



Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO BIODIESEL NO BRASIL

Franco Augusto Paschoal Dworachek Viscardi

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – USP, Rua Prof. Luciano Gualberto, 908 – E-mail: francoviscardi@ig.com.br

Resumo – O petróleo foi uma das principais fontes de energia, em escala mundial, durante o século passado. Ainda hoje o é, dado que grande parte da base de expansão econômica (principalmente o desenvolvimento de novas tecnologias e as transações comerciais) em nível global, é dependente de seus derivados. Na atualidade, o fator ambiental adquiriu importância não desprezível nas discussões sobre a obtenção e utilização de combustíveis. Além disso, os preços do petróleo, recentemente, apresentaram fortes altas. A busca por alternativas para a substituição do petróleo, portanto, se faz necessária. Isto posto, este trabalho tem como objetivo responder às seguintes perguntas: 1) O biodiesel é tecnicamente viável? e 2) Se sim, é também economicamente viável? A resposta à primeira pergunta será dada buscando na literatura técnica disponível os resultados dos testes e estudos até aqui efetuados. A segunda pergunta será respondida por meio da avaliação econômica de um projeto de produção de éster.

Palavras-Chave: biodiesel; viabilidade; petróleo; alternativas; transesterificação

Abstract – The oil was one of the main sources of power, in world-wide scale, during the last century. Still today it is, because the great part of the base of economic expansion (mainly the commercial development of new technologies and transactions) in the global level, is dependent of its derivatives. In the present time, the environmental factor acquired not worthless importance in the quarrels on the attainment and fuel use. Moreover, the prices of the oil, recently, had presented high levels. The search for alternatives for the substitution of the oil, therefore, if it makes necessary. Therefore, this work has as objective to answer to the following questions: 1) biodiesel is technical viable? e 2) If yes, it is also economically viable? The answer to the first question it will be given searching in technical literature available the results of the tests and studies effected until now. The second question will be answered by means of the economic evaluation of a project of ester production.

Keywords: biodiesel, viability, petroleum, alternatives, transesterification

1. Introdução

O petróleo foi uma das principais fontes de energia, em escala mundial, durante o século passado. Ainda hoje o é, dado que grande parte da base de expansão econômica (principalmente o desenvolvimento de novas tecnologias e as transações comerciais) em nível global, é dependente de seus derivados. Essa dependência é evidente nos combustíveis obtidos a partir do petróleo, como o diesel, crucial para o transporte de cargas, a gasolina, de utilização preponderante no transporte individual, o óleo combustível, indispensável nas atividades industriais, e o GLP (gás liquefeito de petróleo), largamente utilizado na cocção de alimentos.

Entretanto, como decorrência inevitável da utilização de um recurso natural não-renovável – e, portanto, da perspectiva de seu esgotamento futuro –, aconteceram repentinas elevações dos preços do petróleo, que se traduziram em choques econômicos que afetaram todo o mundo, como os ocorridos em 1973 e 1979. Essa realidade afetou

fortemente as contas externas brasileiras, pois, à época, cerca de 80% do petróleo utilizado era proveniente de importações. A busca por alternativas para a substituição do petróleo foi uma consequência desses fatos.

Entre diversas alternativas (das quais a introdução do álcool combustível na matriz energética brasileira foi uma delas), encontra-se uma tentativa fracassada de substituição da alimentação de motores movidos a petrodiesel por óleos vegetais, cujos experimentos nacionais iniciaram-se no começo da década de 1980, com o lançamento, pelo Governo Federal, do Programa de Óleos Vegetais, conhecido como OVEG. No plano técnico, a substituição do óleo diesel tradicional por óleos vegetais “in natura”, mostrou-se inviável, porque testes aplicados aos motores demonstraram que esses óleos possuíam características desfavoráveis à sua utilização como combustível que se traduziam em prejuízos ao seu funcionamento. Isso ocorre principalmente porque o óleo vegetal puro tem composição molecular diversa do óleo diesel. Uma das alternativas para a solução desse problema foi a transesterificação, que consiste em reagir o óleo vegetal puro com um álcool (metanol ou etanol), na presença de um catalisador, de forma a se obter um composto denominado éster (metílico ou etílico). Esse composto, por ter cerca de 85% de sua composição química idêntica à do óleo diesel, teria maiores chances de substituí-lo.

As pesquisas técnicas, à época, constataram que o éster também causava problemas nos motores, se utilizado em forma pura como combustível. Chegou-se a apontar a possibilidade de utilizá-lo como aditivo ao diesel, numa proporção máxima de 30%. Porém, além desses problemas, no plano econômico observou-se que o seu custo de produção era elevado demais, o que tornava proibitivo seu uso como forma de substituição ao diesel. Esse fato contribuiu para que esse projeto fosse abandonado.

Na atualidade, o fator ambiental adquiriu importância não desprezível nas discussões sobre a obtenção e utilização de combustíveis. Além disso, os preços do petróleo, recentemente, apresentaram fortes altas. Isso ocorreu, em parte, pela sua escassez relativa, mas também por fatores intrínsecos a ele, envolvendo o modo como seus ofertantes e demandantes interagem no mercado mundial, bem como as suas elasticidades preço. Como exemplo, pode-se citar a situação em que se encontravam os preços em fins de 1998, quando o petróleo era negociado a US\$10 o barril. Naquele momento, o consumo mundial era de 1,5 milhões de barris/dia menor que a produção (73,9MBD contra 75,4MBD). Em fins de 2002, os preços situavam-se aproximadamente em US\$30 o barril, e a relação entre consumo e produção estava invertida em comparação ao quadro anterior, com o consumo superando em 1,6 milhões de barris/dia a produção (78,4 MBD contra 76,8MBD). Isso aconteceu por resultado do controle da oferta por parte da OPEP.

No caso do petróleo, o que ocorre é que, no curto prazo, tanto a sua oferta como a sua demanda são inelásticas a preço. Em outras palavras, a quantidade demandada não sofre alterações significativas no curto prazo, como reação a um aumento brusco de preços, porque não é possível substituir, de imediato, equipamentos e motores que utilizem derivados de petróleo como combustíveis. Do lado da oferta, alterações na quantidade ofertada também não são imediatas porque o tempo de prospecção e operação de novos poços de petróleo varia entre 2 a 3 anos em terra e entre 5 a 8 anos na plataforma marítima.

Contudo, outros fatores também exercem influência no comportamento dos preços do petróleo no mercado internacional. Impasses políticos, guerras ou mesmo ameaças de guerras, especulações, sazonalidades de consumo (principalmente pela utilização, no hemisfério norte, do petróleo com fins de aquecimento durante os meses de inverno) e, até mesmo, fatores psicológicos, envolvendo as expectativas de suprimento da demanda no médio e longo prazos. O resultado final foi a escalada dos preços do petróleo, o que fez reaparecer a idéia da substituição de seus derivados. Ressurge, assim, a proposta da utilização de substitutos ao petrodiesel; mais especificamente, dos ésteres metílicos ou etílicos mencionados anteriormente, agora sob a denominação “biodiesel”.

CAPÍTULO 1 – BIODIESEL : VIABILIDADE TÉCNICA

1.1 Introdução

A resposta à pergunta sobre a viabilidade técnica do biodiesel, conforme colocado na introdução deste trabalho, contemplará dois enfoques:

Em um primeiro enfoque, procurar-se-á verificar a viabilidade técnica para o usuário. Para isso, a pesquisa será direcionada aos resultados e consequências da utilização do éster em motores ciclo diesel, seja na forma de mistura ao petrodiesel, seja na forma pura. A notação para a especificação do biodiesel que será utilizada obedecerá à convenção empregada internacionalmente, onde “B100” significa que o combustível é composto 100% pelo éster (portanto 100% biodiesel), “B20” refere-se a uma mistura cujo conteúdo é composto por 20% de éster e 80% de petrodiesel, “B5” compreende uma mistura cujo conteúdo é composto por 5% de éster e 95% de petrodiesel, e assim por diante.

No segundo enfoque, se constatada a viabilidade técnica para o usuário, analisar-se-á a viabilidade técnica da produção do éster. Serão verificados os fatores tecnológicos - dentre os quais a existência de equipamentos e processos -, as relações técnicas de produção e os coeficientes de aproveitamento dos insumos nas diversas etapas do processo de obtenção do biodiesel. Com tais informações será construído um balanço de massa do processo de esterificação. Tal balanço fornecerá subsídios para o estudo de viabilidade econômica.

Como conclusão da viabilidade técnica, verificar-se-á quais matérias primas (oleaginosas) são as mais indicadas para a fabricação do éster, ressaltando as vantagens e desvantagens de cada uma, e, portanto, seu potencial de utilização efetiva.

1.2 Conclusões do Primeiro Enfoque

As principais conclusões dos testes que foram realizados com o objetivo da verificação do comportamento dos motores ciclo diesel utilizando o biodiesel são sumariadas a seguir:

Nos testes conduzidos por Hofman e Solseng, a principal conclusão foi a de que, por unidade, o biodiesel possui uma quantidade de energia utilizável menor que o petrodiesel. Por isso, a tendência é a de que o consumo relativo biodiesel/petrodiesel seja maior que 1, fazendo-se necessária a utilização de mais de um litro de biodiesel para substituir um litro de petrodiesel.

Neste aspecto, os testes conduzidos pela CERBIO revelam resultados consistentes com os de Hofman e Solseng. Alguns cálculos evidenciam essa consistência: os resultados dos testes apontam o consumo de 6,25 l/100km quando da utilização de petrodiesel pelo automóvel VW Golf TDI 1.9 diesel rodando na cidade. Quando o combustível utilizado é o B20, o consumo passa a ser de 8,33 l/100km.

O B20 é formado pela mistura de 20% de biodiesel e 80% de petrodiesel. Logo, desses 8,33 litros utilizados pelo automóvel no percurso de 100 quilômetros, 1,67 litros são de biodiesel, e 6,67 litros são de petrodiesel. Portanto, gasta-se mais diesel, em volume, quando este se encontra dentro da mistura, do que quando utilizado isoladamente. Além disso, há o consumo do biodiesel. Evidentemente, neste caso específico, a substituição do petrodiesel não faz o menor sentido.

No trabalho de Sharp, as principais conclusões foram: a) diminuição da emissão de hidrocarbonetos, de monóxido de carbono e de material particulado. Em contrapartida houve aumento nas emissões de NOx. b) em geral, os motores testados apresentaram pequena perda de potência e aumentos no consumo de combustível. Neste aspecto, o consumo de B100 apresentado por um dos motores testados foi 13% maior que o do petrodiesel. Quando da utilização do B20, o consumo foi, em média, 6% maior.

Deste modo, o relativo de consumo biodiesel/petrodiesel será, no primeiro caso, de 1,13, já que para substituir 100 litros de diesel gasta-se 113 litros de B100 ($113 \text{ litros} \div 100 \text{ litros} = 1,13$).

Da mesma forma, o relativo de consumo no segundo caso será de 1,395. Lembrando que na mistura B20 20% é biodiesel e 80% é petrodiesel, e que um consumo 6% maior significa gastar 106 litros de B20, para a substituição de 100 litros de petrodiesel, têm-se que:

$$106 \text{ litros de B20} = 21,2 \text{ litros de biodiesel} + 84,8 \text{ litros de petrodiesel}$$

Portanto, a poupança efetiva de petrodiesel será: $100 - 84,8 = 15,2$ litros. Em outras palavras, são utilizados 21,2 litros de biodiesel para a poupança de 15,2 litros de petrodiesel. Portanto, nesse caso, a relação de substituição é:

$$21,2 \text{ litros} \div 15,2 \text{ litros} = 1,395$$

Os resultados de consumo relativo como estes apresentados acima serão importantes quando a questão da viabilidade econômica for discutida.

A despeito dos resultados adversos quanto ao maior consumo de combustível, maiores emissões de NOx e menor rendimento dos motores na utilização do biodiesel, todos os trabalhos concluem que não existe qualquer barreira técnica que impossibilite seu emprego nos atuais motores ciclo diesel.

Tabela 1 – Propriedades do Petrodiesel, da Mistura Biodiesel/Petrodiesel e do Biodiesel

	Petrodiesel (D)	B20	B50	B100
Calor de Combustão (BTU/gal)				
Experimento 1 - Hofman e Solseng	139.100	137.000	134.000	129.000
Experimento 2 - Sharp	139.000	130.700	-	117.500
Número de Cetano				
Experimento 1 - Hofman e Solseng	48,00	50,00	52,00	55,00
Experimento 2 - Sharp	43,30	46,00	-	47,50
Viscosidade (centistokes)				
Experimento 1 - Hofman e Solseng	2,80	3,40	4,20	5,70
Experimento 2 - Sharp	2,80	2,92	-	4,12
Potência				
Experimento 1 - Hofman e Solseng	68 HP	65 HP	64 HP	62 HP
Experimento 2 - Sharp	-	2,0% menor que D	-	7,0% menor que D
Experimento 3 - Ivan D. Rabelo	-	2,7% maior que D	7,6% maior que D	3,2% maior que D
Consumo de Combustível				
Experimento 1 - Hofman e Solseng	12,00 l/hr	11,62 l/hr	11,66 l/hr	11,47 l/hr
Experimento 2 - Sharp	-	6,0% maior que D	-	13,0% maior que D
Experimento 3 - Ivan D. Rabelo	-	similar a D	similar a D	similar a D
Experimento 4 - TECPAR	-	2,5% maior que D	-	-
Experimento 5 - CERBIO				
cidade	6,25 l/100km	8,33 l/100km	-	-
estrada	4,76 l/100km	6,25 l/100km	-	-
Ponto de Névoa (°C)				
Experimento 2 - Sharp	-17	-14	-	-1

1.3 Viabilidade Técnica da Produção do Biodiesel

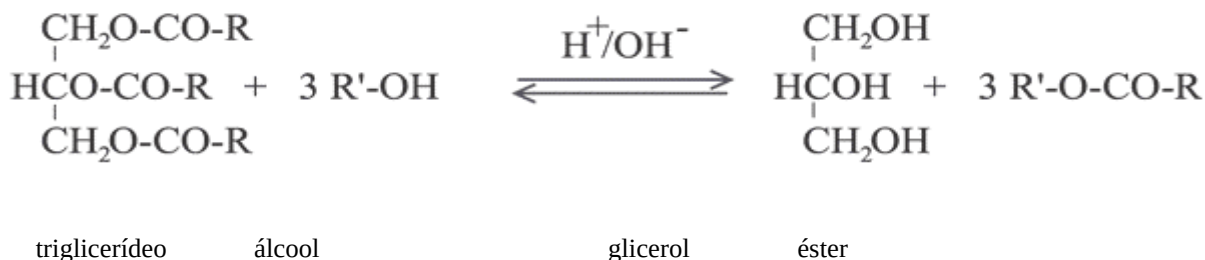
1.3.1 Biodiesel: Conceito e Formas de Obtenção

A molécula de óleo vegetal é um triglicerídeo, já que é formada por três ésteres ligados a uma molécula de glicerina, que é responsável pela maior densidade e viscosidade do óleo “in natura” em relação ao petrodiesel. Isso acontece porque a glicerina participa em 20% no peso molecular do óleo vegetal.

Este excesso de viscosidade dos óleos vegetais ‘in natura’ representa uma das causas de sua inviabilidade técnica, porquanto gera depósitos de carbono na câmara de combustão dos motores, causando a obstrução dos bicos injetores. Por esta razão procurou-se transformar quimicamente os óleos vegetais para que suas características físico-químicas se aproximassem do petrodiesel, através de uma reação de transesterificação, obtendo-se o biodiesel. Assim, quimicamente, o biodiesel pode ser definido como: ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos de cadeias longas, derivados de fontes lipídicas renováveis.

O biodiesel é produzido através da reação de um óleo vegetal ou gordura animal com álcool anidro (metanol ou etanol), que pode ser, entre outros, o álcool de cana, auxiliado, para acelerar a reação e realizar a quebra da molécula, por um catalisador (comumente utiliza-se o hidróxido de sódio – NaOH – ou hidróxido de potássio – KOH –). Com a quebra da molécula do óleo vegetal, a glicerina se une ao hidróxido, decantando em seguida. O éster se liga ao álcool, formando o biodiesel. Há, ainda, a presença de um co-catalisador nesse processo. O co-catalisador utilizado é uma espécie de argila e garante que, terminada a síntese, o biodiesel seja facilmente separado dos subprodutos da reação.

Ainda durante o processo de transesterificação, a molécula de glicerina é removida do óleo vegetal, sendo substituída pela molécula do álcool (metanol ou etanol), constituindo um subproduto da fabricação do biodiesel. Essa remoção da glicerina torna o óleo mais fluido pela redução da viscosidade. Pode-se esquematizar a reação como se segue:



Após o fim do processo, cada litro de óleo vegetal permite obter aproximadamente um litro de biodiesel e uma quantidade residual de glicerina que representa cerca de 10% do peso do óleo refinado inicial

Na reação do óleo vegetal com metanol, a separação dos produtos (biodiesel e glicerina) é simples, feita por decantação ou centrifugação. Porém, o processo que utiliza etanol apresenta maiores dificuldades para ser utilizado em larga escala, pois na fase de separação e purificação dos ésteres etílicos são formadas emulsões que dificultam a obtenção do biodiesel puro. Ao final do processo, restam grandes quantidades de óleos vegetais não convertidos em combustível. Portanto, o processo etílico exige maiores controles no processamento do combustível. Porém, com algumas adaptações, tanto os ésteres metílicos como os etílicos podem ser fabricados na mesma instalação (planta industrial).

Outros problemas apresentados pela rota etílica para a obtenção do biodiesel são o consumo do etanol (45% maior em relação ao metanol), o tempo necessário para a conversão dos reagentes (duas vezes maior), a maior quantidade de equipamentos necessários e o consumo de eletricidade (mais de duas vezes maior).

No entanto, pesquisas nacionais, com o intuito de resolver esse problema referente ao éster etílico, estão sendo empreendidas. Utiliza-se um processo de decantação induzida quimicamente, com uma posterior centrifugação. Todavia, os detalhes deste processo ainda não estão disponíveis, por motivos de segredo industrial. De todo modo, os pesquisadores alegam ter descoberto um processo mais eficiente, com uma taxa de conversão de 98% a 100% em apenas 30 minutos, enquanto o processo tradicional leva 6 horas. Uma vantagem desse processo seria a de que a transformação química ocorre em temperatura ambiente, enquanto o método atualmente utilizado necessita de temperaturas de até 120°C. Outra vantagem alegada desse processo é a de que ele não utiliza água para efetuar a separação do éster e da glicerina, o que demandaria sua posterior remoção, sem a qual os motores poderiam ser negativamente afetados.

O processo de produção do biodiesel deve reduzir ao máximo a presença de contaminações no produto, como glicerina livre e ligada, sabões ou água. No caso da glicerina, reações de desidratação que ocorrem durante a combustão podem gerar acroleína, um poluente atmosférico muito perigoso, que pode, devido a sua reatividade, provocar um aumento na ocorrência de depósitos de carbono no motor. Sabões acarretam a degradação de componentes do motor, e a água, desde que acima de um limite tolerável -, além de prejudicar o motor, interfere na acidez do biodiesel porque causa a sua hidrólise quando em condições não ideais de estocagem.

Outra pesquisa nacional importante, que altera significativamente o início do processo de produção do biodiesel e que foi patenteada pela Petrobrás, desenvolveu uma nova tecnologia com ganhos de rendimento e custos. Em vez de gerar biodiesel a partir de óleos vegetais, a nova técnica extrai o combustível da própria semente que é fonte desse óleo. Dessa forma, as etapas de extração e de refinamento do óleo são eliminadas.

De acordo com o autor da pesquisa, pelo novo processo, a semente converte-se diretamente em biodiesel. A oleaginosa mais utilizada é a mamona, apesar de bons resultados com soja, amendoim, girassol e outras fontes. Nesse processo, segundo o pesquisador, é possível converter diretamente as sementes das oleaginosas em um biodiesel de alto grau de pureza.

1.3.2 Conclusões do Segundo Enfoque

A literatura analisada permite concluir que a produção do biodiesel é tecnicamente viável. A tecnologia necessária para a fabricação do biodiesel é perfeitamente dominada e vem sendo desenvolvida desde a década de 1970, quando ocorreram os choques do petróleo. Essa tecnologia é utilizada na Europa, Estados Unidos e também no Brasil.

As principais unidades comerciais européias em funcionamento localizam-se na Alemanha, na França e na Itália, cada uma com capacidade de produzir mais de 20.000 ton/ano de biodiesel. Nesses países, as plantas produtoras de biodiesel são integradas às indústrias de óleos vegetais. Segundo Carlos Khalil, pesquisador sênior do Centro de Pesquisas da Petrobrás (Centeps), a tecnologia desenvolvida no mundo inteiro, principalmente na Europa, onde o projeto do biodiesel praticamente se iniciou, parte do óleo vegetal. Esse é 'o estado da arte' hoje.

Existem cinco grandes empresas mundiais fornecedoras de plantas industriais para a produção de biodiesel: Lurgi, Westphalia, Ferrostaal, De Smet e Crown.

Dois métodos de produção são utilizados: por batelada e por processo contínuo. O primeiro é mais indicado para pequenas plantas, porque os equipamentos necessários são mais baratos. A desvantagem é que o tamanho físico da planta tende a ter uma relação direta com a sua produção. Para o dobro de produção, são necessários tanques de processamento duas vezes maiores. Isso significa que no processo por batelada não há economias de escala. Outro problema desse processo é que ele torna mais difícil a obtenção de um combustível homogêneo em cada batelada, resultando em um biodiesel que sofre variações em suas especificações.

O processo contínuo é funcional para plantas maiores, que operam sob temperaturas mais elevadas para encurtar o tempo de reação. Essas plantas evitam utilizar processos demorados, bem como equipamentos de grandes dimensões, realizando um mesmo trabalho mais rápido e com menos espaço. Portanto, neste processo existem economias de escala. Uma vantagem desse processo é a de não apresentar problemas de falta de homogeneidade na especificação do combustível, uma vez que o processo é constante.

De modo geral, os processos utilizados mundialmente para a produção do biodiesel atendem às especificações requeridas pelos motores ciclo diesel.

8. Referências

- Pellin, Eli Roberto (1986) A substituição de derivados de petróleo na agricultura. IPE-USP p. 9
- Pellin, Eli Roberto. O comportamento do petróleo no mercado internacional. Boletim informações fipec (setembro/2004).
- Ministério de Ciência e Tecnologia. Sítio www.biodiesel.gov.br. Acesso em 26/03/2005
- Ministério de Ciência e Tecnologia. Sítio www.biodiesel.gov.br. Acesso em 26/03/2005
- Parente, Expedito José de Sá (2003) Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado.
- Rabelo, Ivan Darwiche (2001) Estudo de Desempenho de Combustíveis Convencionais Associados a Biodiesel Obtido pela Transesterificação de Óleo Usado em Fritura. p.16.
- Sharp, Christopher A. Exhaust Emissions and Performance of Diesel Engines with Biodiesel Fuels. Southwest Research Institute. p.3.
- Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus. National Renewable Energy Laboratory of the U.S. Department of Energy. Final Report (05/1998) p. 173.
- Hofman, Vern e Solseng, Elton (2002) Biodiesel Fuel Use in an Unmodified Diesel Engine. Agricultural and Biosystems Engineering - North Dakota State University. p.3.