



## ESTUDO DE DESEMPENHO DE COMBUSTÍVEIS CONVENCIONAIS ASSOCIADOS A BIODIESEL OBTIDO PELA TRANSESTERIFICAÇÃO DE ÓLEO USADO EM FRITURA

Prof. Ivan Darwiche Rabelo  
Departamento de Mecânica do CEFET-PR  
Av. Sete de Setembro, 3165 Curitiba-PR 80.230-901 rabelo@cefetpr.br

Prof. Dr. Kazuo Hatakeyama, PhD  
Programa de Pós Graduação em Tecnologia do CEFET-PR

Prof. Dr. Carlos Marcus Gomes da Silva Cruz  
Departamento de Química e Biologia do CEFET-PR

**Resumo:** *O óleo de fritura usado (OUF) torna-se muito semelhante ao diesel quando sofre uma transformação química, transesterificação, convertendo-se em biodiesel. Este trabalho tem como objetivos: obter biodiesel por meio de transesterificação do OUF com metanol; estudar a miscibilidade do BOUF com o diesel metropolitano e com álcool etílico hidratado (AEH); verificar o desempenho do biodiesel puro e de misturas do biodiesel com diesel, com álcool etílico anidro (AEA) e hidratado (AEH); comparar o atraso na ignição destas misturas com o diesel. Para o estudo de desempenho foi utilizado um motor de ciclo diesel sem adaptações. Foram construídas curvas de torque, potência, consumo específico, temperatura dos gases de escape, coeficiente de excesso de ar e rendimento térmico. A mistura de biodiesel e diesel acusou um pequeno aumento de potência e torque quando se aumentou a proporção de biodiesel no diesel. As misturas de BOUF com álcool mostraram excelente rendimento térmico e a adição de BOUF ao diesel resultou numa melhoria do rendimento. O BOUF é um combustível alternativo, de recursos renováveis e com um bom desempenho no motor ciclo diesel, sem a necessidade de adaptações.*

**Palavras Chaves:** *biodiesel, transesterificação, éster, óleo de fritura, óleo vegetal usado reciclado, mistura de combustíveis.*

### 1. INTRODUÇÃO

O óleo usado em fritura de alimentos deve sofrer uma reação química denominada de transesterificação para ser utilizado em motores do ciclo diesel. O éster obtido chama-se "biodiesel" e a sua viscosidade está muito próxima do diesel convencional (COSTA NETO et al., 2000).

A reciclagem de um modo geral vem se mostrando nos tempos atuais cada vez mais necessária e vantajosa. Algumas empresas, no empenho de obter certificação ISO 9.002 e principalmente a ISO 14.000, por ser mais rigorosa na questão ambiental, precisam dar destinos adequados aos resíduos, ora por razões econômicas, ora por questões ambientais, na tentativa de reduzir o impacto ambiental causado pelo homem. No atual ritmo de degradação ambiental, é muito provável que as próximas gerações estejam privadas de diversas espécies animais e vegetais, que hoje já estão ameaçadas de extinção, por diversas razões. Há também outros problemas que aparentam ser de difícil solução, como aquecimento médio global do planeta, buracos na camada de ozônio, etc.

Pensando no paradigma do desenvolvimento industrial sustentável e buscando como meta, zero de emissões líquidas, gasosas e sólidas a Organização Zero Emissions Research Initiative - ZERI vem apoiando projetos que visem o aproveitamento de resíduos para utilização como matéria-prima em outro processo.

As grandes indústrias do ramo alimentício, vendem o óleo usado para a produção de sabão, processo que pode ser conjugado com a obtenção do biodiesel, massa de vidraceiro, e imprópriamente aproveitado para o fabrico de ração animal. Os animais que se alimentam dessas rações são impróprios para o consumo humano, pois experiências com cobaias mostram que a ingestão destas gorduras oxidadas trazem como consequência um aumento de peroxidação dos cromossomos (COSTA NETO et al., 2000).

Entretanto, grande parte deste óleo vegetal usado não é coletado e acaba sendo descartado na rede de esgoto ou diretamente no solo. Segundo o Centro de Saúde Ambiental da Prefeitura Municipal de Curitiba, estima-se que somente nos restaurantes industriais da cidade de Curitiba e região metropolitana, são descartados por mês aproximadamente 100 toneladas desse resíduo no meio ambiente (COSTA NETO et al., 2000).

É crescente nas cidades a quantidade de pessoas que passam a viver em função da coleta de material reciclável como papel, latas de alumínio, vidros, metais e plásticos. Este fato pode ser visto sob a ótica da teoria de CAPRA (1996) em seu livro **A teia da vida**, onde organismos, a exemplo de uma cidade desenvolvem mecanismos de ajustes e de auto organização.

Um maior conhecimento das características físico-químicas dos óleos vegetais usados em fritura e também uma padronização da produção destes óleos, podem viabilizar economicamente este programa de coleta a nível residencial. Este aspecto econômico certamente deve ser visto de forma ampla, não só pelo valor do litro de biodiesel, mas pelos valores agregados como criação de empregos, redução de despejos destes resíduos no ambiente e melhoria de qualidade de vida e do ar e geração de divisas (SILVA, 1997). O óleo usado em frituras de alimentos passará a fazer parte do ciclo descrito na figura 1.

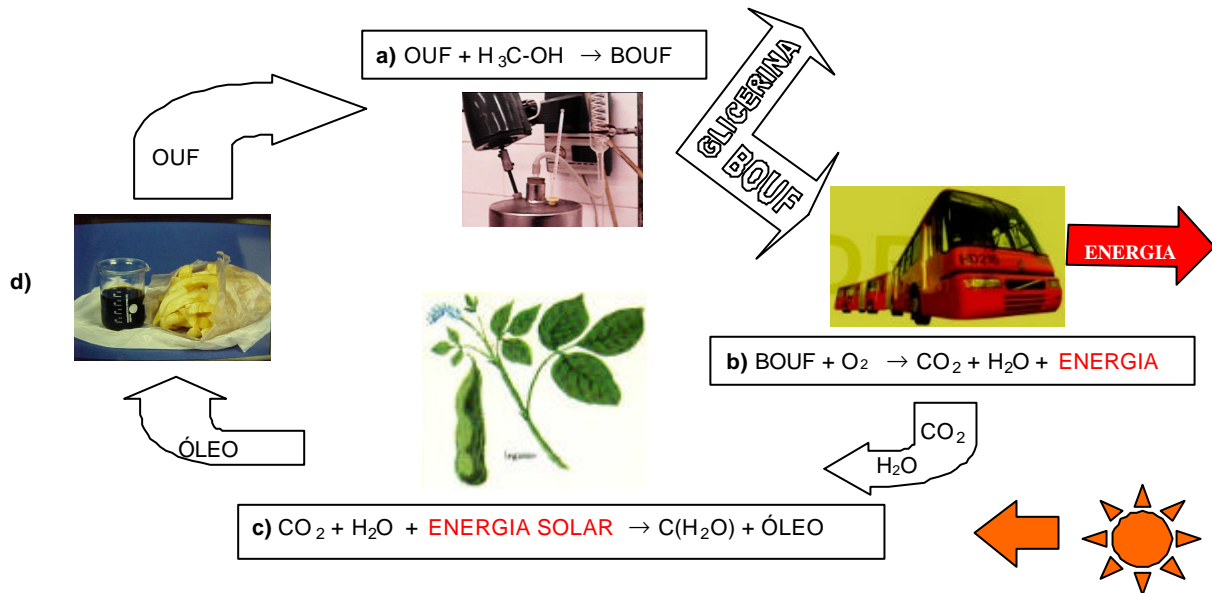


FIGURA 1 - CICLO DO ÓLEO USADO EM FRITURA

NOTAS:

- (a) A reação de transesterificação com álcool metílico utiliza como matéria prima o OUF e dá como produto principal o BOUF e como subproduto a glicerina. O BOUF é então utilizado em motores de combustão interna.
- (b) Na combustão o motor consome oxigênio e libera dióxido de carbono, água e energia.
- (c) As plantas oleaginosas utilizam o dióxido de carbono, água e energia solar para produzir carboidrato e óleo.
- (d) O óleo é extraído e utilizado como meio de transferência de calor para cozimento de alimentos diversos. Suas qualidades se perdem com o tempo de utilização e ao invés de ser descartado para o meio ambiente, serve de matéria prima para a reação de transesterificação, fechando assim o ciclo.

Diante da necessidade de buscar alternativas energéticas para proporcionar um desenvolvimento sustentável e uma melhora da qualidade do ar, do solo e das águas nas regiões metropolitanas, resolveu-se pesquisar o biodiesel proveniente de óleo usado em frituras de alimentos. Este trabalho tem como objetivos:

- investigar a quantidade de catalisador e de álcool metílico, que resulte numa reação de transesterificação com um bom rendimento, a partir de óleo usado em frituras de alimentos;
- estudar a miscibilidade entre os combustíveis: biodiesel proveniente de óleo usado em fritura de alimentos (BOUF), diesel, álcool etílico hidratado (AEH) e álcool etílico anidro (AEA);
- obter a potência, o consumo específico e o rendimento do BOUF puro e suas misturas com diesel metropolitano (tipo D), AEH e AEA num motor do ciclo diesel sem adaptações na faixa de 1100 a 2400rpm.
- comparar o atraso na ignição destes combustíveis com o atraso na ignição do diesel metropolitano.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

**Produção do biodiesel.** Para a obtenção do biodiesel utilizou-se óleo vegetal usado em fritura de alimentos (OUF). O biodiesel foi obtido através da reação de transesterificação. A reação ocorreu em um equipamento composto de um motor com agitador, um reator, um aquecedor, um termômetro, um condensador e uma torneira (figura 2). Inicialmente foi obtido o metóxido de potássio misturando 35% do volume de 2.500 ml de metanol (875 ml) com 1,5 g de KOH/100ml de OUF (27,5g) num bécker com agitador magnético aquecido à 40 °C até dissolução total do KOH. Colocou-se no reator de aço inox (capacidade de 3.000 ml) 2.500 ml de OUF e o metóxido de potássio obtido anteriormente (figura 2 – n. 2). O reator foi aquecido durante 50 minutos por uma chapa de um aquecedor elétrico com um potenciômetro que permitiu o ajuste da temperatura a 70 °C (figura 2 – n. 3). A temperatura no seu interior foi monitorada por um termômetro (figura 2 – n. 5).

Ao mesmo tempo os reagentes foram agitados por uma haste de ponta achatada por forjamento conectada a um eixo de um motor de ventilador (figura 2 – n. 1). A velocidade de rotação do eixo do motor medida por um tacômetro digital foi igual a 1.600rpm. As folgas do termômetro e do eixo do motor em relação ao reator foram preenchidas com buchas de nylon para não permitir as saídas dos vapores de álcool. Um fluxo contínuo de água passando pelo trocador de calor garantiu a condensação desses vapores (figura 2 – n. 4). Logo após a finalização da reação de transesterificação, os produtos (glicerina e éster metílico) foram escoadas do reator por uma torneira do equipamento representado na figura 2 – n. 6. Separou-se o éster metílico (BOUF) da glicerina por decantação. Após o repouso de 12 horas, o sobrenadante (BOUF) foi escoado para outro bécker. O volume de BOUF foi medido. O BOUF produzido em cada batelada foi mantido numa estufa a temperatura de 60°C por 3 dias. Após este período, os BOUF adquiriram um aspecto translúcido. As cinco bateladas foram misturadas e armazenadas a temperatura ambiente, numa bombona de plástico.

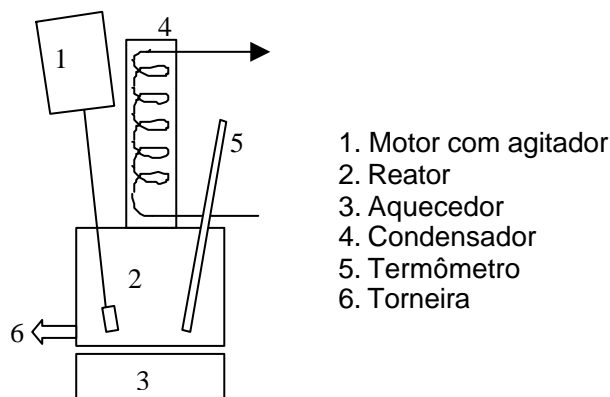


FIGURA 2 - EQUIPAMENTO PARA A REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO

**Obtenção de bi-combustíveis.** Efetuou-se ensaios simplificados de miscibilidade para se obter combustíveis uniformes e estáveis com as misturas BOUF e D (diesel metropolitano) e BOUF e AEH-álcool etílico hidratado e BOUF e AEA- álcool etílico anidro. Uma pera e uma pipeta foram utilizadas para dosar os combustíveis depositados em tubos de ensaios. Agitou-se as misturas energicamente que posteriormente ficaram em repouso por 40 dias com registro de temperaturas máximas e mínimas. Para as diversas misturas observou-se o seu aspecto opaco ou translúcido e a formação ou não de fases distintas.

**Desempenho dos bicombustíveis.** Os ensaios foram realizados com os combustíveis: OUF, BOUF, D, BOUF20D80, BOUF50D50, BOUF90AEH10, BUOF80AEH20 e BUOF80AEA20 na bancada dinamométrica montada pela Didacta-Itália localizada no Laboratório de Ciências Térmicas do CEFET/PR. O motor diesel utilizado foi fabricado pela Lombardini e possui 1 cilindro, 4 tempos, injeção direta, curso do pistão 68cm, diâmetro do pistão de 78cm, 325 cm<sup>3</sup> de cilindrada, taxa de compressão de 18:1, 2 válvulas por cilindro e arrefecimento a ar. O acelerador foi mantido a 50% da capacidade com rotação máxima de 2.600 rpm e a rotação de marcha lenta de 1.100 rpm.

Para os ensaios efetuados foram medidos os seguintes dados: torque, rotação, pressão atmosférica local, temperatura local, umidade relativa do ar, volume consumido de combustível, tempo de consumo deste combustível, consumo de ar pelo motor e temperatura de escape.

Uma planilha do Microsoft Excel foi preparada para receber estes dados e calcular o consumo específico de combustível, a potência e o rendimento térmico para cada rotação. Os cálculos foram corrigidos para a atmosfera padrão. Também foram calculados a vazão consumida de ar e de combustível e o coeficiente Lambda de excesso de ar (TAYLOR, 1971).

**Obtenção do atraso de ignição.** Utilizou-se um transdutor de pressão do tipo piezo - eléctrico instalado na câmara de combustão, tal sensor possui uma escala máxima de 300 bar, sensibilidade de 45 pc/bar, resolução de 0,0006 bar e conexões para entrada e saída de água para o arrefecimento. A rotação fixada para se comparar os combustíveis foi de 2.000 rpm e a posição do acelerador foi a mesma para todo o levantamento de dados, 50% da capacidade.

### 3. RESULTADOS

**Produção do biodiesel.** A produção de BOUF através da reação de transesterificação foi realizada em cinco bateladas de 2.500 ml de OUF. O volume médio obtido do produto BOUF foi de 2.450 ml, alcançando 98% de rendimento. As análises por ressonância magnética nuclear de prótons mostraram que a conversão do OUF para BOUF ocorreu de forma bastante eficiente. A viscosidade dinâmica do OUF reduziu de 63,3 mPa.s para 7,38 mPa.s após a reação de transesterificação.

**Obtenção de bi-combustíveis.** As misturas de BOUF/D ficaram estáveis e uniformes. As misturas de BOUF/AEH ficaram estáveis e uniformes nas quantidades v/v: 10/90, 20/80, 30/70, 40/60 e 50/50. Não houve separação de camadas e o aspecto permaneceu translúcido por 40 dias a temperatura ambiente entre 13 e 26 °C. Os bi-combustíveis escolhidos para os ensaios no dinamômetro foram: BOUF20D80, BOUF50D50, BOUF90AEH10, BOUF80AEH20 e BOUF80AEA20.

**Desempenho dos bi-combustíveis: potência, consumo específico e rendimento.** O motor desenvolveu mais potência com os combustíveis BOUF20D80, o BOUF50D50 e o BOUF do que com o diesel metropolitano para rotações abaixo de 2.200rpm (gráfico 1). O maior valor da potência do combustível BOUF50D50 foi 4,37cv e o maior valor para o D foi de 4,04cv. O BOUF50D50 foi 7,6% mais potente que o D. Os combustíveis BOUF20D80 e BOUF proporcionaram ao motor desempenhar 2,7% e 3,2% mais potência do que o D, respectivamente.

O combustível BOUF90AEH10 permitiu ao motor desenvolver um pouco mais de potência do que o D para rotações inferiores a 2000rpm. Para valores acima desta rotação não houve diferença considerável entre o BOUF90AEH10 e o D. Entretanto, a mistura BOUF90AEH20 e BOUF80AEA20 proporcionou ao motor realizar menos potência do que o diesel para rotações acima de 1700rpm e 1900rpm, respectivamente (gráfico 1).

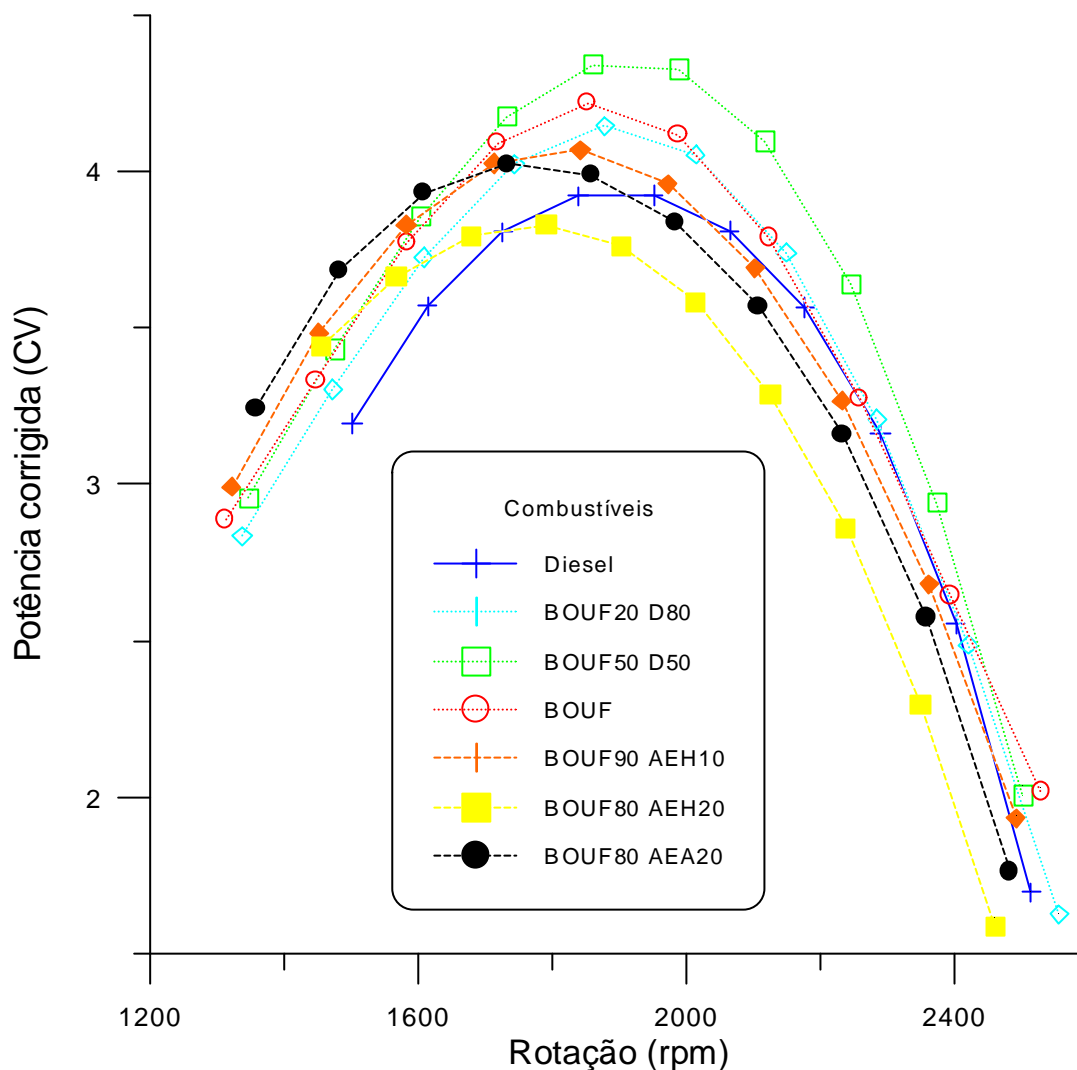


GRÁFICO 1 - POTÊNCIA CORRIGIDA EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO PARA MISTURAS DE BIODIESEL E DIESEL

Na rotação de 2000rpm não ocorreu diferença no consumo específico dos combustíveis BOUF, D, BOUF mais D e BOUF mais álcool. Para as rotações inferiores a 2000rpm o consumo específico dos combustíveis BOUF, BOUF20D80 e BOUF50D50 foi um pouco mais elevado do que o diesel metropolitano. Entretanto, para rotações superiores a 2000rpm o consumo específico do diesel passa a ser mais elevado que o BOUF20D80 e BOUF50D50 (gráfico 2).

Esse quadro inverte quando comparamos o consumo específico entre o D e as misturas de BOUF mais AEH ou AEA. O consumo específico do BOUF90AEH10, BOUF80AEH20 e BOUF80AEA10 foi menor que o diesel metropolitano para rotações inferiores a 2000rpm. No entanto, essas misturas obtiveram valores do consumo específico maiores do que o D para rotações superiores a 2000rpm (gráfico 2).

O melhor rendimento para os combustíveis D, BOUF, BOUF20D80 e BOUF50D50 ocorreu entre 2000 e 2400 rpm, sendo o valor máximo de aproximadamente 26,7% para o D e 29% para a mistura BOUF50D50 (gráfico 3). Portanto a maior diferença de potência foi de 8% entre o BOUF50D50 e o D. Neste intervalo de rotações o BOUF, BOUF20D80 e BOUF50D50 foram mais eficientes do que o D e o BOUF50D50 apresentou maior rendimento em relação ao BOUF e ao BOUF20D80. No entanto, não houve diferença de eficiência entre os combustíveis BOUF e BOUF20D80 para a mesma faixa de rotação. Para rotações inferiores a 2000rpm não ocorreu diferença considerável de rendimento para os combustíveis D, BOUF, BOUF20D80 e BOUF50D50 (gráfico 3).

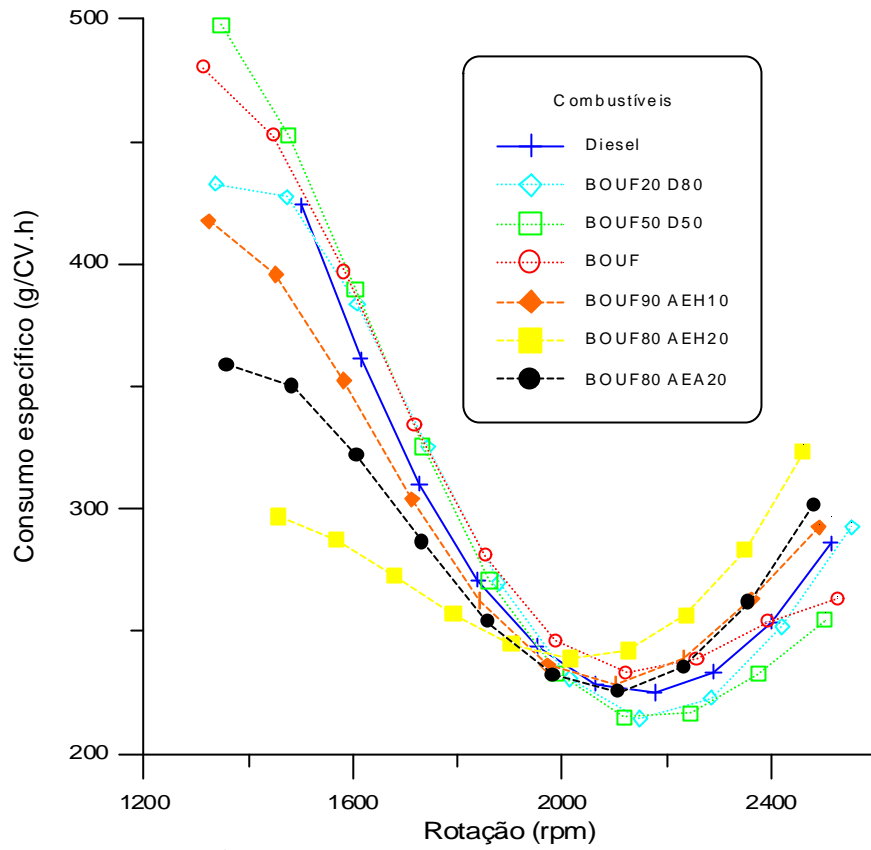


GRÁFICO 2 - CONSUMO ESPECÍFICO EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO PARA MISTURA DE BODIESEL E DIESEL

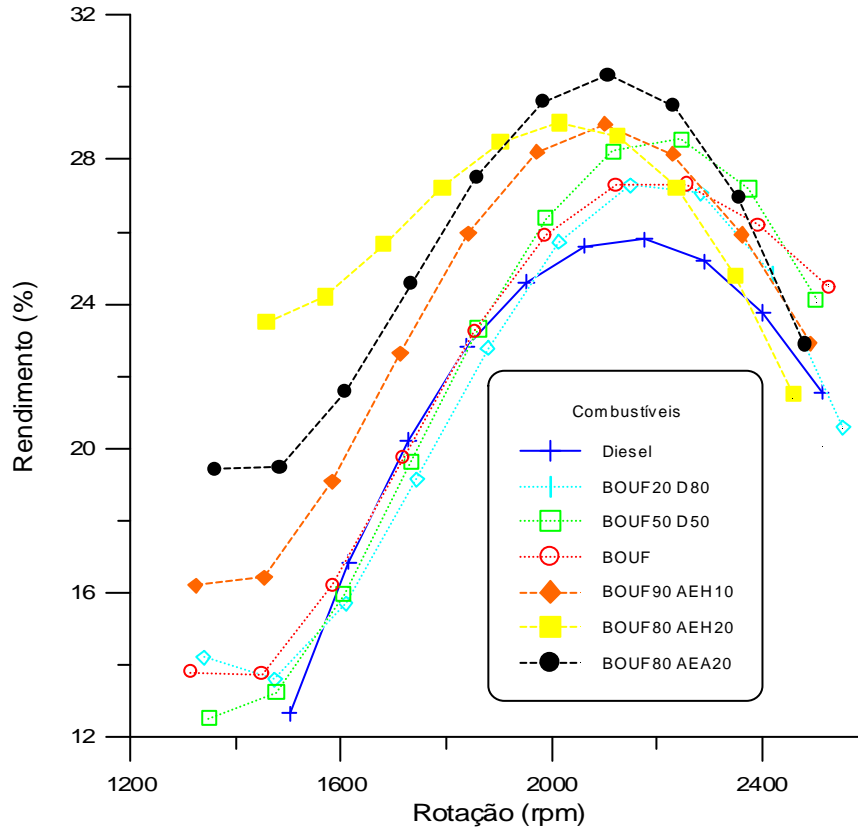


GRÁFICO 3 - RENDIMENTO TÉRMICO EM FUNÇÃO DA ROTAÇÃO PARA MISTURA DE BODIESEL E DIESEL E BODIESEL E ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO

Diferentemente dos combustíveis BOUF, BOUF20D80 e BOUF50D50, a faixa de maior eficiência dos combustíveis BOUF90AEH10, BOUF80AEH20 e BOUF80AEA20 foi entre 1800 e 2200 rpm com pico máximo de aproximadamente 30,5% para BOUF80AEA20. O BOUF80AEA20 foi 12,5% mais eficiente que o D. Para rotações inferiores a 2200 rpm o BOUF90AEH10, BOUF80AEH20 e BOUF80AEA20 foram mais eficientes que o BOUF e o D (Gráfico 3). Pode-se observar no gráfico 3 que o BOUF80AEH20 apresenta maior rendimento que o BOUF90AEH10 até aproximadamente 2050rpm e que para rotações mais elevadas (até 2400 rpm) o BOUF90AEH10 mostra-se ligeiramente mais eficiente. O mesmo ocorre entre as misturas BOUF80AEH20 e BOUF80AEA20, ou seja, o BOUF80AEH20 é mais eficiente que o BOUF80AEA20 até aproximadamente 1900rpm, passando este último a possuir maior rendimento. As misturas BOUF90AEH10, BOUF80AEH20 e BOUF80AEA20 apresentaram maior eficiência que o diesel metropolitano para a maioria das rotações.

**Obtenção do atraso da ignição.** Foi possível verificar que, para todas as misturas de combustíveis ensaiados, o atraso na ignição foi ligeiramente inferior ao combustível de referência, o diesel tipo D.

#### 4. DISCUSSÃO

Apesar do grande número de variáveis que afetam o processo de obtenção do biodiesel, demonstra-se com esse estudo, que é possível realizar a reação de transesterificação do óleo usado em frituras de alimentos sem equipamentos de controle e monitoramento mais sofisticados. Essas constatações enriquecem a possibilidade do aproveitamento de óleo usado ou mesmo óleo virgem como uma fonte de energia renovável e que pode ser produzida por pequenas comunidades locais, promovendo um desenvolvimento auto-sustentável, social e econômico.

A reação de transesterificação abaixou a viscosidade dinâmica do OUF a valores muito próximo ao do diesel. Assim, o BOUF obtido pode ser usado em motores do ciclo diesel, como ocorreu com MITTELBAACH (1996), MASJUKI (1993), SIL (1995) e ÖZAKTAS (2000), sem adaptações no motor.

O BOUF apresentou um acréscimo de 5% no consumo específico para rotações entre 2.000 e 2.400 rpm em relação ao diesel. Já PETERSON et al. (1995) notaram um acréscimo de 7% no consumo específico. A mistura BOUF50D50 desenvolveu maior potência e torque entre as rotações 2.000 e 2.400 rpm com menor consumo de combustível em relação ao diesel. O BOUF20D80 desempenhou praticamente a mesma potência e torque que o D para a faixa de 2000 a 2400rpm, apresentando menor consumo específico que o diesel metropolitano. Já BRASIL-MDIC (1985b, p.94) e KORUS (1985) não detectaram uma diferença significativa na potência, no entanto observaram elevado consumo específico para misturas de diesel e biodiesel.

AJAV, SINGH e BHATTACHARYA (1999) obtiveram um acréscimo de 9% de consumo específico do combustível com 20% de álcool etílico hidratado para rotações mais elevadas. Todavia, quando o motor funcionou em rotações mais baixas ocorreu uma redução do consumo específico tendo como referência o diesel mineral. Esse mesmo quadro repete-se com o BOUF80AEH20, onde ocorreu um acréscimo de no máximo de 7,8% no consumo específico para rotações mais elevadas e uma diminuição crescente do consumo específico para rotações mais baixas em relação ao diesel metropolitano.

Para rotações acima de 2.000 rpm as misturas de BOUF e AEH desenvolveram menor potência do que o diesel metropolitano. Este fato pode ser provavelmente explicado pelo menor poder calorífico do BOUF e principalmente do AEH em relação ao diesel. O acréscimo de água no álcool etílico hidratado diminui seu poder calorífico e sua adição num combustível reduz a sua potência. Isto pode ser constatado nas curvas de potência do BOUF90AEH10 e BOUF80AEH20 que se apresentam decrescentes com o aumento do volume de AEH no combustível BOUF. A água presente nas misturas contendo AEH absorve a energia produzida na reação de combustão, aumentando a parcela de energia perdida pelos gases de escape em forma de calor.

O motor conseguiu utilizar com mais eficiência a energia contida nos combustíveis BOUF,

BOUF20D80 e BOUF50D50 do que no diesel metropolitano para rotações superiores a 2.000 rpm. Nas rotações inferiores a 2.000 rpm não houve diferença de rendimento entre o D, o BOUF, o BOUF20D80 e o BOUF50D50, apesar do diesel possuir um poder calorífico maior que o BOUF. O aumento de BOUF na mistura com diesel diminuiu o poder calorífico do bicomcombustível em relação ao diesel.

As curvas de rendimento dos combustíveis BOUF90AEH10 e BOUF80AEH20 distanciaram-se consideravelmente uma da outra de forma crescente (gráfico 3) para rotações inferiores a 2.000 rpm. A quantidade de álcool etílico hidratado destes combustíveis foram de 10% e 20% do volume total da mistura, aumentando assim a quantidade de oxigênio contida na mesma. O aumento de oxigênio proporcionou a eficácia da reação de combustão elevando o rendimento da mistura BOUF80AEH20 para rotações abaixo de 2000 rpm.

As misturas BOUF80AEH20 e BOUF80AEA20 foram mais eficientes que o D, principalmente para rotações inferiores a 2.000 rpm. Nas rotações mais baixas o ciclo do motor é mais lento, proporcionado mais tempo para efetivar a reação de combustão destas misturas que possuem mais oxigênio que o diesel. A reação de combustão mais completa propiciou uma melhor curva de rendimento do combustível BOUF80AEH20. Para rotações mais elevadas, o ciclo do motor é mais rápido e conseqüentemente ocorre a redução do tempo para a reação de combustão das misturas de BOUF e AEH ou AEA. Mesmo assim, o BOUF80AEH20 e BOUF80AEA20 foram mais eficientes entre as rotações 2.000 a 2.400 rpm em relação ao diesel, provavelmente por causa da maior quantidade de oxigênio presente no álcool.

Nas rotações inferiores a 1800rpm, o BOUF80AEH20 foi mais eficiente que o BOUF80AEA20, apesar da mistura do biodiesel com álcool hidratado ter mais água do que a mistura do biodiesel com álcool anidro e conseqüentemente possuir um menor poder calorífico. Este fato pode ser provavelmente explicado através do coeficiente de excesso de ar, pois a quantidade de ar que entrou para a combustão foi significativamente maior para o BOUF80AEH20, contribuindo assim para uma combustão mais completa.

Embora a precisão do equipamento utilizado não tenha permitido uma quantificação muito precisa, foi possível verificar que, para todas as misturas de combustíveis ensaiados, o atraso na ignição foi ligeiramente inferior ao combustível de referência, o diesel tipo D. Este atraso menor é reflexo de um número de cetano superior.

## CONCLUSÃO

1. O presente trabalho permitiu converter o óleo usado em fritura de alimentos em biodiesel (BOUF) com um rendimento de 98% adquirindo viscosidade de 7,38 mPa.s. O biodiesel obtido mostrou-se miscível ao diesel em todas as proporções analisadas. Quando misturado em até 50% com álcool etílico hidratado, manteve um aspecto translúcido e sem apresentar fases distintas no período de 40 dias onde a temperatura ambiente oscilou entre 13 e 26 °C.

2. O combustível BOUF apresentou maior potência, maior torque e praticamente o mesmo consumo específico que o diesel metropolitano para rotações inferiores a 2.200 rpm. O BOUF foi mais eficaz que o D para rotações acima de 1.900 rpm.

3. A mistura BOUF50D50 mostrou maior potência e torque em relação ao D, BOUF e BOUF20D80 para a faixa de rotação entre 1.600 a 2.200 rpm. O consumo específico foi praticamente o mesmo para rotações inferiores a 2.000 rpm e menor para rotações superiores a 2.000 rpm em relação ao diesel metropolitano. O BOUF50D50 foi mais eficaz que o BOUF e o D para rotações acima de 1.900 rpm.

4. A mistura BOUF90AEH10 apresentou maior potência e maior torque para rotações acima de 1.400 rpm, maior consumo específico para rotações inferiores a 1.800 rpm e menor consumo específico para rotações superiores a 2.000 rpm em relação ao BOUF80AEH20.

5. Os combustíveis BOUF, BOUF50D50, BOUF20D80 e BOUF90AEH10 podem ser usados em motor do ciclo diesel, do tipo usado neste trabalho, sem alteração adicional, já que os referidos combustíveis experimentais ensaiados, proporcionaram bom rendimento associado a um menor



atraso na ignição.

6. Finalmente aponta-se duas observações que são no mínimo curiosas e devem ser fruto de trabalhos posteriores. A primeira diz respeito ao fato da mistura BOUF50D50 apresentar melhor desempenho do que o BOUF e, sabidamente, a adição de esteres ao diesel causa aumento de torque e potência, na maioria dos trabalhos observados. A segunda refere-se a queda absoluta de torque e potência que se verifica quando se adiciona etanol ao BOUF. No caso do combustível ensaiado BOUF90AEH10, foi possível observar maior potência, relativamente ao diesel, para rotações abaixo de 2.000 rpm.

## REFERÊNCIAS:

AJAV, E. A.; SINGH, B.; BHATTACHARYA, T. K. 1999 Experimental study of some performance parameters of a constant speed stationary diesel engine using ethanol- diesel blends as fuel. **Biomass & Bioenergy**. Nigéria:Univ of Ibadan, v.17, n. 4, p. 357-365.

CAPRA, F. 1996 **A teia da vida: uma nova compreensão dos sistemas vivos**. Trad. Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix,. 256p.

COSTA NETO, P. R. et al. 2000 Utilization of used frying oil for the production of biodiesel. **Química Nova** v.23, n.4, p.531-537, Jul/Ago.

KORUS, R. A.; JAIDUK, J. O. 1985 A rapid engine test to measure injector fouling in diesel engines using vegetable oil fuels. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. v. 62, n. 11, p. 1563-1564, Nov.

MASJUKI, A.; ZAKI, A. M.; SAPUAN, S. M. 1993 A rapid test to measure performance, emission and Wear of a diesel engine fueled with palm oil diesel. **Journal of the American Oil Chemists Society**. Local, v. 70, n. 10, p.1021-1025, Out.

MITTELBACH, M; FRANZENS, K. 1996. Diesel fuel derived from vegetable oils, VI: specifications and quality control of biodiesel. **Bioresource Technology**. Univ. Graz, Graz, Austria, v. 56, n. 1, p. 7-11, Apr.

ÖZAKTAS, T. 2000 Compression ignition engine fuel properties of a used sunflower oil-diesel fuel blend. **Energy Sources**. Istanbul Technical Univ. Maslak-Istanbul, Turquia, v.22, n. 4, p. 377-382.

PETERSON, C. et al. 1995 Making and Testing a biodiesel fuel made from ethanol and waste french-fry oil. Site oficial da **National Biodiesel Board**. Jul. Disponível em: <http://www.biodiesel.org/default2.htm> Acesso em: 9 de abr. de 2001.

SIL, H. S.; MASJUKI, H.; ZAKI, A. M. 1995 Dynamometer evaluation and engine wear characteristics of palm oil diesel emulsions. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. v. 72, n. 8, p. 905-909.

SILVA, O. C. 1997 **Análise do aproveitamento econômico energético do óleo de palma na Guiné - Bissau na perspectiva do desenvolvimento sustentável**. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo

TAYLOR, C.F. **Análise dos motores de combustão interna**. São Paulo, SP, Edit. Edgard Blucher Ltda., 1971.

# STUDY OF PERFORMANCE OF CONVENTIONAL FUEL ASSOCIATES BIODIESEL GOTTEN BY THE TRANSESTERIFICATION OF USED COOKING OIL

**Ivan Darwiche Rabelo** - rabelo@cefetpr.br

Thermal Science Laboratory – LACIT and Academic Department of Mechanics - DAMEC

Federal Centre of Technological Education of Parana - CEFET-PR

Av. Sete de Setembro, 3165 cep 80.230-901 Curitiba-PR BRAZIL

**Prof. Dr. Kazuo Hatakeyama, PhD**

Pos-graduate Programme in Tecnology- PPGTE - CEFET-PR

**Prof. Dr. Carlos Marcus Gomes da Silva Cruz**

Department of Chemistry and Biology of CEFET-PR

## **Abstract**

*Due to the needs of recycling residues and the increasing lack of petroleum, the reused cooking oil (RCO) contributes as an excellent alternative fuel. The RCO becomes similar to diesel fuel in viscosity and produces heat when submitted a chemical transformation, the transesterification, converting into biodiesel (BRCO).*

*The biodiesel, when added to the diesel fuel improves its lubricity, exempting to add more polluted additives. As it has oxygen in its chemical chain, it burns better with reduced emissions of carbon monoxide and hydrocarbon. The objectives of this study are: to obtain biodiesel by transesterification of RCO with methanol (using methodologies that seek a more efficient conversion); to study a mixture of biodiesel with the metropolitan diesel (D) and also with hydrated ethyl alcohol (HEA); to verify how the pure biodiesel works and how mixtures from biodiesel with diesel fuel, with anhydrous ethyl alcohol (AEA) and hydrated; to compare the delay when igniting those mixtures to the diesel fuel. For studying this performance, it was used a diesel cycle engine, with direct injection, one cylinder and without modification. Because of the engine need were built up some torque curves, power, specific consumption, temperature of the exhaust gases, the coefficient of the air excess and the thermal efficiency. Were measured the lateness at the ignition was observed through signals captured in an oscilloscope's, screen can be seem, simultaneously, the pressure curve into the cylinder and the curve position of the needle within the fuel injector. The distance between two characteristic points of these curves allowed the qualitative evaluation about the lateness in ignition concerning the fuels used. The ternary mixtures containing BRCO, HEA (20% limit) and diesel fuel showed promising future in the engine tests. The mixture of biodiesel and diesel fuel showed a small increase in power and torque when the proportion of biodiesel was added to the diesel fuel, mainly to the lower speed zones. The coefficient of the air excess was higher, according to hydrated alcohol added to the biodiesel. Although, there was a torque and power decrease for this mixture and the specific consumption also got better to the lower speed zones. Comparing the biodiesel that was mixed to the anhydrous and hydrated alcohol, at the same volumetric proportion, it was observed a power increase, in the torque and at the temperature of the exhaust gases from the anhydrous alcohol mixture. The mixtures of BRCO with alcohol were excellent for the thermal efficiency and the addition of BRCO to diesel fuel resulted in an improvement in efficiency for the speed above 1,800 rpm. For every tested mixtures, the observed loneness at the ignition was lower if compared to the refereed fuel, diesel. The BRCO is one alternative fuel, with renovating resources and with a very good efficiency in diesel cycle engines, without modification.*

**Keywords.** Biodiesel, Transesterification, Frying oil, recycled oil, cooking oil, blends fuel.