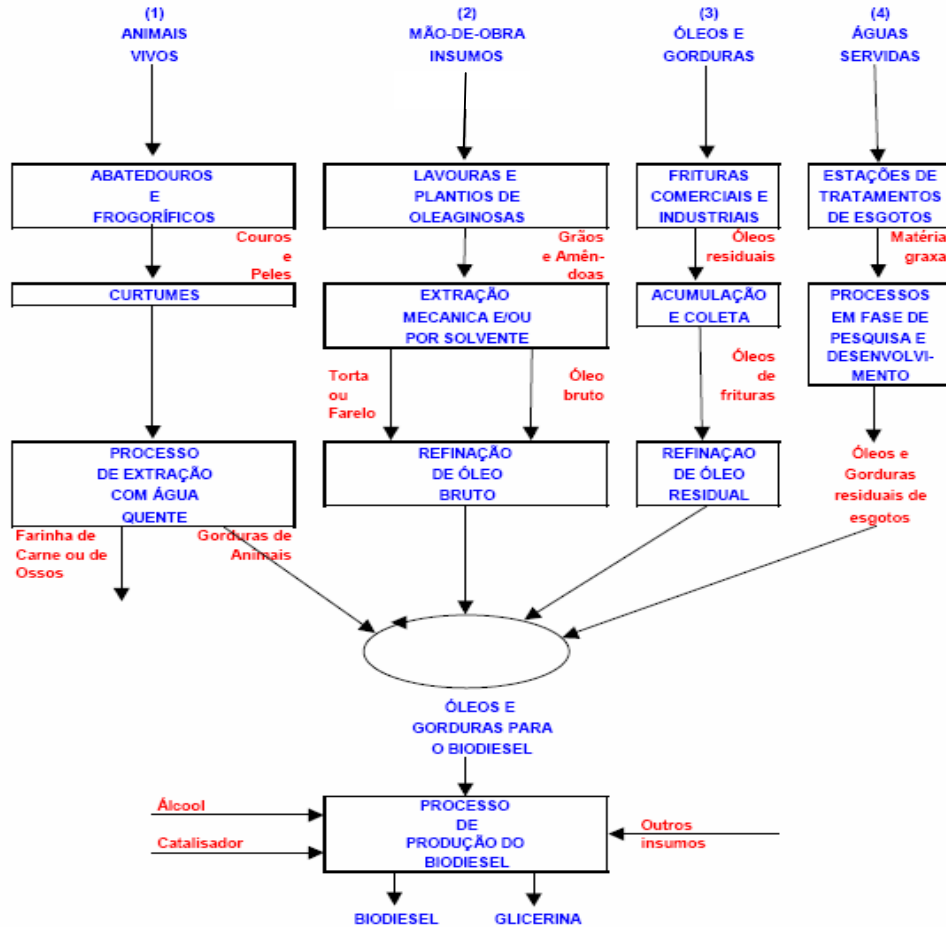


Figura 4: Fluxograma das cadeias produtivas no Brasil. Fonte: Parente (2003)

A forma mais conhecida de obtenção do biodiesel é através das oleaginosas, das quais podemos citar os óleos de dendê, mamona, girassol, amendoim, babaçu, soja, pinhão manso e nabo forrageiro, óleos estes provindos da agricultura familiar e/ou agro-negócio.

No entanto, como foi apresentado, o biodiesel também pode ser produzido a partir de óleos e gorduras residuais, alguns dos quais são provenientes das próprias oleaginosas, mas após uso. Outra classificação, apresentada pelo Riobiodiesel (2005), enuncia que os resíduos a partir dos quais é possível produzir biodiesel são:

- Óleos de fritura usados;
- Caixas de gordura condominiais;
- Óleos e gorduras residuais resultantes de processamento industrial;
- Gorduras animais, principalmente através de carcaças de abate;
- Resíduos gordurosos de esgoto e resíduos ambientais.

Os óleos de fritura usados são provenientes das residências, comércio ou indústria, principalmente da área alimentícia. Como exemplo de óleos e gorduras animais, temos o sebo bovino provindo de matadouros e frigoríficos. Por fim, tem-se a “nata sobrenadante” ou espuma de esgotos e resíduos agrícolas e florestais de natureza graxa.

A reciclagem de resíduos vem sendo mais intensamente aplicada, atualmente, não simplesmente porque esses representam matérias primas de baixo custo, mas porque os efeitos da degradação ambiental decorrente de atividades industriais e urbanas estão atingindo níveis cada vez mais alarmantes.

Recentemente, a implantação de programas de qualidade total tem reduzido o impacto poluidor de várias atividades de natureza agro-industrial. No entanto, muitos casos ainda prevalecem sem qualquer proposta de solução definitiva. Por exemplo, em abatedouros de frangos, os animais que chegam mortos e/ou são condenados pela Inspeção Federal representam em média 4-5% do total. Estes animais são normalmente incinerados ou mesmo enterrados, um destino inconveniente devido à possibilidade de contaminação de lençóis freáticos com resíduos indesejáveis e/ou microorganismos patogênicos. Por outro lado, a incineração é também um processo poluente e de alto custo que vem, gradativamente, entrando em desuso. Assim, de um modo geral, o aproveitamento integrado de resíduos gerados na indústria alimentícia pode evitar o encaminhamento destes aos aterros sanitários, permitindo o estabelecimento de novas alternativas empresariais e minimizando o impacto ambiental do acúmulo destes resíduos (Costa Neto e Rossi, 2000).

A eliminação dos óleos resultantes do processo de fritura por imersão também representa outro problema ecológico, pois o seu descarte pelas redes de esgoto sem tratamento prévio provoca o entupimento dos encanamentos e o mau funcionamento das estações de tratamento. Para retirar o óleo são utilizados produtos químicos altamente tóxicos, o que acaba criando uma cadeia perniciosa. Um exemplo do benefício da reciclagem do óleo dentro desta questão é o caso da UESC, que recebe o óleo de fritura de comerciantes que vendem comida na praia e em um *shopping center*. Na região do *shopping*, a companhia de esgotos costumava fazer um trabalho de manutenção dos encanamentos a cada 15 dias. Com a reutilização do óleo, a manutenção passou a ser feita uma vez por ano (O Estado de São Paulo, 2002).

Além disso, o descarte do óleo tem como destino final os rios ou o oceano, o que termina por poluí-los. O óleo, mais leve que a água, fica na superfície, criando uma barreira que dificulta a entrada de luz e oxigenação da água, comprometendo, assim, a base da cadeia alimentar aquática, os fitoplânctons. Ainda, são gerados graves problemas de higiene e mau cheiro.

Desta forma, acrescenta-se às vantagens da produção do biodiesel a reciclagem de resíduos que poluem e custam muito para serem eliminados pela natureza.

2.5.1. Comparação entre matérias-primas

Para dimensionar a potencialidade de cada tipo de matéria-prima para produção de biodiesel, serão apresentados dados do trabalho de Sousa *et al.* (2005). Neste estudo, foram levantados custos de obtenção do biodiesel a partir da mamona, do dendê e de óleos e gorduras residuais (OGR).

O cálculo dos custos de produção desconsiderou os impostos devido à isenção dada pelo Governo Federal através do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. Sendo assim, o custo total de produção de 435 mil litros foi de R\$ 622.587,56 para a mamona, R\$ 650.836,04 para o dendê e R\$ 458.644,04 para os OGR. O maior percentual dos custos totais corresponde aos custos variáveis que estão diretamente atrelados à matéria prima utilizada, como mostra a Figura 5.

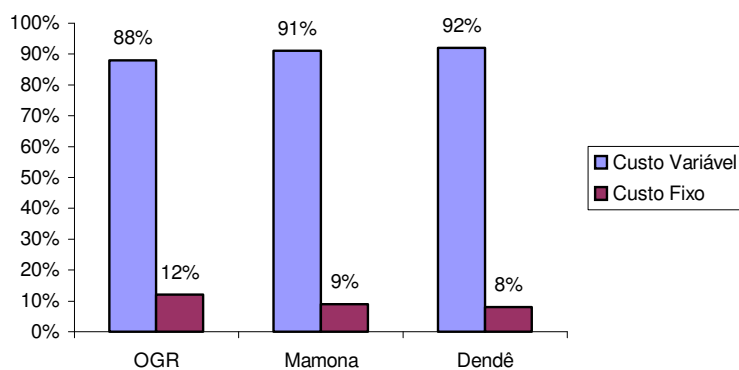


Figura 5: Distribuição dos custos de produção do biodiesel por matéria-prima. Fonte: Sousa *et al.* (2005)

Os custos médios obtidos para produção de biodiesel de mamona, dendê e OGR foram de R\$ 1,43/L, R\$ 1,49/L e R\$ 1,05/L, respectivamente, enquanto que

os preços para o consumidor correspondem a R\$ 1,57/L, R\$ 1,64/L e R\$ 1,16/L para B100, considerando uma margem de comercialização de 10%.

Já no trabalho realizado por Almeida Neto *et al.* (2000) foram comparados os desempenhos entre os OGR adquiridos junto a uma firma coletora e a pequenos e médios estabelecimentos e o óleo vegetal *in natura*. Numa avaliação preliminar, os custos de produção para o biocombustível foram estimados em R\$ 0,71/L e R\$ 1,31/L, utilizando-se OGR e óleo vegetal *in natura* como matéria-prima, respectivamente, em planta piloto. Não foram mencionados impostos.

Da decomposição dos custos variáveis de produção, apresentado na Figura 6, pode-se deduzir que, para o óleo *in natura*, a matéria-prima representa o maior percentual no custo (68%). No caso dos OGR, o metanol representou o maior percentual na composição dos custos variáveis.

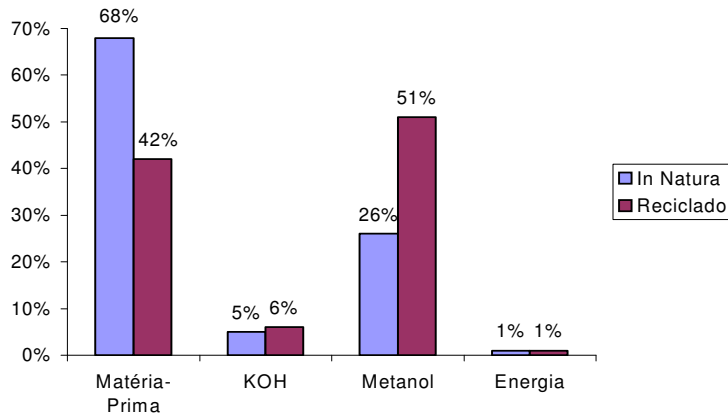


Figura 6: Decomposição dos custos variáveis do biocombustível. Fonte: Almeida Neto *et al.* (2000)

Os valores diferentes obtidos pelos trabalhos se justificam na medida em que foram feitos em diferentes épocas e consideram diferentes fatores. No primeiro caso, trata-se de uma usina com produção de 435 mil litros por ano, devendo ser considerados custos de capital, administrativos, instalações e equipamentos distintos de uma planta piloto. Assim, identifica-se uma dificuldade na formação de custos de produção, havendo necessidade de uma avaliação criteriosa, com clareza e abrangência, na apresentação destes dados.

Além disso, o objetivo de tal comparação entre insumos é demonstrar, financeiramente, que existe um embasamento efetivo para o estudo da utilização de OGR para produção do biodiesel, visto que esta forma de obtenção do biocombustível é mais econômica que aquela a partir das oleaginosas. Como a via

agrícola é a mais difundida e pesquisada, deve-se atentar para a alternativa que os OGR apresentam e avaliar, também, suas perspectivas.

2.6. Biodiesel a Partir de Resíduos

Tendo o conhecimento das opções da cadeia produtiva do biodiesel, será feita uma abordagem mais específica sobre o biodiesel a partir de OGR, convergindo para o foco do estudo em questão.

Alguns fatores podem limitar a utilização dos óleos e gorduras residuais como matéria-prima. Os óleos e gorduras utilizados repetidamente em fritura por imersão sofrem degradação por reações tanto hidrolíticas quanto oxidativas (Arellano *apud* Costa Neto e Rossi, 2000). Neste caso, a oxidação, que é acelerada pela alta temperatura do processo, é a principal responsável pela modificação das características físico-químicas do óleo. O óleo torna-se escuro, viscoso, tem sua acidez aumentada e desenvolve odor desagradável, comumente chamado de ranço. Embora possível, a purificação destes óleos com materiais adsorventes não é considerada viável sob o ponto de vista econômico (Costa Neto e Rossi, 2000). A Figura 7 mostra os tipos de rancidez do biodiesel proveniente do óleo de fritura.

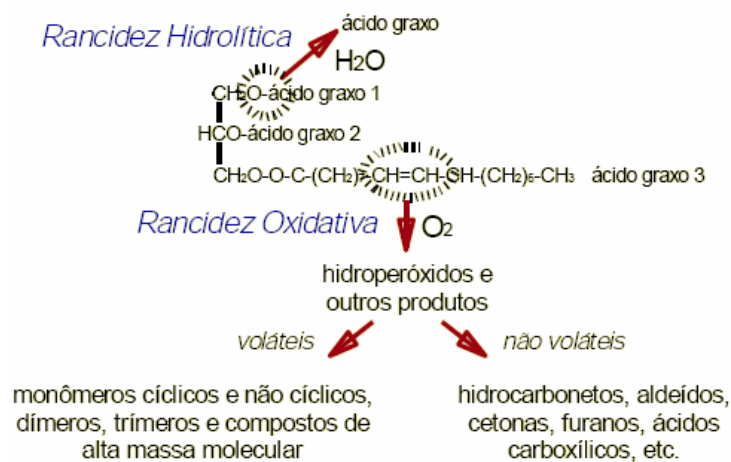


Figura 7: Biodiesel proveniente do óleo de fritura. Fonte: Aranda (2005)

Além disso, há impurezas que não podem ser eliminadas através de decantação ou filtração, como os ácidos livres, polímeros e fosfolipídeos, que podem dificultar ou mesmo inviabilizar o seu aproveitamento como combustível. A origem do resíduo irá determinar sua disponibilidade, qualidade e custo para a

utilização como combustível, conforme classificação sugerida na Tabela 3, para resíduos gordurosos na Alemanha, país que se encontra em estágio avançado de desenvolvimento da produção do biodiesel.

Tabela 3: Classificação do óleo residual de acordo com sua origem. Fonte: Jurisch e Meyer-Pittroff *apud* Almeida Neto *et al.* (2000)

Óleo e gordura residual	Custo	Qualidade	Volume	Preparo
Fritura comercial	0	+	++	+
Fritura residencial	0	++	-	++
Fritura industrial	-	+	++	+
Matadouros e frigoríficos	0	-	++	-
Tratamento de esgoto	+	--	+	--

(++) muito favorável (+) favorável (0) neutro (-) desfavorável (--) muito desfavorável

Desta forma, a primeira medida para verificar a potencialidade do emprego do óleo na transesterificação é a caracterização físico-química deste, visto que a composição de ácidos graxos, o nível de umidade e o índice de acidez (Almeida Neto *et al.*, 2000) darão uma avaliação preliminar da qualidade do óleo. Para isto, utilizam-se vários métodos analíticos, tais como a cromatografia líquida de alta eficiência, a cromatografia em fase gasosa e a espectroscopia de ressonância magnética nuclear de hidrogênio (Costa Neto e Rossi, 2000).

Segundo a universidade de Kassel, na Alemanha, o fluxograma de uma planta piloto para a produção de biodiesel a partir de óleos residuais é representado na Figura 8:

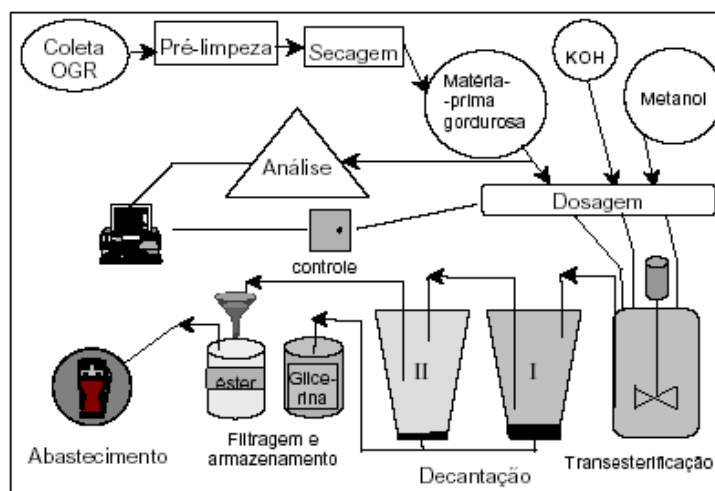


Figura 8: Fluxograma da produção de biodiesel a partir de óleos residuais. Fonte: Almeida Neto *et al.* (2000)

No entanto, existem processos que eliminam a necessidade do pré-tratamento do óleo, pois proporciona uma maior purificação do biodiesel. A

transesterificação supercrítica é a um desses processos, sendo apresentada por Kasteren e Nisworo (2007) e Kladt (2005) como vantajosa nos aspectos enumerados na Tabela 4.

Tabela 4: Propriedades da transesterificação supercrítica e convencional. Fonte: Kasteren e Nisworo (2007)

Propriedades	Supercrítica	Convencional
Necessidade de catalisador	Não	Sim
Tempo de reação	Segundos – minutos	Minutos – horas
Temperatura (°C)	200 – 300	50 – 80
Pressão (bar)	100 – 200	1
Sensível a ácidos graxos livres	Não	Sim
Sensível a água	Não	Sim
Pré-tratamento	Não	Sim
Remoção de catalisador	Não	Sim
Remoção de sabão	Não	Sim

A água e os ácidos graxos livres limitam a ação dos catalisadores, diminuindo sua eficiência, e colaboram na formação de sabão. Logo, a não sensibilidade a estes aumenta o rendimento e poupam esforços de remoção de sabão.

Outros fatores que podem limitar a utilização dos óleos residuais como matéria-prima na produção de biodiesel são a competição com outros usos (rações, lubrificantes, massa de vidraceiro, sabão, produção de derivados graxos, etc.), a disponibilidade do óleo e seus custos.

Quanto às rações, é importante ressaltar que os animais que se alimentam destas são impróprios para o consumo humano. Além disto, o efeito cumulativo da ingestão contínua e prolongada de compostos de maior toxicidade, formados durante a fritura por imersão, deveria ser melhor investigado em razão de suas reconhecidas propriedades carcinogênicas.

2.7. Leilões de Biodiesel

No Brasil, o preço do biodiesel tem como referência os leilões que são realizados pela ANP. Tais leilões têm como objetivo garantir aos produtores de biodiesel um mercado para a venda da produção e, aos compradores, a formação de estoque para atender os percentuais de obrigatoriedade de biodiesel no combustível em vigor. Os volumes leiloados podem ser entregues até um ano após a data do leilão.

Para participar dos leilões, o produtor de biodiesel precisa ter o Selo Combustível Social (autorização da ANP para produzir o combustível) e estar regularizado junto à Receita Federal. Para obter o Selo, o produtor tem que seguir a tabela que estabelece o mínimo de matéria-prima que deve ser adquirido de pequenos agricultores em cada uma das cinco regiões do país. No Nordeste, a compra de matéria-prima da agricultura familiar tem de ser, pelo menos, de 50% do volume total. No sudeste e Sul, o mínimo é de 30% e, no Norte e Centro-Oeste, 10% (Globo Online, 2006).

Em todos os leilões promovidos até então, a Petrobras é a maior compradora, com mais de 90% das aquisições, seguida da REFAP, que tem como sócias a Petrobras e a Repsol. A Tabela 5 apresenta as empresas e os volumes arrematados por leilão.

Tabela 5: Volume de biodiesel arrematado por empresa (m³). Fonte: ANP (2007)

Empresas / Municípios	1º leilão	2º leilão	3º leilão	4º leilão	5º leilão	6º leilão	7º leilão
Região Norte	5.000	0	2.200	90.000	0	25.000	11.000
Agropalma / PA	5.000		2.200				1.000
Brasil Ecodiesel / Porta Nacional – TO				90.000		25.000	10.000
Região Nordeste	38.000	21.780	40.000	218.220	17.000	99.000	5.000
Brasil Ecodiesel / Floriano – PI	38.000		40.000				
Brasil Ecodiesel / Crateús – CE		1.780		88.220	2.000		
Brasil Ecodiesel / Iraquara – BA		20.000		80.000	6.000	41.000	
Brasil Ecodiesel / São Luís – MA				50.000		43.000	
IBR / Simões Filho – BA					9.000		
Comanche / BA						15.000	5.000
Região Centro Oeste	0	38.220	0	79.129	28.000	58.000	45.000
Binatural / Formosa – GO		1.320					3.000
Granol / Anápolis – GO		36.000			28.000	15.000	20.000
Renobrás / Dom Aquino – MT		900					
Agrosoja / Sorriso – MT				5.000			
Fiagril / Lucas do Rio Verde – MT				27.500		13.000	10.000
Barrálcool / Barra do Borges – MT				16.629			
Caramuru / São Simão – GO				30.000		30.000	8.000
Biocamp / MT							4.000
Região Sudeste	27.000	110.000	7.800	2.651	0	50.000	5.000
Soyminas / Cássia – MG	8.700						
Granol / Campinas – SP	18.300		1.800				
Ponte di Ferro / Rio de Janeiro – RJ		31.000					
Ponte di Ferro / Taubaté – SP		19.000					
Biocapital / Charqueada – SP		60.000				50.000	
Fertibom / Cantanduva – SP			6.000				
Biominas / Itatiaiuçu – MG				2.651			
Bioverde / SP							5.000
Região Sul	0	0	0	160.000	0	72.000	10.000
Brasil Ecodiesel / Rosário do Sul – RS				80.000		32.000	10.000
Bsbios / Passo Fundo – RS				70.000			
Oleoplan / Veranópolis – RS				10.000		10.000	
Granol / RS						30.000	
Total	70.000	170.000	50.000	550.000	45.000	304.000	76.000

Porém, nem todas as empresas arrematam seus valores ofertados, havendo um número de ofertantes maior que o de arrematadoras. As ofertantes, os volumes ofertado e arrematado, os preços, deságios e prazos são apresentados na Tabela 6. O preço FOB³ máximo de referência é estabelecido pela ANP. Este preço inclui os tributos federais incidentes sobre o biodiesel (Pis/Pasep e Cofins), sem ICMS.

Tabela 6: Quadro resumo de dados dos leilões. Fonte: ANP (2007)

	1º leilão	2º leilão	3º leilão	4º leilão	5º leilão	6º leilão	7º leilão
Data	23/11/05	30/03/06	11/07/06	11/07/06	14/02/07	13/11/07	14/11/07
Número de Ofertantes	8	12	6	27	6	27	27
Volume Ofertado (m ³)	92.500	315.520	125.400	1.141.335	50.000	304.000	76.000
Volume Arrematado (m ³)	70.000	170.000	50.000	550.000	45.000	304.000	76.000
Preço Máximo Referência (R\$/m ³)	1.920,00	1.908,00	1.904,84	1.904,51	1.904,51	2.400,00	2.400,00
Preço Médio (R\$/L)	1,900	1,860	1,754	1,740	1,860	1,867	1,863
Deságio (%)	(0,79)	(2,53)	(7,93)	(8,29)	(2,22)	(22,2)	(22,4)
Prazo de Entrega	jan/06 a dez/06	jul/06 a jun/07	jan/07 a dez/07	jan/07 a dez/07	jan/07 a dez/07	jan/08 a jun/08	jan/08 a jun/08

³ FOB é um termo internacional de comércio (INCOTERM) que significa *Free on Board*, ou seja, não inclui o custo de transporte da mercadoria. O transporte é pago pelo comprador (Wikipédia, 2006).