

BIODIESEL

UMA EXPERIÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

LUCIANO BASTO OLIVEIRA^a, ANGELA OLIVEIRA DA COSTA^a

^a IVIG/COPPE/UFRJ

RESUMO

O Brasil é o país de maior biodiversidade, o que explica sua riqueza em oleaginosas. Entretanto, restringe suas culturas para fins alimentícios, desprezando algumas espécies com alto rendimento lipídico. Existe um potencial grande a ser explorado, tanto em relação ao aproveitamento energético de culturas temporárias e perenes quanto ao aproveitamento energético do óleo residual proveniente da alimentação.

A busca de uma alternativa energética para os combustíveis fósseis retoma a agenda internacional, com um elemento novo: a crescente preocupação ambiental. Como os óleos vegetais, o biodiesel não contém enxofre e não gera poluentes durante sua produção industrial.

A implementação de um programa energético com biodiesel abre oportunidades para grandes benefícios sociais decorrentes do alto índice de geração de emprego por capital investido, culminando com a valorização do campo e a promoção do trabalhador rural, além das demandas por mão-de-obra qualificada para o processamento e, em muitos casos, beneficiamento dos óleos vegetais.

É preciso salientar a reversão no fluxo internacional de capitais, uma vez que o aproveitamento do biodiesel permite a redução das importações de diesel e a comercialização internacional de certificados de redução de emissões de gases do efeito estufa.

1. INTRODUÇÃO

O biodiesel é uma evolução na tentativa de substituição do óleo diesel por biomassa, iniciada pelo aproveitamento de óleos vegetais “in natura”. É obtido através da reação de

óleos vegetais com um intermediário ativo, formado pela reação de um álcool com um catalisador, processo conhecido como transesterificação. Os produtos da reação química são um éster¹ (o biodiesel) e glicerol². Os ésteres têm características físico-químicas muito semelhantes às do diesel, conforme demonstram as experiências realizadas em diversos países.

Uma das grandes vantagens do biodiesel é sua adaptabilidade aos motores do ciclo diesel, pois enquanto o uso de outros combustíveis limpos, como o gás natural ou biogás, requer adaptação dos motores, a combustão de biodiesel pode dispensá-la, configurando-se em uma alternativa técnica capaz de atender toda a frota já existente movida a óleo diesel.

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

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

2. O USO DO BIODIESEL NO MUNDO

Já existe na Alemanha uma frota significativa de veículos leves, coletivos e de cargas utilizando biodiesel puro, obtido de plantações específicas para fins energéticos, oferecido em cerca de 1000 postos. O consumo europeu (atendido principalmente pela produção interna), de 200.000t em 1998, mais do que dobrou em 2000, como pode ser visto na tabela 1. O

¹ Derivado da reação química entre um ácido carboxílico e um álcool, na qual o hidrogênio do grupamento carboxila é substituído pela cadeia carbônica do álcool, formando o éster.

² Apesar deste produto dispor de aplicações no mercado de cosméticos, o aumento de sua oferta precisa ser precedido de análise sobre aplicação em outros segmentos, o que pode configurar uma área específica de pesquisa, a gliceroquímica.

principal fabricante mundial (empresa malaia³) produziu 250.000t em 2000 (OLIVEIRA, 2001).

TABELA 1 – CONSUMO DE BIODIESEL NA EUROPA – 1998 e 2000

PAÍS	CONSUMO DE BIODIESEL (t/ano)	
	1998	2000 (até outubro)
ALEMANHA	72.000	315.000
FRANÇA	70.000	50.000
BÉLGICA	15.000	-
ITÁLIA	-	40.000
GRÃ-BRETANHA	1.000	-
ÁUSTRIA	17.000	15.000
SUÉCIA	8.000	7.000
REPÚBLICA TCHECA	12.000	-
TOTAL	195.000	427.000

Fonte: www.biodiesel.com

Nos Estados Unidos, além dos estados cujo consumo não é obrigatório, leis aprovadas em Minnesota e Carolina do Norte obrigam que, a partir de 01/01/2002⁴, todo o diesel consumido tenha 2% de biodiesel. Os principais fornecedores são a empresa malaia citada, além da produção local (OLIVEIRA, 2001).

Cabe ressaltar que as montadoras de veículos e as fornecedoras de peças e equipamentos mantêm a garantia para veículos que utilizarem biodiesel. Mesmo considerando a geração de motores em uso na Europa mais avançada do que a brasileira, esta será nossa realidade tecnológica futura, o que possibilita aguardar tal evolução, caso não se deseje fazer testes para viabilização. Já o governo argentino, cuja frota é bastante similar à nossa, autorizou o uso de biodiesel no final de 2001, especificando as características desejadas para o produto.

3. O USO DO BIODIESEL NO BRASIL

³ Bioleum Biodiesel

⁴ www.biodiesel.com.

No Brasil há diversas experiências sobre o uso de biodiesel, oriundo de óleos novos e usados, puros ou misturados ao diesel. Entretanto, apenas em 1998 o órgão regulador do setor, a Agência Nacional de Petróleo (ANP), publicou a Resolução nº 180, sobre a necessidade de realização de testes pré-aprovados para a homologação⁵ de combustíveis não especificados.

Após tal resolução, o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), encaminhou a primeira solicitação do país para realizar testes usando biodiesel nacional, em motores de combustão interna. A tabela 2, a seguir, mostra os resultados de análises físico-químicas realizadas no biodiesel de óleo de fritura, destacando os métodos usados e as especificações do óleo diesel.

Esta primeira solicitação envolve o biodiesel de óleo vegetal usado. Em decorrência da aprovação de projeto por PETROBRAS e FINEP para homologação de misturas de diesel a biodiesel de óleos de fritura e soja, no fim de 2001, o procedimento para início dos testes está sendo elaborado. Este projeto retoma experiência iniciada em 1982, quando foram estudados aspectos técnicos, econômicos, sociais, climáticos e ambientais da transesterificação.

Testes realizados comprovaram o potencial de mistura do biodiesel ao diesel, sendo sugerida uma proporção de até 1:5. Mesmo considerando o aumento no consumo decorrente do balanço desfavorável entre o maior número de cetano e menor Poder Calorífico Inferior, o biodiesel demonstra-se viável tecnicamente.

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS DO BIODIESEL DE ÓLEOS USADOS

⁵ Homologação é a autorização para comercializar o combustível em todo território nacional. Requer a realização de testes físico-químicos e mecânicos, de bancada e de campo, cujo relatório deve ser aprovado pela ANP.

ENSAIOS	MÉTODO*	Óleo Vegetal Transesterificado	DNC
Cinza, %m/m	ASTM D482	0,018	0,020 (máx.)
Densidade a 20/4°C	ASTM D4052	0,8771	0,82-0,88 (Tipo B)
Enxofre, mg/kg	ASTM D2622	10	0,30 G/100G
Lubricidade a 60°C, µm	ASTM D6079	131	450 (Max.)
Número de Cetano	ASTM D613	51	40 (min.)
PCS, kcal/kg	ASTM D4809	9.366	10.370
PCI, kcal/kg	correlação	8.758	10.100
P ¹⁰ de Fluidez, °C	ASTM D97	0	-6
P ¹⁰ de entupimento, °C	IP 309	- 3	2,0 A11
P ¹⁰ de fulgor, °C	ASTM D93	27	31 (DIESEL)
P ¹⁰ de névoa, °C	ASTM D2500	3	14
Viscosidade Cinemática a 40°C, mm ² /s	ASTM D445	4,719	2 a 5,4
Acidez, mgKOH/g	ASTM D664	Forte – ND	-
Análise Elementar Orgânica – CHN, %m	ASTM D5291	Fraca - < 0,05 Carbono: 74,7 Hidrogênio: 12,0 Nitrogênio: -	0.140+0.008 Carbono: 86 Hidrogênio: 13,4 Nitrogênio: -
Cor ASTM	ASTM D1500	L 3,0	
Aspecto	VISUAL	Amostra castanho escuro, turva e isenta de água livre e partículas em suspensão	

Fonte: CENPES, 2000

* Métodos internacionais para realização de testes e definição de padrões.

Considerando a restrição de emissões de NO_x em 7g/kWh⁶, (permitiu homologar 29 motores de 6 produtores pesquisados, sendo a maior emissão 6,91g/kWh (IBAMA, 2001)), um novo combustível que aumente as emissões deste poluente não deve, em primeira

⁶ Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) do IBAMA

instância, incrementá-las em mais do que 1,3%. A tabela 3 apresenta emissões dos principais poluentes para 4 tipos de combustível.

TABELA 3 - EMISSÕES DE POLUENTES DAS MISTURAS

POLUENTE	REDUÇÃO/ AUMENTO	B100	B20	B10	B5
		PERCENTUAL (%)			
GASES DE EFEITO ESTUFA	R	78	15	7,5	3,75
ENXOFRE	R	98	19	9,5	4,95
MATERIAL PARTICULADO	R	50	10	5	2,5
NO _x	A	13*	2,5**	1,3**	0,65**

Fonte: OLIVEIRA, 2001.

* USEPA

** Caso o incremento seja linear.

A geração de eletricidade em grupo-geradores pode ser anexada à demanda dos transportes e significar a diferença no ganho de escala para obtenção de atratividade financeira. Isto será mais viável em localidades remotas e em locais que não conseguiram cumprir as metas de racionamento, em sistemas diesel-elétricos com base no biodiesel. Do ponto de vista técnico esta alternativa é plenamente viável, pois a dinâmica do regime é mais regular que o setor de transportes, onde há aceleração e desaceleração contínua.

Como o aumento na oferta de biodiesel é simultâneo ao da oferta de outras substâncias resultantes (como glicerina e sabões), foram identificadas novas alternativas industriais para o emprego extensivo de tais matérias-primas, a fim de coibir o possível aviltamento dos preços e manter o interesse do mercado sem expor a sociedade a riscos sanitários pelo aumento de resíduos, ou de mistura de sub-produtos não especificados aos alimentos.

Entendendo esta iniciativa como parte de uma ação nacional, em 2001, foi realizado no IVIG/COPPE/UFRJ o seminário “Potencial do Biodiesel no Brasil”, a partir do qual foi criado um grupo de trabalho com representantes de instituições que vinham trabalhando neste tema, dentre as quais o Centro de Pesquisas da PETROBRAS, o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e a Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC). Também estiveram representadas a ANP e a iniciativa privada. A principal conclusão do

evento foi a importância de uma política nacional de fomento à substituição do diesel importado por biodiesel, de acordo com a viabilidade técnico-econômica em cada região do país. A tendência é a opção pela mistura, a fim de reduzir os custos de alteração do sistema logístico e de armazenamento.

4. IMPORTÂNCIA DO BIODIESEL NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Os esforços do governo em relação à necessidade de aumento da oferta de energia elétrica para se atender às perspectivas de aumento da demanda, poderiam ser canalizados, em parte, para o uso de óleos vegetais na geração elétrica, estimulando-se soluções regionais. Principalmente em localidades isoladas, o custo de transporte do diesel torna muito onerosa a geração elétrica, sendo muito favorável o aproveitamento energético das oleaginosas. Permite-se assim, ao consorciar com transportes, uma independência energética nas comunidades isoladas e a promoção de melhor qualidade de vida, com energia contínua e em maior potência, de acordo com resultados encontrados por DI LASCIO, ROSA e MOLION (1994).

A poluição atmosférica nos centros urbanos é uma das mazelas da sociedade contemporânea baseada em combustíveis de origem fóssil. Acarreta mal estar e inúmeras doenças respiratórias, resultando num grande custo em internações hospitalares. A substituição do petrodiesel pelo biodiesel possibilita um transporte rodoviário de passageiros e de carga mais limpo, resultando numa qualidade do ar significativamente melhor.

O setor comercial de alimentos que utiliza óleo vegetal para a cocção, poderia ter um destino útil para o seu óleo de fritura residual, evitando que este rejeito seja lançado para o esgoto doméstico, fenômeno que ocorre principalmente em comércios de pequeno porte.

4.1. ASPECTOS TÉCNICOS

A apreciação global dos resultados dos testes realizados na década de 80, em ônibus, caminhões e tratores, por mais de um milhão de quilômetros, mostra que todos os veículos que operaram com 100% de éster metílico ou etílico de óleo de soja não apresentaram

problemas significativos durante o decorrer do teste de campo (MIC, 1985). As medições do desempenho dos motores, em dinamômetro no final dos ensaios, e sua desmontagem completa para verificação de desgaste e depósitos, confirmaram os resultados satisfatórios observados. Em dois ou três (dos cerca de dez) tipos de motores testados foram necessárias modificações no processo de combustão para controle da diluição do lubrificante pelo combustível.

Todos os testes de desempenho dos ésteres metílicos mostraram um resultado bastante satisfatório, com eficiência de queima superior à dos óleos vegetais "in natura". Registrou-se menor formação de resíduos no motor e um desempenho mais homogêneo. O rendimento dos motores e o consumo de combustível são praticamente idênticos para o óleo mineral e os ésteres. Verificou-se, porém, a combustão incompleta, como no caso dos óleos "in natura", revelada pela formação de fumaça branca e também um efeito acentuado de lavagem do óleo lubrificante das paredes do cilindro do motor, aumentando seu desgaste. Este efeito de lavagem reduz a vida útil do lubrificante e do motor. Os desenvolvimentos futuros devem direcionar-se para a produção de óleos lubrificantes estáveis aos óleos transesterificados ou para a pesquisa de processamentos de óleos vegetais que produzam combustíveis que não contaminem os lubrificantes, a custos razoáveis (PARENTE, 1993).

Como aqueles testes não contemplaram as emissões, fator decisivo atualmente, e esta geração de motores é muito diferente da testada na década de 80, será necessário realizar novos testes. Entretanto, vem sendo discutida a profundidade dos mesmos, pois como visto acima, a Europa, os Estados Unidos e a Argentina estão utilizando este combustível, sendo possível comparar seus veículos e as especificações exigidas com nossa realidade, visando abreviar o uso deste combustível sem danos aos consumidores, ou a qualquer agente do setor.

Sobretudo, como o interesse da PETROBRAS é usar 5% de biodiesel misturado ao diesel, pouquíssimas serão as alterações no desempenho dos motores, além desta proporção normalmente ser considerada como aditivo, para o que as montadoras e fabricantes de peças e

equipamentos mantêm a garantia. Este valor pode ser considerado ousado, já que para atender a toda demanda nacional de óleo diesel com 5% de biodiesel seria necessário incrementar em 50% a produção nacional de óleos vegetais, como pode ser visto na tabela 4, o que requer um significativo esforço agrícola, somente possível mediante um plano de governo.

TABELA 4 – MERCADOS BRASILEIROS - 1999

	BILHÕES DE LITROS POR ANO
PRODUÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS	3,5
CONSUMO DE ÓLEO DIESEL	36
REFINO COM PRODUÇÃO NACIONAL	26
REFINO COM PETRÓLEO IMPORTADO	6,4
IMPORTAÇÃO DE DIESEL REFINADO	3,6

Fonte: Anuário Brasileiro da Soja e ANP (2001).

Deve-se ressaltar que o uso da mistura denominada B5 descarta a necessidade de qualquer alteração nos motores, o que confere grande diferencial quando comparada ao uso de quaisquer outros combustíveis menos poluentes. Este fator será muito importante na aceitação popular, visto que os consumidores brasileiros padecem do trauma gerado pela escassez de álcool combustível em 1990, que gerou filas enormes nos postos de abastecimento.

4.2. ASPECTOS ECONÔMICOS

Um fator importante a ser considerado é a viabilidade econômica da produção de ésteres. Na tabela 5 podem ser comparados os custos dos óleos vegetais e do óleo diesel importado em 2000. A estes custos deve ser incorporada a dessulfurização do óleo diesel importado, sendo o investimento de US\$1,7 milhão para processar todo o óleo importado entre os anos 2000 e 2004, cerca de 20 bilhões de litros (PETROBRAS, 2001).

TABELA 5 – CUSTOS DE ÓLEO DIESEL IMPORTADO E ÓLEOS VEGETAIS EM 2000

	ÓLEO DIESEL*	ÓLEO DE SOJA**	ÓLEO DE FRITURA**

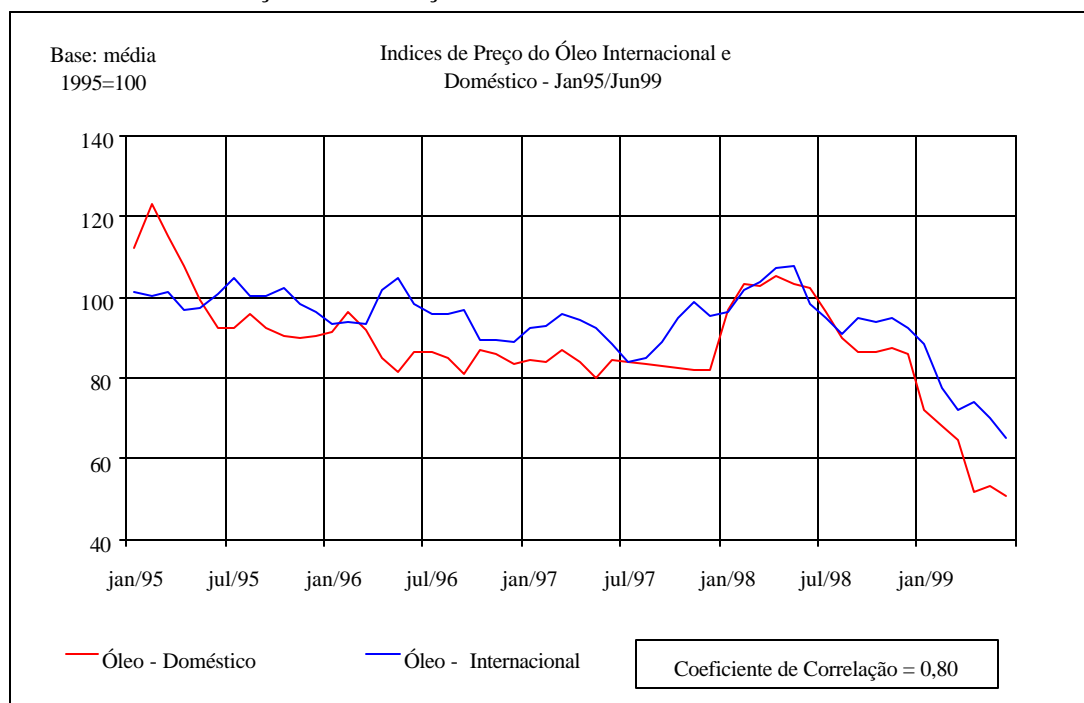
\$/LITRO	US\$ 0,22	R\$ 0,38	R\$ 0,32
----------	-----------	----------	----------

Fonte: * ANP, 2000

** Mercado brasileiro, 2001.

O desempenho dos preços reais de exportação dos óleos vegetais mostra a tendência histórica no mercado internacional para os produtos do Brasil e Estados Unidos. Mesmo sendo estes países detentores de mais da metade do mercado mundial, este cenário se confirmou nos últimos cinco anos, como mostra a figura 1. Apesar da estabilidade aparente nos preços dos óleos vegetais, a taxa mundial de inflação tem corroído seus valores reais, auxiliada pelo incremento da demanda por farelo de oleaginosas, cuja produção é simultânea à obtenção de óleo, o que tende a gerar excedentes de óleo e configurar diminuição maior de preços⁷. Por outro lado, os aumentos diferenciados dos preços do petróleo parecem constituir uma realidade com a qual a humanidade passará a conviver.

FIGURA 1 – EVOLUÇÃO DO PREÇO DO ÓLEO DE SOJA DE 1995 A 1999



⁷ A proibição do uso de carcaças de animais em rações, que contribuiu para a disseminação do mal da “vaca louca”, também aumentara a demanda por farelo e, com isto, poderá ampliar o fechamento de empresas de extração de óleos vegetais, o que vem ocorrendo desde 1999.

Fonte: IPEA, 2001.

Desta forma, a viabilidade econômica do biodiesel é uma questão de tempo, mesmo negligenciando os aspectos estratégicos de ordem social e ambiental e, sobretudo, o incentivo brasileiro conferido ao diesel mineral que possui um preço político subsidiado. Também deve ser considerada a importação deste combustível, já que cerca de 15% de seu consumo anual é importado já refinado e outros 40% são obtidos de petróleo importado (BEN, 2000).

Estudos de viabilidade econômica deverão ser realizados, de forma sistemática, para acompanhar a evolução dos fatos que permeiam a produção do diesel vegetal, especialmente quando se pretende introduzir inovações tecnológicas em toda a cadeia produtiva, que se inicia com a introdução de clones de altas produtividades das espécies vegetais como está acontecendo, por exemplo, com pesquisa da EMBRAPA sobre mamona na região Nordeste.

4.3. ASPECTOS AMBIENTAIS:

O álcool utilizado na reação pode ser de origem vegetal ou mineral. Quando de origem vegetal (rota etílica), a emissão de dióxido de carbono (CO₂) decorrente da combustão⁸ do biodiesel é reabsorvida na íntegra pela fotossíntese, durante o crescimento das próximas safras das biomassas das quais se produz o álcool e o óleo. Quando o álcool é mineral (rota metílica), apenas o percentual do CO₂ produzido pela combustão do biodiesel referente à queima do óleo vegetal (no mínimo 78%) é reabsorvido.

Há redução de 78% nas emissões de gases do efeito estufa decorrente do uso de biomassa consorciado a 22% de metanol fóssil, redução comprovada de 50% das emissões de material particulado e de 98% de enxofre. Apenas os óxidos nitrogenados (NO_x), causadores de doenças nas vias respiratórias, têm aumento, na faixa de 13%. (USEPA, 1998).

É sabido que o diesel mineral possui quantidades substantivas de enxofre sob a forma de mercaptanas, substâncias extremamente nocivas ao meio ambiente local, onde se inclui o homem. As mercaptanas compõem as emissões provenientes da descarga dos motores diesel,

especialmente quando funcionam fora da faixa normal (partidas e desacelerações), e em quantidades excessivas, quando os sistemas não estão ajustados ou regulados.

Sabe-se também que a queima do biodiesel juntamente com o diesel mineral (B_x) favorece a oxidação das mercaptanas, transformando-as em dióxido de enxofre, mais volátil e menos danoso aos seres vivos. Necessário se faz medir comparativamente as emissões de mercaptanas, para demonstrar os efeitos positivos da adição de biodiesel ao diesel mineral.

Por outro lado, é importante a demonstração dos aspectos de recuperação de solos improdutivos, através da nitrogação natural a partir do cultivo de espécies oleaginosas.

4.4. ASPECTOS SOCIAIS:

Nas Regiões Norte e Nordeste o vetor mais importante do Programa é o componente social pois, diferentemente do PRÓ-ÁLCOOL, a logística e formatação do Programa de Biodiesel, em todos os seus aspectos, está sendo feita com base no parâmetro social.

Necessário se faz testar, demonstrar e fomentar os sistemas de produção agrícola com base em assentamentos familiares, pois é a partir desta estratégia produtiva que deverá alicerçar-se o Programa. Um exemplo de sistema produtivo com base no social, foi proposto no Senado Federal, fundamentado no agronegócio da mamona, alternativa que associa a geração de renda ao uso de terras de baixo valor aquisitivo, bem como a utilização de uma cultura xerófila⁹ apropriada para o semi-árido nordestino.

5. CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS RELEVANTES

Estudos de melhorias genéticas da mamona têm sido realizados pela EMBRAPA, a qual dispõe de clones de alta produtividade, superando o patamar de 2.000 kg/hectare/safra.

Considerando os valores mínimos dos novos índices de produtividade EMBRAPA, e sabendo-se que o grão de mamona possui 45% de óleo extraível, o agronegócio da mamona

⁸ Processo de queima de combustíveis, para geração de energia, realizada na presença de oxigênio.

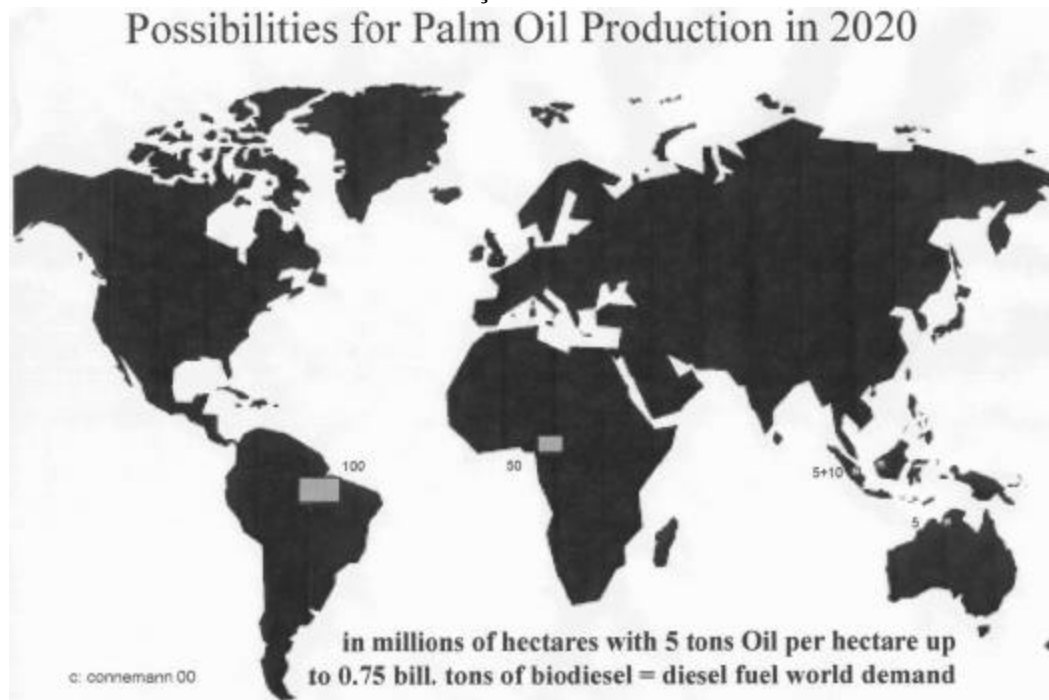
⁹ Vegetais resistentes ao calor e baixa quantidade de água.

certamente tem potencial para resolver o problema da miséria no campo, contribuindo de forma direta e expressiva para a independência energética brasileira no domínio do óleo diesel.

É oportuno ressaltar a produção concomitante de torta de mamona, insumo aplicável como adubo orgânico, com característica de repelência a insetos, o que favorece as boas práticas da agricultura orgânica. Outrossim, esta torta pode ser desintoxicada pela eliminação da ricina (toxina característica), obtendo-se farelo para formulação de rações animais.

Estudos internacionais apontam o Brasil como o país de maior potencial na produção de biodiesel de óleo de dendê nos próximos anos, podendo ser responsável por cerca de 60% da produção mundial (www.biodiesel.com), como pode ser visto na figura 2 a seguir.

FIGURA 2 – POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ÓLEO DE DENDÊ EM 2020



Fonte: FERROSTAAL, 2001.

Como os resultados de todos os aspectos analisados foram positivos, é possível concluir que o biodiesel é um combustível sustentável, capaz de auxiliar efetivamente e a curto prazo na obtenção de um transporte sustentável.

6. REFERÊNCIAS

- ANP (Agência Nacional de Petróleo), 2001. www.anp.gov.br/estatisticas.
- Anuário Brasileiro da Soja, 2001. Ed. Gazeta G.C. Santa Cruz do Sul, RS.
- B.E.N. (Balanço Energético Nacional), 2000. www.mme.gov.br/bem.
- CENPES, 2000. "Análise de biodiesel de óleo de frituras para uso como combustível substituto ao óleo diesel". Rio de Janeiro.
- DI LASCIO, M.A.; ROSA, L.P.; MOLION, L.C.B., 1994. "Projeto de Atendimento Energético para Comunidades Isoladas da Amazônia". COPPE/UFRJ, UNB, UFAL.
- FERROSTAAL, 2001. Biodiesel Potential.
- IBAMA, 2001. Fatores de emissão dos motores homologados pelo PROCONVE. Comunicação pessoal.
- IPEA (Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas), 2001. Acompanhamento do IPC-FIPE.
- MIC (Ministério da Indústria e do Comércio), 1985. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Secretaria de tecnologia industrial, Coordenadoria de informações tecnológicas. Brasília, DF.
- OLIVEIRA, L.B. 2001. Biodiesel – Combustível limpo para o transporte sustentável *in* RIBEIRO, S.K (coord). Transporte Sustentável: alternativas para ônibus urbanos. COPPE/UFRJ.
- PARENTE, E.J.S., 1993. Proposta de um óleo diesel alternativo. Tese (do concurso para professor titular do Departamento de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará).
- PETROBRAS, 2001. Dessulfurização de derivados de petróleo.
- USEPA, 1998. Summary results from NBB/USEPA tier I. Health and environmental effects testing for biodiesel under the requirements for usepa registration of fuels and fuel additives (40 CFR Part 79, Sec 21.1 (b)(2) and 21.1 (e)). Final report.