



O BIODIESEL E A INCLUSÃO SOCIAL

Paulo César Ribeiro Lima
Consultor Legislativo da Área XII
Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos

ESTUDO

Março/2004



**Câmara dos Deputados
Praça 3 Poderes
Consultoria Legislativa
Anexo III - Térreo
Brasília - DF**

ÍNDICE

1. Introdução	4
1.1 O biodiesel no mundo	6
1.1.1 Alemanha	6
1.1.2 França	6
1.1.3 Estados Unidos	6
1.1.4 Malásia	6
1.1.5 Outros países	7
1.1.6 Dados de produção da União Européia	7
1.2 O álcool e o biodiesel no Brasil	7
1.2.1 Álcool no Brasil	7
1.2.2 Biodiesel no Brasil	8
2. Motivações para a produção de biodiesel	11
2.1 Benefícios sociais	11
2.2 Benefícios ambientais	11
3. Revisão bibliográfica e estado da arte	13
3.1 Matérias-primas	14
3.1.1 Matérias-primas de destaque	14
3.1.2 O uso direto de óleos	16
3.2 Craqueamento térmico	16
3.3 Processo de produção de biodiesel	17
3.3.1 Preparação da matéria-prima	17
3.3.2 Transesterificação	17
3.3.3 Transesterificação supercrítica com metanol	20
3.3.4 Separação de Fases	20
3.3.5 Recuperação e desidratação do álcool	21
3.3.6 Destilação da glicerina	21
3.3.7 Purificação do biodiesel	21
3.5 Análise do produto e especificações	21
3.6 Custos de produção	22
4. Outros aspectos técnicos	23
4.1 A importância da rota etílica	23
4.2 O papel da ANP e a questão dos motores	24
4.2.1 O papel da ANP	24
4.2.2 A questão dos motores	26
4.3 Biodiesel como aditivo	27
5. Medidas políticas para estímulo ao biodiesel e à inclusão social	28
5.1 Os modelos de produção	28
5.1.1 A visão do Ministério da Integração Nacional	28
5.1.2 A visão do Ministério de Minas e Energia	29
5.2 Fontes de financiamento	30
5.2.1 Internas	30
5.2.2 Fontes Externas	30
5.3 A questão tributária	31
6. Sumário e Conclusões	32
7. Bibliografia	32

© 2004 Câmara dos Deputados.

Todos os direitos reservados. Este trabalho poderá ser reproduzido ou transmitido na íntegra, desde que citado o autor e a Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. São vedadas a venda, a reprodução parcial e a tradução, sem autorização prévia por escrito da Câmara dos Deputados.

O BIODIESEL E A INCLUSÃO SOCIAL

Paulo César Ribeiro Lima

“O Biodiesel e a Inclusão Social” foi o primeiro tema eleito para ser discutido em profundidade pelo Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica, após sua reinstalação. O Deputado Ariosto Holanda, membro da Comissão de Ciência e Tecnologia e autor da proposta de retomada desse Conselho, promoveu uma exposição e uma videoconferência sobre o tema no mês de novembro de 2003.

Esses eventos reuniram representantes do Governo Federal, dos Estados e dos Municípios, empresários, pesquisadores e integrantes de organizações não-governamentais, entre outros, que debateram livremente, por meio de videoconferência, as principais questões referentes ao tema.

A exposição mostrou veículos e geradores movidos a biodiesel e, além disso, foi montada, na própria Câmara dos Deputados, uma miniusina de produção de biodiesel. Os visitantes puderam ter acesso aos trabalhos de pesquisa dos mais diversos centros tecnológicos do Brasil envolvidos com o biodiesel.

Em decorrência dessas iniciativas, foi solicitada a elaboração deste trabalho com o objetivo de tornar disponível para o público em geral a situação atual do biodiesel no Brasil e no mundo, o estado da arte da tecnologia e as principais conclusões dos eventos realizados.

O Brasil tem todas as condições para se tornar um grande produtor de biodiesel, pois o país tem um potencial incomparável para produção de biomassa para fins energéticos. A mamona, o dendê, a soja, entre outras, podem ser abundantes fontes de energia e de inclusão social.

1. INTRODUÇÃO

O biodiesel é uma denominação genérica para combustíveis e aditivos derivados de fontes renováveis, como dendê, babaçu, soja, palma, mamona, entre outras. No Brasil, as pesquisas com o biodiesel remontam ao ano de 1980, com os trabalhos do professor Expedito Parente, da Universidade Federal do Ceará, que é autor da patente PI – 8007957. Essa foi a primeira patente, em termos mundiais, de biodiesel e de querosene vegetal de aviação.

Comparado ao óleo diesel derivado de petróleo, o biodiesel pode reduzir em 78% as emissões de gás carbônico, considerando-se a reabsorção pelas plantas. Além disso reduz em 90% as emissões de fumaça e praticamente elimina as emissões de óxido de enxofre. É importante frisar que o biodiesel pode ser usado em qualquer motor de ciclo diesel, com pouca ou nenhuma necessidade de adaptação.

O biodiesel pode ser um importante produto para exportação e para a independência energética nacional, associada à geração de emprego e renda nas regiões mais carentes do Brasil. Destaque-se que o Brasil importa, anualmente, cerca de 40 milhões de barris de óleo diesel, o que representa uma despesa na nossa balança de pagamentos de pelo menos 1,2 bilhão de dólares. A tabela 1.1 mostra a dependência do Brasil em relação à importação de óleo diesel. Em 2001, o Brasil importou 20% do óleo diesel consumido.

Tabela 1.1 – Produção, importação, exportação e consumo de óleo diesel no Brasil.

Ano	Produção (mil m ³)	Importação (mil m ³)	Exportação (mil m ³)	Parcela Importada (%)	Despesas com Importação (US\$ mil)
1996	27.605	4.906,0	256,03	18	767.803
1997	28.003	5.892,2	188,96	21	836.317
1998	30.132	6.207,1	0,52	21	630.647
1999	32.211	5.830,0	61,39	18	670.707
2000	32.432	5.801,0	60,63	18	1.254.162
2001	33.645	6.603,5	73,46	20	1.215.035

Fonte: Agência Nacional do Petróleo

O Brasil é um país de destaque no cenário mundial de biocombustíveis. Na década de 70 foi implementado o Programa Nacional do Alcool – PROALCOOL para abastecer com etanol, de forma extensiva, veículos movidos normalmente à gasolina. Entre erros e acertos, esse programa apresentou um saldo positivo, pois as metas, apesar de muito ambiciosas, foram atingidas e superadas, demonstrando, sobretudo, a potencialidade brasileira para produção de biomassa para geração de energia.

O Brasil pela sua imensa extensão territorial, associada às excelentes condições edafo-climáticas, é considerado o paraíso para a produção de biomassa para fins alimentares, químicos e energéticos.

Estudos divulgados pelo órgão encarregado da implementação do biodiesel nos Estados Unidos, afirmam categoricamente que o Brasil tem condições de liderar a produção mundial de biodiesel, promovendo a substituição de, pelo menos, 60% do óleo diesel consumido no mundo.

As matérias-primas e os processos para a produção de biodiesel dependem da região considerada. As diversidades sociais, econômicas e ambientais geram distintas motivações regionais para a sua produção e consumo.

Na Amazônia, em toda a bacia do rio Amazonas e seus afluentes, compreendendo os Estados do Amazonas e Pará, e parte dos estados circunvizinhos,

predomina a hiléia, com clima úmido equatorial. Essa região, em geral, não possui vocação para as culturas temporárias, uma vez que o solo fértil é de pequena profundidade e que a elevada taxa de pluviosidade ocasiona excessiva erosão.

A Amazônia tem apresentado excelentes resultados na produção de oleaginosas de palmeiras, das quais se destaca o dendê, com produtividade que pode ser superior a 5.000 kg de óleo por hectare por ano. Muitas outras espécies oleaginosas nativas espalhadas pela região poderiam abastecer pequenas unidades industriais, conferindo auto-suficiência local em energia, constituindo o que se poderia conceituar de “ilhas energéticas”.

É oportuno salientar que a maior parte da energia elétrica utilizada na região amazônica é oriunda do óleo diesel e do óleo combustível e que o custo do transporte desse óleo para localidades remotas é excessivamente elevado, podendo chegar a três vezes o custo do próprio combustível.

Nos Estados do Maranhão e Tocantins e parte dos Estados do Piauí, Goiás, Mato Grosso e Pará, há predominância de imensas florestas de babaçu, algo em torno de 17 milhões de hectares.

O coco de babaçu, pelo aproveitamento de seus constituintes, tem muitas utilidades. Das amêndoas, pode-se extrair o óleo, que se apresenta como excelente matéria-prima para a produção de biodiesel. A torta pode ser destinada à rações animais. O caroço pode ser usado como matéria-prima na produção de metanol, importante insumo do biodiesel. A casca pode ser empregada como combustível para geração de calor e eletricidade.

A principal motivação do babaçu está no aproveitamento de um recurso natural já existente e pouco explorado, em condições de gerar, além do biodiesel, muitos outros produtos.

A região semi-árida do Brasil abrange quase todos os estados da Região Nordeste e o norte de Minas Gerais. São regiões de convivência com secas periódicas e possuem grandes contingentes de miseráveis nas zonas rurais.

Nessa região, as culturas energéticas podem se basear em lavoura de sequeiro, isto é, sem irrigação. A mamona e o algodão apresentam-se como viáveis, uma vez que tais culturas podem conviver com o regime pluviométrico do semi-árido. A mamoneira adapta-se muito bem ao clima e as condições de solos do semi-árido. Estudos realizados pelo Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, da Empresa de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, vem disponibilizando cultivares de alta produtividade.

A lavoura da mamona presta-se para a agricultura familiar, podendo apresentar economicidade elevada. A torta resultante da extração do óleo de mamona apresenta-se como ótimo adubo, encontrando aplicações na fruticultura, horticultura e floricultura, atividades importantes e crescentes nos perímetros irrigados nordestinos.

Essa região possui mais de dois milhões de famílias que, habitualmente, convivem com a fome e que se tornam, periodicamente, flagelados das secas. Portanto, a grande e forte motivação para um programa de biodiesel no Nordeste reside na possibilidade de erradicar ou minorar a miséria do campo por meio de assentamentos familiares.

Acredita-se que as regiões mais carentes do Brasil poderão vir a ser grandes produtoras de biodiesel. A demanda mundial por combustíveis de origem renovável será crescente e o Brasil tem potencial para ser um grande exportador mundial, principalmente no contexto atual de mudanças climáticas.

A produção de biodiesel é estratégica para o Brasil e pode significar uma revolução no campo, gerando emprego, renda e desenvolvimento para todo o país, especialmente para o Norte e o Nordeste.

1.1 O biodiesel no mundo

No início dos anos 90, o processo de industrialização do biodiesel foi iniciado na Europa. Portanto, mesmo tendo sido desenvolvido no Brasil, o principal mercado produtor e consumidor de biodiesel em grande escala foi a Europa.

As refinarias de petróleo da Europa têm buscado a eliminação do enxofre do óleo diesel. Como a lubrificidade do óleo diesel mineral dessulfurado diminuiu muito, a correção tem sido feita pela adição do biodiesel, já que sua lubrificidade é extremamente elevada. Esse combustível tem sido designado, por alguns distribuidores europeus, de “Super Diesel”.

1.1.1 Alemanha

A Alemanha estabeleceu um expressivo programa de produção de biodiesel a partir da canola, sendo hoje o maior produtor e consumidor europeu de biodiesel, com capacidade de 1 milhão de toneladas por ano.

O modelo de produção na Alemanha, assim como em outros países da Europa, tem características importantes. Nesse país, os agricultores plantam a canola para nitrogenar naturalmente os solos exauridos daquele elemento e dessa planta extraem óleo, que é a principal matéria-prima para a produção do biodiesel. Depois de produzido, o biodiesel é distribuído de forma pura, isento de qualquer mistura ou aditivação. Esse país conta com uma rede de mais de 1.000 postos de venda de biodiesel.

Nesses postos, uma mesma bomba conta com dois bicos, sendo um para óleo diesel de petróleo e o outro, com selo verde, para biodiesel. Grande parte dos usuários misturavam, nas mais diversas proporções o biodiesel com o diesel comum, até ganhar confiança no biodiesel, cerca de 12% mais barato. Esse menor preço é decorrente da isenção de tributos em toda a cadeia produtiva do biodiesel.

1.1.2 França

Com capacidade de 460 mil toneladas por ano, a França é atualmente o segundo maior produtor europeu de biodiesel. As motivações e os sistemas produtivos na França são semelhantes aos adotados na Alemanha, porém o combustível é fornecido no posto já misturado com o óleo diesel de petróleo na proporção atual de 5%. Contudo, esse percentual deverá ser elevado para 8%. Atualmente, os ônibus urbanos franceses consomem uma mistura com até 30% de biodiesel.

1.1.3 Estados Unidos

A grande motivação americana para o uso do biodiesel é a qualidade do meio ambiente. Os americanos estão se preparando, com muita seriedade, para o uso desse combustível especialmente nas grandes cidades. A capacidade de produção estimada é de 210 a 280 milhões de litros por ano.

A percentagem que tem sido mais cogitada para a mistura no diesel de petróleo é a de 20% de biodiesel, mistura essa que tem sido chamada de B20. Os padrões para o biodiesel nos Estados Unidos são determinados e fixados pela norma ASTM D-6751.

É importante ressaltar que o Programa Americano de Biodiesel é baseado em pequenos produtores.

1.1.4 Malásia

Na Malásia foi implementado um programa para a produção de biodiesel a partir do óleo de palma de dendê (Meirelles, 2003). O país é o maior produtor mundial desse óleo, com uma produtividade de 5.000 kg de óleo por hectare ano. A primeira

fábrica deverá entrar em operação em 2004, com capacidade de produção equivalente a 500 mil toneladas por ano. A perspectiva de extração de vitaminas A e E permitirá a redução dos custos de produção do biodiesel.

1.1.5 Outros países

Vários outros países têm demonstrado interesse no biodiesel, seja para produzir, seja para comprar e consumir. O Japão tem demonstrado interesse em importar biodiesel. Alguns países europeus, onde se incluem os países do norte e do leste, além da Espanha e da Itália, cogitam não somente produzir, mas também importar biodiesel.

A questão ambiental constitui a verdadeira força motriz para a produção e consumo dos combustíveis limpos oriundos da biomassa, especialmente do biodiesel.

1.1.6 Dados de produção da União Européia

A produção de biodiesel nos países da União Européia durante 2001 aumentou em mais de 20%, atingindo um total de 853.700 toneladas. França e Alemanha foram os maiores produtores europeus em 2001. A tabela 1.2 mostra a situação de produção de biodiesel em 2001 em alguns países de destaque no cenário internacional.

Tabela 1.2 – Tabela de produção de biodiesel em países da União Européia.

País	Produção estimada de biodiesel em 2001 (em toneladas)	Capacidades de produção em 2002 (em toneladas)
Itália	156 300	419 000
Áustria	29 000	95 500
França	373 900	502 000
Suécia	1 000	8 000
Alemanha	307 500	1 023 000
Total na União Européia	853 700	2 085 500

Fonte: EurObserv'ER 2002

1.2 O álcool e o biodiesel no Brasil

O álcool é um combustível que já tem seu lugar assegurado na matriz energética brasileira. O biodiesel, por sua vez, apesar da grande solução que pode representar, ainda não passa de uma auspiciosa promessa.

1.2.1 Álcool no Brasil

Em resposta às crises do petróleo da década de 70, o governo brasileiro criou o PROALCOOL. Esse programa, lançado em 1975, tinha como objetivo garantir o suprimento de combustível para o país, substituir a gasolina por um combustível renovável e encorajar o desenvolvimento tecnológico da indústria da cana-de-açúcar e do álcool.

Na primeira fase do PROALCOOL, até 1979, a ênfase foi na produção de álcool anidro, com 99,33% de etanol, para ser misturado à gasolina. Na segunda fase, que começou com a crise do petróleo de 1979, o foco passou a ser a produção de álcool hidratado para ser usado diretamente como combustível para carros.

Os primeiros carros funcionando apenas com álcool começaram a ser produzidos em 1979. Em dezembro de 1984, o número desses carros atingiu 1,8 milhão de unidades, o que representava, na época, 17% da frota nacional. Um protocolo entre

os fabricantes de carros e o Governo Federal foi assinado e destilarias foram montadas exclusivamente para a produção de álcool diretamente da cana-de-açúcar.

Entre 1983 e 1988, os carros movidos a álcool representavam mais de 90% do total das vendas. Em 1994, o Brasil tinha mais de 4,6 milhões de carros a álcool. Contudo, quando os preços do petróleo começaram a cair, a partir do final da década de 80, o governo reduziu os subsídios e, assim, começou o declínio da produção. No final da década de 90, a venda de carros a álcool representavam apenas 1%.

A partir de 1989, o Programa sofreu uma crise prolongada, mas o álcool ainda continua sendo um importante componente da gasolina, com um percentual atual de 25% da mistura, percentual esse inédito no mundo. Esclareça-se que o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, de açúcar e de álcool combustível.

Existe atualmente uma grande possibilidade de o Brasil tornar-se um grande exportador de álcool para uso como um aditivo à gasolina, tanto por pressões ambientais, como pela competitividade do país. A exportação de álcool tem sido afetada por barreiras comerciais que visam a proteger os produtores americanos e europeus.

1.2.2 Biodiesel no Brasil

No Brasil, desde a década de 20, o Instituto Nacional de Tecnologia – INT já estudava e testava combustíveis alternativos e renováveis.

Desde a década de 70, por meio do INT, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC, vêm sendo desenvolvidos projetos de óleos vegetais como combustíveis, com destaque para o DENDIESEL.

Na década de 70, a Universidade Federal do Ceará – UFCE desenvolveu pesquisas com o intuito de encontrar fontes alternativas de energia. As experiências acabaram por revelar um novo combustível originário de óleos vegetais e com propriedades semelhantes ao óleo diesel convencional, o biodiesel.

Com o envolvimento de outras instituições de pesquisas, da Petrobrás e do Ministério da Aeronáutica, foi criado o PRODIESEL em 1980. O combustível foi testado por fabricantes de veículos a diesel. A UFCE também desenvolveu o querosene vegetal de aviação para o Ministério da Aeronáutica. Após os testes em aviões a jato, o combustível foi homologado pelo Centro Técnico Aeroespacial.

Em 1983, o Governo Federal, motivado pela alta nos preços de petróleo, lançou o Programa de Óleos Vegetais – OVEG, no qual foi testada a utilização de biodiesel e misturas combustíveis em veículos que percorreram mais de 1 milhão de quilômetros. É importante ressaltar que esta iniciativa, coordenada pela Secretaria de Tecnologia Industrial, contou com a participação de institutos de pesquisa, de indústrias automobilísticas e de óleos vegetais, de fabricantes de peças e de produtores de lubrificantes e combustíveis.

Embora tenham sido realizados vários testes com biocombustíveis, dentre os quais com o biodiesel puro e com uma mistura de 70% de óleo diesel e de 30% de biodiesel (B30), cujos resultados constataram a viabilidade técnica da utilização do biodiesel como combustível, os elevados custos de produção, em relação ao óleo diesel, impediram seu uso em escala comercial.

Recentemente, com a elevação dos preços do óleo diesel e o interesse do Governo Federal em reduzir sua importação, o biodiesel passou a ser visto com maior interesse. Em outubro de 2002, o Ministério da Ciência e Tecnologia lançou o Programa Brasileiro de – Desenvolvimento Tecnológico do Biodiesel – PROBIODIESEL. Esse programa tem por objetivos desenvolver as tecnologias de produção e o mercado de consumo de biocombustíveis e estabelecer uma Rede Brasileira de Biodiesel que congregue e harmonize as ações de especialistas e entidades responsáveis pelo desenvolvimento desse

setor da economia. O PROBIODIESEL também visa desenvolver e homologar as especificações do novo combustível e atestar a viabilidade e a competitividade técnica, econômica, social e ambiental, a partir de testes de laboratório, bancada e campo.

Em julho de 2003, o Ministério de Minas e Energia – MME lançou o Programa Combustível Verde – Biodiesel, tendo sido estabelecida uma meta de produção de 1,5 milhão de toneladas de biodiesel, destinado ao mercado interno e à exportação. O objetivo desse programa é diversificar a bolsa de combustíveis, diminuir a importação de diesel de petróleo e ainda criar emprego e renda no campo.

Esses programas recentes poderão, contudo, ser reorientados em razão do relatório emitido em janeiro de 2004 pelo Grupo de Trabalho Interministerial – GTI Biodiesel sob coordenação da Casa Civil, formado em julho de 2003, para a viabilidade do biodiesel. O grupo teve como finalidade estudar a viabilidade técnica, econômica, social e ambiental do biodiesel e propor ações para sua utilização no país.

O GTI Biodiesel concluiu que os desafios tecnológicos e a inexistência, até o momento, de testes conclusivos e certificados relativos ao uso do biodiesel não devem representar empecilhos ao desenvolvimento imediato de ações que estimulem o seu uso. Esses testes poderão ser realizados concomitantemente à intensificação e difusão do uso do biodiesel.

Outra conclusão desse Grupo é a de que o Brasil, diferentemente do que ocorre em outros países, em especial na União Européia, não deve privilegiar rotas tecnológicas, matérias-primas e escalas de produção. A produção e consumo de biodiesel podem ser um vetor de desenvolvimento que pode atender necessidades, objetivos e metas os mais variados, consentâneos com nossas diferentes realidades.

Em dezembro de 2003, foram criados pelo Governo Federal uma Comissão Executiva Interministerial e um Grupo Gestor. Esse grupo, coordenado pela Secretária de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis do Ministério de Minas e Energia, tem a função de executar as ações relativas à gestão operacional e administrativa voltadas para o cumprimento das estratégias e diretrizes estabelecidas pela Comissão Executiva Interministerial.

Atualmente, muitas pesquisas e testes, voltados à utilização de biodiesel, estão sendo realizados no país. Destacam-se a seguir algumas dessas iniciativas. A Universidade Federal do Paraná vem desenvolvendo tecnologias para a produção de ésteres de óleo de soja, visando a sua mistura ao diesel, desde 1983. De janeiro a março de 1998, sob a coordenação do Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, realizou-se em Curitiba uma experiência de campo, com o uso monitorado de biodiesel B20, para uma frota de 20 ônibus urbanos que operaram normalmente com o novo combustível.

No estado, os testes têm sido realizados com biodiesel obtido a partir de soja e álcool, em função da grande disponibilidade destes produtos. O Paraná conta ainda com o Centro de Referência em Biocombustíveis – CERBIO, criado por meio de um convênio entre a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Estado e o MCT, sendo responsável pelas pesquisas com biodiesel, tanto como aditivo ao diesel quanto em combinação com o etanol. Os resultados mais recentes referem-se à mistura B20 num veículo Golf 1.9, que percorreu mais de vinte mil quilômetros sem necessidade de qualquer modificação mecânica prévia.

Desde o ano de 2000, existe, no campus da Universidade Estadual de Santa Cruz, em Ilhéus (BA), uma planta piloto de produção de biodiesel de éster metílico, a partir de óleo de dendê e gorduras residuais. A planta tem capacidade de produção de 1400 litros por dia, que pode ser adaptada para a produção de éster etílico. O biodiesel produzido está sendo testado em frotas de veículos da própria Universidade e em embarcações que circulam na Baía de Camamu. O projeto tem um aspecto ambiental e social muito importante, pois recolhe os óleos utilizados na cidade, em cozinhas industriais, restaurantes etc. para serem beneficiados e transformados em combustíveis.

Na região Nordeste do País, nos estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará existem projetos pilotos para a implantação de unidades processadoras de biodiesel, baseadas no óleo de mamona. A unidade do Rio Grande do Norte, que utilizará a rota etílica, deverá entrar em operação em janeiro de 2005 e terá capacidade produtiva equivalente a 5600 litros diários. A planta será instalada em Estreito e contará com a participação da Petrobrás.

No Ceará quem está à frente do projeto é a empresa Tecnologias Bioenergéticas Ltda. – Tecbio e a Fundação Núcleo de Tecnologia do Ceará – Nutec, cuja unidade piloto de produção de biodiesel deverá entrar em funcionamento em 2004. Recentemente, empresas da iniciativa privada e instituições públicas estabeleceram parcerias para fomentar o cultivo de mamona para a produção de biodiesel no Estado. Até 2007, a expectativa é de que sejam cultivados 70 mil hectares de mamona, que deverão atingir 66 dos 184 municípios do estado e que podem render 28 milhões de litros de biodiesel. Para o próximo ano estão previstos o cultivo de 10 mil hectares, que serão conduzidos por cerca de 6 mil famílias de pequenos agricultores. O governo do estado prevê, com esta medida, criar cerca de 21 mil postos de trabalho e gerar uma renda de R\$ 400 para cada hectare de plantação de mamona.

No estado do Piauí, está sendo desenvolvido um projeto piloto na Universidade Federal, em parceria com a Companhia Energética do Piauí – CEPISA, governo estadual e com a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF. A unidade terá capacidade para processar cerca de 3 mil litros por dia e deverá entrar em operação em 2004, utilizando a rota metílica.

No Rio de Janeiro, existe uma unidade piloto de produção de biodiesel na Universidade Federal, baseada em óleos de frituras usados e cuja capacidade produtiva é de 6,5 mil litros por dia. A Hidroveg Indústrias Químicas Ltda., que fornece matéria-prima, óleos vegetais, novos e usados, e gordura animal, realiza a coleta dos 25 mil litros mensais de óleo de fritura usados e doados pela Rede McDonalds, pré-purifica esse insumo e fornece à Universidade Federal do Rio de Janeiro -UFRJ para produção durante a etapa de testes, enquanto investe na adaptação de sua planta de beneficiamento, que produzirá 200 mil litros de biodiesel por dia e utilizará a rota metílica.

Algumas cidades já começaram a utilizar o biodiesel, como Ribeirão Preto (SP), que já usa esse combustível em suas frotas de ônibus urbanos. O emprego de biodiesel nas empresas também está crescendo. Em São Paulo, a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI utiliza em sua frota de tratores o biodiesel a base de óleo de girassol, sendo que desde maio de 2003 todos os tratores do Núcleo de Produção de Sementes de Águas de Santa Bárbara, unidade da CATI passaram a ser movidos com uma mistura de 30% de óleo vegetal, 65% de óleo diesel e 5% de gasolina como solvente. O litro dessa mistura tem um custo de produção de R\$1,19 e as primeiras avaliações indicam diminuição de consumo quando comparado ao uso do óleo diesel puro.

O Centro Nacional de Referência em Biomassa – Cenbio, a Embrapa, a Prefeitura do município de Moju (PA) e o grupo Agropalma estão conduzindo um projeto, na comunidade de Soledade, localizada na região do Alto Moju, para geração de energia elétrica a partir do óleo de dendê. A experiência vai beneficiar centenas de famílias de pequenos produtores rurais. A máquina é um motor diesel convencional, adaptado a um kit de conversão para óleo vegetal.

Em Ribeirão Preto, a Universidade de São Paulo – USP, a prefeitura e o McDonald's assinaram carta de intenções para produzir biodiesel a partir de óleo vegetal usado na fritura de hambúrgueres e de batatas pela rede americana. Os 256 veículos a diesel da prefeitura passariam a usar biodiesel em vez de óleo diesel convencional.

No País, já existem algumas empresas habilitadas a produzir biodiesel a partir do uso da soja, como a Ecomat, que tem suprido o CERBIO com um combustível que já está sendo testado na frota do transporte coletivo de Curitiba. No ano de 2000, foi instalada a fábrica de biocombustíveis da Ecomat no estado do Mato Grosso. Além da

Ecomat, a Granol instalou, em São Simão (GO), uma planta com escala industrial para a produção de biodiesel, cuja capacidade é de 400 toneladas por dia. A Cooperativa Agrícola de Campo Mourão – Coamo também está desenvolvendo uma planta piloto de porte industrial para a produção de éster etílico de soja. A Soyminas Biodiesel há sete anos produz o biodiesel em Cássia (MG).

A empresa Enguia vai formar núcleos com 10 mil hectares para plantação de mamona no Piauí, sendo que cada um terá o núcleo comunitário central e lotes de produção. O governo do Piauí vai oferecer incentivos fiscais e doar terras. Ao todo serão 37 municípios que terão condições de produzir biodiesel.

2. MOTIVAÇÕES PARA A PRODUÇÃO DE BODIESEL

As grandes motivações para a produção de biodiesel são os benefícios sociais e ambientais que esse novo combustível pode trazer. Contudo, em razão dos diferentes níveis de desenvolvimento econômico e social dos países, esses benefícios devem ter considerados diferentemente.

O benefício econômico decorrente da redução ou eliminação da importação de óleo diesel também tem sido defendido. Ressalte-se, no entanto, que essa questão da importação também poderia ser resolvida com a construção de uma nova refinaria de petróleo ou com o aumento da capacidade das refinarias já existentes.

2.1 Benefícios sociais

O grande mercado energético brasileiro e mundial poderá dar sustentação a um imenso programa de geração de emprego e renda a partir da produção do biodiesel.

Estudos desenvolvidos pelos Ministério do Desenvolvimento Agrário, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Integração Nacional e Ministério das Cidades mostram que a cada 1% de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar podem ser gerados cerca de 45 mil empregos no campo, com uma renda média anual de aproximadamente R\$4.900,00 por emprego. Admitindo-se que para 1 emprego no campo são gerados 3 empregos na cidade, seriam criados, então, 180 mil empregos. Numa hipótese otimista de 6% de participação da agricultura familiar no mercado de biodiesel, seriam gerados mais de 1 milhão de empregos.

Faz-se, a seguir, uma comparação entre a criação de postos de trabalho na agricultura empresarial e na familiar. Na agricultura empresarial, em média, emprega-se 1 trabalhador para cada 100 hectares cultivados, enquanto que na familiar a relação é de apenas 10 hectares por trabalhador. Os dados acima mostram claramente a importância de priorizar a agricultura familiar na produção de biodiesel.

A produção de oleaginosas em lavouras familiares faz com que o biodiesel seja uma alternativa importante para a erradicação da miséria no país, pela possibilidade de ocupação de enormes contingentes de pessoas. Na região semi-árida nordestina vivem mais de 2 milhões de famílias em péssimas condições de vida.

A inclusão social e o desenvolvimento regional, especialmente via geração de emprego e renda, devem ser os princípios orientadores básicos das ações direcionadas ao biodiesel, o que implica dizer que sua produção e consumo devem ser promovidos de forma descentralizada e não-excludente em termos de rotas tecnológicas e matérias-primas utilizadas.

2.2 Benefícios ambientais

O consumo de combustíveis fósseis derivados do petróleo tem um significativo impacto na qualidade do meio ambiente. A poluição do ar, as mudanças

climáticas, os derramamentos de óleo e a geração de resíduos tóxicos são resultados do uso e da produção desses combustíveis.

A poluição do ar das grandes cidades é, provavelmente, o mais visível impacto da queima dos derivados de petróleo. Nos Estados Unidos, os combustíveis consumidos por automóveis e caminhões são responsáveis pela emissão de 67% do monóxido de carbono – CO, 41% dos óxidos de nitrogênio – NO_x, 51% dos gases orgânicos reativos, 23% dos materiais particulados e 5% do dióxido de enxofre – SO₂. Além disso, o setor de transportes também é responsável por quase 30% das emissões de dióxido de carbono – CO₂, um dos principais responsáveis pelo aquecimento global. O relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC de 2001 mostrou que o nível total de emissão de CO₂ em 2000 foi de 6,5 bilhões de toneladas.

O biodiesel permite que se estabeleça um ciclo fechado de carbono no qual o CO₂ é absorvido quando a planta cresce e é liberado quando o biodiesel é queimado na combustão do motor. Um estudo conjunto do Departamento de Energia e do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos mostra que o biodiesel reduz em 78% as emissões líquidas de CO₂.

O efeito da maior concentração de CO₂ na atmosfera é um agravamento do originalmente benéfico efeito estufa, isto é, o planeta tende a se aquecer mais do que o normal; em outras palavras, a temperatura média da Terra tende a subir, podendo trazer graves conseqüências para a humanidade.

Estudos realizados pelo Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas – LADETEL da USP mostram que a substituição do óleo diesel mineral pelo biodiesel resulta em reduções de emissões de 20% de enxofre, 9,8% de anidrido carbônico, 14,2% de hidrocarbonetos não queimados, 26,8% de material particulado e 4,6% de óxido de nitrogênio. Contudo, estudo da União Européia mostra emissões de NO_x marginalmente piores que as do diesel de petróleo (Clery, 2001).

Os benefícios ambientais podem, ainda, gerar vantagens econômicas para o país. O Brasil poderia enquadrar o biodiesel nos acordos estabelecidos no protocolo de Kyoto e nas diretrizes dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL. Existe, então, a possibilidade de venda de cotas de carbono por meio do Fundo Protótipo de Carbono – PCF, pela redução das emissões de gases poluentes, e também de créditos de seqüestro de carbono, por meio do Fundo Bio de Carbono – CBF, administrados pelo Banco Mundial.

Países como Japão, Espanha, Itália e países do norte e leste europeu têm demonstrado interesse em produzir e importar biodiesel, especialmente, pela motivação ambiental. Na União Européia, a legislação de meio ambiente estabeleceu que, em 2005, 2% dos combustíveis consumidos deverão ser renováveis e, em 2010, 5%.

Ressalte-se contudo a matriz energética brasileira é uma das mais limpas do mundo. Conforme mostrado na tabela 2.1 abaixo, no ano de 2001 35,9% da energia fornecida no Brasil é de origem renovável. No mundo, esse valor é de 13,5%, enquanto que nos Estados Unidos é de apenas 4,3%.

A tabela 2.1 mostra a situação privilegiada do Brasil, em relação a outros países, em termos de percentual de energia primária renovável consumida.

Tabela 2.1 – Percentual de energia renovável no Brasil e em outros países.

País	Suprimento Primário de Energia (Mtep*)	Suprimento Primário de Energia Renovável (Mtep*)	Percentual de Energia Renovável (%)
Argentina	57.6	6.2	10.8
Austrália	115.6	6.6	5.7
Brasil	185.1	66.4	35.9
França	265.6	18.6	7.0
Alemanha	351.1	9.2	2.6
Reino Unido	235.2	2.5	1.1
Estados Unidos	2281.4	99.1	4.3
Mundo	10038.3	1351.9	13.5

Fonte: International Energy Agency

* Milhões de toneladas equivalentes de petróleo

O gráfico mostrado na Figura 2.1 abaixo mostra que outros países, principalmente os desenvolvidos têm que fazer realmente um esforço de introdução do álcool e do biodiesel nas suas matrizes energéticas, pois eles são, na verdade, os grandes poluidores do planeta.

Fonte: Agência Internacional de Energia

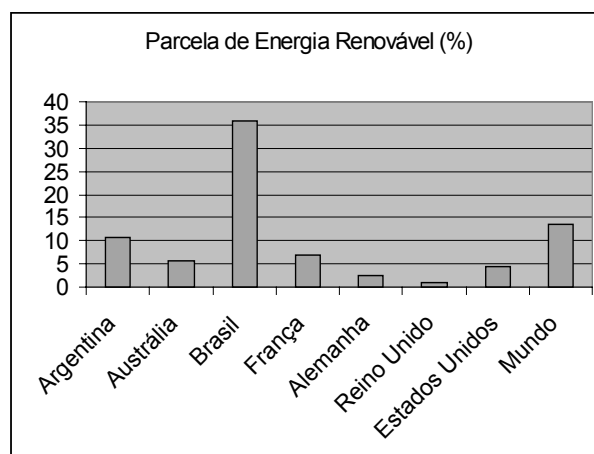


Figura 2.1 – Gráfico do percentual de energia renovável em vários países.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESTADO DA ARTE

Esta revisão bibliográfica discute o uso do biodiesel como um adequado substituto para o óleo diesel convencional e aborda alguns dados históricos sobre os combustíveis para motor de ignição por compressão. São discutidas, ainda, as técnicas correntes de produção e também as novas tecnologias que estão sendo pesquisadas.

As matérias-primas, o processamento e a separação são discutidas e algumas análises críticas são feitas a respeito dos diferentes sistemas de produção.

3.1 Matérias-primas

As matérias-primas para a produção de biodiesel são: óleos vegetais, gordura animal, óleos e gorduras residuais. Óleos vegetais e gorduras são basicamente compostos de triglicerídeos, ésteres de glicerol e ácidos graxos. O termo monoglicerídeo ou diglicerídeo refere-se ao número de ácidos. No óleo de soja, o ácido predominante é o ácido oléico, no óleo de babaçu, o laurídico e no sebo bovino, o ácido esteárico.

Algumas fontes para extração de óleo vegetal, com potencial para ser utilizado na produção de biodiesel, são: baga de mamona, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, grão de amendoim, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrageiro.

Entre as gorduras animais, destacam-se o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de porco, entre outros, são exemplos de gordura animal com potencial para produção de biodiesel. Os óleos e gorduras residuais, resultantes de processamento doméstico, comercial e industrial também podem ser utilizados como matéria-prima.

Os óleos de frituras representam grande um potencial de oferta. Um levantamento primário da oferta de óleos residuais de frituras, suscetíveis de serem coletados, revela um potencial de oferta no país superior a 30 mil toneladas por ano.

Algumas possíveis fontes dos óleos e gorduras residuais são: lanchonetes e cozinhas industriais, indústrias onde ocorre a fritura de produtos alimentícios, os esgotos municipais onde a nata sobrenadante é rica em matéria graxa, águas residuais de processos de indústrias alimentícias.

3.1.1 Matérias-primas de destaque

Entre as culturas temporárias podemos destacar a soja, o amendoim, o girassol, a mamona e a canola. A soja, apesar de ser maior fonte de proteína que de óleo, pode ser uma importante matéria-prima no esforço de produção de biodiesel, uma vez que quase 90% da produção de óleo no Brasil provém dessa leguminosa.

O amendoim, por ter mais óleo que proteína, poderá voltar a ser produzido com grande vigor nessa era energética dos óleos vegetais. De fato, se se desejar expandir a produção de óleos em terras homogêneas do cerrado brasileiro, com absoluta certeza o amendoim poderá ser a melhor opção, pois é uma cultura totalmente mecanizável, produz um farelo de excelente qualidade nutricional para rações e para alimentos, e ainda possui, em sua casca, as calorias para a produção de vapor.

O girassol situa-se numa posição intermediária entre a soja e o amendoim. As características alimentares de seu óleo poderão dificultar o seu emprego na produção energética. No entanto, poderão favorecer um deslocamento de parte expressiva do óleo de soja para a produção de biodiesel. O girassol, produzido em safrinhas, na rotação de culturas, pode render 800 litros de óleo por hectare, rendimento próximo ao da soja.

Outra cultura temporária de destaque é a da mamona. Essa cultura pode vir a ser a principal fonte de óleo para produção de biodiesel no Brasil. Estudos multidisciplinares recentes sobre o agronegócio da mamona concluíram que a mamona constitui, no momento, a cultura de sequeiro mais rentável em certas áreas do semi-árido nordestino.

Nesses estudos verificou-se, com base em séries históricas das áreas tradicionalmente produtoras de mamona, uma produtividade média de 1.000 kg por ano de baga de mamona por hectare. Contudo, essa produtividade é considerada conservadora, pois, com as modernas cultivares desenvolvidas pelo Embrapa, atingiu-se produtividade superior a 2.000 kg por hectare por ano.

A cultura de maior destaque mundial para a produção de biodiesel é a da canola. O óleo de canola é a principal matéria-prima para produção de biodiesel na Europa. A produtividade, situada entre 350 e 400 kg de óleo por hectare, tem sido considerada satisfatória para as condições europeias. O agronegócio da canola envolve a produção e comercialização do farelo, rico em proteínas, que corresponde a mais de 1.000 kg por hectare e, além disso, a sua lavoura promove uma excelente adubação natural do solo. A canola pode ser cultivada no Brasil, a exemplo das culturas temporárias, por meio de uma agricultura totalmente mecanizada.

Entre as culturas permanentes, pode-se destacar o dendê e o babaçu. A cultura do dendê pode ser uma importante fonte de óleo vegetal, pois apresenta a extraordinária produtividade de mais de 5.000 kg de óleo por hectare por ano. Esse valor é cerca de 25 vezes maior que o da soja. Contudo, esse valor somente é atingido 5 anos após o plantio.

O óleo extraído do coco do dendê pode ser obtido da polpa e das amêndoas. O óleo da polpa, denominado de óleo de dendê, é o tradicional óleo da culinária baiana, de cor vermelha, com sabor e odor característicos, sendo comercializado internacionalmente com a designação *palm oil*. Seu preço varia na faixa de 300 a 400 dólares a tonelada. O óleo obtido das amêndoas, denominado de óleo de palmiste, é comercializado no mercado internacional com preços superiores 500 dólares a tonelada.

Outra cultura permanente de destaque é a do babaçu. O coco de babaçu possui, em média, 7% de amêndoas, com 62% de óleo. Assim, o babaçu não pode ser considerado uma espécie oleaginosa, pois possui somente 4% de óleo. No entanto, a existência 17 milhões de hectares de florestas onde predomina a palmeira do babaçu e a possibilidade de aproveitamento integral do coco tornam possível seu aproveitamento energético.

A tabela 3.1 mostra, com dados disponíveis na literatura (Parente, 2003), a produtividade de diferentes oleaginosas e seu potencial de geração de empregos.

Admitindo-se que 2% do óleo diesel fosse substituído por biodiesel (B2) e que o volume do óleo vegetal seja equivalente ao do biodiesel produzido, seriam necessárias 680 mil toneladas de óleo vegetal. Caso esse óleo fosse produzido a partir da mamona, poderiam ser empregadas até 723 mil famílias e cultivados cerca de 1,5 milhão de hectares. Contudo, nesse caso a renda familiar seria muito baixa, pois cada família cultivaria o suficiente para produzir apenas 940 kg de óleo por ano.

Tabela 3.1 – Potencial de geração de emprego de algumas oleaginosas.

Oleaginosa	Produtividade (tonelada de óleo por hectare por ano)	Número de hectares (para produzir 1000 toneladas de óleo por ano)	Ocupação de terra (hectares por família)
Mamona (lavoura familiar)	0,470	2128	2
Soja (lavoura mecanizada)	0,210	4762	20
Amendoim (lavoura mecanizada)	0,450	2222	16
Babaçu (extrativismo)	0,120	8333	5
Dendê (cultivo mecanizado)	5	200	5

3.1.2 O uso direto de óleos

Historicamente, o uso direto de óleos vegetais como combustível foi rapidamente superado pelo uso de óleo diesel derivado de petróleo por fatores tanto econômicos quanto técnicos. Àquela época, os aspectos ambientais, que hoje privilegiam os combustíveis renováveis como o óleo vegetal, não foram considerados importantes.

Dessa forma, os motores diesel foram projetados e são fabricados, de acordo com rígidas especificações, para uso do óleo diesel de petróleo. Esses motores são sensíveis às gomas que se formam durante a combustão do óleo vegetal e que se depositam nas paredes do motor.

Para superar esse problema, processos de esterificação são utilizados para que se produza ésteres de óleo vegetal, denominados biodiesel, que têm propriedades físicas similares ao óleo diesel de petróleo, além de apresentarem maior lubrificidade.

Outra desvantagem do óleo vegetal e de gordura animal em relação ao biodiesel é o fato de eles serem muito mais viscosos. Assim, eles têm que ser aquecidos para que haja uma adequada atomização pelos injetores. Se isso não ocorrer, não haverá uma boa queima, formando depósitos nos injetores e nos cilindros, ocasionando um mau desempenho, mais emissões e menor vida útil do motor.

Para motores diesel de injeção indireta, com câmara auxiliar, o óleo deve ser pré-aquecido até 70-80 oC. Pesquisas mostram que motores diesel de injeção direta exigem temperaturas muito mais altas para uma atomização eficiente, exigindo-se sistemas com dois tanques. Dessa forma, um pequeno tanque adicional, contendo óleo diesel ou biodiesel, é necessário para a partida. Quando o motor atinge a temperatura de funcionamento, uma válvula solenóide é aberta para succionar o óleo vegetal.

Depreende-se, então, que há duas opções para se usar biocombustíveis em motores diesel: fazer o biodiesel e usá-lo, sem necessidade de modificar o motor, ou modificar o motor para uso direto do óleo vegetal, sem necessidade de processar o óleo vegetal.

O fato é que, em todo o mundo (Estados Unidos, Canadá, França, Austrália etc.), a opção tem sido pelo uso do biodiesel. Mesmo na Alemanha, onde a empresa Elsbett fornece kits de conversão de motores diesel de injeção direta para uso de óleos vegetais como combustível, o biodiesel é o principal substituto renovável do óleo diesel derivado de petróleo. Se existem 5.000 motores modificados na Alemanha para uso direto de óleo vegetal, existem mais de 100.000 carros rodando com biodiesel na Alemanha, Suécia e Holanda.

3.2. Craqueamento térmico

O craqueamento térmico ou pirólise é a conversão de uma substância em outra por meio do uso de calor, isto é, pelo aquecimento da substância na ausência de ar ou oxigênio a temperaturas superiores a 450oC. Em algumas situações esse processo é auxiliado por um catalisador para a quebra das ligações químicas, de modo a gerar moléculas menores (Weisz et al., 1979).

Diferentemente de mistura direta, gorduras podem ser objeto de pirólise para a produção de compostos de menores cadeias. A pirólise de gorduras tem sido investigada há mais de 100 anos, especialmente em países com pequenas reservas de petróleo. Catalisadores típicos para serem empregados na pirólise são o óxido de silício – SiO₂ e o óxido de alumínio – Al₂O₃.

O equipamento para pirólise ou craqueamento térmico é caro. Contudo, os produtos são similares quimicamente ao óleo diesel. A remoção do oxigênio do processo reduz os benefícios de ser um combustível oxigenado, diminuindo seus benefícios ambientais e geralmente produzindo um combustível mais próximo da gasolina que do diesel.

Pesquisadores da Universidade de Brasília – UnB estão desenvolvendo uma unidade de craqueamento térmico que converte o óleo vegetal de dendê, por exemplo, em um combustível com características semelhantes ao óleo diesel. O estudo, financiado pela Embrapa, tem com objetivo construir um equipamento de baixo custo que ofereça ao pequeno agricultor e cooperativas rurais, situados em regiões afastadas dos centros produtores e distribuidores de combustíveis derivados do petróleo, a capacidade de gerar seu próprio combustível.

Esclareça-se, contudo, que, pela nomenclatura internacional, o combustível produzido pelo craqueamento térmico não é considerado biodiesel, apesar de ser um biocombustível semelhante ao óleo diesel.

3.3 Processo de produção de biodiesel

O processo de produção de biodiesel, conforme mostrado na figura 3.1 (Parente, 2003), é composto das seguintes etapas: preparação da matéria-prima, reação de transesterificação, separação de fases, recuperação e desidratação do álcool, destilação da glicerina e purificação do biodiesel.

3.3.1 Preparação da matéria-prima

Caso necessário, a matéria-prima deve ser submetida a um processo de neutralização e de secagem. A acidez é reduzida por uma lavagem com solução alcalina de hidróxido de sódio ou de potássio. A umidade da matéria-prima deve ser muito baixa.

3.3.2 Transesterificação

Transesterificação é a reação de um lipídio com um álcool para formar ésteres e um subproduto, o glicerol (ou glicerina). A figura 3.2 mostra a reação de transesterificação de um triglicérido com metanol. Como essa reação é reversível, faz-se necessário um excesso de álcool para forçar o equilíbrio para o lado do produto desejado. A estequiometria para a reação é de 3:1 (álcool:lipídio). Contudo, na prática, essa relação é de 6:1 para aumentar a geração do produto. Um catalisador é normalmente usado para acelerar a reação, podendo ser básico, ácido ou enzimático. O hidróxido de sódio é o catalisador mais usado tanto por razões econômicas como pela sua disponibilidade no mercado. As reações com catalisadores básicos são mais rápidas do que com catalisadores ácidos.

Somente álcoois simples, tais como metanol, etanol, propanol, butanol e amil-álcool, podem ser usados na transesterificação. O metanol é mais frequentemente utilizado por razões de natureza física e química (cadeia curta e polaridade). Contudo, o etanol está se tornando mais popular, pois ele é renovável e muito menos tóxico que o metanol. O tipo de catalisador, as condições da reação e a concentração de impurezas numa reação de transesterificação determinam o caminho que a reação segue.

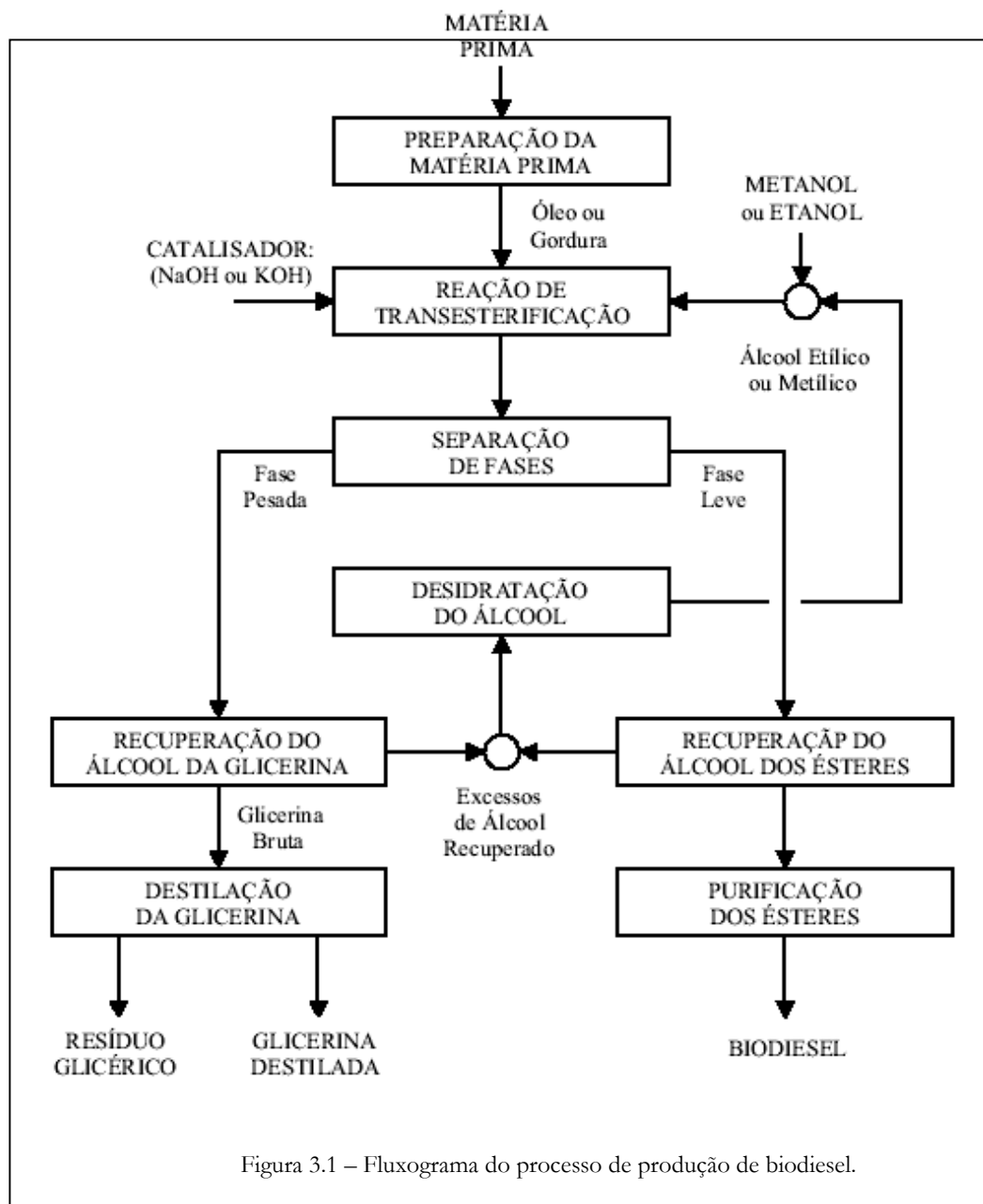


Figura 3.1 – Fluxograma do processo de produção de biodiesel.

Na transesterificação com catalisadores básicos, água e ácidos graxos livres não favorecem a reação. Assim, são necessários triglicerídeos e álcool desidratados para minimizar a produção de sabão. A produção de sabão diminui a quantidade de ésteres e dificulta a separação entre o glicerol e os ésteres. Nos processos que usam óleo *in natura*, adiciona-se álcali em excesso para remover todo os ácidos graxos livres.

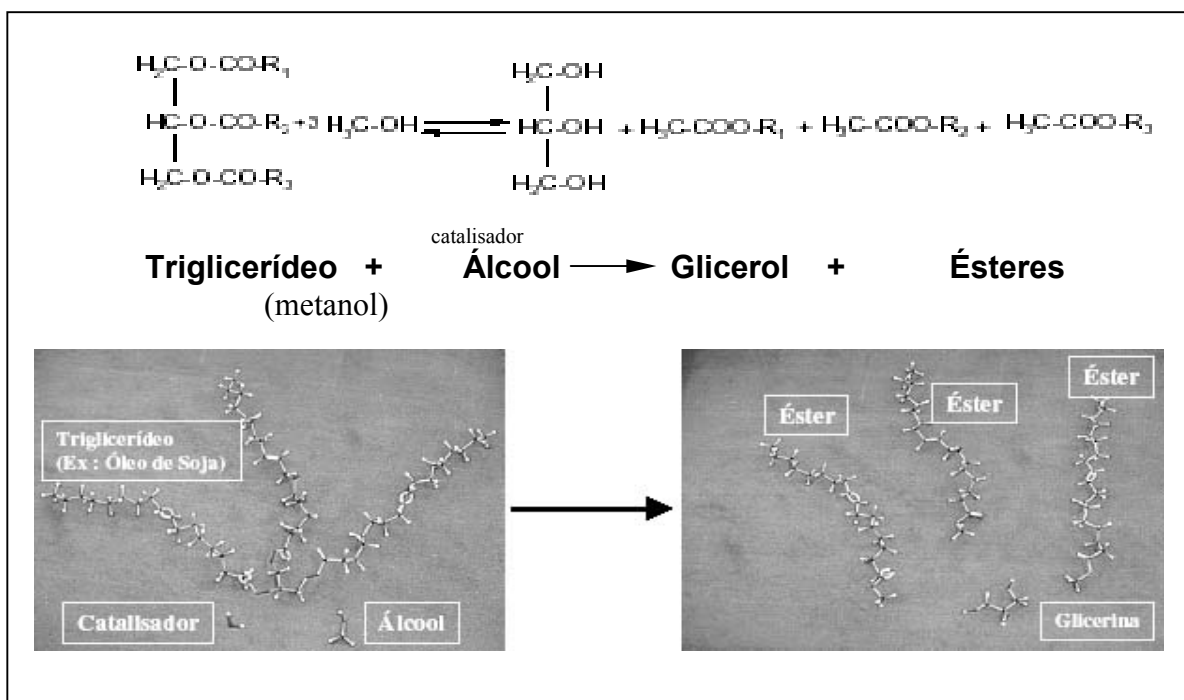


Figura 3.2 – Transesterificação de um triglicerídeo com metanol.

O biodiesel tem propriedades similares às do óleo diesel. A tabela 3.2 mostra que o biodiesel apresenta menor valor calorífico, viscosidade e densidade próximas à do óleo diesel e baixíssimo teor de enxofre. Destaque-se nessa tabela a alta viscosidade do óleo vegetal de canola.

Tabela 3.2 – Comparação das propriedades do óleo diesel, óleo de canola e biodiesel.

Propriedade	Óleo Diesel	Canola	Biodiesel
Massa Específica (kg/L)	8,835	0,922	0,88
Valor Calorífico Bruto (MJ/L)	38,3	36,9	33,3
Viscosidade (mm ² /s a 37,8°C)	3,86	37	4,7
Enxofre (%)	0,15	0,0012	>0,01

Fonte: www.afdc.doe.gov

A tabela 3.3 mostra que o biodiesel tem menor calor de combustão e maior número de cetano. Nesses testes a viscosidade do biodiesel foi bem superior à do óleo diesel. Destaque-se também a menor inflamabilidade do biodiesel, além dos maiores pontos de névoa e de orvalho.

Tabela 3.3 Propriedades do biodiesel e do óleo diesel.

Propriedade	Biodiesel	Diesel
Calor de Combustão (MJ/kg)	40,5	45,2
Ponto de Inflamabilidade (°C)	124	82
Ponto de Névoa (°C)	-2	-14
Ponto de Orvalho (°C)	-10	-21
Viscosidade (cS a 40°C)	6,17	2,98
Número de Cetano	59,7	49,2

Fonte: análises da Phoenix Chemical Lab e da Universidade de Idaho

3.3.3 Transesterificação supercrítica com metanol

A transesterificação com metanol supercrítico tem sido considerada muito efetiva, produzindo uma conversão de mais de 95% em apenas 4 minutos. As melhores condições para a reação têm sido: temperatura de 350°C, pressão de 30Mpa e razão entre metanol e óleo de 42:1 para 240 segundos. O tratamento supercrítico de lipídeos com o solvente adequado, como o metanol, depende da relação entre temperatura, pressão e propriedades termofísicas tais como constante dielétrica, viscosidade, massa específica e polaridade (Kusdiana, 2000).

Uma comparação entre a produção supercrítica com metanol e o método convencional é mostrado na tabela 3.4 abaixo.

Tabela 3.4 – Comparação entre a transesterificação convencional e a supercrítica.

	Convencional	Supercrítica
Tempo de reação	1-6h	0,067h
Condições da reação	0,1Mpa, 30-65°C	35Mpa, 350°C
Catalisador	Ácido ou básico	Sem catalisador
Ácidos graxos livres	Produtos saponificados	Éster metílico
Produção	97%	98,5%
Remoção para purificação	Metanol, catalisador e produtos saponificados	Metanol

3.3.4 Separação de Fases

A separação de fases é uma etapa importante da produção de biodiesel. O processo de refino dos produtos decorrentes da sua produção pode ser tecnicamente difícil e pode elevar substancialmente os custos de produção. A pureza do biodiesel deve ser alta e de acordo com as especificações. De acordo com a especificação da União Européia, o teor de ácidos graxos livres, álcool, glicerina e água devem ser mínimos de modo que a pureza do biodiesel seja maior que 96,5% (Karaosmanoglu, 1996).

A mistura típica do produto de uma reação de transesterificação contém ésteres, monoglicerídeos, diglicerídeos, glicerol, álcool e catalisador, em várias concentrações. Na separação, o principal objetivo é remover os ésteres dessa mistura, a baixo custo, e assegurar um produto de alta pureza. O glicerol na sua forma pura é visto como um produto secundário da reação, mas, para manter a competitividade do custo de produção, a remoção e a revenda de glicerol é essencial. A mistura restante, que contém subprodutos e álcool, deve ter o mínimo de contaminantes se a conversão for alta, exceto para o álcool que ainda for destilado.

Se a reação atingir um alto nível de conversão, o produto formará duas fases líquidas e uma fase sólida se for usado um catalisador sólido. A fase de fundo

será o glicerol e a fase de topo será álcool e ésteres.

3.3.5 Recuperação e desidratação do álcool

A fase de fundo contém água e álcool e deve ser submetida a um processo de evaporação. Os vapores de água e álcool são, a seguir, liqüefeitos em um condensador. Da mesma forma, o álcool residual é recuperado da fase de topo. Após essa recuperação, o álcool ainda contém água e deve ser desidratado. Essa desidratação é normalmente feita por destilação.

A desidratação do metanol é bastante simples e fácil de ser conduzida, uma vez que a volatilidade relativa dos constituintes dessa mistura é muito grande e inexistente a azeotropia. A desidratação do etanol é mais difícil em razão da azeotropia, associada à volatilidade relativa não tão acentuada.

3.3.6 Destilação da glicerina

A glicerina bruta do processo contém impurezas e se for purificada terá um valor de mercado muito mais favorável. A purificação da glicerina bruta pode ser feita por destilação a vácuo, gerando um produto límpido e transparente. O produto de calda da destilação, ajustável na faixa de 10% a 15% do peso da glicerina bruta, pode ser denominado de “glicerina residual” e ainda encontra possíveis aplicações.

3.3.7 Purificação do biodiesel

Caso a reação de transesterificação seja incompleta ou caso a purificação seja insuficiente, o biodiesel produzido pode ficar contaminado com glicerol livre e retido, triglicerídeos e álcool. A presença de contaminantes pode ser prejudicial para os motores e para o meio ambiente. Os ésteres deverão ser lavados por centrifugação e, posteriormente, desumidificados.

3.5 Análise do produto e especificações

Nos últimos 10 anos têm sido feitos vários estudos para o desenvolvimento de métodos para análise do biodiesel, suas impurezas e subprodutos. Esses estudos incluem a cromatografia gasosa, a separação da fase sólida, a cromatografia de filme líquido, a cromatografia de líquido de alta precisão, a refractometria etc. As técnicas de análise necessitam ser precisas, confiáveis, reproduzíveis, rápidas e simples, e requerer equipamentos disponíveis. A cromatografia gasosa tem sido o método mais aceito para análise do biodiesel (Knothe, 1998) por causa da sua simplicidade e pelo alto nível de precisão.

A tabela 3.5 permite uma comparação entre as especificações de biodiesel de vários países, tais como a da American Standard for Testing and Materials – ASTM e a Deutsche Industrie Normen – DIN. Essa tabela inclui, ainda, a especificação argentina e a especificação provisória da Agência Nacional do Petróleo – ANP para o biodiesel.

Tabela 3.5 – Especificações para o biodiesel puro em vários países.

Propriedade	Unidade	Portaria ANP 310/01 (óleo diesel)	Resolucion 129/01 (Argentina)	ASTM D-6751/02 (EUA)	EM 14214/01 (Europa)	Provisória ANP (Brasil)
Ponto de fulgor	°C	38	100	130	101	100
Água e sedimentos	%vol.	0,050	0,050	0,050	500mg/Kg	0,050
Viscosidade a 40°C	Mm ² /s	2,5-5,5	3,5-5,5	1,9-6,0	3,5-5,5	2,5-5,5

Cinzas sulfatadas, máx.	%(m/m)	0,02	-	0,02	0,02	0,02
Enxofre, máx.	mg/kg	0,20	10,0	500	10,0	10,0
Corrosividade ao cobre (1 a 5)	-	1	-	3	1	1
Número de Cetano, mín.	-	42	46	47	51	45
Resíduo de carbono, máx.	%(m/m)	0,25	-	0,05	0,30	0,05
Índice de acidez, máx.	MgKOH/g	-	0,50	0,80	0,50	0,80
Glicerina livre, máx.	%(m/m)	-	0,02	0,02	0,02	0,02
Glicerina total, máx.	%(m/m)	-	0,24	0,24	0,25	0,25
Massa específica a 20°C	Kg/m ³	820-865	875-900 a 15°C	-	860-900 a 15°C	850-900
Fósforo, máx.	%(m/m)	-	-	0,001	0,001	0,001
Destilação (90%), máx.	°C	360 (85%)	-	360	-	360 (95%)
Metanol (ou Etanol, Brasil), máx.	%(m/m)	-	-	-	0,20	0,10
Na + K, máx.	Mg/kg	-	-	-	5,0	10,0
Ca + Mg, máx.	Mg/kg	-	-	-	5,0	10,0
Índice de iodo, máx.		-	-	-	120	anotar
Monoglicerídeo, máx.	%(m/m)	-	-	-	0,80	0,80
Diglicerídeo, máx.	%(m/m)	-	-	-	0,20	0,20
Triglicerídeo, máx.	%(m/m)	-	-	-	0,20	0,20
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín.	h	-	-	a definir	6	anotar

Fonte: www.tecbio.com.br/Biodiesel_Especificacoes.htm

3.6 Custos de produção

O grande obstáculo na comercialização do biodiesel é o custo de produção. Atualmente, os custos de matéria-prima e o custo de produção fazem com que o preço de venda do biodiesel seja muito alto. O método de produção mais utilizado é em reatores de batelada. As principais matérias-primas são metanol ou etanol e óleo processado. O óleo de soja é, atualmente, o mais barato. O uso de processos contínuos e óleos crus podem reduzir os custos. A recuperação de glicerol também pode contribuir para a redução dos custos de produção.

É mostrado, a seguir, uma estimativa do custo de produção do biodiesel (Khalil, 2003) decorrente de um convênio entre o Governo do Estado do Rio Grande do Norte, Petrobrás e Sementes Sant'Ana que está viabilizando a implantação de uma planta piloto no Vale do Açu.

Essa planta piloto está sendo dimensionada para processar 500 Kg de sementes por batelada e realizar até 20 bateladas por dia, tendo portanto uma capacidade de processamento diário de 10 toneladas. Estima-se, assim, uma produção diária de biodiesel puro de 5600 litros. Os co-produtos serão: 500 Kg de glicerina bruta, 2000 Kg de casca da semente de mamona e 3000 Kg de polpa. A tabela 3.6 mostra uma estimativa de preço dos insumos para essa planta.

A tabela 3.6 mostra uma estimativa do preço dos insumos.

<i>Insumo</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Preço</i>
Semente	10000 Kg	R\$8000
Etanol	750 L	R\$ 750
Catalisador	50 Kg	R\$ 100
Processo	10 %	R\$ 900
Total		R\$9750

Tem-se, portanto, um custo global de

R\$9750 para cada 10 toneladas de sementes processadas por dia. A receita estimada com valores médios de mercado de cada co-produto é mostrada na tabela na tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Receita estimada com os co-produtos.

<i>Cco-produtos</i>	<i>Quantidade (kg)</i>	<i>Receita (R\$)</i>
Glicerina	500	1000
Polpa	3000	2250
Casca	2000	1000
Total		4250

Num cenário otimista de premiação plena dos co-produtos na sua forma bruta, a estimativa do custo de produção de 5600 litros de biodiesel, a partir de sementes de mamona, é de R\$5500 (R\$9750 - R\$4250). Dessa forma, o custo de produção de um litro de biodiesel seria de R\$0,982. A cotação dos três co-produtos do processo é ainda provisória e foram assumidos, nesta avaliação preliminar, valores inferiores aos esperados para produtos resultantes de processos de acabamento. Assim sendo, o biodiesel apresenta um custo cerca de duas vezes maior que o do óleo diesel, admitindo-se que o custo de produção do óleo diesel seja cerca de R\$0,50.

Avaliação recente da ABIOVE (Ferres, 2002) indica, para o caso específico do óleo de soja um custo final de US\$0,33 a US\$0,38 por litro de biodiesel para produção em São Paulo ou Paraná.

Estudo elaborado pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ (Rosa, L. P. et al., 2002) indica os seguintes custos médios de produção por litro de biodiesel, a partir de:

- . óleo de soja: US\$0,47;
- . óleo de mamona: US\$0,80;
- . óleo de fritura: US\$0,25;
- . sebo bovino: US\$0,33;
- . óleo de babaçu: US\$0,72.

Verifica-se, então, que ainda há uma grande controvérsia em relação aos custos de produção de biodiesel.

4. OUTROS ASPECTOS TÉCNICOS

4.1 A importância da rota etílica

O biodiesel, utilizado em vários países da Europa e nos Estados Unidos, são ésteres produzidos pela rota metílica. O processo da obtenção dos ésteres metílicos emprega o metanol como uma das matérias-primas. O metanol, também chamado de álcool metílico é um álcool geralmente obtido de fontes fósseis não-renováveis, gás metano, por meio de gás de síntese, a partir do gás metano. Entretanto, o metanol, em quantidades menores, pode ser obtido por destilação seca da madeira. A tecnologia de produção de biodiesel pela rota metílica é totalmente dominada.

O etanol tem propriedades combustíveis e energéticas similares ao metanol. No entanto, o metanol tem uma toxicidade muito mais elevada. Ele traz malefícios à saúde, podendo causar, inclusive, cegueira e câncer. O Brasil não é auto-suficiente na produção de metanol e ainda o importa, não para uso como combustível. O metanol é normalmente encontrado como subproduto da indústria do petróleo. O etanol apresenta a

vantagem de não ser tóxico e de ser biodegradável. Destaque-se também que o Brasil produz anualmente cerca de 12 bilhões de litros de etanol a partir da cana-de-açúcar e que tem uma capacidade ociosa de mais de 2 bilhões de litros por ano.

Ressalte-se, ainda, que o Brasil tem uma grande área disponível para a produção de oleaginosas e cana-de-açúcar. O Brasil cultiva 56 milhões de hectares e tem mais 90 milhões de hectares. Existem, ainda, 225 milhões de hectares de pastagens que poderão, devido ao avanço tecnológico, ser reduzidos em 15% nos próximos anos, sem diminuição da produção de bovinos. Apenas com a substituição de pastagens, o país terá mais 30 milhões de hectares de terras disponíveis que poderão ser usadas na produção de matérias-primas para a produção de biodiesel.

Contudo, ainda há uma série de questionamentos com relação à produção de biodiesel pela rota etílica e há uma série de trabalhos em desenvolvimento. No Brasil existem alguns projetos em andamento, como o da Universidade Federal do Paraná – UFPR que desde 1998 desenvolve um projeto inovador de produção do éster de óleo de soja com etanol. O trabalho em laboratório está desenvolvendo, faltando apenas detectar as eventuais variações do processo, resolvê-las e transferir a tecnologia para escala industrial.

Pesquisadores da USP de Ribeirão Preto anunciaram ter produzido o primeiro biodiesel totalmente renovável, a partir do etanol obtido da cana-de-açúcar. O novo método usa um catalisador e um co-catalisador à base de argila. Com os novos catalisadores, o biodiesel e a glicerina não saem mais misturados, e é possível aproveitar ambos de forma muito mais prática. No entanto, não são revelados mais detalhes para proteger os direitos intelectuais sobre o processo. A equipe anunciou ainda que foi reduzido o tempo necessário para produzir o biodiesel de seis horas para 30 minutos, um avanço que pode ser crucial para que ele se torne viável economicamente. Contudo, o combustível ainda é 10% mais caro que seu similar produzido usando metanol. O laboratório da USP já está equipado para produzir o biodiesel em escala piloto.

Foi desenvolvido também na USP de Ribeirão uma tecnologia que usa etanol e radiação eletromagnética para produção de biodiesel. O volume de biodiesel produzido em uma hora é 30 vezes maior do que o de uma planta européia. Esse processo contínuo de transformação do óleo vegetal em biodiesel, por radiação eletromagnética, foi patenteado.

No Brasil, existem algumas empresas com interesse na produção do biodiesel pela rota etílica, além de centros de pesquisa e universidades estarem aptas a promoverem transferência de tecnologia para a indústria. Empresas como a Cargil e a Ecomat, e a Coamo têm planta de transesterificação dedicada para o biodiesel. A Ecomat tem capacidade instalada de 1,2 mil toneladas por mês, podendo triplicá-la em três ou quatro meses. Essa empresa pode produzir tanto o éster metílico como o etílico.

A Ecotech investirá 2 milhões de dólares numa fábrica de biodiesel de mamona em Iraquara (BA), na Chapada Diamantina. O óleo de mamona, cujo índice de viscosidade praticamente não varia com a temperatura, é usado como lubrificante em aviões, foguetes e naves espaciais. Mesmo sem biodiesel, os ganhos da Ecotech são garantidos, pois a tonelada do óleo de mamona na Bolsa de Chicago está cotada a 1.000 dólares a tonelada. A tonelada do óleo de soja está cotada a 500 dólares.

Uma mistura constituída de 5% de biodiesel e 95% de petrodiesel (B5) incorporaria 11% de álcool etílico. Caso o teor de biodiesel no petrodiesel aumentasse, a demanda por etanol também aumentaria.

4.2 O papel da ANP e a questão dos motores

4.2.1 O papel da ANP

No momento, o principal papel da ANP é especificar o biodiesel.

Muitas são as motivações para especificar esse novo combustível, tais como: a busca de sucedâneos para o óleo diesel, as pesquisas já em andamento no país, a proteção do consumidor e do meio ambiente e a redução de conflito entre os diversos agentes econômicos. Entre as principais justificativas para a adição de biodiesel ao óleo diesel pode-se destacar: a redução da emissão de particulados, o aumento da lubrificidade com teores reduzidos de enxofre e o aumento do número de cetano, permitindo uma combustão mais eficiente.

A ANP publicou a Portaria nº 255, de 15 de setembro de 2003, que estabelece a especificação do biodiesel puro a ser adicionado ao óleo diesel automotivo para testes em frotas cativas ou para uso em processo industrial específico nos termos da Portaria ANP 240, de 25 de agosto de 2003.

Contudo, a ANP ressalta que alguns pontos devem ser esclarecidos nos testes com biodiesel, tais como a influência da matéria-prima, a estabilidade da mistura com os diversos óleos diesel nacionais, o impacto ambiental das emissões de NO_x, a compatibilidade entre uma especificação para a rota metálica com a rota etílica. A tabela 4.1 mostra a especificação preliminar da ANP para o biodiesel e os métodos para determinação das propriedades.

Tabela 4.1 – Especificação preliminar do Biodiesel.

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	LIMITES	MÉTODOS		
			ABNT NBR	ASTM D	ISO
Ponto de fulgor, mín.	°C	100,0	14598	93	-
Água e sedimentos, máx.	% volume	0,050	-	2709	ISO/CD 3679
Viscosidade a 40°C,	mm ² /s	Anotar (1)	10441	445	EN ISO 3104
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020	9842	874	ISO 3987
Enxofre total, máx.	% massa	0,001	-	5453	-
Corrosividade ao cobre, 3h a 50 °C, máx.	-	1	14359	130	EN ISO 2160
Número de Cetano, mín.	-	45	-	613	EN ISO 5165
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	(2)	14747	6371	
Resíduo de carbono, máx.	% massa	0,05	-	4530, 189	EN ISO 10370, -
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,80	14448	664	-
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)	7148, 14065	1298, 4052	- , -
Metanol ou Etanol, máx.	% massa	0,5	-	-	pr EN 14110
Índice de iodo, máx.	% massa	Anotar	-	-	pr EN 14111
Monoglicérides, máx.	% massa	1,00	-	6584	-
			-	-	pr EN 14105
Diglicérides, máx.	% massa	0,25	-	6584	-
			-	-	pr EN 14105
Triglicérides, 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, mín	h	6	-	-	pr EN 14112

Nota:

(1) A mistura biodiesel- óleo diesel utilizada deverá obedecer aos limites estabelecidos para Viscosidade a 40°C constantes da Portaria ANP que especifica óleo diesel automotivo, em vigor.

(2) A mistura biodiesel-óleo diesel utilizada deverá obedecer aos limites estabelecidos para Ponto de entupimento de filtro a frio constantes da Portaria ANP que especifica óleo diesel automotivo, em vigor

(3) LII – Límpido e isento de impurezas

(4) Temperatura equivalente na pressão atmosférica.

(5) A mistura biodiesel- óleo diesel utilizada deverá obedecer aos limites estabelecidos para Massa específica a 20°C constantes da portaria ANP que especifica óleo diesel automotivo, em vigor.

Fonte: Agência Nacional do Petróleo – ANP

4.2.2 A questão dos motores

Testes em todo o mundo com várias formas de biodiesel comprovam que há viabilidade técnica para seu uso em motores diesel convencionais. Acrescente-se, no entanto, que qualquer alteração no combustível ou mesmo a adoção de combustíveis alternativos, diferentes do óleo diesel, pode exigir adaptações no motor.

Contudo, no caso de misturas de óleo diesel com pequenas

proporções de biodiesel não há necessidade de modificação no motor. Assim, não seriam necessárias alterações na regulagem e na tecnologia de peças e componentes. Apenas é preciso que o biodiesel tenha um padrão de qualidade.

É importante salientar que o biodiesel, por ser um produto natural e biodegradável, pode apresentar problemas de degradação natural. Estão sendo investigados processos que mantenham o biodiesel estável. Por isso é necessário que se tenha uma qualidade definida tanto para o produto puro, quanto para a mistura com diesel.

A Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – Anfavea tem um posicionamento bastante conservador em relação ao uso do biodiesel durante os testes nos veículos. A entidade, que representa as montadoras do país, recomenda que no Brasil o percentual da mistura do biodiesel ao petrodiesel seja inicialmente de 2% (B2) e não de 5% (B5), como proposto por outras entidades. A Confederação Nacional da Agricultura – CNA sugere que uma adição de até 30% seria confiável, mas um programa nacional deveria ser iniciado com misturas de 2% a 5%, em face da posição mais restritiva das empresas automotivas e da atual capacidade de produção de matérias-primas.

A Anfavea cita que na Europa os primeiros testes foram feitos com misturas de 0,75% e sugere que o percentual da mistura adotado no Brasil seja aumentado gradativamente de modo a evitar que os motores sofram danos irreversíveis. A Anfavea pede ainda que o governo aproveite a experiência com o uso do combustível em outros países e que sejam realizados "testes exaustivos para aferir a viabilidade do biodiesel em ação".

Na Itália, França, Alemanha e Argentina já existe o produto homologado e definido, permitindo misturas entre 5% a 12% do biodiesel em óleo diesel. Os fabricantes de motores, autopeças e montadoras de veículos não são contrários à adoção da tecnologia do biodiesel, apenas querem que sejam tomados os devidos cuidados e que sejam feitas as devidas avaliações.

4.3 Biodiesel como aditivo

O biodiesel pode ser considerado um excelente aditivo verde para o óleo diesel, pois ele pode desempenhar o papel que o enxofre desempenha para garantir a lubricidade do óleo diesel. O biodiesel pode viabilizar a utilização de óleos diesel com baixíssimo teor de enxofre.

As propriedades lubrificantes do óleo diesel são importantes para os equipamentos de injeção do combustível, tais como injetores e bombas. Combustíveis de baixa lubricidade aumentam o desgaste e reduzem a vida útil dos componentes. Esse problema será ainda maior quando as especificações estabelecerem, por pressões ambientais, reduções adicionais do teor de enxofre do óleo diesel.

Em 2000, foram feitos testes, num acordo entre as empresas Delphi Diesel Systems, Stanadyne Automotive Corp., Denso Corporation, e Robert Bosch GmbH, cujos resultados mostram que a adição de 2% de biodiesel ao óleo diesel é suficiente para atingir a lubricidade atual. Acrescente-se que se maior quantidade de biodiesel for adicionada, não haverá nenhuma consequência adversa para os motores.

Se o óleo diesel consumido no país passar a ter 2% de biodiesel, serão necessários 800 milhões de litros de biodiesel anualmente, já que o consumo nacional de óleo diesel é de cerca de 40 bilhões de litros por ano. Admitindo-se que o biodiesel tenha uma massa específica de 850 kg/m³, seriam necessárias 680 mil toneladas por ano para atender a uma mistura B2.

O preço médio do óleo diesel nas capitais do país é cerca de R\$1,40. Os itens que compõem esse preço são os seguintes:

- . custo de produção de R\$0,50;
- . margem líquida do produtor de R\$0,04;

- . margem bruta do distribuidor de R\$0,25;
- . margem bruta da revenda de R\$0,15;
- . total de impostos R\$0,46.

Admitindo-se um custo de produção de biodiesel 3 vezes maior que o do óleo diesel e uma adição de 2% de biodiesel, o custo de produção do óleo aditivado passaria de R\$0,50 para R\$0,52. Mantendo-se constante os outros componentes de preço, o aumento para o consumidor final seria de apenas R\$0,02. Um aumento de preço para o consumidor final de R\$1,40 para R\$1,42 é plenamente justificável pelos benefícios da lubrificidade e ao meio ambiente gerados pelo aditivo.

5. MEDIDAS POLÍTICAS PARA ESTÍMULO AO BIODIESEL E À INCLUSÃO SOCIAL

5.1 Os modelos de produção

O PROALCOOL foi um programa bem-sucedido de substituição em larga escala dos derivados de petróleo. Ressalte-se, contudo, que mesmo a produção de combustíveis renováveis, como o álcool, pode provocar impactos sociais e ambientais negativos.

As regiões produtoras de açúcar e álcool apresentam hoje grande concentração de terras. Nesses locais, a monocultura substituiu a agricultura familiar. Esse modelo de produção gera um contingente de 1,2 milhão de trabalhadores informais, ocupados apenas durante as safras e submetidos a condições de insalubridade e de injustiça social.

O Ministério de Minas e Energia e o Ministério da Integração Nacional estão concebendo modelos de produção de biodiesel com enfoque diferente do PROALCOOL. A ênfase desses modelos, descritos a seguir, é a inclusão social.

5.1.1 A visão do Ministério da Integração Nacional

O Ministério da Integração Nacional, por meio do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca – DNOCS, lançou recentemente o programa “Biodiesel e a Inclusão Social no Semi-Árido Nordeste”. Esse programa visa a agregar duas importantes vertentes. A primeira tem como objetivo a inclusão de milhares de famílias de pequenos agricultores em um programa de geração de empregos por meio da cultura da mamona. A segunda visa à melhoria do meio ambiente, pois o biodiesel é um combustível obtido de fontes renováveis, biodegradável e livre de substâncias cancerígenas, que pode minimizar a poluição nas grandes capitais do Brasil.

O Nordeste tem milhares de famílias assentadas em projetos de reforma agrária que dispõem de infra-estrutura, habitação, energia elétrica, água e, especialmente, organização. Contudo, a maioria dos assentamentos do semi-árido não tem sustentabilidade. Em caso de seca, esses assentamentos ficam dependentes da assistência do governo. O biodiesel, produzido a partir da mamona consorciada com o feijão, poderia contribuir para a sustentabilidade desses assentamentos, ao lado da piscicultura, da apicultura, da caprinocultura e da pequena irrigação.

Quando se criou o PROALCOOL, dizia-se que esse programa seria a salvação da chamada Zona da Mata do Nordeste, tradicional produtora de cana-de-açúcar. Tratava-se de um programa que, do ponto de vista da mudança do combustível, era muito mais complexo, pois seriam necessárias modificações dos motores dos carros. Além disso, iria substituir um combustível que o Brasil já produzia de sobra, pois o país já exportava o

excesso de produção de gasolina. O programa de biodiesel é muito mais atraente que o do álcool, pois vai permitir a substituição do óleo diesel, que é importado, e não implica modificações nos motores.

Dizia-se, ainda, que seria um grande programa social com a criação de milhões de empregos e com o uso de minidestilarias. O que ocorreu, contudo, é que o PROALCOOL transformou-se num programa que beneficia as grandes empresas de equipamentos e os grandes usineiros. O resultado disso foi o aumento da exclusão social, pelo aumento dos bóias-frias, e a invasão de áreas antes produtoras de grãos. Portanto, é fundamental que se faça uma reflexão sobre isso, para que um programa de biodiesel não venha, mais uma vez, beneficiar os grandes, em detrimento da grande massa de excluídos.

O modelo de produção proposto tem como base a implantação de pequenas unidades de biodiesel inseridas em áreas do semi-árido próximas aos assentamentos da reforma agrária e nas áreas de sequeiro. O DNOCS tem milhares de hectares de terras em áreas de sequeiro, próximas às suas 320 barragens ou na periferia dos seus 38 perímetros irrigados, hoje cedidas a pequenos agricultores. Além disso, ele pode incentivar, nos seus perímetros irrigados, a multiplicação das sementes genéticas produzidas pela Embrapa ou, até mesmo, a produção de mudas de mamona em tubetes.

Com semente selecionada, a partir da semente básica da Embrapa, pode-se alcançar uma produtividade, em áreas de sequeiro, acima de 2,2 toneladas por hectare. Outra contribuição é produzir mudas sob a forma de tubetes para plantar no campo depois de que o solo já tiver umidade suficiente. Esse processo, evidentemente, precisa ser testado e comparado com o processo tradicional, no qual planta-se a baba da mamona diretamente no solo.

O DNOCS está trabalhando na formatação de um projeto piloto de 450 hectares para cada estado, onde a posse da terra já existe e os que a detém já estão organizados. Serão 10 unidades pilotos nos 10 estados onde o semi-árido do Brasil está encastado. Espera-se contar com a participação de todos os ministérios envolvidos no tema: Ministério da Integração Nacional, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Ministério de Minas e Energia.

Espera-se que, uma vez consolidado, o produto deste programa venha gerar trabalho e renda para 2 milhões de famílias nordestinas.

5.1.2 A visão do Ministério de Minas e Energia

A Ministra de Minas e Energia anunciou que metade da produção de biodiesel no país será a partir da mamona. Informou também que em 2005 serão investidos US\$ 62 milhões na instalação de três plantas industriais para a produção do biodiesel e de uma pequena usina de álcool.

Divulgou, ainda, a meta do Brasil de produção de 325 mil toneladas de biodiesel em 2005, com o plantio de 600 mil hectares e a geração de 250 mil empregos, para substituir 2% do diesel importado. A implantação gradativa do programa de apoio à produção prevê uma área plantada de 2,74 milhões de hectares em 2010, com a geração de 1,36 milhão de empregos e a substituição de 5% do diesel importado.

O modelo de produção da mamona será voltado para a agricultura familiar articulada em pequenas células em torno de cooperativas que vão administrar as plantas industriais e fornecer para grandes distribuidores. Para ela, é uma forma de reforma agrária sustentável que inclui moradias, escolas, postos de saúde e creches. A Ministra garantiu que o governo tem o compromisso de que o biodiesel terá papel fundamental e relevante no programa de inclusão social.

5.2 Fontes de financiamento

5.2.1 Internas

A participação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES no programa de biodiesel é fundamental. O BNDES já conta com o Programas de Apoio Financeiro a Investimentos em Energia. Esse programa tem por objetivo propiciar o aumento da oferta, a otimização do consumo atual e a atração de novos investidores.

Recentemente, foram aperfeiçoadas as condições operacionais desse programa. As principais medidas adotadas foram a elevação dos percentuais máximos de participação no investimento total e dos prazos totais, a concessão de aval a financiamento externo, a flexibilização das regras atuais de garantias e a simplificação dos processos de análise e contratação.

O BNDES poderia, então, criar um programa de financiamento específico para instalação de unidades de produção de biodiesel em cooperativas e credenciar agentes financeiros, tais como o Banco do Brasil, Banco do Nordeste do Brasil e Banco da Amazônia, para operacionalização do programa, permitindo, assim, o acesso ao crédito por parte dos pequenos produtores.

O Banco do Nordeste do Brasil – BNB conta com uma série de programas que podem dar suporte à produção de biodiesel, tais como o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Rural do Nordeste – RURAL, Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Agroindústria do Nordeste – AGRIN e o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE.

O RURAL é destinado a produtores rurais, pessoas físicas ou jurídicas, cooperativas e associações de produtores rurais. Tem como objetivo promover o desenvolvimento da pecuária regional através do fortalecimento e da modernização da infraestrutura produtiva dos estabelecimento pecuários; aumentar a produção e a produtividade de alimentos e matérias-primas de origem vegetal em áreas de sequeiro e em áreas irrigadas, essas mediante a adoção de novas tecnologias.

O AGRIN destina-se a empresas agroindustriais, pessoas físicas e jurídicas, cooperativas e associações. Tem como objetivo fomentar a implantação, ampliação, modernização e realocação de unidades agroindustriais no Nordeste, visando elevar a competitividade, aumentar as oportunidades de emprego, promover uma melhor distribuição de renda e induzir a interiorização do desenvolvimento.

Já o FNE tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento econômico e social do Nordeste e minorar as disparidades inter e intra-regionais, por meio da execução de programas de financiamento aos setores produtivos em consonância com os planos de desenvolvimento elaborados pela SUDENE. O FNE constitui-se em fonte permanente de financiamento, de médio e longo prazos, para os setores agropecuário, mineral, agroindustrial e industrial, inclusive turismo.

O Programa de Financiamento à Conservação e Controle do Meio Ambiente – FNE VERDE é destinado a empresas industriais, rurais e agroindustriais, pessoas físicas e jurídicas, inclusive cooperativas e associações. Tem como objetivo promover o desenvolvimento de atividades ambientais produtivas.

O Banco do Brasil também pode participar do financiamento aos pequenos produtores de oleaginosas por meio do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF.

5.2.2 Fontes Externas

Recursos necessários para investimentos no programa de biodiesel

poderiam vir tanto do mercado de carbono, ainda em construção, como por meio de investidores que percebam nos ativos ambientais uma oportunidade rentável para seu capital.

No Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, do Protocolo de Quioto, uma parte do compromisso de redução de emissão de CO₂ dos países desenvolvidos pode ser realizada em países em desenvolvimento. Não obstante a falta da regulamentação, na Bolsa de Valores de Chicago já são comercializados os certificados de compra e venda de cotas e direitos de emissão dos gases do efeito estufa, sendo que o preço básico da tonelada de carbono é de 10 dólares.

As externalidades ambientais positivas existentes na produção de biodiesel e a necessidade dos países desenvolvidos de reduzir suas taxas de emissões de CO₂ possibilitam que a agroindústria do biodiesel atraia capital externo para financiar o abatimento conjunto das emissões.

O Banco Mundial criou, em julho de 1999, o Prototype Carbon Fund – PCF, um fundo com a finalidade de financiar projetos que visem mitigar os efeitos das mudanças climáticas e promover o desenvolvimento sustentável, com recursos da ordem de 150 milhões de dólares. Para compor esse fundo, governo e empresas de países desenvolvidos contribuem com recursos e tecnologia para os projetos. O PCF repassa esses recursos para financiar projetos de países em desenvolvimento.

Destaque-se, ainda, que, recentemente, o Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID concedeu um empréstimo para um projeto com o objetivo específico de promover a eficiência de energia na Colômbia. O empréstimo de 10 milhões de dólares permitirá ao Ministério das Minas e Energia desse país implementar medidas para estimular mudanças legais, institucionais e de regulamentação, aumentar o papel do setor privado e executar estudos e programas piloto para isso. Dessa forma, o BID também pode ser considerado uma fonte de financiamento para um programa de biodiesel no Brasil.

5.3 A questão tributária

É reconhecido internacionalmente que o biodiesel, atualmente, não é competitivo em relação ao óleo diesel, sem que haja fortes incentivos fiscais. O biodiesel ainda tem um custo de produção mais de duas vezes maior que o do óleo diesel. Para que esse combustível fosse introduzido na matriz energética de muitos países, trazendo benefícios ambientais e sociais, muitos incentivos fiscais foram concedidos. Na Alemanha, a viabilização econômica do biodiesel se deu pela isenção de tributos em toda a cadeia produtiva.

No Brasil, os impostos incidentes sobre combustíveis são a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico – CIDE, o Programa de Integração Social – PIS, a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social – COFINS e Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação – ICMS. A tabela 5.1 (Foster, 2003) mostra, a título de exemplo, os valores médios dos tributos incidentes sobre combustíveis nas capitais do país no período de 17 a 23 de agosto de 2003.

Tabela 5.1 – Tributos médios incidentes sobre combustíveis (R\$).

Tributo	Gasolina Comum	Álcool Hidratado	Óleo Diesel
CIDE Total	0,4058 (=0,5411 x 0,75)	0,0293	0,2180
PIS/COFINS Produtor	0,0004	0,0050	0,0006
PIS/COFINS Distribuidor	-	0,0594	-
ICMS Produtor	0,3154	0,2355	0,1862
ICMS Distribuidor	-	0,0968	-
ICMS Substituição tributária	0,2234	0,0944	0,0548
Total de tributos por litro	0,945	0,5204	0,4596

A gasolina comum mostrada na tabela 5.1 é composta de 75% de gasolina pura e 25% de álcool anidro. O combustível mais tributado é a gasolina comum, com cerca de R\$0,945. O óleo diesel apresenta um total de tributos de R\$0,4598, inferior ao total de tributos do álcool hidratado que é de R\$0,5204. Dessa forma, se não houver uma total isenção de tributos para o biodiesel, ele não será competitivo.

Como não há previsão constitucional para cobrança de CIDE sobre o biodiesel, as isenções nesse caso se resumiriam ao PIS/COFINS e ao ICMS, que totalizam R\$0,2416. Ressalte-se, no entanto, que essa isenção pode não ser suficiente para viabilizar economicamente o biodiesel como combustível, mas pode viabilizá-lo como aditivo.

6. SUMÁRIO E CONCLUSÕES

Existe um consenso nacional sobre a importância de se incentivar a produção de biodiesel pela rota ética tanto pelos benefícios sociais quanto pelos benefícios ambientais decorrentes da sua mistura ao óleo diesel de petróleo.

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.

Deve ser privilegiada a produção de biodiesel na Região Nordeste e Norte e, no caso do biodiesel ser produzido em cooperativas de pequenos agricultores, deve haver isenção tributária em toda a cadeia de produção.

A mamona e o dendê são as matérias-primas mais indicadas para a produção de biodiesel no Brasil. A mamona pelo grande potencial de inclusão social no semi-árido brasileiro e o dendê pela sua alta produtividade.

O óleo de soja, pelo seu baixo custo de produção, também pode ser utilizado como matéria-prima, desde que adotado um modelo de produção sustentado por pequenos produtores. Caso contrário, poder-se-ia caminhar para um processo socialmente excludente, como o PROALCOOL.

A abertura de linhas de crédito específicas em bancos oficiais é indispensável para o sucesso do programa. Essas linhas de crédito devem ser tanto para o plantio das oleaginosas como para as instalações das cooperativas de pequenos agricultores.

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. Mesmo admitindo-se um custo de produção do biodiesel três vezes maior que o óleo diesel de petróleo, o aumento final para o consumidor seria de apenas R\$0,02 para se ter um “óleo aditivado”.

7. BIBLIOGRAFIA

Clery, P. “Green fuels Challenge-Submission for Biodiesel and Bioethanol.” BABFO British Association of Bio Fuels and Oils, 2001.

Dabdoub, M. J. “Por um biodiesel com identidade brasileira.” Câmara dos Deputados – Comissão de Agricultura e Política Rural, Brasília, 2003.

Ferres, J. D. “Biodiesel.” Seminário Os Veículos Automotores e o Efeito Estufa – ABIOVE, AEA, 2002.

Foster, M. G, S. “O Álcool Combustível e a Política Energética dos Combustíveis Veiculares.” Câmara dos Deputados – Seminário Políticas para o Setor Sucroalcooleiro e a Reestruturação do Proálcool, 2003.

Grando, G. “Políticas Públicas do Programa Nacional do Biodiesel.” Câmara dos Deputados

– Videoconferência O Biodiesel e a Inclusão Social, 2003.

Fontana, J. D. “Biodiesel e Inclusão Social: processos de produção e auto-suficiência energética para pequenas comunidades.” Câmara dos Deputados – Videoconferência O Biodiesel e a Inclusão Social, 2003.

Nogueira, L. A. H. “Biodiesel: barreiras a superar.” Câmara dos Deputados – Videoconferência O Biodiesel e a Inclusão Social, 2003.

Accarini, J. H. “Instituto Volta ao Campo.” Câmara dos Deputados – Videoconferência O Biodiesel e a Inclusão Social, 2003.

Khalil, C. N. “Economicidade e Sustentabilidade do Processo de Produção de Biodiesel a Partir da Semente de Mamona.” Câmara dos Deputados – Videoconferência O Biodiesel e a Inclusão Social, 2003.

Khan, A. K. “Research into biodiesel kinetics and catalyst development.” Thesis for an Individual Inquiry Topic at the University of Queensland, 2002.

Karaosmanoglu F., Beker U. G. “Used oil as a fuel oil alternative.” Energy Sources: Journal of Extraction, Conversion and the Environment, 1996.

Knothe, G. “Rapid Monitoring of Transesterification and Assessing Biodiesel Fuel Quality by Near-infrared Spectroscopy Using a Fiber-Optic Probe.” 89th AOCS Annual Meeting & Expo, 1998.

Kusdiana D., Saka S. “Kinetics of Transesterification in Rapeseed Oil to Biodiesel Fuels as Treated in Supercritical Methanol.” Fuel, 80, 2001.

Meirelles F. S. “Biodiesel.”, 2003.

Parente, E. J. S. “Biodiesel Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado.”, Livro, 2003.

Parente, E. Jr., Branco, P. T. C. “Análise Comparativa entre Etanol e Metanol Visando Utilização como Coadjuvante Químico na Produção de Biodiesel.” Câmara dos Deputados – Videoconferência O Biodiesel e a Inclusão Social, 2003.

Passoni, I. “Desenvolvimento Regional e Geração Trabalho e Renda.” Câmara dos Deputados – Videoconferência O Biodiesel e a Inclusão Social, 2003.

Parucker, A. G. C. “Proposta para elaboração de estudos sobre biodiesel.” Consulta à Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados feita pelo Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica, 2003.

Prankl, H., Wörgetter M. “The Introduction of Biodiesel as a Blending Component to Diesel Fuel in Austria.” Final Report of NTB-net Phase IV, 2000.

Rosa, L. P. et al. “Análise Prospectiva de Introdução de Tecnologias Alternativas de Energia no Brasil.” Óleos Vegetais – Workshop COPPE (Relatório Preliminar) 2002.

Santana, E. “O biodiesel e a inclusão social no semi-árido, na área de atuação do DNOCS.” Câmara dos Deputados – Videoconferência O Biodiesel e a Inclusão Social, 2003.

Weisz PB, Haag WO, Rodewald PG. “Catalytic production of high-grade fuel (gasoline) from biomass compounds by shape-selective catalysis.” Science, 1979.