



GPT/007

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

GRUPO II

GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS (GPT)

AVALIAÇÃO PRÁTICA DO EMPREGO DE ÓLEOS VEGETAIS IN NATURA EM SUBSTITUIÇÃO AO DIESEL EM GRUPOS GERADORES

Guilherme Fleury W. Soares(*) Leonardo dos Santos R. Vieira Marcos Vinicius G. do Nascimento
CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

RESUMO

Avaliou-se o funcionamento de um grupo gerador diesel convencional utilizando-se óleo de palma bruto (óleo de dendê) como combustível. O grupo gerador tinha potência de 76kVA, com motor MWM D229-6 de injeção direta. Os testes tiveram a duração total de 400 horas. Uma análise global dos resultados obtidos nestes testes e em outros similares reportados recentemente indica que é possível se operar com óleo vegetal em níveis de manutenção semelhantes ao diesel, desde que alguns parâmetros de qualidade do óleo vegetal sejam mais controlados do que o se exige na comercialização normal do óleo bruto.

PALAVRAS-CHAVE: Óleo Vegetal, Dendê, Diesel, Gerador

1.0 - INTRODUÇÃO

Por volta de 1980 várias pesquisas foram feitas no Brasil visando à substituição do óleo diesel por óleos vegetais em motores automotivos (1-3). Via de regra, os resultados não foram considerados compensadores. Concluiu-se que, para se obter uma operação confiável, seria necessário utilizar motores especiais (como o Elsbett) ou efetuar transformações de grande monta no óleo vegetal. A transformação tida como mais viável, neste caso, é a transesterificação. Trata-se da reação do óleo vegetal com álcool metílico ou etílico, obtendo-se um éster comumente denominado de biodiesel. Devido às dificuldades e custos associados às soluções em vista, e devido à estabilização dos preços de derivados de petróleo em níveis aceitáveis, não se prosseguiu no programa de substituição do diesel pelo óleo vegetal.

Experimentos realizados desde então, principalmente na Alemanha, têm demonstrado que é possível obter-se uma operação confiável com óleo vegetal não transformado, mesmo em motores diesel convencionais (4-6). Para isto, é necessário que o óleo vegetal seja aquecido para diminuir sua viscosidade. Além disto, cada ciclo de funcionamento do motor deve começar com diesel, passar para óleo vegetal quando o motor já estiver quente, e operar os minutos finais também com diesel para “lavar” o sistema injetor e impedir que resíduos de óleo vegetal esfriem dentro da bomba injetora e principalmente nos bicos injetores. Adicionalmente, motores com injeção indireta (pré-câmara) são mais recomendáveis por serem mais tolerantes ao óleo vegetal.

No presente trabalho, foram feitos testes para avaliar a possibilidade de uso do óleo vegetal como combustível em motores estacionários, empregados em grupos geradores diesel. A principal aplicação em perspectiva é o atendimento de comunidades ou mesmo municípios dotados de sistemas isolados na Região Norte.

Os testes foram realizados com um grupo gerador de 76kVA/60kW de potência nominal para operação contínua, equipado com um motor MWM D229-6, 90hp a 1800rpm, 6 cilindros, cilindrada unitária de 0,98 litros, injeção direta. A escolha deste motor foi ditada por considerações de faixa de potência, equipamentos já instalados, preço e disponibilidade de peças e suporte técnico nas várias regiões do Brasil.

O óleo vegetal escolhido para os testes foi o óleo de palma (óleo de dendê) integral. O dendê tem a maior produtividade entre as oleaginosas, em kg de óleo/hectare.ano, e é muito bem adaptado na Região Norte, onde se encontra o maior número de

(*)Caixa Postal 68.007, CEP: 21944-970 / Tel: 021 598-6354 / Fax: 021 598-6136 / e-mail: fleury@cepel.br

comunidades isoladas que poderiam se beneficiar da sua aplicação energética. Também, o preço deste óleo tem sido freqüentemente menor que o do diesel.

O grupo gerador foi operado pelas primeiras 50 horas exclusivamente com diesel, para “amaciamento” e ajustes. Posteriormente passou a ser operado com óleo vegetal, por 400 horas. Alguns detalhes operacionais são listados a seguir:

- A potência elétrica produzida era dissipada em resistências elétricas imersas em tanques de água;
- A potência elétrica máxima adotada para os testes foi de aproximadamente 48,5kW. Para simular uma operação prática, ciclos de carga de aproximadamente 12,5kW, 25kW, 37kW e 48,5kW eram aplicados em tempos iguais ao longo de um dia de ensaio. Em cada dia, o gerador funcionava por cerca de 7h;
- A cada dia de ensaio, o motor funcionava com diesel nos 5 a 10 minutos iniciais e novamente nos 5 a 10 minutos finais;
- O óleo vegetal entrava na bomba injetora previamente aquecido para diminuir sua viscosidade. Experiências foram feitas com temperaturas de entrada de 55°C, 80°C e 100°C. Nestas temperaturas a viscosidade do óleo de dendê é de 23cSt, 12cSt e 8cSt, respectivamente. A viscosidade do óleo diesel varia pouco, caindo de 3,5cSt para 2cSt entre 55°C e 100°C.

Ao longo dos ensaios, fez-se o monitoramento freqüente dos seguintes itens: temperatura do combustível, óleo lubrificante, água de refrigeração e gases de escape; consumo de combustível; potência fornecida. Análises do óleo lubrificante e inspeções dos bicos injetores e câmaras de combustão foram realizadas em intervalos pré-determinados ou quando detectados indícios de irregularidades no funcionamento do motor.

2.0 - RESULTADOS

2.1 - Medições e inspeções

A seguir são descritas as características e ocorrências mais relevantes com relação ao funcionamento do motor com óleo de dendê:

Consumo específico – A Figura 1 apresenta o consumo específico de diesel e óleo de dendê em vários níveis de carga do gerador. A 55°C o dendê apresentou um consumo cerca de 15% maior do que o diesel. A 80°C-100°C o consumo decresceu e ficou praticamente igual ao do diesel, em litros/kWh.

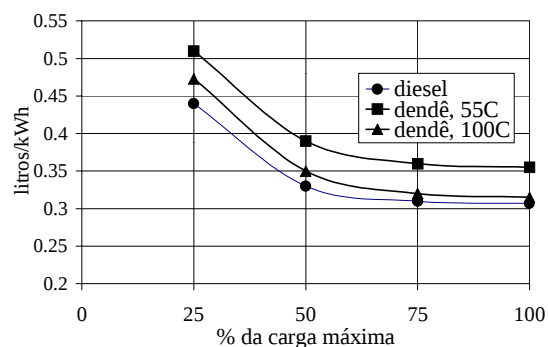


FIGURA 1 – Consumo específico do dendê a 55°C e 100°C e do diesel. O consumo do dendê a 80°C (não mostrado) é cerca de 3% menor que a 100°C.

Análise dos gases de escape - Os teores de CO, CO₂ e NO_x na operação com dendê são próximos aos da queima com diesel e em todas as ocasiões medidas ficaram dentro do aceitável. A opacidade com o dendê se mostrou sempre maior do que com o diesel, mas sempre aquém dos limites máximos estipulados no Brasil para motores diesel.

Óleo lubrificante - O óleo lubrificante era analisado a cada 50 horas de operação e trocado, quando fosse o caso. Um dos problemas mais freqüentemente mencionados quando se utiliza óleo vegetal como combustível em motores diesel é a contaminação do óleo lubrificante pelo óleo vegetal. Esta contaminação é verificada pelo aumento de volume do óleo lubrificante no cárter do motor e pela variação da sua viscosidade e índice de basicidade total (TBN). Para o óleo utilizado (Lubrax Extra Turbo 15W40), a Petrobrás-BR estipula uma viscosidade operacional mínima de 70 cSt a 40°C. Um outro critério alternativo empregado é trocar o óleo quando a sua viscosidade a 100°C cai mais de 25% em relação à viscosidade do óleo novo à mesma temperatura. Há ainda uma regra aproximada, segundo a qual o óleo deve ser trocado quando seu índice de basicidade total é reduzido a menos da metade do seu valor inicial (7). Nos ensaios, verificou-se que o lubrificante poderia vir a ultrapassar os limites estabelecidos pelos critérios acima em algum tempo entre 100 e 200 horas de operação. Por segurança, estipulou-se que a troca de óleo deveria ser feita a cada 100 horas. Quando operando com diesel, o manual do fabricante do motor recomenda a troca do óleo lubrificante a cada 200h.

Evolução dos ensaios e do comportamento do motor – As condições de operação e as principais intervenções ao longo dos ensaios são resumidas na Tabela 1. O tempo t=0h corresponde ao início dos ensaios com óleo de dendê, logo após o término do período de “amaciamento” com diesel.

TABELA 1 – Evolução dos ensaios com o motor

Hora	Condição de operação; intervenções
0-50	Óleo veg. a 55°C
50	Insp. e limpeza - câmaras de combustão; Teste e limpeza - bicos injetores
50-220	Óleo veg. a 100°C
100	Insp. câmaras de comb.; teste bicos inj.
160	Teste e troca dos bicos injetores
220	Teste e troca dos bicos injetores
220-400	Óleo veg. a 80°C
350	Insp. e limpeza: câmaras de combustão
360	Teste e limpeza dos bicos injetores; Inspeção e limpeza da bomba injetora
400	Encerramento dos ensaios

Durante as primeiras 50 horas de ensaio, o óleo de dendê foi aquecido a 55°C. O exame das câmaras de combustão mostrou que ocorreu uma formação de depósitos considerada dentro do normal para motores diesel, embora que em maior quantidade do que no período inicial de “amaciamento” deste motor, operando exclusivamente com diesel. Os bicos injetores apresentavam coqueificação (deposição de carbono) acentuada nas suas pontas, mas sem qualquer obstrução dos orifícios de injeção e sem prejuízo para o funcionamento correto dos mesmos.

O aumento de temperatura do óleo vegetal para 100°C foi benéfico do ponto de vista do consumo de combustível e também da carbonização das câmaras de combustão. O consumo específico, em litros/kWh, caiu cerca de 12%. A carbonização nas câmaras se apresentava menos volumosa e menos úmida do que quando operando com o óleo de dendê a 55°C por igual intervalo de tempo. No entanto, durante o funcionamento do motor com o óleo de dendê a 100°C, os bicos injetores apresentaram problemas de vedação interna ou aprisionamento da agulha, ou ainda obstrução parcial dos orifícios pela coqueificação externa, por duas vezes em curto período de tempo. Além disto, os filtros de combustível foram danificados por dissolução da resina adesiva. Estas ocorrências podem ser atribuídas ao excesso de calor. Para que o óleo chegasse à bomba injetora a 100°C, era necessário aquecê-lo antes a 120°C, o que pode ter induzido a oxidação do óleo e formação de gomas no mesmo. Ou então, parte da resina adesiva dos filtros pode ter sido carregada até os bicos injetores. De todo modo, a temperatura de entrada do óleo na bomba injetora foi reduzida para 80°C, permanecendo assim pelas 180 horas restantes até o final dos testes, não se observando mais problemas com os bicos injetores. Quanto ao consumo específico e à formação de depósitos nas câmaras de combustão, a redução de temperatura de 100°C para 80°C teve efeito praticamente irrelevante e pouco mensurável. Assim, a

temperatura ótima do óleo vegetal pode ser estabelecida por volta de 80°C.

A queda de potência foi o problema mais persistente observado na operação do grupo gerador. No início dos testes, a potência elétrica máxima atingível com o gerador foi de 56kW e 50,5kW, respectivamente, utilizando diesel e óleo de dendê como combustível. Ao longo do tempo, a potência máxima foi decrescendo gradualmente até 47,5kW por volta de 350 horas de ensaio com óleo de dendê, ou seja, um decréscimo de 6%. Simultaneamente, notou-se que a temperatura dos gases de escape para uma determinada potência subiu gradativamente ao longo dos testes, conforme mostrado na Figura 2.

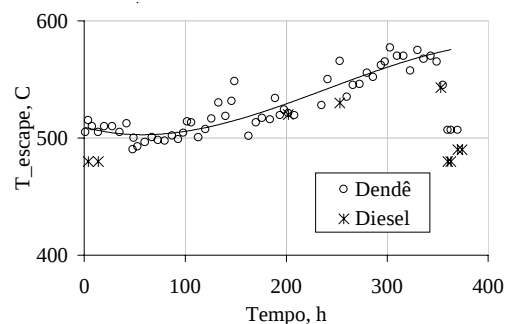


FIGURA 2 – Evolução da temperatura de escape ao longo do tempo, medida (ou extrapolada) para a potência de 48,5kW.

Por volta de $t = 350h$, procedeu-se a uma manutenção geral para investigar as causas da perda de potência e do aumento de temperatura dos gases de escape. Primeiramente, determinou-se que a compressão a frio do motor estava com o valor normal, mostrando que não havia problemas de vedação nas câmaras. A inspeção visual do interior das câmaras mostrou que havia pouca evolução na carbonização. Além disto, não havia quaisquer danos nas paredes dos cilindros. As câmaras foram descarbonizadas e novos ensaios com dendê e diesel foram efetuados em seguida. A potência máxima atingível com dendê subiu de 47,5kW para 48,5kW-49,0kW, enquanto que a temperatura de escape a 48,5kW foi reduzida de 565°C para 545°C.

Após os ensaios acima, os bicos injetores e a bomba injetora foram levados a um posto de serviço do fabricante para exames e eventuais recuperações. Os bicos injetores funcionavam normalmente. A bomba injetora não pôde ser ensaiada como recebida, antes de qualquer limpeza, para não contaminar o óleo de teste utilizado na oficina. Verificou-se algum desgaste dos elementos da bomba injetora, mas considerado normal e sem necessidade de troca. Houve apenas limpeza dos componentes. Havia um acúmulo de sujeira relativamente acentuado no pequeno filtro de

combustível que fica instalado imediatamente antes da bomba de alimentação, o que poderia causar vazão insuficiente de combustível.

Novos ensaios foram realizados subsequente com dendê e diesel para aferir a influência da limpeza dos bicos injetores e da bomba injetora no desempenho do motor. Esta influência foi mais substancial do que a da limpeza das câmaras, restaurando a potência máxima atingível e a temperatura de escape aos respectivos valores iniciais. Isto é ilustrado na Figura 2, com relação à temperatura de escape.

A seqüência de procedimentos acima e os resultados obtidos ao longo dos testes, mostraram que a principal causa da perda de potência do motor era a acumulação de sujeira no interior da bomba injetora e/ou no filtro acoplado à bomba de alimentação. Uma vez que o óleo de dendê como recebido apresentava um teor muito baixo de contaminantes sólidos (cerca de 10mg/litro), presume-se que a sujeira tenha chegado ao óleo posteriormente, nas fases de estocagem e manuseio.

2.2 - Custos de geração: dendê x diesel

Ao se substituir o diesel pelo óleo de dendê como combustível, a diferença entre os custos de geração elétrica é basicamente decorrente das diferenças de preços dos combustíveis e dos gastos com manutenção. O diesel está custando (março/2001) cerca de US\$ 0,37/litro (R\$0,75/litro) em muitos dos principais municípios, podendo alcançar facilmente cerca de US\$0,42/litro (R\$0,85/litro) em localidades mais distantes dos centros de distribuição. O preço do óleo de dendê oscila ao longo do tempo. Cotações diárias para grandes volumes de comercialização podem ser obtidos, por exemplo, no “site” da Internet da firma Aboissa (<http://www.aboissa.com.br>). Nesta referência vê-se que, nos últimos 12 meses, o óleo de dendê integral tem sido vendido em Belém a ~US\$300/tonelada, correspondendo a US\$0,27/litro (R\$0,57/litro). Considerando-se o consumo de 330litros/MWh e os preços de US\$0,37/litro e US\$0,27/litro para o diesel e o óleo de dendê, tem-se que os gastos com combustível usando óleo de dendê seriam de US\$89/MWh, ao passo que os gastos quando operando com diesel seriam de US\$122/MWh.

Os custos de manutenção, no estágio atual de experimentação com óleo de dendê, podem ser estimados com base nos resultados dos ensaios realizados no presente trabalho e também levando em conta informações de experimentos similares realizados pela EMBRAPA, em Manaus, no período de 1998 a 2000 (8). Nestes experimentos, que acumularam até 4000 horas de duração, foram encontrados repetidos problemas de erosão ou corrosão

de partes internas dos bicos injetores e dos elementos da bomba injetora. Além disto, eventualmente foi necessário realizar descarbonizações “completas” envolvendo não apenas a remoção dos cabeçotes para limpeza das câmaras e válvulas, como foi feito no presente trabalho, mas também a remoção dos pistões e anéis de segmento. A operação do grupo gerador da EMBRAPA foi feita em campo, suprimindo energia elétrica para uma comunidade, em condições bem menos favoráveis do que as deste trabalho, principalmente no que diz respeito à limpeza do óleo. Contudo, para uma estimativa preliminar de custos, os problemas verificados pela EMBRAPA e os respectivos períodos associados são tomados como esperados, estabelecendo-se então a seguinte rotina quando operando com óleo de dendê: i) A cada 400 horas – limpeza dos bicos e bomba injetora; descarbonização “parcial” das câmaras de combustão; ii) A cada 800 horas – troca dos bicos injetores e dos elementos da bomba injetora; descarbonização “completa” das câmaras de combustão. Os preços de peças e serviços foram obtidos junto a representantes da Bosch e MWM. Os custos típicos de manutenção para um grupo gerador operando normalmente com diesel foram obtidos de duas firmas especializadas. As estimativas realizadas desta forma, incluindo trocas de óleo lubrificante, resultaram nas cifras de US\$2,36/hora (R\$4,7/hora) e US\$0,34/hora (R\$0,7/hora) para a operação com óleo de dendê e com diesel, respectivamente. Estes números são aplicáveis para grupos geradores com potência nominal na faixa de ~40kW a 100kW.

Como os gastos de manutenção estão sendo considerados aqui como dependentes apenas do tempo de operação, os gastos em US\$/MWh serão tanto menores quanto maior for a energia gerada pelo grupo gerador no período entre manutenções. Para um gerador fornecendo um potência média de 60kW, por exemplo, os gastos com manutenção seriam calculados por $US\$2,36/0,06MWh = US\$39/MWh$ para operação com dendê e $US\$0,34/0,06MWh \approx US\$6/MWh$ para operação com diesel. A soma dos gastos com combustível e manutenção resulta igual a US\$128/MWh para os dois combustíveis. A partir da potência de 60kW, o cálculo fica mais favorável para o óleo de dendê.

Ou seja, mesmo com os elevados custos de manutenção observados no estágio atual, a diferença de preço entre o diesel e o óleo vegetal já configura uma oportunidade de utilização deste último como combustível, principalmente em geradores maiores. Para ampliar esta oportunidade, é necessário diminuir a frequência e os custos de manutenção do motor, associados à operação com o dendê. Isto será abordado no item seguinte.

3.0 – DISCUSSÃO

No presente trabalho, o grupo gerador diesel funcionou relativamente bem com óleo de dendê “in natura” ao longo do período inicialmente planejado de 400 horas. Em se tratando de ensaio de motores, este período é tido como sendo de média duração. O principal problema encontrado foi decorrente do acúmulo de sujeira na bomba injetora ou no filtro da bomba de alimentação. A carbonização das câmaras de combustão, tipicamente verificável na operação com óleos vegetais, exerceu uma influência secundária no desempenho do motor, dentro do período considerado. A eventual degradação do funcionamento dos bicos injetores foi corrigida a contento através do acerto da temperatura de aquecimento do óleo vegetal. Isto deverá ser confirmado em ensaios mais longos. Se necessário, pode-se estabelecer uma rotina de limpeza periódica dos bicos injetores com a utilização de escova metálica. Esta limpeza é suficiente em muitos casos, e pode ser efetuada rapidamente pela própria pessoa encarregada da operação do grupo gerador (7).

Uma análise mais abrangente pode ser realizada com as informações disponíveis de testes de longo prazo com óleo de dendê conduzidos pela EMBRAPA em Manaus (8) e pela firma Promak, em Belém (9). A EMBRAPA operou um motor convencional MWM e um motor do tipo Elsbett, suprindo energia elétrica para duas comunidades distintas perto de Manaus. A firma Promak operou um motor do tipo Elsbett, também fornecendo energia elétrica para uma comunidade perto de Belém. Nestes testes, reportou-se que os maiores problemas encontrados foram relacionados à erosão ou corrosão acentuada dos elementos da bomba injetora e de componentes internos dos bicos injetores. Isto foi verificado até mesmo nos motores do tipo Elsbett, que são especialmente projetados para trabalhar com óleo vegetal. Os óleos vegetais têm maior poder lubrificante do que o diesel. Deste modo, estas ocorrências de erosão/corrosão devem estar relacionadas a fatores como excesso de acidez, partículas sólidas ou teor de água elevado no óleo. A referência (10) relata justamente um caso de corrosão e inutilização dos elementos da bomba injetora de um motor estacionário devido à acidez do combustível utilizado (sebo líquido, com cerca de 10% de acidez). O exame aleatório de uma amostra do óleo utilizado nos experimentos da EMBRAPA, em uma certa época, revelou uma acidez de 7%. Esta é uma acidez elevada, provavelmente suficiente para causar o desgaste observado. No presente trabalho, o óleo de dendê utilizado apresentava acidez por volta de 7% a 9,5%, mas não chegou a haver desgaste dos elementos da bomba injetora. Isto pode ser devido ao tempo relativamente curto dos ensaios.

A análise de todos estes dados mostra que os principais problemas encontrados em experimentos de médio/longo prazo com óleo de dendê têm sido associados a fatores relacionados à “limpeza” do óleo, e não a propriedades intrínsecas do mesmo. Desta forma, a frequência e os custos de manutenção podem ser drasticamente reduzidos através de cuidados a serem tomados com o óleo vegetal.

Bem ao encontro destas considerações, cabe mencionar que, na Alemanha, o óleo de colza (canola) não transesterificado vem tendo uso crescente como combustível em motores diesel veiculares convencionais. Isto é devido a uma política de taxaço e subsídio que torna o óleo diesel cerca de 50% mais caro do que o óleo de colza não transformado. A maioria dos motores empregados nesta aplicação é de injeção indireta, embora que motores com injeção direta também sejam utilizados. O que é importante ressaltar é que, ao longo do tempo, verificou-se a necessidade de se estabelecer controles rígidos sobre a qualidade do óleo de colza a ser usado como substituto do diesel. Os esforços neste sentido culminaram na elaboração de uma norma, cuja versão mais recente, de 23/5/00, está disponível no “site” da Universidade de Munique, em http://www.tec.agrar.tu-muenchen.de/pflanzol/rkstandard_e.html.

Esta norma estipula, por exemplo, os seguintes limites máximos: i) índice de neutralização = 2,0mg KOH/g (equivalente a cerca de 1% de acidez, ou ácidos graxos livres); ii) impurezas insolúveis = 25ppm; iii) teor de água = 750ppm. Contrastando com estes valores, o óleo de dendê é aceito para comercialização internacional com até 5% de acidez, 10.000ppm de impurezas insolúveis e 10.000ppm de umidade. O óleo de dendê comercializado internamente pode ser encontrado com até 20% de acidez (11).

Os números apresentados acima alertam para a necessidade de cuidados especiais quanto ao tratamento e o manuseio do óleo vegetal para motores diesel. O tratamento pode ter que incluir a degomagem e a neutralização do óleo.

Finalmente, deve-se mencionar que os motores diesel com injeção indireta são mais apropriados para a aplicação em pauta. Eles propiciam uma combustão mais completa do óleo vegetal e utilizam bicos injetores menos propensos ao entupimento por coqueificação. No entanto, os modelos disponíveis no Brasil são de pequena potência, podendo equipar grupos geradores de aproximadamente 10kW a 1800rpm, no máximo. Isto justifica a continuação de experimentos com motores de injeção direta, os quais constituem a vasta maioria dos motores diesel comercializados.

4.0 - CONCLUSÕES

Testes com duração total de 400 horas foram realizados utilizando óleo de dendê “in natura” como combustível em um grupo gerador diesel convencional. Foram adotados os procedimentos especiais de aquecimento do óleo vegetal e início/parada de operação utilizando diesel, para minimizar os problemas de carbonização e entupimento dos bicos injetores. A temperatura que se mostrou mais adequada para o óleo vegetal foi 80°C.

A potência máxima atingível usando o óleo de dendê foi cerca de 10% menor do que com o diesel. O consumo de combustível em litros/kWh e o teor de emissões (gases de descarga) foram similares aos da operação com o diesel.

A operação com óleo de dendê causa uma contaminação acentuada do óleo lubrificante. Por isto, a troca deve ser feita a cada 100 horas, ao invés das 200 horas previstas pelo manual. Isto pode ser melhorado com o uso de óleos lubrificantes mais viscosos e/ou de especificação mais nobre.

O motor funcionou bem durante as 400 horas com óleo de dendê. No entanto, houve uma queda de 6% na potência, ao longo dos testes. Isto foi devido à acumulação de sujeira na bomba injetora e, secundariamente, à carbonização das câmaras de combustão. Ocorreram problemas iniciais de coqueificação com obstrução parcial dos bicos injetores, mas isto parece ter sido resolvido a contento através do ajuste do aquecimento do óleo de dendê.

A análise dos dados disponíveis indica que as manutenções e os custos associados podem ser drasticamente reduzidos através de cuidados com o tratamento e o manuseio do óleo de dendê. Dada a atual relação de preços, isto tornaria o óleo de dendê vantajoso em relação ao diesel em várias situações de sistemas isolados.

Em pequenas comunidades isoladas o preço do óleo vegetal produzido localmente pode ser mais favorável por questões logísticas. Por outro lado, os aspectos de controle da limpeza do óleo ficam mais complicados. As melhores perspectivas de inserção do óleo vegetal parecem estar no suprimento a partir de instalações com boa infraestrutura técnica e, principalmente, considerando-se o uso do óleo vegetal por grandes geradores diesel dos sistemas isolados de municípios da Região Norte. Uma vez que o consumo anual de combustível destes sistemas é muito alto, qualquer pequena diminuição de preço no combustível acarreta uma economia apreciável. Contudo, estes sistemas são

favorecidos no momento, por mecanismos de subsídio ao diesel (conta CCC), ainda não aplicáveis ao óleo vegetal.

5.0 – BIBLIOGRAFIA

- (1) SÁ FILHO H. ET ALLII; Diagnóstico da Viabilidade Técnica de Utilização dos Óleos Vegetais Brasileiros como Combustível / Lubrificante; Informativo do INT, 12(22), maio/agosto de 1979, pgs. 29-39
- (2) DIPROD/CENPES/PETROBRÁS; Estudo sobre o uso de óleos vegetais como combustível para motores diesel – Relatórios n°s: 1 (julho/80), 2 (fev./81) e 3 (julho/83).
- (3) NIGRO, F. E. B., TRIELLI, M.A. (Agrupamento de Motores/IPT, São Paulo), Informações ao autor em 1999.
- (4) TICKELL, J. & TICKELL, K., From the Fryer to the Fuel Tank. 2nd. Edition. GreenTeach Publishing, Sarasota, Fla., USA, 1999.
- (5) Informações disponíveis no “website” da Universidade Técnica de Munique. Explorar a partir de: <http://www.tec.agrar.tu-muenchen.de/>
- (6) Informações disponíveis no “website” da organização INARO (Sistema de Informações sobre Matérias Primas Renováveis); explorar a partir de: <http://www.inaro.de>
- (7) METZLER R., Small Lister Type Diesel Engines of Indian Origin – Their long term performance on plant oil as fuel and ways to improve their reliability. Report for Project Purgère, October 1995. (Ver <http://www.jatropha.com>, item “Literature”).
- (8) MIRANDA, R. M. (CPAA/EMBRAPA - Manaus), Informações ao autor, junho/1999-março/2000.
- (9) KALTNER, F. J. (CENBIO; PROMAK-Belém) Informações ao autor, junho/1999-março/2000.
- (10) SOYK, O., Suitability of old fats for the operation of a diesel engine. Diplomarbeit, Universität der Bundeswehr, München, 1999.
- (11) NASCIMENTO, A. N., NOGUEIRA, J. S., Avaliação técnica e econômica do óleo de dendê para a geração de eletricidade no interior da Bahia. Relatório de Projeto CEPTEL/ELETOBRÁS / UFBA. Universidade Federal da Bahia (UFBA), maio/2000.