

# *Revista da Graduação*

---

Vol. 4

No. 2

2011

12

---

**Seção: FACULDADE DE ENGENHARIA**

Título: Estudo comparativo de óleos  
lubrificantes básicos minerais

Autor: Juliano Caldeira Julião

Este trabalho está publicado na Revista da Graduação.

ISSN 1983-1374

<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/10048/7084>

# ESTUDO COMPARATIVO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES BÁSICOS MINERAIS

Juliano Caldeira Julião  
Aluno da Faculdade de Engenharia  
Curso de Engenharia Química  
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.  
Av. Ipiranga, 6681. Partenon. Porto Alegre/RS. CEP 90619-900.

## RESUMO

Um dos grandes problemas para o meio ambiente é o descarte indevido do óleo usado e/ou contaminado. Segundo leis ambientais brasileiras, o destino correto para este resíduo é o rerrefino de óleos lubrificantes. Porém, os rerrefinadores se preocupam com o preconceito do mercado de óleos lubrificantes com o produto gerado neste processo, pois existe a idéia de que o óleo rerrefinado é de baixa qualidade quando comparado ao óleo gerado pelo primeiro refino. Na intenção de comparar os dois óleos, foram feitas análises dos parâmetros exigidos pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) para estes produtos. O óleo de primeiro refino não atendeu as especificações em dois parâmetros, teor de cinzas e teor de resíduos de carbono, enquanto o óleo rerrefinado atendeu todos os parâmetros. O óleo de primeiro refino apresentou tendência à contaminação com água, pois os resultados indicam 5 ml de emulsão no teste de demulsibilidade, enquanto o óleo rerrefinado ficou isento de umidade. O Teste de oxidação com bomba rotativa (RBOT) indicou que o óleo rerrefinado apresenta melhores resultados, pois operou o dobro do tempo em relação ao de primeiro refino sem oxidar. Com estes resultados, pode-se afirmar que o Rerrefino é o destino ambientalmente correto para o óleo usado e o produto gerado neste processo (óleo rerrefinado), é, no mínimo, de mesma qualidade que o óleo de primeiro refino.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rerrefino de óleos lubrificantes, Óleo lubrificante usado e/ou contaminado, Comparativo de óleos lubrificantes.

## **ABSTRACT**

One of the big problems for environment is the improper disposal of used oil and/or contaminated. According to Brazilian environmental laws, the correct destination for this is the re-refining of waste lubricating oils. However, the re-refining are concerned about the bias of the lubricants market with the product generated in this process because there is the idea that the oil re-refining is of poor quality when compared to the first generated by oil refining. In the intention to compare the two oils, tests were made of the parameters required by the ANP (National Petroleum Agency) for these products. The virgin basestocks did not meet the specifications in two parameters, ash and carbon residue, while the oil re-refining met all parameters. The virgin basestocks has a tendency to water contamination with water, presented as 5 ml of emulsion in the test demulsibility, while the oil re-refining was free of moisture. The rotary bomb oxidation test (RBOT) indicated that the oil re-refining the best results since worked twice as long compared to the first refining without rusting. With these results, it can be said that the oil re-refining is at least the same quality as the virgin basestocks.

**KEYWORDS:** re-refining of lubricating oils, lubricating oil used and / or contaminated, Comparison of lubricating oils

## **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente, com o avanço da tecnologia, cada vez mais a mão de obra humana é substituída por máquinas. Estas máquinas, por sua vez, necessitam de lubrificação constante para desempenhar serviços pesados. Os produtores de lubrificantes investem para desenvolver produtos mais eficientes e que proporcionem melhores rendimentos, tanto na indústria como no ramo automotivo. Porém, devido ao tempo de uso, esses lubrificantes perdem suas características iniciais e se transformam em um resíduo que causa grandes danos ambientais, se houver um descarte inadequado. Este resíduo é chamado de óleo lubrificante usado e/ou contaminado (OLUC). De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR-10004 (2004), o OLUC é caracterizado como resíduo perigoso por apresentar toxicidade elevada.

Segundo a resolução número 362 (2005), do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), um óleo lubrificante acabado resulta na sua deterioração

parcial, que se reflete na formação de compostos tais como ácidos orgânicos, compostos aromáticos polinucleares potencialmente carcinogênicos, resinas e lacas. Ainda, esta resolução diz que a categoria de processos tecnológico-industriais, chamada genericamente de rerrefino, corresponde ao método ambientalmente mais seguro para a reciclagem do óleo lubrificante usado e/ou contaminado, e, portanto, a melhor alternativa de gestão ambiental deste tipo de resíduo.

O rerrefino é o único processo em que se retira do OLUC todos os contaminantes e devolve ao óleo lubrificante suas características iniciais. O óleo gerado pelo rerrefino é um óleo básico rerrefinado, que, assim como o óleo básico de primeiro refino, é utilizado como base para formulações de óleos lubrificantes, seja ele industrial ou automotivo. Porém, um grande problema é o preconceito por parte do mercado brasileiro de lubrificantes quando se fala em óleo lubrificante oriundo do rerrefino. Existe a idéia que é um óleo de baixa qualidade quando comparado com o óleo de primeiro refino, gerado diretamente da destilação do petróleo.

Outro problema para os rerrefinadores é que alguns geradores (postos de serviços e indústrias) deste resíduo vendem OLUC para coletores clandestinos, que o utilizam para outros fins, tais como o uso indevido e criminoso como combustível em maçaricos de fundições ou, até mesmo, descarte no solo ou em águas correntes, embora esse procedimento seja considerado crime ambiental, cometido pelo gerador que é responsável pelo destino correto do seu resíduo, como descrito na resolução CONAMA 362/5 e fiscalizada pela Agencia Nacional de Petróleo, Gás Naturais e Biocombustíveis (ANP).

Os óleos básicos rerrefinados devem atender especificações exigidas pela ANP, assim como o óleo básico de primeiro refino. Segundo a resolução ANP número 19 (2009), a atividade de rerrefino é considerada de utilidade pública e compreende a remoção de contaminantes de produtos de degradação e de aditivos dos óleos lubrificantes usados ou contaminados, conferindo-lhes características de óleos básicos, que atendam a especificação em vigor a serem comercializados.

Sabendo da importância que o rerrefino de óleos lubrificantes representa para o meio ambiente e da dificuldade em que as empresas de rerrefino apresentam devido ao desinteresse de alguns seguimentos do mercado de lubrificantes com os seus produtos, este trabalho tem o objetivo de comparar a qualidade do óleo básico gerado no processo de rerrefino com um óleo básico gerado diretamente na destilação do petróleo, analisando as

especificações exigidas pela ANP para os dois óleos e, através de análises específicas, identificando qual dos óleos tem mais facilidade em se separar da água, evitando contaminação, e melhor rendimento quando sujeitos a condições extremas de uso.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Óleos lubrificantes são produtos utilizados para reduzir o atrito e diminuir o desgaste de partes móveis de motores de automóveis ou equipamentos que necessitem de constante lubrificação (APROMAC, 2005).

O óleo básico é o elemento mais importante na formulação de um óleo lubrificante. Todo óleo básico de primeiro refino deve atender aos parâmetros identificados na tabela 1, que apresenta as especificações de óleos lubrificantes básicos exigidas pela Portaria nº 129/99, da ANP.

CARACTERÍSTICAS	Spindle	Neutro Leve	Neutro Médio	Neutro Pesado	Métodos
Aparência	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Visual
Cor ASTM, máx.	1,0	1,5	2,5	3,5	ASTM D 1500
Viscosidade, cSt a 40° C	8 -11	27 - 33	50 - 62	94 - 102	NBR 10441 ASTM D 445
Viscosidade, cSt a 100° C	anotar	anotar	anotar	anotar	NBR 10441 ASTM D 445
Índice de Viscosidade, mín.	90	100	95	95	NBR 14358 ASTM D 2270
Ponto de Fulgor, °C, mín.	160	200	220	230	NBR 11341 ASTM D 92
Ponto de Fluidez, °C, máx.	-9	-6	-3	-3	NBR 11349 ASTM D 97
Índice de Acidez Total, mg KOH/g, máx.	0,05	0,05	0,05	0,05	NBR 14248 ASTM D 974
Cinzas, % massa, máx.	0,005	0,005	0,005	0,005	NBR 9842 ASTM D 482
Resíduo de Carbono Ramsbottom, % massa, máx.	0,10	0,10	0,15	0,20	NBR 14318 ASTM D 524
Corrosividade ao cobre, 3 h a 100° C, máx.	1	1	1	1	NBR 14359 ASTM D 130

Tabela 1 – Especificação de Óleos Lubrificantes Básicos  
FONTE: Portaria ANP nº129 (1999)

## 2.1 OLUC

Depois de um determinado tempo de uso, o óleo lubrificante perde sua eficiência devido à deterioração de seus aditivos, perdendo assim as propriedades que lhe foram empregadas na formulação, necessitando ser trocado. Com isso há a geração de um resíduo perigoso para o meio ambiente: o OLUC.

Segundo a Proluminas (2011), a queima de OLUC como combustível, ocasiona o lançamento de gases carcinogênicos no ar. Estima-se que 5 litros de OLUC podem lançar na atmosfera até 25 gramas de substâncias como chumbo, cádmio, níquel, cromo, zinco e outras composições químicas.

Um litro de óleo pode contaminar um milhão de litros de água, criando uma fina camada que cobre mil metros quadrados e bloqueia a passagem de ar e luz, impedindo a respiração e a fotossíntese (Lubes em foco, 2011).

Devido aos problemas ambientais que o descarte inadequado do OLUC ocasiona, os geradores têm a responsabilidade de dar o destino adequado a este resíduo, pois todo o OLUC deve, obrigatoriamente, ser recolhido e ter destinação adequada, de forma a não afetar negativamente o ambiente, sendo proibidos quaisquer descartes em solos, águas superficiais, sistemas de esgoto ou lançamento de águas residuais (LWART, 2011).

Por isso o OLUC precisa ser coletado por empresas que possuem autorização da ANP para que seja feito o processo de rerrefino neste resíduo gerando um produto de qualidade e evitando danos ao meio ambiente. Segundo Moreira (1980), a análise de um óleo usado demonstra que as impurezas representam 20 a 35% do seu volume, podendo esse óleo ser considerado um petróleo bruto rico em óleo lubrificante e apto a receber nova refinação.

A ANP, na portaria 128 (1999), informa que a reciclagem de óleo lubrificante usado ou contaminado é uma atividade prioritária para a gestão ambiental e que o aproveitamento de óleo lubrificante usado ou contaminado na indústria do rerrefino é fator de economia de divisas para o País e contribui para a proteção do meio ambiente e maximização dos recursos naturais.

## 2.2 PROCESSO DE RERREFINO

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Refino de Óleos Minerais, SINDIRREFINO (2011), considera-se rerrefino o processo industrial de remoção de contaminantes, produtos de degradação e aditivo do OLUC, conferindo aos mesmos, características de óleos básicos, conforme especificação do órgão regulador da Indústria do Petróleo (ANP).

O processo de rerrefino mais utilizado no Brasil pode ser dividido em cinco etapas: Termocraqueamento, Evaporação, Tratamento Ácido, Clarificação e Filtração.

### 2.2.1 TERMOCRAQUEAMENTO

O rerrefino do OLUC inicia-se com o termocraqueamento, ocasião em que o óleo é submetido a aquecimento de 300 °C, aproximadamente, sob vácuo, produzindo “óleo termocraqueado”, conforme apresenta a figura 1. Nesta etapa são retiradas as frações leves, água e gases que são devidamente tratados e utilizados como combustível.

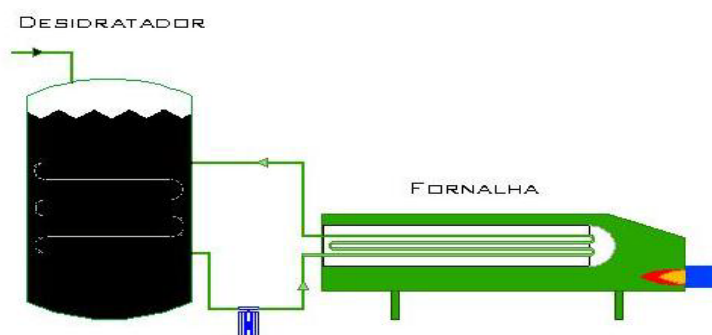


Figura 1 - Sistema de Termocraqueamento  
FONTE: Site da IPS, acesso em 01/04/2011.

### 2.2.2 EVAPORAÇÃO

Nesta etapa, representada pela figura 2, o óleo é bombeado para um evaporador de película, que opera com eficiente sistema de vácuo. O processo consiste na separação das frações pesadas (plastificante), que é um subproduto do processo, através do contato físico do óleo com as paredes aquecidas do evaporador a 350°C, ocorrendo, assim, a evaporação das frações mais leves (Neutro Médio e Neutro Leve) que são condensadas e enviadas para o tratamento ácido.

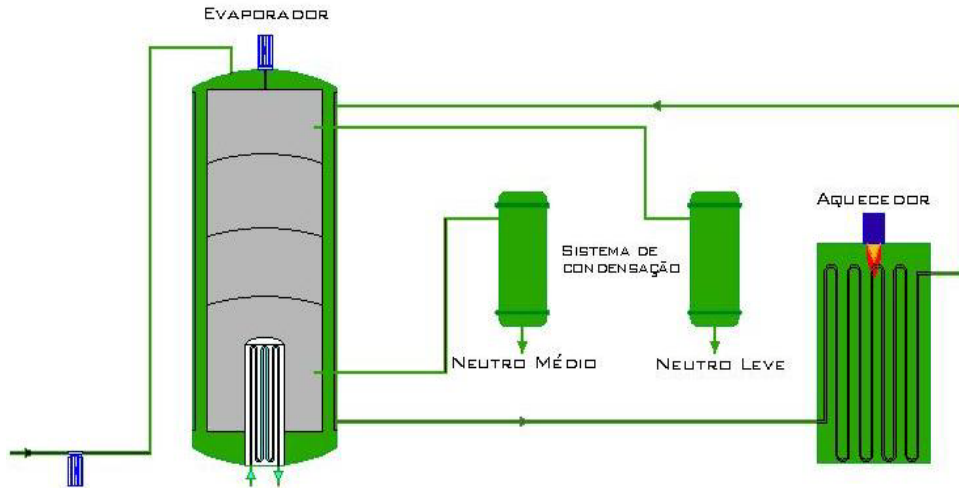


Figura 2 - Sistema de Evaporação  
 FONTE: Site da IPS, acesso em 01\04\2011.

### 2.2.3 TRATAMENTO ÁCIDO

Após etapa de evaporação, o óleo recebe pequeno percentual de ácido sulfúrico (agente floculante), conforme apresenta a figura 3, para a estabilização do óleo e floculação das impurezas em suspensão. Após, o óleo tratado é enviado para clarificação. Uma pequena quantidade de resíduo é gerada nesta etapa e é enviada para coprocessamento em fornos de cimenteiras.

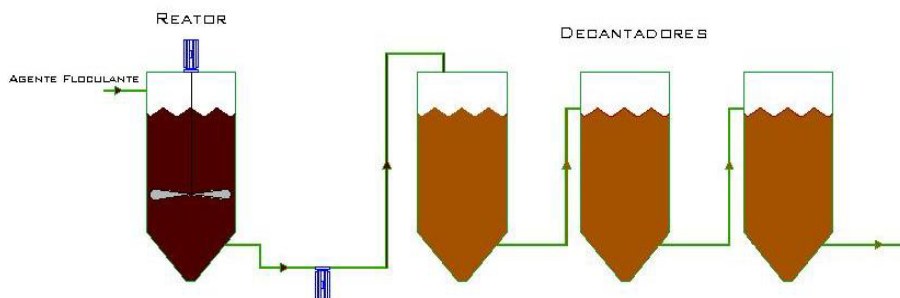


Figura 3 - Sistema de Tratamento Ácido  
 FONTE: Site da IPS, acesso em 01\04\2011.

### 2.2.4 CLARIFICAÇÃO

O óleo proveniente do tratamento ácido é bombeado para o sistema de clarificação, onde recebe a adição de argila (agente clarificante), como representa a



figura 4. O óleo é aquecido a 300°C, sob vácuo. A argila é responsável pela adsorção das partículas que conferem coloração ao óleo.

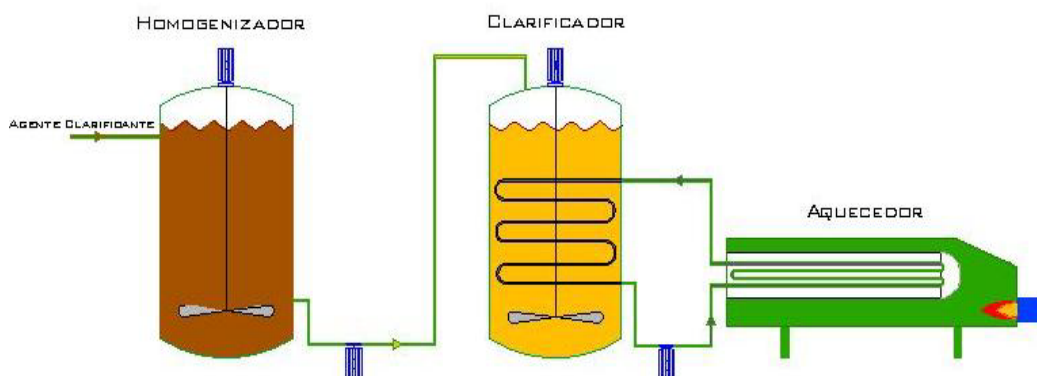


Figura 4 - Sistema de Clarificação  
 FONTE: Site da IPS, acesso em 01/04/2011.

## 2.2.5 FILTRAÇÃO

O óleo misturado à argila passa por um sistema de filtros prensa e mangas para a retirada dos particulados. Após, ocorre bombeamento para os tanques de óleo básico rerrefinado, conforme apresentado na figura 5. Nesta etapa, é gerado um resíduo que também é enviado para coprocessamento em fornos de cimenteiras.

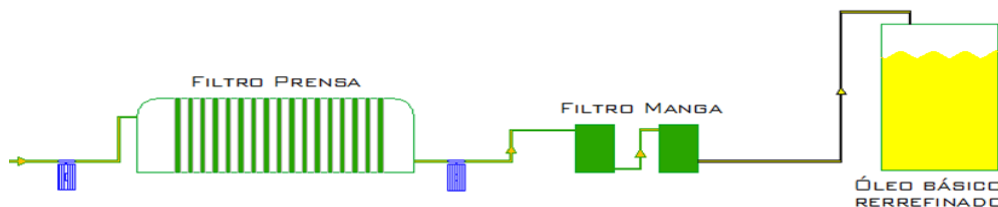


Figura 5 - Sistema de Filtragem  
 FONTE: Site da IPS, acesso em 01/04/2011.

Os óleos básicos rerrefinados devem atender as especificações descritas na portaria ANP n° 130/99, que determina as especificações para óleos básicos oriundos do processo de rerrefino, conforme Tabela 2.

CARACTERÍSTICAS	Spindle RR	Neutro Leve RR	Neutro Médio RR	Neutro Pesado RR	Métodos
Aparência	Límpida	Límpida	Límpida	Límpida	Visual
Cor ASTM, máx.	2,0	3,0	4,0	4,5	ASTM D1500

Viscosidade, cSt a 40°C	8 a 18	26 a 32	50 a 70	-	NBR 10441 ASTM D445
Viscosidade, cSt a 100° C	-	-	-	9,6 a 12,9	NBR 10441 ASTM D445
Índice de Viscosidade, min.	-	95	95	95	NBR 14358 ASTM D2270
Ponto de Fulgor, °C, mín.	155	200	215	226	NBR 11341 ASTM D92
Ponto de Fluidez, °C, máx.	-3	-3	-3	-3	NBR 11349 ASTM D97
Índice de Acidez Total, mg KOH/g, máx.	0,05	0,05	0,05	0,05	NBR 14248 ASTM D974
Cinzas, % peso, máx.	-	0,02	0,02	0,02	NBR 9842 ASTM D482
Resíduo de Carbono Ramsbottom, % peso, máx.	0,2	0,3	0,3	0,3	NBR 14318 ASTM D189
Corrosividade ao cobre, 3h a 100° C, máx.	1	1	1	1	NBR 14359 ASTM D130

Tabela 2 – Especificação de Óleos Lubrificantes Básicos Rerrefinados  
 FONTE: Portaria ANP nº130 (1999)

Comparando as tabelas 1 e 2, pode-se afirmar que as especificações dos óleos lubrificantes básicos do primeiro refino e do rerrefino são muito semelhantes.

Pode-se afirmar que o óleo básico do rerrefino, é capaz de apresentar características similares, ou até superiores, as do óleo básico de destilação direta. Isto porque durante a fase de aplicação do óleo virgem, uma parte das moléculas que o constitui é cisalhada, e no processo de rerrefino, além de separarem-se as impurezas, expurgam-se também, essas moléculas destruídas. O óleo de refinação direta contém de 65 a 85% de moléculas estáveis, enquanto o óleo rerrefinado contém de 80 a 95%, possuindo maior teor parafínico e qualidade que pode exceder a do óleo original (Moreira, 1980).

É muito importante quando se fala em rerrefino, não confundir com recuperação de óleo lubrificante. A recuperação de óleo é uma simples filtragem onde o óleo passa por uma bateria de filtros para retirar sólidos suspensos, porém as características continuam sendo de um OLUC e, portanto, este produto tem sua venda proibida como lubrificante ou combustível pela ANP.

### 3 METODOLOGIA

Para fazer a comparação da qualidade dos óleos básicos, foram feitas análises para saber se as especificações dos óleos obedecem todos os parâmetros exigidos pela ANP nas portarias nº 130/99, para óleos rerrefinados, e nº 129/99, para óleos básicos de primeiro refino. Para que os parâmetros fossem analisados, foram adquiridas amostras de óleo básico neutro médio de primeiro refino e óleo básico neutro médio rerrefinado.

#### 3.1 APARÊNCIA E COR

Depois de obtidas as amostras, o primeiro parâmetro analisado foi à aparência do óleo, que se realizou visualmente. Após, a cor foi analisada através da norma ASTM D1500. Colocaram-se as amostras em uma cubeta, que por sua vez foram colocadas em um fotolorímetro para que fosse efetuada a leitura.

#### 3.2 VISCOSIDADE CINEMÁTICA E ÍNDICE DE VISCOSIDADE

As viscosidades, tanto a 40°C como a 100°C, foram analisadas obedecendo a NBR 10441 (2007). O viscosímetro utilizado é chamado de Cannon Fenske, que foi limpo, utilizando hexano, e seco, utilizando uma bomba a vácuo, antes da caracterização de viscosidade.

Carregou-se o Cannon Fenske com a amostra de óleo, mergulhou-se o viscosímetro com a amostra em um banho termostático. Antes de iniciar a análise, esperou-se 10 minutos para a temperatura da amostra atingisse o equilíbrio com a temperatura do banho.

Com a temperatura da amostra em equilíbrio com a temperatura do banho, utilizou-se a bomba à vácuo para “posicionar” a amostra até o primeiro menisco do viscosímetro e, com a ajuda de um cronômetro, determinou-se o tempo para o óleo escoar do primeiro para o segundo menisco.

Depois de medido o tempo, foi calculada a viscosidade cinemática através da equação 1:

$$\mu = C \times t \quad (1)$$

Onde:

$\mu$  = Viscosidade cinemática;

C = Constante do viscosímetro conforme fabricante;

t = Tempo para o óleo escoar nos níveis do viscosímetro.

O índice de viscosidade foi analisado obedecendo a ASTM D2270 (Cálculo do índice de viscosidade a partir da viscosidade cinemática), utilizando um software aprovado pela norma vigente, que parte dos resultados das viscosidades cinemáticas encontradas a 40 e a 100°C.

### 3.3 PONTO DE FULGOR

Para análise do ponto de fulgor foi utilizado um equipamento chamado Cleveland, conforme NBR 11341 (2004).

O óleo foi colocado em um reservatório aberto, até o nível indicado, e aquecido lentamente, passando sobre a amostra, em intervalos regulares, uma pequena chama piloto. Quando se notou um “flasheamento” na superfície da amostra, foi anotada a temperatura do ponto de fulgor.

### 3.4 ÍNDICE DE ACIDEZ TOTAL (IAT)

O IAT do óleo foi analisado através de uma titulação, conforme NBR 14248 (2004). IAT é a quantidade de base expressa, em miligramas de hidróxido de potássio, necessária para neutralizar todos os constituintes ácidos presentes em um grama de amostra.

As amostras foram pesadas e o reagente de titulação foi adicionado e bem agitadas para uma mistura completa.

A titulação foi feita com a solução de hidróxido de potássio 0,1N. Titulou-se até o momento em que a amostra passou da cor laranja para a cor verde, ficando esta coloração por 15 segundos.

Depois da titulação o IAT é calculado através da equação 2:

$$IAT = \frac{(A - B) \times 5,61}{m} \quad (2)$$

Onde:

A = ml de solução de KOH 0,1 N gastos com a titulação da amostra.

B = ml de solução de KOH 0,1 N gastos com a titulação em branco.

m = massa em gramas da amostra.

### 3.5 CORROSIVIDADE

Seguindo a NBR 14359 (2005), foi analisada a corrosividade do óleo. Uma lâmina de cobre foi limpa com uma esponja de ácido e, depois, imersa nas amostras em tubo de ensaio, de modo que a lâmina ficasse totalmente submersa. O tubo de ensaio foi colocado em um banho, a uma temperatura de 100°C. Depois de 3 horas verificou-se o grau de corrosividade na lâmina de cobre, utilizando a tabela padrão apresentada na figura 6.



Figura 6 - Tabela Comparativa ASTM D 130

### 3.6 PONTO DE FLUIDEZ

O ponto de fluidez, ou seja, a menor temperatura em que o óleo deixa de escoar, foi analisado conforme NBR 11349 (2005). Foi utilizada uma cubeta, onde foram colocadas as amostras. A cubeta foi mergulhada em um banho termostático, que mantém temperaturas de até -50°C. Conforme o resfriamento do óleo, de 3 em 3°C a

cubeta era retirada para visualizar se o óleo escoava ou não. No momento que se notou que o óleo não escoou, foi anotada a temperatura.

### 3.7 TEOR DE CINZAS E DE CARBONO

O teor de cinzas do óleo foi analisado respeitando as condições estabelecidas pela NBR 9842 (2006). As amostras foram pesadas e aquecidas em uma mufla a uma temperatura de, aproximadamente, 400°C para serem totalmente calcinadas. Após, as amostras foram pesadas novamente e a diferença dos pesos era o teor de cinzas presentes nas amostras.

A análise de teor de carbono foi feita em um equipamento chamado de Ramsbottom, seguindo a NBR 14318 (2004). As amostras foram pesadas e colocadas no Ramsbottom. Após o processo no equipamento, as amostras foram pesadas novamente e a diferença dos pesos foi o teor de carbono presente nas amostras.

### 3.8 TESTE DE DEMULSIBILIDADE

Depois de analisar se os óleos básicos estavam especificados, ou seja, dentro das exigências estabelecidas pelas portarias da ANP, partiu-se para as comparações de rendimento dos óleos e a inibição a contaminações com água.

Utilizando a NBR 14172 (2009), foi feito o teste de demulsibilidade. Foram colocados 40 mL de óleo e 40 mL de água em uma cubeta. Esta solução é misturada em alta rotação para uma mistura completa e a geração de uma emulsão (mistura de óleo com água). Durante 30 minutos, mediu-se a separação do óleo e água.

Este método fornece meios para a determinação das características de separação da água de óleos sujeitos, tanto à contaminação com água quanto à turbulência, e na especificação de óleos novos e no monitoramento de óleos em serviço (NBR 14172, 2009).

### 3.9 TESTE DE OXIDAÇÃO COM BOMBA ROTATIVA (RBOT)

Utilizando as amostras de óleos básicos, foram feitas duas formulações de óleo hidráulico ISO 68, uma com o óleo básico de primeiro refino e outra com o óleo básico de rerrefino. Foram utilizados aditivos especiais que conferem a máxima proteção antioxidante e antiespumante. Este tipo de óleo lubrificante é recomendado para sistemas hidráulicos que operam sob condições de serviço leve a moderado. Indicado para sistemas circulatórios em geral, bombas, máquinas operatrizes, prensas injetoras, engrenagens e mancais (IPS, 2011). Nas duas formulações foram usadas as mesmas porcentagens de aditivos.

As amostras de óleo hidráulico ISO 68 foram enviadas para a Tribolab, um laboratório independente, onde foi feita a análise de oxidação com bomba rotativa RBOT, conforme ASTM 2272, que é o método de envelhecimento acelerado, que permite quantificar a capacidade residual de proteção contra a oxidação ainda ativa (Tribolab, 2011). Foi enviada também amostras de óleo básico rerrefinado e de primeiro refino, bem como uma amostra de um óleo hidráulico ISO 68 com um pacote de aditivos diferente do já utilizado nas outras formulações, e de um produtor que utiliza somente óleo de primeiro refino em suas formulações.

A oxidação é uma forma de deterioração química a que estão sujeitos os produtos derivados de petróleo. Embora a oxidação ocorra a temperaturas moderadas, a reação acelera, significativamente, a temperaturas acima de 93,33 °C. Além do efeito das altas temperaturas, a oxidação pode ser acelerada por catalisadores (como o cobre) e da presença de água, ácidos ou contaminantes sólidos. Além disso, os peróxidos, que são os primeiros produtos da oxidação, também são agentes oxidantes, de modo que a oxidação é uma reação em cadeia, quanto mais ela avança, mais rápida ela se torna (BLOCK, 2009).

O método ASTM D 2272, permite uma rápida avaliação da resistência de lubrificantes para a formação de oxidação e de lodo/borra, usando condições de teste acelerado que envolve altas temperaturas, o oxigênio de alta pressão, e a presença de água com a presença de um catalisador (cobre).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 3 apresenta os resultados dos parâmetros obtidos para o óleo básico de primeiro refino, comparando com o que a portaria ANP 129/99 exige dos produtores, bem como, os resultados das análises encontradas na amostra de óleo básico rerrefinado, comparando com o que a portaria ANP 130/99 exige das empresas de rerrefino.

CARACTERÍSTICAS	Óleo Básico Neutro Médio (Primeiro Refino)	Exigência ANP 129/99 Neutro Médio	Óleo Básico Neutro Médio (Rerrefino)	Exigência ANP 130/99 Neutro Médio
Aparência	Límpida	Límpido	Límpida	Límpida
Cor ASTM, máx.	1,5	2,5	3,0	4,0
Viscosidade, cSt a 40°C	54,12	50 - 62	58,98	50 a 70
Viscosidade, cSt a 100° C	7,59	-	8,04	-
Índice de Viscosidade, min.	103	95	103	95
Ponto de Fulgor, °C, mín.	224	220	220	215
Ponto de Fluidez, °C, máx.	-6	-3	-6	-3
Índice de Acidez Total, mg KOH/g, máx.	0,003	0,05	0,02	0,05
Cinzas, % peso, máx.	0,02	0,005	0,003	0,02
Resíduo de Carbono Ramsbottom, % peso, máx.	0,29	0,15	0,1	0,3
Corrosividade ao cobre, 3h a 100° C, máx.	1a	1b	1a	1b

Tabela 3 - Comparação dos Parâmetros Analisados com as Exigências da ANP

Os resultados obtidos indicam que o óleo básico rerrefinado atende as especificações exigidas pela ANP 130/99. Fazendo uma análise comparativa do óleo básico rerrefinado com as especificações exigidas pela ANP 129/99, para o óleo de primeiro refino, o produto só teria não conformidade na cor, pois o limite exigido é 2,5 e o resultado foi 3. As empresas de rerrefino poderiam alcançar cores melhores, porém seria financeiramente inviável, pois aumentaria os custos com insumos do processo.

Quanto ao óleo de primeiro refino, as porcentagens de cinzas e de carbono estão não conformes, pois a ANP 129/99 exige, no máximo, 0,005% de cinzas presentes no óleo e o resultado foi de 0,02%. Já para resíduo de carbono, a exigência máxima é de 0,15% e o resultado foi de 0,29%.



Os testes de demulsibilidade apresentaram os resultados da tabela 4, para o óleo básico de primeiro refino, e tabela 5, para o óleo básico do rerrefino.

Tabela de demulsibilidade			
Produto	Óleo Básico Primeiro Refino		
Tempo (min)	Óleo	Água	Emulsão
5	3	20	57
10	8	25	47
15	40	31	9
20	40	33	7
25	40	34	6
30	40	35	5
<b>Expressão do resultado 40-35-05 (30)</b>			

Tabela 4 - Resultado de Demulsibilidade para Óleo Básico de Primeiro Refino

Tabela de demulsibilidade			
Produto	Óleo Básico Rerrefinado		
Tempo (min)	Óleo	Água	Emulsão
5	20	5	55
10	30	20	30
15	38	32	10
20	40	39	1
25	40	39	1
30	40	40	0
<b>Expressão do resultado 40-40-00 (30)</b>			

Tabela 5 - Resultado de Demulsibilidade para Óleo Básico Rerrefinado

Os resultados evidenciam que o óleo básico rerrefinado apresenta características de demulsibilidade melhor do que o óleo básico de primeiro refino, pois em 30 minutos o óleo ficou totalmente separado da água. Já o óleo básico de primeiro refino apresentou 5 ml de emulsão ao final do teste. Portanto, o óleo básico de primeiro refino tem maior facilidade de contaminação com água.

Os resultados do teste RBOT para os óleos básicos sem adição de aditivos estão apresentados na figura 7.

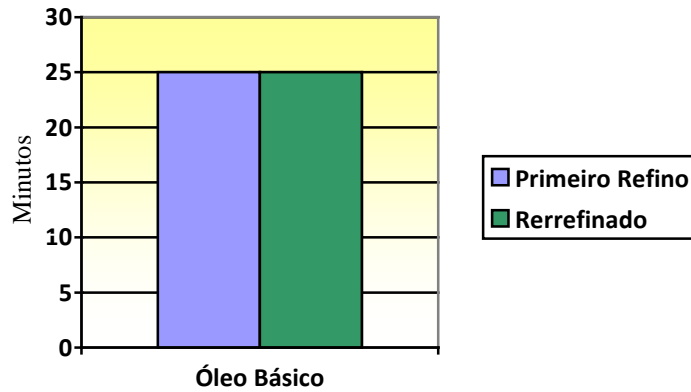


Figura 7 - Resultados do Teste RBOT para Óleos Básicos

O RBOT não apresentou diferença de rendimento quando se analisou óleos básicos puros. Os dois óleos básicos levaram, apenas, 25 minutos operando até perder suas características, pois o que confere essas características a um óleo lubrificante é o pacote de aditivos, presente em sua formulação.

Os resultados do teste RBOT feito com os óleos lubrificantes hidráulicos ISO 68 estão apresentados na figura 8.

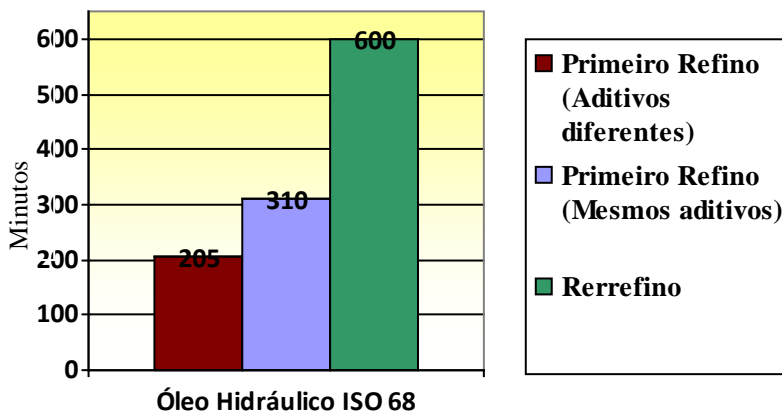


Figura 8 - Resultado do teste RBOT para Óleos Hidráulicos ISO 68

A comparação dos resultados, das três amostras de óleo hidráulico ISO 68, indica que o óleo básico de rerrefino apresentou melhores resultados (ficou mais tempo operando sem perder suas características), possivelmente porque este produto é oriundo

do óleo lubrificante usado e, portanto, deve ter características antioxidantes remanescentes dos aditivos que tinha antes de ser usado e, apesar de todo o processo do rerrefino, essas características antioxidantes ainda estão presentes neste óleo. Com isso, a sinergia deste produto com os aditivos é melhor. Outra possibilidade é que o óleo básico rerrefinado, tendo maior número de cadeias carbônicas estáveis (sem ramificações), tem mais pontos livres em sua cadeia para ligações com as moléculas de aditivos.

Já comparando as diferenças nos resultados obtidos com as duas amostras de óleo hidráulico ISO 68, formulados com óleos básicos de primeiro refino, mas com aditivos diferentes, o óleo que apresentou resultado de 310 minutos, provavelmente utiliza um pacote de aditivos com um antioxidante melhor ou este aditivo contenha um apassivador de cobre (catalisador do teste), dando melhor rendimento em relação à outra formulação.

## **5 CONCLUSÃO**

Levando em consideração os resultados obtidos na caracterização dos óleos básicos, o óleo básico rerrefinado estaria conforme em relação ao que a portaria ANP 130/99 exige deste produto. Já o óleo básico de primeiro refino está não conforme, quanto à porcentagem de resíduos de carbono e de cinzas presentes no óleo, em relação ao que exige a portaria ANP 129/99.

Para o teste de demulsibilidade, os resultados dos óleos básicos rerrefinados foram melhores que os resultados encontrados para os óleos de primeiro refino, pois houve melhor separação. Isso demonstra que o óleo básico de primeiro refino tem tendência a contaminação com água.

Os resultados do teste RBOT demonstraram que o rendimento que um óleo lubrificante possui, é devido aos aditivos que compõem sua formulação. Porém, o óleo hidráulico ISO 68, formulado com óleo básico rerrefinado, teve o tempo de oxidação quase duas vezes maior, pois este óleo básico possui melhor sinergismo com os aditivos utilizados nas formulações.

O ideal seria fazer um teste utilizando os óleos formulados, com os dois tipos de básico e com as mesmas porcentagens de um determinado aditivo, e utilizá-los em equipamentos ou em motores de automóvel e, após, analisar o óleo usado gerado no sistema para uma comparação mais real.

Existem ainda outros tipos de testes de oxidação que apresentam maior número de variáveis e necessitam de um maior tempo de análise. Uma delas é o TOST (Características de Inibição de Oxidação para Óleos), ASTM D 943.

Com os resultados obtidos, pode-se afirmar que o rerrefino é o destino legal e mais correto para o OLUC, gerando um óleo básico rerrefinado que, em questões dos parâmetros exigidos pela ANP, demulsibilidade e rendimento, são, no mínimo, de mesma qualidade dos óleos básicos de primeiro refino, podendo assim ser utilizado em formulações para óleos lubrificantes de alta qualidade.

## **6 AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Professor Rubem Reis que me deu o suporte necessário para realização deste trabalho e ao Norival Julião, pelo apoio e pelos conhecimentos que me foram passados.

## **7 REFERÊNCIAS**

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, Resolução ANP número 19, de 18 de Junho de 2009. Artigo primeiro, parágrafo único, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, portaria número 128, de 30 de Julho de 1999. Estabelece a regulamentação a atividade industrial de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado a ser exercida por pessoa jurídica sediada no País, organizada de acordo com as leis brasileiras, 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, portaria número 129, de 30 de Julho de 1999. Estabelece o Regulamento Técnico ANP

nº 004/99, que especifica os óleos lubrificantes básicos de origem nacional ou importado para comercialização em território nacional, 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, portaria número 130, de 30 de Julho de 1999. Estabelece o Regulamento Técnico ANP nº 005/99, que especifica os óleos básicos rerrefinados, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 9842 - Produtos de petróleo - Determinação do teor de cinzas, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 10004 – Classificação de resíduos sólidos, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 10441 - Produtos de petróleo - Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 11341 - Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 11349 - Produto de petróleo - Determinação do ponto de fluidez, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 14172 – Óleos derivados de petróleo e fluidos sintéticos - Determinação das características de emulsão, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 14248 - Produtos de petróleo - Determinação do número de acidez e de basicidade - Método do indicador, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 14318 - Produto de petróleo - Determinação do resíduo de carbono Ramsbottom, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 14359 - Produtos de petróleo - Determinação da corrosividade - Método da lâmina de cobre, 2005.

ASSOCIAÇÃO DE PROTEÇÃO DE MEIO AMBIENTE DE CIANORTE, Gerenciamento de óleos Lubrificantes Usados e Contaminados, 2005.

BLOCK, HEINZ P. Practical Lubrication for Industrial Facilities, 2009. p. 48 – 49.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, Resolução 362, de 23 de Junho de 2005.

INDÚSTRIA PETROQUÍMICA DO SUL LTDA (IPS), Coleta e Rerrefino – Processo industrial, disponível em:

<<http://www.ips.ind.br/site/default.asp?TroncoID=625152&SecaoID=617162&SubsecaoID=0>>. Acesso em 01\04\2011

INDÚSTRIA PETROQUÍMICA DO SUL LTDA, Produtos – Lubrificantes industriais, disponível em:

<<http://www.ips.ind.br/site/default.asp?TroncoID=605539&SecaoID=516366&SubsecaoID=0>>. Acesso em 01\04\2011

LUBES EM FOCO, Rerrefino: Um enfoque ecológico, disponível em:

<<http://www.lubes.com.br/revista/ed02n04.html> >. Acesso em 04\06\2011

LWART LUBRIFICANTES, Por que o Rerrefino?, disponível em:

<<http://www.lwart.com.br/site/content/lubrificantes/refino.asp>>. Acesso em 12\04\2011

MOREIRA, SÉRGIO COSTA, Introdução à Reciclagem de Óleos Lubrificantes- Instituto Brasileiro de Petróleo, 1980, p.4

PROLUMINAS LUBRIFICANTES LTDA, Importância do Rerrefino, disponível em:

<[http://www.proluminas.com.br/meio\\_ambiente.php?pg=importancia\\_do\\_rerrefino](http://www.proluminas.com.br/meio_ambiente.php?pg=importancia_do_rerrefino)>. Acesso em 05\06\2011

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE RERREFINO DE ÓLEOS MINERAIS, disponível em:

<<http://www.sindirrefino.org.br/>>. Acesso em 12\04\2011

TRIBOLAB COMÉRCIO DE APARELHOS CIENTÍFICOS LTDA, Exames físico-químicos em óleos lubrificantes, disponível em:

<[http://www.tribolab.com.br/exames\\_oleos\\_lubrificantes.asp?lubrificantes=ensaios](http://www.tribolab.com.br/exames_oleos_lubrificantes.asp?lubrificantes=ensaios)>. Acesso em 30\04\2011