

Solução ambiental para derramamentos de óleo lubrificante de sistemas hidráulicos de usinas geradoras de energia.

Luis C. Ribeiro, Ronan N. Dias, Newton J. Guaraldo, Adelfo B. Barnabé, Dave L. Hanson, Flávio Faria e Roberto L. C. Maciel

Resumo – Este artigo apresenta o Projeto de P&D Nº 2290-010/2007 “Solução ambiental para derramamentos de óleo lubrificante de sistemas hidráulicos de usinas geradoras de energia”, cooperado entre a Termopernambuco S.A. e a Itapebi Geração de Energia S.A. Foi desenvolvido um óleo hidráulico ISO VG 46 biodegradável e solúvel em água para ser usado em sistemas de acionamentos de barragens, usando óleo vegetal, visando evitar contaminação da água na eventualidade de vazamentos do óleo desses sistemas. Foram realizados todos os ensaios físico-químicos para caracterizar suas propriedades de um óleo VG 46 e também testes de desempenho em cilindros hidráulicos nas mesmas condições de operação das comportas. O resultado final é um óleo-protótipo em condições de aplicação nos sistemas de acionamentos de barragens. Para poder ser comercializado é preciso antes receber o selo da ANP, necessitando para isso passar por ensaios sofisticados de desempenho em laboratórios internacionais.

Palavras-chave – Meio ambiente, contaminação, óleo lubrificante, sistemas hidráulicos, barragens.

I. INTRODUÇÃO

As usinas termelétricas e hidrelétricas requerem a utilização de diversos equipamentos acionados por sistemas hidráulicos de óleo sob pressão. Em vários locais é inviável a implementação de barreiras e caixas de contenção para o óleo que eventualmente vaze. Nas hidrelétricas existe a possibilidade de contaminação do curso d'água, decorrente de vazamentos dos dispositivos de acionamento de comportas que contém milhares de litros de óleo mineral dentro dos cilindros e reservatórios associados. Estando esse equipamento no corpo da barragem, o óleo vazado cai diretamente sobre o curso do rio abaixo. Já nas termelétricas a possibilidade de poluição do solo ou até mesmo de cursos d'água também pode ocorrer.

Esse trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL iniciado no Ciclo 2007/2008 sob Código ANEEL 2290-010/2007.

L. C. Ribeiro trabalha na Itapebi Geração de Energia S.A. e R. N. Dias trabalha na Termopernambuco S.A. (e-mails: lribeiro@neoenergia.com; ronan.dias@termopernambuco.com.br).

N. J. Guaraldo, A. B. Brás trabalham para o CGTI (e-mail: Newton@buenomak.com.br; barnabe@buenomak.com.br); D. L. Hanson, F. Faria e R. L. C. Maciel trabalham para a B&M Pesquisa e Desenvolvimento (emails: ffaria@buenomak.com.br; rmaciel@buenomak.com.br)

A Itapebi reconhece a escala regional de interferência sobre o meio ambiente onde atua e estabelece um sistema de gestão integrado que busca melhorias contínuas em seus processos, de forma a aprimorar o desempenho do seu negócio e a performance ambiental, incentivando projetos de pesquisa e inovações tecnológicas que resultem no uso eficiente e seguro dos recursos naturais de forma sustentável.

Assim, o projeto pretendeu alcançar uma solução ambientalmente correta para o uso de óleos lubrificantes em locais de difícil contenção de grandes vazamentos, focando a solução no desenvolvimento de um fluido hidráulico biodegradável. O óleo (biodegradável) eventualmente derramado em caso de falha do sistema ou de um equipamento, e que cai diretamente no curso do rio se deteriora em poucos dias, não agredindo o meio ambiente e não necessitando sua remoção, que em geral implica em processo dispendioso com repercussão desfavorável nos órgãos de imprensa regional.

A Itapebi é uma usina hidrelétrica localizada no Rio Jequitinhonha, no sul da Bahia, com capacidade instalada de 450 MW, um vertedouro com seis comportas, contando com três unidades geradoras com capacidade nominal de 150 MW cada uma, e faz uso de óleo lubrificante do tipo VG 46. Em dois locais de uso desse óleo a possibilidade de vazamento não permite o mesmo tipo de prevenção que se verifica nos demais setores da usina que contam com sistemas adequados de contenção de derramamento de óleo. O primeiro: na tomada d'água das três turbinas onde existem três comportas, com aproximadamente mil litros de óleo em cada uma, e mais cerca de dois mil litros no reservatório comum às mesmas. No segundo: o vertedouro conta com seis comportas cujos mecanismos de acionamento utilizam dois cilindros para cada comporta, com cerca de 1.200 litros de óleo cada um. Existem também três reservatórios desse óleo, ou seja, um reservatório para cada duas comportas; contendo cada reservatório cerca de 3.000 litros de óleo. Nesses locais não se afigura uma solução de contenção do óleo técnica e economicamente viável.

Embora as manutenções próprias sigam programação cuidadosa, uma verificação de Auditoria de Norma ISO 14000 questionou a Itapebi quanto a conseguir uma solução para a eventualidade de vir a ocorrer um vazamento do óleo lubrificante mineral que é não-biodegradável.

O óleo ISO VG 46 é um lubrificante hidráulico. Sua função é a transmissão de força e a lubrificação das peças internas de um sistema dinâmico como os cilindros de aciona-

mento das comportas. É formulado com óleos *básicos* e pacote de aditivos que lhe confere propriedades anti-desgastante, anti-corrosiva, antioxidante e anti-espumante. A maior parte dos óleos hidráulicos é produzida com *óleos minerais* devido ao custo. E estes não são biodegradáveis, ao contrário são contaminantes muito estáveis.

O caráter inovador do projeto está em se obter um fluido hidráulico biodegradável nacional, a partir do uso de óleo vegetal, ou mistura de óleos, ou extrato, oriundo de plantações brasileiras.

O objetivo foi obter um óleo lubrificante biodegradável com as mesmas características, ou as suficientes, para ser aplicado em substituição ao óleo ISO VG 46, não-biodegradável atualmente em uso.

Para isso se estudou as características de desempenho de óleos vegetais biodegradáveis de maior potencial para serem utilizados nos sistemas hidráulicos. Desenvolveram-se experimentações laboratoriais no sentido de serem alcançadas as características necessárias, via aditivos, para chegar ao tipo de óleo desejado. Estabeleceu-se um plano de aditivação considerando-se óleo de soja, ou de milho ou de algodão, ou de misturas, ou extratos desses. Após a formulação das várias possibilidades de composição e de se proceder aos ensaios físico-químicos, resultaram 16 fórmulas que tiveram suas características físico-químicas satisfazendo a equivalência com o óleo desejado, com variações interessantes de propriedades como solúveis ou insolúveis em água. Foram elaboradas as 16 FISPQ – ficha de informação de segurança de produto químico. Foram selecionadas três formulações e enviadas ao IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas que aplicou ensaio de biodegradabilidade que comprovaram essa propriedade nas 3 formulações. Dentre as três optou-se por uma delas para realização de testes de desempenho e realizaram-se experiências do uso em condição real com amostra piloto do óleo resultante sendo colocado em cilindros que operaram de forma similar aos pistões da Usina Itapebi.

As análises físico-químicas do novo óleo após um número de operações correspondentes a um ano de acionamentos indicaram que o óleo desenvolvido apresenta condições para ser aplicado em substituição ao óleo atual.

II. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Primeiramente procedeu-se a uma pesquisa do estado arte com um levantamento de informações sobre óleos biodegradáveis em fase de pesquisa, experimentação ou utilização em outros segmentos de aplicação. Foi feito também um levantamento das propriedades dos principais óleos vegetais já industrializados no Brasil e sua proximidade de principais características com óleos hidráulicos. Também se buscou informações com fabricantes de óleos hidráulicos lubrificantes ofertados no mercado para saber das mais recentes linhas de pesquisa particularmente que visassem chegar a produtos biodegradáveis.

Em seguida se estudou e comparou as propriedades e parâmetros de óleos biodegradáveis vegetais (do tipo comestível), que apresentavam similaridade de características com o tipo ISO VG 46, com maior potencial de serem melhorados

via aditivação para atender a todas as características necessárias. Estabeleceu-se também que o óleo a ser desenvolvido precisava necessariamente atender a vários parâmetros físico-químicos, mas não precisaria atender a algumas características como trabalhar em alta rotação e nem em altas velocidades, uma vez que os pistões de sistemas hidráulicos de usinas não necessitam dessas características.

O principal resultado até esse ponto foi a escolha dos óleos vegetais preferenciais: algodão, soja, milho. Podendo ser em misturas entre estes ou com outros óleos vegetais, ou ainda extratos dos mesmos, para fins de atingir características mais próximas das necessárias.

A. Plano de Aditivação

Procurou-se a seguir um laboratório especializado em óleo hidráulico para que ele preparasse um plano de aditivação a ser seguido para se partir dos óleos vegetais definidos, do tipo comestível, e chegar a um lubrificante ISO VG 46. E surpreendentemente encontrou-se uma dificuldade inesperada e muito maior do que seria previsível. Procurou-se cerca de 30 laboratórios e 6 fabricantes de óleo e não se conseguia um único interessado em pegar o desafio. Constatou-se por essa busca que demandou cerca de um ano que os laboratórios que trabalham com óleo, são bastante especializados em um de três segmentos: óleo isolante de equipamentos elétricos; óleos vegetais comestíveis; óleos hidráulicos de origem mineral ou sintéticos. E os fabricantes desses óleos, que se procurou como solução à dificuldade com os laboratórios, também apresentaram essa segmentação. Consultou-se, via emails e telefonemas, laboratórios em vários Estados, inclusive entidades acadêmicas, mas nenhum teve interesse em elaborar o plano de aditivação para que se prosseguisse o projeto. Ocorreu inclusive uma situação curiosa quando um laboratório consultado, depois de receber o escopo dos serviços que seriam contratados – conforme metodologia proposta no projeto P&D – e depois de prosseguir em negociação comercial por 2 meses, ao invés de se interessar por pegar o serviço, apresentou uma *amostra do óleo* (recentemente elaborada por tal laboratório) e se propôs a vender o óleo pronto. Apesar de termos procedido a ensaios de verificação sobre a amostra apresentada e termos constatado que o óleo atendia à maioria das especificações desejadas para o novo óleo objeto do P&D, o laboratório se recusava a prestar o serviço para desenvolver formulações restringindo seu interesse unicamente na venda de óleo. Desistiu-se desse laboratório. E cerca de 3 meses depois conseguiu-se encontrar um fabricante de óleo lubrificante (e de aditivos para estes) que possuía um excelente laboratório e corpo de profissionais que se interessaram em fornecer serviços para o Projeto.

Seguiu-se a preparação, pelo laboratório contratado, de um Plano de Aditivação e melhoria do óleo vegetal contemplando como partida os óleos de milho, de soja e de algodão, admitindo-se a possibilidade de misturas ou extratos destes óleos, sendo elaborada uma planilha com as várias possibilidades básicas de combinação para obter propriedades desejadas em óleo hidráulico biodegradável tendo o ISO VG 46 como padrão. Durante as discussões iniciais foi aventada a

possibilidade de se buscar formulações que pudessem apresentar menor ou maior solubilidade do óleo em água, embora isso fosse não imprescindível foi considerada muito interessante.

B. Lubrificantes

A maior parte dos lubrificantes disponíveis no mercado é composta a base de óleo mineral, proveniente do petróleo. Consiste basicamente de misturas de hidrocarbonetos. Esses lubrificantes à base de hidrocarbonetos possuem baixa biodegradabilidade porque cadeias longas de hidrocarbonetos são muito resistentes e não existem enzimas capazes de promover a quebra dessas ligações Carbono-Carbono (C-C).

A qualidade de um lubrificante é comprovada somente após a aplicação e avaliação de seu desempenho em serviço, que está ligada à sua composição química, a qualidade e quantidade de aditivos, e ao balanceamento da formulação. Esta combinação de fatores dá aos lubrificantes características físico-químicas que determinam sua qualidade.

As características físico-químicas mais importantes para os lubrificantes são destacadas abaixo:

- *Viscosidade*: É a medida de resistência ao fluxo a uma determinada temperatura.
- *Índice de Viscosidade*: É a relação entre viscosidade e temperatura.
- *Densidade*: É a razão entre a massa e o volume.
- *Ponto de Fulgor*: É a menor temperatura onde os vapores oriundos do produto entram em combustão temporária, produzindo um único flash de luz.
- *Ponto de Combustão*: É a menor temperatura onde os vapores oriundos do produto entram em combustão constante, produzindo um chama contínua.
- *Ponto de Ebulição*: É a menor temperatura onde a amostra entre em ebulição.
- *Ponto de Fluidez*: É a menor temperatura onde o produto apresenta a capacidade de fluir.
- *Índice de Acidez e Índice de Alcalinidade*: É a quantidade de reagente alcalino (índice de acidez) ou ácido (índice de alcalinidade) necessário para neutralizar o produto. Podem ser conhecidos também como Número de Neutralização.
- *Índice de Saponificação*: É a quantidade de matéria graxa (gordura) presente no produto.
- *Índice de Refração*: É a quantidade de luz refletida pela superfície do produto.
- *Corrosão*: É o desgaste causado pelo produto em um determinado metal.
- *Teor de Sólidos*: É a fração do produto que não evapora quando exposto a uma temperatura de 100°C por um período de 3 horas.
- *Teor de Água*: É a quantidade de água presente no produto.

Os óleos vegetais são fluídos extraídos dos grãos e das sementes de algumas plantas. Eles são compostos por triglicerídeos, substâncias formadas pela reação de uma molécula de glicerina com três moléculas de ácidos graxos. A composição de ácidos graxos varia de acordo com o óleo vegetal.

Todos os óleos vegetais são biodegradáveis e levam aproximadamente 28 dias para se decompor acima de 50%. O grande problema dos óleos vegetais é quando são descartados em grandes quantidades, principalmente nas redes de esgoto, córregos e rios. Durante o período de degradação, outros materiais são absorvidos, gerando aglutinados, aumentando o tempo necessário para se degradar e gerando poluição. Outro problema é que quando atinge rios, mares ou lagos, geram um filme tipo película na superfície, dificultando a oxigenação da água, prejudicando a vida aquática.

A biodegradabilidade é a característica de algumas substâncias químicas poderem ser usadas como substratos por microorganismos, que as empregam para produzir energia por respiração celular e criar outras substâncias como aminoácidos, novos tecidos e novos organismos. Neste trabalho, para um lubrificante ser considerado biodegradável e ecologicamente correto, deve possuir a capacidade de ser decomposto biologicamente durante um período de 30 dias. Durante esse período, a porcentagem mínima de carbono degradado deve ser de 80%. Ele não deve possuir compostos aromáticos nem outros compostos considerados tóxicos.

C. Seleção de Componentes

Foram escolhidos para serem utilizados os seguintes componentes:

- Glicerol – Além de possuir um preço muito baixo, é de fácil obtenção de fontes renováveis e totalmente biodegradável. Ele foi adquirido na forma de glicerina bi-destilada.
- Ésteres Metílicos e Etfílicos – Devido a sua grande utilização com biodiesel, esta disponível em grande escala e atende as especificações solicitadas. Eles foram sintetizados em laboratórios.
- Monoglicerídeos – Devido a facilidade de obtenção utilizando óleos vegetais e glicerina e das propriedades de solubilidade e lubricidade. Eles foram sintetizados em laboratório.

Foram utilizados na estruturação da matriz de Formulações:

- Monoglicerato de Soja
- Monoglicerato de Milho
- Monoglicerato de Algodão
- Éster Metílico de Soja
- Éster Metílico de Milho
- Éster Metílico de Algodão
- Éster Etfílico de Soja
- Éster Etfílico de Milho
- Éster Etfílico de Algodão
- Glicerina bi-Destilada

Foram utilizados também produtos com a função de aditivos:

- Soluble B-90
- Uniscor EP 500 G
- Esterlub STH 80
- Mex 80
- Uniscor CS 500 A
- Unis MV-532

De um total inicial de 12 formulações evoluiu-se para 16, o que representou um enorme trabalho laboratorial para formular 16 lotes pilotos de amostras para proceder aos ensaios físico-químicos nestas, montar as respectivas FISPQ e caracterizar suas diferenças para efeito de escolha pela equipe executora.

As formulações F-I, F-II e F-III possuem componentes com estruturas moleculares parecidas e apresentaram propriedades físico-químicas muito semelhantes, são à base de ésteres metílicos de óleos de soja aditivados com um polímero melhorador de viscosidade. São insolúveis em água.

As formulações F-IV e F-V foram feitas a partir de ésteres metílicos de óleos vegetais e aditivos emulgadores e de extrema-pressão, além de conferir uma solubilidade parcial em água ao produto final. São parcialmente solúveis em água.

As formulações F-VI a F-XIII, foram formulados produtos com base na glicerina. Todas são solúveis em água.

As formulações F-VI a F-X, são misturas de glicerina com aditivos.

As formulações F-XI, F-XII e F-XIII são misturas de glicerina com monoglicérides.

As formulações F-XIV, F-XV e F-XVI são a base de monoglicérides de soja, milho e algodão. São parcialmente solúveis em água.



Figura 1. Lotes piloto das formulações para ensaios.

Das formulações acima, foram selecionadas três para a seqüência dos trabalhos. As formulações foram escolhidas de forma que representaram a maior quantidade de formulações.

A formulação F-VIII foi escolhida por possuir a melhor aparência visual quando em contato com a água e por representar o grupo de formulações que possuem como componente principal a glicerina. É solúvel em água.

A formulação F-IV foi escolhida por ser aquela que mais apresenta características semelhantes às dos óleos lubrificantes minerais e ser parcialmente solúvel em água.

A formulação F-XIV foi a terceira a ser escolhida por ser à base de monoglicérides de óleos vegetais e espessam em contato com a água formando pastas extremamente viscosas, o que facilitaria o recolhimento em caso de vazamento.



Figura 2. Efeito da mistura de 50% óleo e 50% água em cada grupo de formulações.

A formulação VI mostra o efeito da mistura para o grupo de óleos solúveis em água.

Foi contratado o Laboratório de Biotecnologia Industrial (LBI) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) para a realização dos ensaios de biodegradabilidade imediata das formulações escolhidas. Nos laudos referentes às análises são descritos as metodologias utilizadas e o detalhamento das análises.

Na conclusão dos laudos foi verificado que as três formulações atenderam aos requisitos dos manuais do IBAMA e do OECD para serem consideradas *facilmente biodegradáveis*, uma vez que atingiram o valor mínimo de biodegradação durante os 28 dias de ensaios. Com base nestes resultados, e na característica de total solubilidade em água a formulação F-VIII foi escolhida para a seqüência dos trabalhos.

D. Experiência Prática

Inicialmente, a experiência prática seria realizada com a colocação do novo óleo em um pistão de cerca de 200litros na Usina Itapebi mas optou-se de comum acordo por fazer a experiência em dois pistões novos, fabricados para reproduzir as condições de operação das comportas: - N° anual máximo de operações: 325; duração da operação; Pressão de óleo para abrir/ drenagem de óleo e gravidade para fechar; Pressão de trabalho do servomotor: 168 bar; Pressão máxima: 207 bar; Pressão de atuação baixa: 30 bar; Velocidade de abertura dos servomotores: 0,14 m/min.; Velocidade tangencial de abertura: 0,3 m/min manobrando uma e 0,15 m/min.; Vazão máxima da bomba diesel: 20 l/min.; Capacidade do deposito de óleo: 4.000 litros; Velocidade tangencial de abertura da comporta com grupo diesel de emergência: 0,15 m/min.



Figura 3. Foto dos pistões operando com o novo óleo.

Um dos pistões operou com o novo óleo por 2 meses seguidos em condições mais severas que as normais das comportas somando as operações de um ano das mesmas. O outro pistão foi destinado a continuar as operações por seis meses, nas condições semelhantes às das operações da usina inclusive alternando-se operações diárias (2 no máximo) com período de até 3 semanas sem operar para verificar se ocorre decantação ou precipitação de alguma natureza no óleo, e simula também uma condição (óleo parado) que acontece no ciclo anual das comportas, e conseqüentemente dos cilindros hidráulicos e do óleo em seu interior. Amostras foram retiradas periodicamente dos dois cilindros para acompanhar o estado do óleo. A cada amostra retirada, era realizada uma seqüência de análises para a verificação de possíveis alterações nas propriedades físico-químicas.

Observou-se que houve um incremento da viscosidade o que pode ser explicado pela perda do material volátil (álcool etílico anidro) devido ao aumento da temperatura durante a execução da operação. A classificação de viscosidade do produto é ISO 46, o que impõe um limite superior de viscosidade de 50,6. Para a experiência prática o óleo foi formulado para trabalhar próximo ao limite superior porque se esperava que perdesse viscosidade devido ao desgaste causado pelo funcionamento do equipamento, o que não ocorreu. Na formulação F-VIII foi usado etanol como solvente, que possui a função de diminuir a viscosidade e ajudar na transparência do produto final, mas possui um ponto de fulgor baixo e se volatiliza facilmente. Uma alternativa a este é a troca desse solvente por água ou por outro solvente com um ponto de ebulição mais elevado, sendo que o mais indicado é o Propileno Glicol. Este poderá afetar ligeiramente a biodegradabilidade do óleo, mas não afeta sua característica de ser biodegradável. A variação da viscosidade foi momentânea e não evoluiu, indicando que o efeito da evaporação do álcool etílico acabou, e a variação ficou abaixo de 10% - se o óleo tivesse iniciado com valor médio 46 continuaria dentro da faixa de viscosidade ISO VG 46.

A análise dos resultados da experiência prática mostra que, para esse teste que não é normalizado mas sim indicativo, o óleo apresentou desempenho equivalente ao de um óleo hidráulico normal. Não apresentou deterioração e nem altera-

ção de parâmetros físico-químicos, a não ser a alteração de viscosidade que foi inferior a 10%; e cuja solução já foi implementada.

E. Resultados obtidos

O óleo resultante, biodegradável, é ecologicamente correto e de baixíssimo custo final e com potencial de colocação futura no mercado; evita/minimiza custos de multas e indenizações por danos ambientais (e de outros tipos) na ocorrência de vazamentos de óleo, que poderiam chegar a milhões de Reais.

Reforça a imagem da concessionária e dá consistência à sua Política do Sistema de Gestão - SGI.

Projeta a imagem da Itapebi e da Termope como ecologicamente corretas junto à comunidade regional, que investem em projetos de pesquisa e inovações tecnológicas para o uso eficiente e seguro dos recursos naturais. O produto principal confere também projeção nacional para o Grupo Neoenergia como entidade que respeita e preserva o meio ambiente.

Finalmente pode-se afirmar que o resultado do P&D é aderente aos princípios da Sustentabilidade, ao se classificar claramente como ecologicamente correto - economicamente viável - socialmente justo e reúne todas as condições para ser bem aceito.

Quanto às perspectivas de implantação do óleo na usina Itapebi pode-se considerar que já é uma possibilidade viável de aplicação em Substituição do óleo VG 46 atual (não-biodegradável) pelo novo óleo biodegradável em dois pistões/cilindros a cada 6 meses a partir de dezembro/11.

A cada 6 meses, as análises de laboratório feitas por empresa contratada, indicarão qual procedimento a ser adotado - troca de óleo e ou tratamento do mesmo - de acordo com os valores apresentados nos ensaios.

Opcionalmente, nos primeiros 12 meses podem ser procedidos ensaios a cada 3 meses como medida conservativa.

Como a proposta original do Projeto de P&D previa apenas uma fórmula para o novo óleo VG 46 biodegradável optou-se pela F-VIII, entre as 3 formulações selecionadas e testadas, que foi assim a escolhida para a experiência prática e foi também patenteada.

III. CONCLUSÕES

Esse projeto de P&D conseguiu desenvolver e entregar o produto principal a que se propôs em condições operacionais de um óleo protótipo no prazo de 27 meses e no custo originalmente contratado.

O projeto tem caráter preventivo e de proteção ambiental. Sua viabilidade econômica está baseada no custo a evitar na eventualidade de vazamento da ordem de 3 mil litros de óleo hidráulico mineral (tipo e quantidade em uso no sistema de fechamento das comportas da usina Itapebi) que pode provocar custos da ordem de 1 a 20 vezes o valor original do projeto.

O produto principal do projeto pode ser implantado nas instalações da concessionária, em caráter experimental, por ainda se tratar de um óleo protótipo que ainda não possui selo da ANP.

O óleo tem potencial de aplicação em todos os sistemas de acionamentos de comportas e grades das usinas hidrelétricas do País. Para isso necessita sua certificação e inserção no mercado, tendo antes disso que obter o selo da ANP – Agência Nacional do Petróleo, que poderá concedê-lo após o óleo ser submetido a ensaios de desempenho que só podem ser efetuados fora do Brasil, em laboratórios especializados e mundialmente reconhecidos, fazendo uso de Normas específicas para tais procedimentos.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Periódicos:

- [1] R. P. Carreiro, P. N. A. Belmiro, “Lubrificantes & Lubrificação Industrial”, *Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás Natural e Bicomustíveis*; Editora Interciência; Rio de Janeiro, 2006.
- [2] P. R. F. Runge, G. N. Duarte, “Lubrificantes nas Indústrias – Manual Prático Para Engenheiros, Químicos E Técnicos De Produção, Manutenção E Controle”, *Tribconcept Editora Técnica Ltda*, São Paulo, 1990.
- [3] D. Borsato, L. H. Dall’antonia, C. L. B. Guedes, E. C. R. Maia, H. R. De Freitas, I. Moreira, K. R. Spacino, “Aplicação Do Delineamento Simplex-Centroide No Estudo da Cinética da Oxidação de Biodiesel B100 em Mistura com Antioxidantes Sintéticos”, *Dep. de Química, Univ. Est. de Londrina, Revista Química Nova*, Vol. 33, No. 8, 1726-1731, 2010.
- [4] M. B. Dantas ¹, M. M. Conceição ², I. M. G. Santos ¹, A. G. Souza ¹, “Avaliação da Estabilidade Térmica e Reologia do Biodiesel Etilico e Metílico obtido através da Transesterificação do Óleo de Milho”, ¹ *Dep. de Química, CCEN, Univ. Fed. da Paraíba, Campus I, João Pessoa – PB*; ² *Univ. Fed. de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Campus Cuité, Cuité – PB*.
- [5] L. Freitas, T. Bueno, V. H. Perez, H. F. De Castro, “Monoglicerídeos: Produção por Via Enzimática e Algumas Aplicações”, *Escola de Eng. de Lorena, Univ. de São Paulo, Lorena – Sp, Revista Química Nova*, Vol. 31, No. 6, 1514-1521, 2008.

Relatórios Técnicos:

- [6] M. F. A. Rodrigues, A. E. Maiorano, D. C. Linhares, “Teste de Biodegradabilidade Imediata pela Medida de Dióxido de Carbono Desprendido em Sistema Aberto”, IPT – Cent. de Tec. de Proc. e Produtos, Lab. de Biotec. Industrial, CTPP/LBI, Relatório Técnico 122 097-205, maio. 2011.
- [7] M. F. A. Rodrigues, A. E. Maiorano, D. C. Linhares, “Teste de Biodegradabilidade Imediata de Substâncias Hidrossolúveis e não Voláteis pela Medida do Decaimento da d₉₀-solúvel”, IPT – Cent. de Tec. de Proc. e Produtos, Lab. de Biotec. Industrial, CTPP/LBI, Relatório Técnico 121 546-205, abril. 2011.
- [8] M. F. A. Rodrigues, A. E. Maiorano, D. C. Linhares, “Teste de Biodegradabilidade Imediata pela Medida de Dióxido de Carbono Desprendido em Sistema Aberto”, IPT – Cent. de Tec. de Proc. e Produtos, Lab. de Biotec. Industrial, CTPP/LBI, Relatório Técnico 122 121 -205, maio. 2011.

Artigos Apresentados em Conferências (Não publicados):

- [9] A. M. Chicuta, L. V. Fregolente, M. R. W. Maciel, “Síntese de Monoglicerídeos a partir de Óleo de Soja Comercial,” apresentado no VI Cong. Bras. de Eng. Química em Inic. Científica, Lab. de Desenv. de Proc. de Separação – LDPS, Fac. de Eng. Química – Univ. Est. de Campinas, 2005.

Dissertações e Teses:

- [10] H. J. Dantas, “Estudo Termoanalítico, Cinético E Reológico De Biodiesel Derivado Do Óleo De Algodão”; Tese de Mestrado, Centro De Ciências Exatas E Da Natureza, Dep de Química, Univ. Fed. da Paraíba, João Pessoa – Pb, Mar. 2006.