



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

VANESSA GRAZIELA CANDIDO ALVES

RERREFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTE AUTOMOTIVO

Assis
2011

VANESSA GRAZIELA CANDIDO ALVES

RERREFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTE AUTOMOTIVO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação

Orientador: Profº Ms Nilson José dos Santos

Área de Concentração: Química

Assis
2011

FICHA CATALOGRÁFICA

ALVES, Vanessa Graziela Candido

Rerrefino de óleo lubrificante automotivo / Vanessa Graziela Candido Alves. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2011.

59p.

Orientador: Profº Ms Nilson José dos Santos

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1.Rerrefino. 2. Óleo lubrificante

CDD:660
Biblioteca da FEMA

RERREFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTE AUTOMOTIVO

VANESSA GRAZIELA CANDIDO ALVES

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Municipal
de Ensino Superior de Assis, como
requisito do Curso de Graduação,
analisado pela seguinte comissão
examinadora:

Orientador: Profº Ms Nilson José dos Santos

Analisador: Dr ° Idécio Nogueira da Silva

Assis
2011

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos e a todos que acreditaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado força para concluir esse trabalho.

Aos meus pais Josefina e Renato, meus irmãos Renato e Rodrigo e ao meu namorado Fernando pela confiança e carinho.

Aos meus cachorros que sempre ficaram comigo nas longas jornadas de estudo.

Aos meus amigos de sala que estiveram junto comigo nesses 4 anos, superando as dificuldades e compartilhando alegrias.

Agradeço as amigas Anna, Renata, Katty, Marisa e Juliana que estive junto comigo em todos os momentos.

Aos estagiários do laboratório de química.

Agradeço a todos os professores pelo conhecimento passado, em especial a Mary Leiva de Faria que sempre me ajudou quando precisei e ao professor Nilson José dos Santos pela orientação.

Agradeço especialmente ao amigo Gabriel Ribeiro Mendonça *in memoriam* “o estudante de química mais louco do mundo”, por tudo que vivemos juntos, foi INESQUECÍVEL e ETERNO.

Agradeço a todos que colaboraram com a realização desse trabalho.

“Lute com determinação, abrace a vida com classe e vença com ousadia , porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante”.

Charles Chaplin
(1889-1977)

RESUMO

Estima-se que em todo o mundo consome-se atualmente 42 milhões de toneladas de óleo lubrificante e gera 22 milhões de toneladas de óleo usado, dos quais apenas 1 milhão de toneladas é encaminhado para o rerrefinamento, o restante é descartado de forma inadequada. A recuperação do óleo lubrificante é importante pois estes são agressivos ao meio ambiente uma vez que os óleos lubrificantes possuem varias substâncias tóxicas e que não são biodegradáveis. O rerrefino é uma solução que evita a poluição, o desperdício e aumenta a produção de lubrificantes, além de economizar energia uma vez que a quantidade gasta no rerrefino é 33% do total que se gastaria para produzir a mesma quantidade do óleo virgem. A argila é um material proveniente da decomposição das rochas e que atualmente apresentam uso crescente em inúmeras aplicações como catalisadores, adsorventes, agentes descolorantes e clarificantes de óleos e gorduras, papel, tintas etc. O objetivo deste trabalho é desenvolver um processo de rerrefino do óleo lubrificante automotivo utilizando argila como adsorvente. O método mostrou-se eficaz, uma vez que o óleo obtido apresenta aspecto visual similar ao óleo novo e superior ao obtido pelo método de ultrafiltração.

Palavras-chave: Rerrefino; Óleo lubrificante.

ABSTRACT

It is estimated that the world is currently consumes 42 million tons of lubricating oil and generates 22 million tons of used oil, of which only 1 million tonnes is sent to the re-refining, the remainder is disposed of improperly. Recovery of lubricating oil is important because these are harmful to the environment since the lubricating oils have many toxic substances that are not biodegradable. The re-refining is a solution that prevents pollution, waste and increases the production of lubricants, as well as save energy because the amount spent on re-refining is 33% of that total cost to produce the same amount of virgin oil. Clay is a material from the decomposition of rocks and currently have increasing use in numerous applications as catalysts, adsorbents, fining agents and decolorizing of oils and fats, paper, inks, etc. The objective of this work is to develop a process of re-refining of lubricating oil using automotive clay as adsorbent. The method proved to be effective, since the oil has achieved similar visual appearance to the new oil and superior to that obtained by the method of ultrafiltration.

Keywords: Re-refining; lubricant.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Escala de coloração dos óleo	18
Figura 2	- Estrutura Química de detergentes: fenóxidos e sulfonatos.....	22
Figura 3	- Estrutura Química do dispersante polialquileno amina do ácido poli- isobutenil succínico	23
Figura 4	- Estrutura Química do polimetacrilato	24
Figura 5	- Estrutura Química do anti-desgaste: dialquil-ditiofosfato de zinco	25
Figura 6	- Estrutura Química dos naftalenos	25
Figura 7	- Estrutura Química dos inibidores de ferrugem	26
Figura 8	- Estrutura Química do anti-espumante poli(metil siloxano)	27
Figura 9	- Mecanismo do processo de obtenção de óleos básicos por via sintética	29
Figura 10	- Fluxograma do processo ácido sulfúrico	36
Figura 11	- Fluxograma do processo evaporador filme	37
Figura 12	- Fluxograma do processo destilação – hidrogenação	38
Figura 13	- Estrutura de argilominerais.....	41
Figura 14	- Esquema de fracionamento do petróleo	47
Figura 15	- Velas de filtro	52
Figura 16	- Argila <i>in natura</i> , com tratamento térmico e em pó	53
Figura 17	- Metodos de ultrafiltração e filtração com argila	54
Figura 18	- Equipamentos de ultrafiltração e filtração	55
Figura 19	- Óleo rerrefinado pelo metodo de ultrafiltração e filtração	56

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	ÓLEO LUBRIFICANTE	16
2.1	PROPRIEDADES DOS ÓLES LUBRIFICANTES	17
2.1.1	Aparência	17
2.1.2	Cor	17
2.1.3	Viscosidade	18
2.1.4	Índice de viscosidade	18
2.1.5	Ponto de fulgor	19
2.1.6	Ponto de fluidez	19
2.1.7	Índice de acidez total	19
2.1.8	Cinza	20
2.1.9	Resíduo de carbono (Ramsbottom)	20
2.1.10	Corrosividade ao cobre	20
2.1.11	Estabilidade a oxidação	20
2.1.12	Perda por evaporação	20
2.1.13	Emulsão	21
2.2	FUNÇÃO DOS ADITIVOS USADOS NOS ÓLEOS LUBRIFICANTES	21
2.2.1	Detergente	22
2.2.2	Dispersantes	23
2.2.3	Melhoradores do índice de viscosidade	23
2.2.4	Antioxidantes	24
2.2.5	Inibidores de corrosão	24
2.2.6	Abaixadores do ponto de fluidez	25
2.2.7	Inibidores de ferrugem	25
2.2.8	Antiespumantes	26
2.3	CONSTITUIÇÃO BÁSICA DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES UTILIZADOS NOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA ...	27
2.4	TIPOS DE ÓLEOS LUBRIFICANTES	28
2.4.1	Minerais	29
2.4.2	Sintéticos	29

2.4.3	Semi-sintéticos	30
3.	RERREFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTE AUTOMOTIVO	31
3.1	PROCESSO DE RERREFINO	31
3.2	ETAPAS DO RERREFINO	32
3.2.1	Desidratação	32
3.2.2	Destilação flash	32
3.2.3	Desasfaltamento	32
3.2.4	Tratamento químico	33
3.2.5	Clarificação e neutralização	33
3.2.6	Filtração	33
4.	PROCESSOS DE RERREFINO	35
4.1	OBJETIVOS DO PROCESSO DE RERREFINO	35
4.1.1	Processo ácido sulfúrico – argila	36
4.1.2	Processo evaporador de filme	37
4.1.3	Processo de destilação – hidrogenação	38
4.1.4	Processo de ultrafiltração por membranas e adsorção	39
5.	ARGILA	40
5.1	DEFINIÇÃO	40
5.2	ARGILA ATIVADA	41
5.3	APLICAÇÕES DA ARGILA NO SETOR INDUSTRIAL	41
5.4	PRINCIPAIS ADSORVENTES NATURAIS	41
5.5	ADSORVENTES UTILIZADOS NA ÁREA INDUSTRIAL	42
5.5.1	Terra fuller	42
5.5.2	Argila ativada	42
5.5.3	Bauxita	42
5.5.4	Alumina	42
5.5.5	Sílica gel	43
5.5.6	Carvão de ossos	43
5.5.7	Carvões descorantes	43
6.	PETRÓLEO: UM TEMA PARA O ENSINO MÉDIO	45
6.1	PETRÓLEO	46
6.1.1	Formação	46

6.1.2	Composição	46
6.1.3	Refino do petróleo	47
6.1.4	Principais derivados do petróleo	47
6.1.4.1	Gás de petróleo	47
6.1.4.2	Gasolina	48
6.1.4.3	Querosene	48
6.1.4.4	Óleo diesel	48
6.1.4.5	Óleo lubrificante	48
6.1.4.6	Parafinas	49
6.1.4.7	Asfalto	49
6.2	ABORDAGEM DO TEMA PETRÓLEO NO MATERIAL DIDÁTICO DO ENSINO MÉDIO NA REDE PUBLICA	49
7.	METODOLOGIA	50
7. 1	MATERIAIS	50
7. 2	REAGENTES	50
7. 3	EQUIPAMENTOS	50
7. 4	PROCEDIMENTO	50
8.	RESULTADO E DISCUSSÃO	52
9.	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

Uma das principais funções do óleo lubrificante é a formação de uma película que impede o contato direto entre as superfícies metálicas ou plásticas que se movem uma contra outra (MACIEL; TAKAKI; GUSMÃO, 2010). Depois de algum tempo de uso, que varia em função do tipo de óleo e da aplicação, o óleo perde esta característica e é então trocado.

Estima-se que em todo o mundo consome-se atualmente 42 milhões de toneladas de óleo lubrificante e gera 22 milhões de tonelada de óleo usado, dos quais apenas 1 milhão de toneladas são rerrefinados (PÉCORA, 2004).

Em 2010, apenas 36% do óleo lubrificante usado foi recolhido e encaminhado para o rerrefinamento. Esse percentual é baixo uma vez que se calcula que 192 milhões não foram coletados (BRAGANÇA, 2011).

A recuperação do óleo lubrificante é importante, pois estes são agressivos ao meio ambiente quando jogados no solo, queimados ou descartados em corpos hídricos, uma vez que os lubrificantes possuem varias substâncias toxicas e que não são biodegradáveis.

Vários processos tecnológicos chamado de rerrefino são capazes de extrair desse resíduo essa importante matéria prima com a mesma qualidade do produto de 1º refino (APROMAC, 2011).

Por essa capacidade de recuperação da matéria prima que é o óleo lubrificante básico e pela minimização da geração de resíduos, o rerrefino foi escolhido pelo conselho nacional do meio ambiente (CONAMA) como destino obrigatório dos óleos lubrificantes usados ou contaminados.

A resolução CONAMA n° 362 de 23 de junho de 2005, em seu artigo 1º estabelece que todo óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos, na forma prevista nesta resolução.

O rerrefino é uma solução que evita a poluição, o desperdício e aumenta a produção de lubrificantes, além de economizar energia uma vez que a quantidade gasta no rerrefino é 33% da energia que se gastaria para produzir a mesma quantidade do óleo virgem (GUIMARÃES, 2008).

A argila é um material proveniente da decomposição das rochas feldspáticas, muito abundantes na crosta terrestre. Atualmente apresentam uso crescente em inúmeras aplicações como catalisadores, adsorventes, agentes descorantes e clarificantes de óleos e gorduras, papel, tintas etc. (ROSSI, 2005)

O objetivo deste trabalho é desenvolver um processo de rerrefino do óleo lubrificantes automotivo utilizando argila como adsorvente.

2. ÓLEOS LUBRIFICANTES

A lubrificação consiste na interposição de uma substância fluída entre duas superfícies evitando assim, o contato sólido com sólido (PÉCORA, 2004).

A principal função de um lubrificante é a redução do atrito e do desgaste entre superfícies, isso acontece quando há formação de uma película que impede o contato direto entre duas superfícies que se movem entre si (AZEVEDO; CARVALHO; FONSECA, 2004).

Os óleos lubrificantes são utilizados em veículos e máquinas industriais com objetivo de evitar a danificação da parte mecânica destes equipamentos ocasionada por atritos, corrosões e mudanças de temperatura, além do desgaste causado por elementos naturais como oxigênio (CAMPOS, 2008).

Segundo Carreteiro; Moura (1998 apud SILVA, 2006):

A qualidade de um lubrificante se reflete no desempenho de suas funções no motor. Esse desempenho está ligado á sua composição química resultante da origem do óleo cru, do processo de rerrefino, dos aditivos e do balanceamento da formulação.

Essa combinação confere ao óleo lubrificante características físicas e químicas que permitem realizar a lubrificação. As propriedades físicas determinam a capacidade de um lubrificante em operar sob lubrificação hidrodinâmica. Já as propriedades químicas são cruciais para o sucesso da lubrificação limite. Algumas características devem-se á composição química do óleo básico e outras são características dos aditivos (SILVA, 2006).

2.1 PROPRIEDADES DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

2.1.1 Aparência

É uma indicação visual da pureza do óleo. Permite verificar a presença de contaminantes visíveis.

2.1.2 Cor

É mais utilizada como um controle na produção do óleo lubrificante. As variações de cor em um óleo lubrificante, pode indicar uma possível contaminação ou indícios de oxidação (SIMEPETRO, 2011).

Dentre vários métodos empregados para a determinação de cor, o mais usual é o ASTM – 1500 (ANP, 2011), nesse método, uma amostra líquida é colocada no recipiente de teste e, utilizando uma fonte de luz, esta amostra é comparada com discos de vidro colorido, que variam em valor de 0,5 a 8,0. Assim, um óleo que tenha a cor entre 2,5 e 3,0 será reportado L 3,0. A figura 1 mostra a escala de cores dos óleos (DANILO, 2011).

A cor dos óleos não tem relação direta com as características lubrificantes e nem com a viscosidade, um óleo mais claro não é necessariamente menos viscoso.

A cor de um lubrificante é importante para identificação de vazamentos, facilitar a visualização das peças, além de ser um atrativo comercial, pois óleos mais claros ou coloridos artificialmente podem dar uma ideia de produtos de maior qualidade (DANILO, 2011).

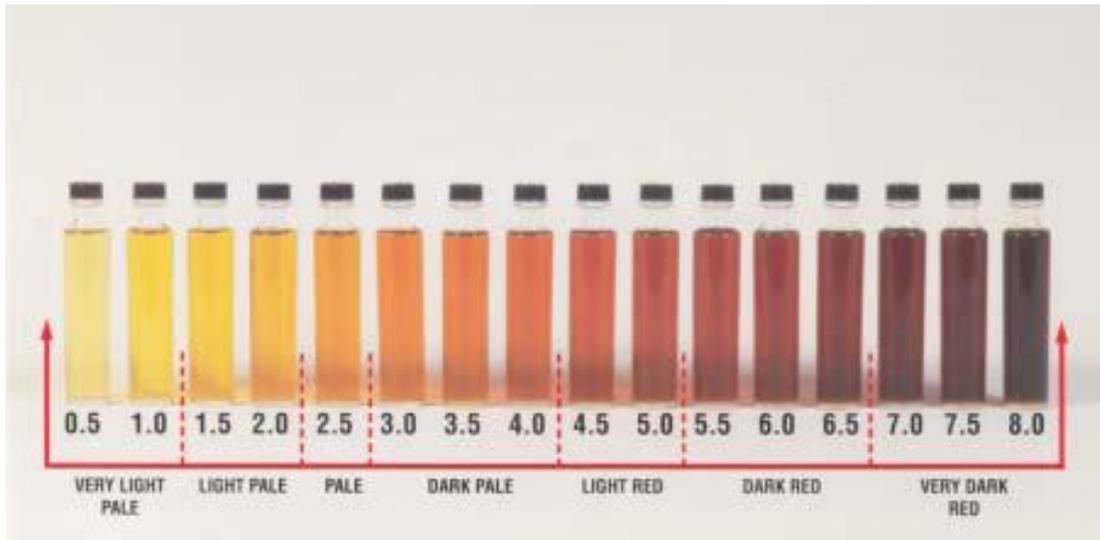


Figura 1: Escala de coloração de óleos (In: DANILLO, 2011).

2.1.3 Viscosidade

É a resistência de um fluido ao escoamento. É a mais significativa propriedade física de um lubrificante. A viscosidade é fundamental em todos os estágios da indústria de lubrificantes, uma vez que ela possui caráter essencial em todos os aspectos da lubrificação. A importância da viscosidade está em duas situações opostas: de um lado quando se dá a partida em um motor à baixa temperatura, um óleo muito viscoso impedirá a correta lubrificação, por ser mais lenta sua chegada em todas as partes do motor, aumentando o atrito das partes móveis e, conseqüentemente, o seu desgaste. Por outro lado, um motor em alta temperatura, um óleo de baixa viscosidade pode revelar-se pouco viscoso, provocando queda na pressão de óleo e vazamento para a câmara de combustão, entre outras situações.

2.1.4 Índice de viscosidade

É uma indicação da variação da viscosidade do óleo de acordo com a temperatura. Quanto maior o índice de viscosidade menor é a variação da viscosidade com a temperatura, característica está desejável para os óleos que trabalham em aplicações sujeitas à variações de temperaturas. A intensidade dessa variação

depende da natureza do petróleo de origem (parafínico ou naftênico), sendo maior nos óleos advindos dos naftênicos que dos parafínicos, óleos com índice de viscosidade de 0 a 40 possuem predominantemente base naftênica, ente 40 e 80 é formado de base mista (mistura de naftênicos com parafínicos), entre 80 e 105 de predominância parafínica e acima de 105 para óleos sintéticos ou minerais multiviscosos.

2.1.5 Ponto de fulgor

Da uma indicação da possível presença de compostos voláteis e inflamáveis no óleo. É definido como a menor temperatura, obtida sobre determinadas condições de aquecimento, na qual o produto se vaporiza em quantidade suficiente para formar com o ar uma mistura capaz de inflamar-se momentaneamente quando se aplica uma chama sobre a mesma.

2.1.6 Ponto de fluidez

É a menor temperatura na qual o óleo lubrificante flui quando sujeito a resfriamento sob condições determinadas de teste. É principalmente controlado para avaliar o desempenho nas condições de uso em que o óleo é submetido a baixas temperaturas ou em climas frios.

2.1.7 Índice de acidez total

É uma medida da quantidade de substâncias ácidas presentes no óleo e indica a eficiência do processo de neutralização dos resíduos ácidos resultantes do tratamento do óleo.

2.1.8 Cinza

A quantidade de cinzas presentes no óleo pode ser resultante da presença de compostos metálicos solúveis em água ou óleo bem como de outros materiais tais como poeira e ferrugem.

2.1.9 Resíduo de carbono Ramsbottom

Indica a tendência do óleo á formação de depósitos de carbono, quando submetido a altas temperaturas.

2.1.10 Corrosividade ao cobre

Da uma indicação relativa do grau de corrosividade do óleo, no qual uma lamina de cobre é imersa no óleo aquecido, por um determinado tempo, e de acordo com a descoloração da lamina em comparação com uma tabela é determinado o grau de corrosão.

2.1.11 Estabilidade a oxidação

Indica a capacidade de resistência á oxidação do óleo quando submetido a longos períodos de estocagem ou sob condições dinâmicas de uso.

2.1.12 Perda por evaporação

Avalia as perdas dos hidrocarbonetos mais leves do óleo quando submetido a temperaturas elevadas, o que levaria ao maior consumo do óleo e alteração de suas características.

2.1.13 Emulsão

É um indicativo da capacidade de separação da água do óleo, quando submetido à contaminação por água.

A tabela 1 mostra as especificações técnicas dos óleos lubrificantes básicos parafínicos validos em todo território nacional.

CARACTERÍSTICAS	PSP 09	PTL 25	PNL 30	PNM 55	PNM 80	PTP 85	PNP 95	PBS 30	PBS 33	PCL 45	PCL 60	Métodos
Aparência	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	-	-	Visual
Cor ASTM, máx.	1,0	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	3,5	8,0	6,5	-	-	ASTM D 1500
Viscosidade, cSt a 40° C	8 -11	23 - 27	27 - 33	50 - 62	75 - 83	80 - 87	94 - 102	anotar	anotar	anotar	anotar	NBR 10441 ASTM D 445
Viscosidade, cSt a 100° C	anotar	anotar	anotar	anotar	anotar	anotar	anotar	28,5-32,7	30,6-34,8	41,0-45,3	57,5-65,8	NBR 10441 ASTM D 445
Índice de Viscosidade, mín.	90	100	100	95	95	100	95	95	95	75	75	NBR 14358 ASTM D 2270
Ponto de Fulgor, °C, mín.	160	200	200	220	226	240	230	280	280	290	290	NBR 11341 ASTM D 92
Ponto de Fluidez, °C, máx.	-9	-6	-6	-3	-3	-3	-3	-3	-3	+6	+9	NBR 11349 ASTM D 97
Índice de Acidez Total, mg KOH/g, máx.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15	NBR 14248 ASTM D 974
Cinzas, % massa, máx.	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,05	0,05	NBR 9842 ASTM D 482
Resíduo de Carbono Ramsbottom, % massa, máx.	0,10	0,10	0,10	0,15	0,20	0,15	0,20	0,90	0,70	3,0	4,0	NBR 14318 ASTM D 524
Corrosividade ao cobre, 3 h a 100° C, máx.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NBR 14359 ASTM D 130
Estabilidade à oxidação para IAT 2,0 mg KOH/g, h, mín. *	-	2500	-	-	-	2000	-	-	-	-	-	ASTM D 943
Emulsão a 54,4°C, ml (min), máx.	-	40-40-0 (15)	-	-	-	40-40-0 (20)	-	-	-	-	-	NBR 14172 ASTM D1401
Perda por Evaporação teste NOACK máx.	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	NBR 14157 DIN 51581

* o produto deverá tender ao limite estabelecido com pelo menos uma composição de aditivos disponível no mercado.

Tabela 1 – Especificações dos óleos lubrificantes básicos parafínicos (In: ANP nº4/ 99).

2.2 FUNÇÃO DOS ADITIVOS USADOS NOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

Aditivos são substâncias empregadas para melhorar ou conferir determinadas características aos óleos lubrificantes básicos para que estes desempenhem de forma melhor uma finalidade específica (APROMAC, 2011).

Os principais tipos de aditivos misturados aos óleos lubrificantes básicos para formar o óleo lubrificante acabado são: detergentes, dispersantes, melhoradores do índice de viscosidade, antioxidantes, inibidores de corrosão, abaixadores do ponto de fluidez, inibidores de ferrugem, antiespumantes e anti-desgaste.

2.2.1 Detergente

São compostos utilizados para manter em suspensão e finamente dispersos os produtos de oxidação do óleo, retardando a formação de borra, evitando assim que esta se deposite nos componentes metálicos.

A figura 2 mostra exemplos de estrutura química de detergentes: fenóxidos e sulfonatos.

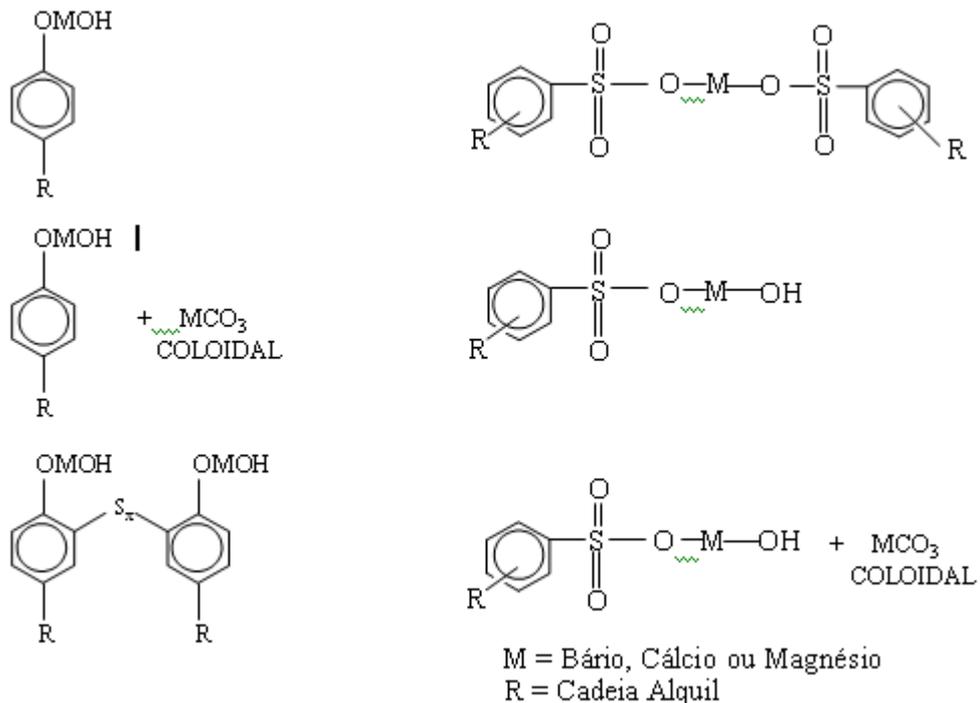


Figura 2- Estrutura química de detergentes: fenóxidos e sulfonatos (In: GUIMARÃES, 2006, p.26).

2.2.2 Dispersantes

Estes têm a função de manter em suspensão a fuligem formada, principalmente, em motores a diesel. Reduzir o tamanho das partículas de borra e dispersá-las, em motores a gasolina operando sob condições de tráfego (anda e para).

Os dispersantes são atraídos para a borra por forças polares. A solubilidade do dispersante em óleo mantém a borra em suspensão e reduz a formação de depósitos de verniz encontrados nos motores de combustão interna.

A figura 3 mostra exemplo de estrutura química de dispersantes: polialquileno amina do ácido poli-isobutenil succínico.

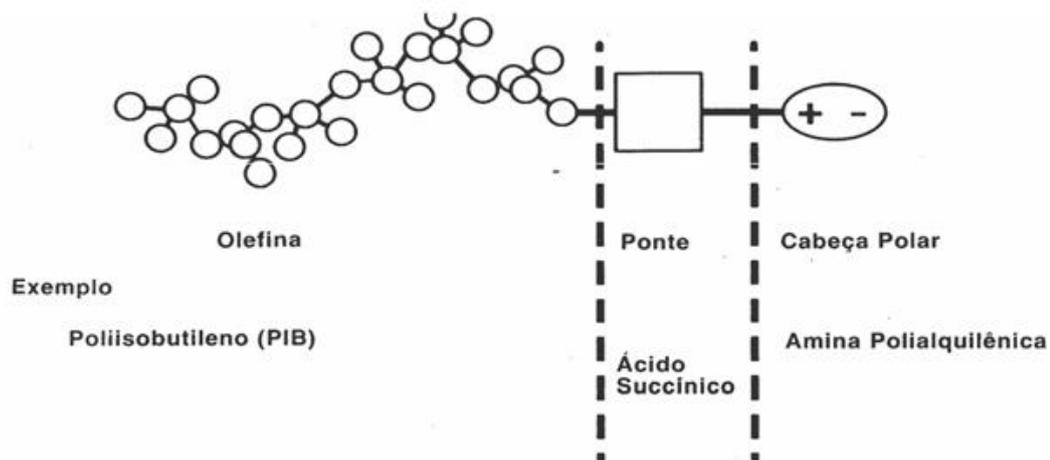


Figura 3 - Estrutura química dos dispersantes polialquileno amina do ácido poli-isobutenil succínico (In: GUIMARÃES, 2006, p.27).

2.2.3 Melhoradores do índice de viscosidade

O uso deste aditivo faz com que a viscosidade do óleo varie menos com a variação de temperatura. Ele aumenta mais a viscosidade a elevada temperatura, devido as mudanças das características de solubilidade e, nessa condição, o polímero aumenta de volume e quando diminui a temperatura abaixa.

A figura 4 mostra exemplos de estrutura química do melhorador de viscosidade: copolímeros de olefinas, polimetacrilatos.

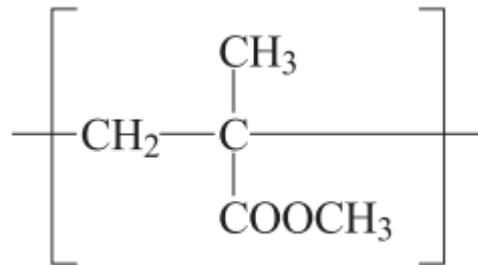


Figura 4 - Estrutura química do polimetacrilato (In: ARAÚJO; KAWANA, 2001).

2.2.4 Antioxidantes

São substâncias que aumentam a resistência dos óleos básicos à oxidação, retardando o envelhecimento do óleo, aumentando o período de estocagem e a vida útil do óleo, além de prevenir a formação de vernizes e borras. A oxidação de um óleo ocorre em função da exposição do mesmo a alta temperatura, água contaminante, superfície metálica (catalisam a oxidação). Exemplos: sulfetos, dissulfetos, sulfóxidos.

2.2.5 Inibidores de corrosão

São também chamados de anticorrosivos, estes são empregados para prevenir a corrosão de superfícies metálicas não ferrosas. Os agentes corrosivos podem ser produtos da própria oxidação do ferro, como também agentes externos contidos no ar atmosférico e no caso de motores de combustão interna, ácidos formados na combustão.

A figura 5 mostra exemplos de estrutura química dos inibidores de corrosão: dialquil-ditiofosfato de zinco.

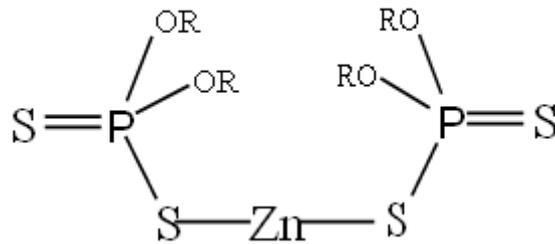


Figura 5- Estrutura química do anti-desgaste: dialquil-ditiofosfato de zinco (In: GUIMARÃES, 2006, p.27).

2.2.6 Abaixadores do ponto de fluidez.

Sua finalidade é abaixar o ponto de fluidez, permitindo que o lubrificante flua em baixas temperaturas. Os abaixadores do ponto de fluidez trabalham produzindo um coloide protetor na superfície dos cristais de parafina, inibindo seu crescimento. Esse aditivo é usado principalmente em óleos básicos parafínicos.

A figura 6 mostra exemplos de estrutura química de abaixadores do ponto de fluidez: naftalenos alquilados.

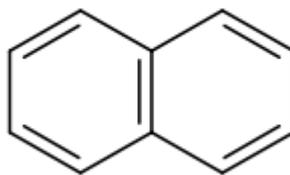


Figura 6 - Estrutura química do naftaleno (In: SOLOMONS, 1996, p. 656).

2.2.7 Inibidores de ferrugem

Possuem o mesmo papel dos anticorrosivos, porém com atuação de proteção somente em peças ferrosas evitando a formação de ferrugem. O inibidor de

ferrugem forma uma película na superfície metálica, repelindo o ataque da água e dos ácidos corrosivos provenientes da oxidação.

A figura 7 mostra exemplo de estrutura química de inibidores de ferrugem: ácidos alquenil - succínicos, sulfonatos de metal e ésteres de fenol.

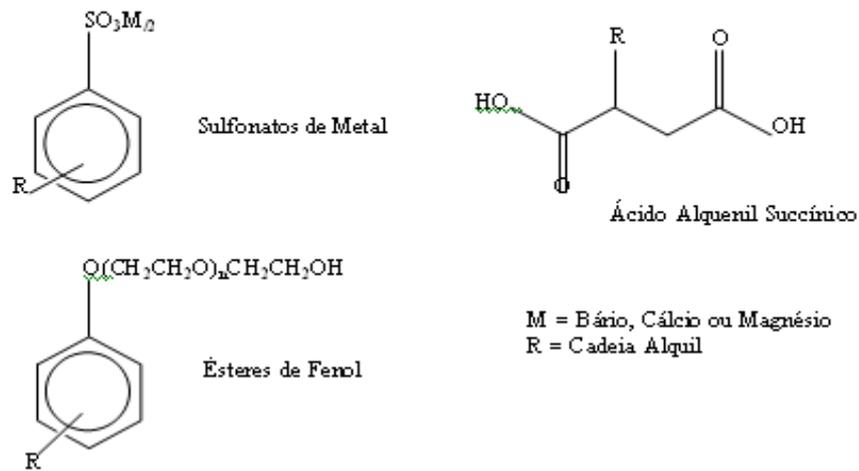


Figura 7 - Estrutura química de inibidores de ferrugem (In: GUIMARÃES, 2006, p.28).

2.2.8 Antiespumantes

Função promover a aglutinação das microbolhas formadas no lubrificante, transformando-as em bolhas maiores, as quais se rompem mais facilmente, logo evita a aceleração do processo de oxidação do óleo lubrificante. O antiespumante atua reduzindo a tensão superficial, fazendo que as bolhas de ar se separem do óleo com mais facilidade.

A figura 8 mostra exemplo da estrutura química dos antiespumantes: silicone

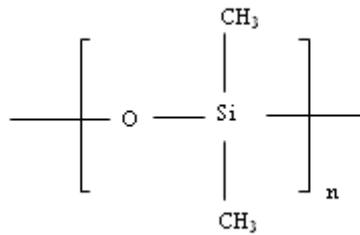


Figura 8- Estrutura química do anti-espumante: poli (metil siloxano) (In: GUIMARÃES, 2006, p.29).

2.3 CONSTITUIÇÃO BÁSICA DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES UTILIZADOS NOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

O petróleo é constituído por carbono e hidrogênio (hidrocarbonatos) em várias combinações químicas, dependendo do tipo de hidrocarboneto predominantes em sua composição, o petróleo pode ser classificado em base parafínica e base naftênica (TEXACO, 2011).

Os óleos lubrificantes são derivados do petróleo cujas frações contêm entre 20 a 25 átomos de carbono sendo a principal matéria-prima utilizada para fabricação de óleos lubrificantes acabados (CAMPOS, 2008).

Os óleos básicos derivados do petróleo dependem fundamentalmente das características do óleo cru. Estes são constituídos principalmente por hidrocarbonetos de caráter parafínicos, naftênicos ou aromáticos.

Os óleos básicos obtidos do petróleo são classificados conforme a tabela 2.

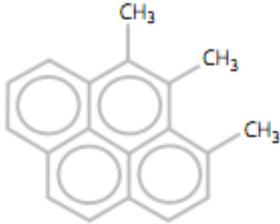
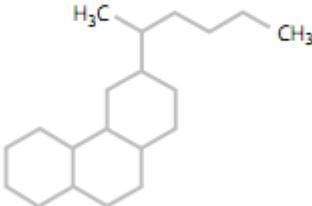
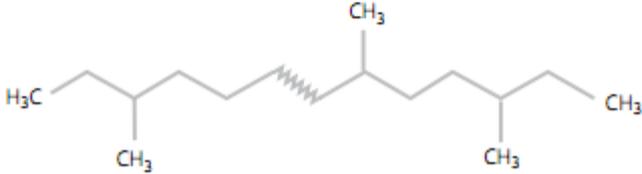
Tipo	Ligação	Algumas Aplicações
Óleos Básicos Aromáticos		Extensores e emolientes na indústria de borracha.
Óleos Básicos Naftênicos		Óleos para transformadores, compressores de refrigeração e compressores de ar.
Óleos Básicos Parafínicos		Óleos de motor, óleos hidráulicos e óleos de engrenagens.

Tabela 2- Classificação dos óleos obtidos do petróleo. (In: TEXACO, 2011).

2.4 TIPOS DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

O óleo lubrificante acabado é composto por óleo lubrificante básico (mineral, sintético ou semi-sintéticos, geralmente com a adição de aditivos que melhoram ou conferem características específicas ao produto (APROMAC).

O óleo lubrificante acabado é composto por 92% de óleo básico e 8% de aditivos (Martinato, 2008).

Os óleos básicos podem ser divididos em três categorias: minerais, sintéticos e semi-sintéticos.

2.4.1 Minerais

Representa cerca de 2% dos derivados do petróleo. São constituídos por uma mistura complexa de hidrocarbonetos, provenientes do refino do petróleo cru (AZEVEDO; CARVALHO; FONSECA, 2004).

São os mais utilizados e os mais importantes na lubrificação (NASCIMENTO; NAPOLI; RIBEIRO, 2008).

2.4.2 Sintéticos

Não são derivados do petróleo, são criados pelo processo de polimerização, para oferecer características especiais de viscosidade e resistência a temperaturas elevadas ou muito baixas (NASCIMENTO; NAPOLI; RIBEIRO, 2008).

A figura 9 mostra o esquema do processo de obtenção de óleos básicos por via sintética.

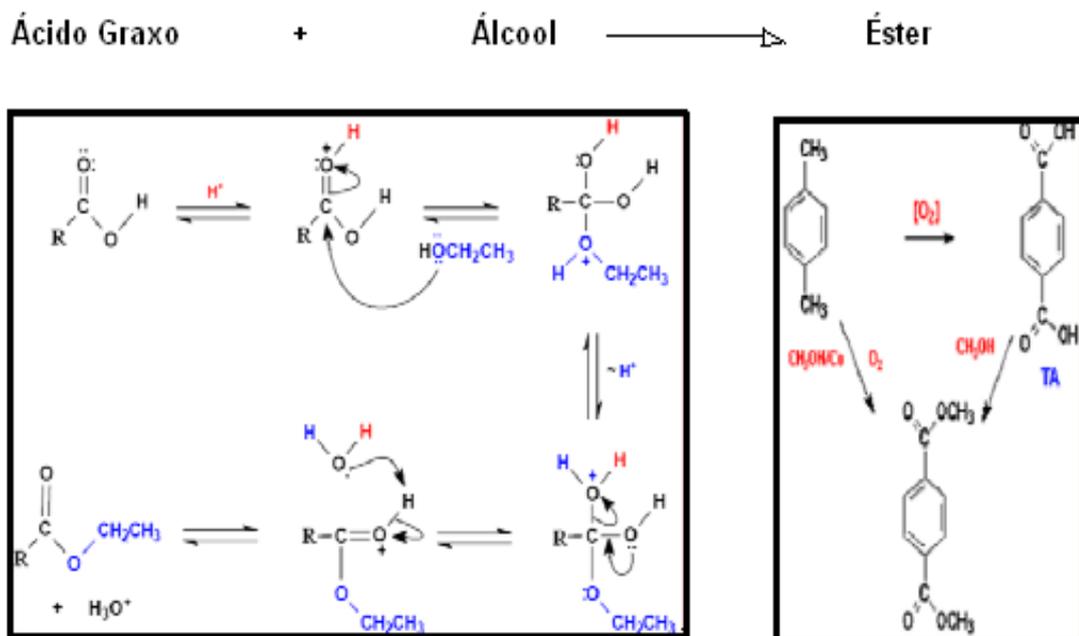


Figura 9 – Mecanismo do processo de obtenção de óleos básicos por via sintética (In: FERREIRA, 2008, p.18).

2.4.3 Semi- sintéticos

São mistura em proporções variáveis de básicos minerais e sintéticos, buscando reunir as melhores propriedades de cada tipo (OLIVEIRA, 2007).

Os óleos sintéticos possui algumas vantagens sobre o óleos minerais como, maior estabilidade térmica e a oxidação, melhores propriedades em baixas temperaturas e menor volatilidade. Por outro lado os minerais são mais baratos, mais versáteis e mais facilmente recicláveis (APROMAC,2011).

3. RERREFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTE AUTOMOTIVO

A reciclagem é um ótimo negócio justificado pela sua rentabilidade, economia de energia e de matéria prima e uma forma ambientalmente correta de tratamento de coprodutos (MARTINATO, 2008).

3.1 PROCESSO DE RERREFINO

Rerrefino: processo industrial para remoção de contaminantes, de produtos de oxidação e de aditivos do óleo lubrificante usado ou contaminado, conferindo ao produto final do processo as mesmas características do óleo lubrificante básico

Um processo de rerrefino deve ter baixo custo, flexibilidade para se adaptar às variações de características das cargas e não causar problemas ambientais (PÉCORA, 2004).

Segundo PÉCORA (2004):

Um processo de rerrefino deve compreender etapas com as seguintes finalidades, remoção de água e contaminantes leves; remoção de aditivos poliméricos, produtos de degradação termo-oxidativa do óleo de alto peso molecular e elementos metálicos oriundos do desgaste das máquinas lubrificadas (desasfaltamento); fracionamento do óleo desasfaltado nos cortes requeridos pelo mercado; acabamento, visando a retirada dos compostos que conferem cor, odor e instabilidade aos produtos.

O processo de rerrefino consiste na desidratação e na remoção de leves por destilação atmosférica, tratamento do óleo desidratado com ácido sulfúrico e neutralização com absorventes.

3.2 ETAPAS DO RERREFINO

3.2.1 Desidratação

Após ser descarregado numa caixa receptora, o óleo usado passa por um peneiramento e por uma filtração para a retenção de partículas grosseiras. A desidratação é iniciada com um pré-aquecimento do óleo até 80°C antes de ser enviado aos desidratadores. A água e os solventes evaporados são condensados e separados em um separador de fases. Os solventes são aproveitados como combustível para os fornos e a água é enviada para tratamento (ETE).

3.2.2 Destilação Flash

O óleo desidratado é enviado para a próxima etapa de fornos e suas frações são novamente divididas em neutros médios e leves e óleos spindles, constituintes do óleo lubrificante, sendo que essas frações seguem no processo.

3.2.3 Desasfaltamento

O óleo destilado é bombeado para outro forno, onde é aquecido a uma temperatura de 380°C, e enviado para os evaporadores de película. Nesta etapa, é separada a fração asfáltica do óleo sob alto vácuo (1 mBar). A fração asfáltica é composta pela maior parte degradada do óleo lubrificante usado. Na sua composição encontramos polímeros, metais, resinas, e compostos de carbono. Esta fração é empregada na fabricação de mantas e produtos asfálticos em geral.

3.2.4 Tratamento químico

O óleo proveniente do desasfaltamento ainda possui alguma quantidade de componentes oxidados. Para extraí-los, aplica-se pequena quantidade de ácido sulfúrico, que promove a aglomeração dos contaminantes que decantam, gerando a borra ácida, um resíduo poluente se lançado ao ambiente.

A borra ácida é lavada com água, neutralizada e desidratada, transformando-se em combustível pesado de alto poder calorífico. A água ácida gerada na lavagem desta borra é neutralizada com lama cal e cal virgem, transformando-se em gesso para corretivo de solo. A água neutralizada é enviada para tratamento (ETE).

3.2.5 Clarificação e Neutralização

Após a sulfonação, o óleo é bombeado para os reatores de clarificação, onde é adicionada argila descorante (absorvente natural). A mistura óleo/argila é aquecida para promover a absorção de compostos indesejáveis. No final, é adicionada cal para corrigir a acidez do óleo.

3.2.6 Filtração

A mistura óleo/argila/cal passa por filtros prensa para separar a fração sólida. A argila com cal impregnada com óleo é empregada em indústrias cerâmicas e cimenteiras. O óleo ainda passa por filtros de mais fina para eliminar as particulados remanescentes. No final, é obtido o óleo básico mineral rerrefinado com as mesmas características de óleo básico virgem.

Após estas etapas, o óleo é armazenado em tanques. Para atender às especificações de viscosidade, cor, ponto de fulgor, etc., cada lote é analisado e corrigido pelo laboratório. O processo de rerrefino visa eliminar 23% dos

contaminantes, somada a perda de 12% referente à incorporação do óleo ao material adsorvente.

4. PROCESSOS DE RERREFINO

4.1 OBJETIVOS DO PROCESSO DE RERREFINO

O rerrefino é um processo físico-químico composto de várias etapas, que transformam o óleo lubrificante usado em óleo básico rerrefinado pronto para ser aditivado. E em subprodutos nobres que são utilizados em vários setores industriais (TECSEL, 2011).

A tabela 3 mostra as especificações dos óleos lubrificantes rerrefinados.

CARACTERÍSTICA	SPINDLE RR	NEUTRO LEVE RR	NEUTRO MÉDIO RR	NEUTRO PESADO RR	Método
Aparência	Límpida	Límpida	Límpida	Límpida	Visual
Cor ASTM, máx.	2,0	3,0	4,0	4,5	ASTM D1500
Viscosidade Cinemática, cSt a 40°C	8 a 18	26 a 32	50 a 70	-	NBR 10441 ASTM D445
Viscosidade Cinemática, 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 4318 ASTM D189
Corrosividade ao cobre, 3h a 100° C, máx.	1	1	1	1	NBR 14359 ASTM D130

Tabela 3 – Especificação dos óleos rerrefinados (In: Resolução ANP 130, 1999).

4.1.1 Processo Ácido Sulfúrico – Argila

Este processo foi desenvolvido na Alemanha por Bernd Meiken.

Muitos rerrefinadores no Brasil usam esse processo. O inconveniente é o alto custo de produção, tendo em vista o maior consumo de ácido sulfúrico e argila ativada, geração de maior quantidade de borra ácida (poluente de difícil eliminação) e rendimento em torno de 60%. A vantagem é poder tratar pequenas quantidades de óleo usado e as instalações requerem menores investimentos iniciais (GUIMARÃES, 2006)

Um avanço tecnológico desse processo foi à introdução do pré-tratamento térmico, aplicável diretamente ao óleo usado, o qual é submetido a um vácuo de 20 mm de Hg, temperatura de 350°C e um tempo de residência em torno de 15 minutos. Assim consegue-se, a degradação dos aditivos e esse procedimento gera as seguintes vantagens: redução de 50% no consumo de ácido sulfúrico; redução em torno de 1% no consumo de argila ativada; redução de 40% na quantidade do ácido residual formado; aumento de 4% no rendimento do processo.

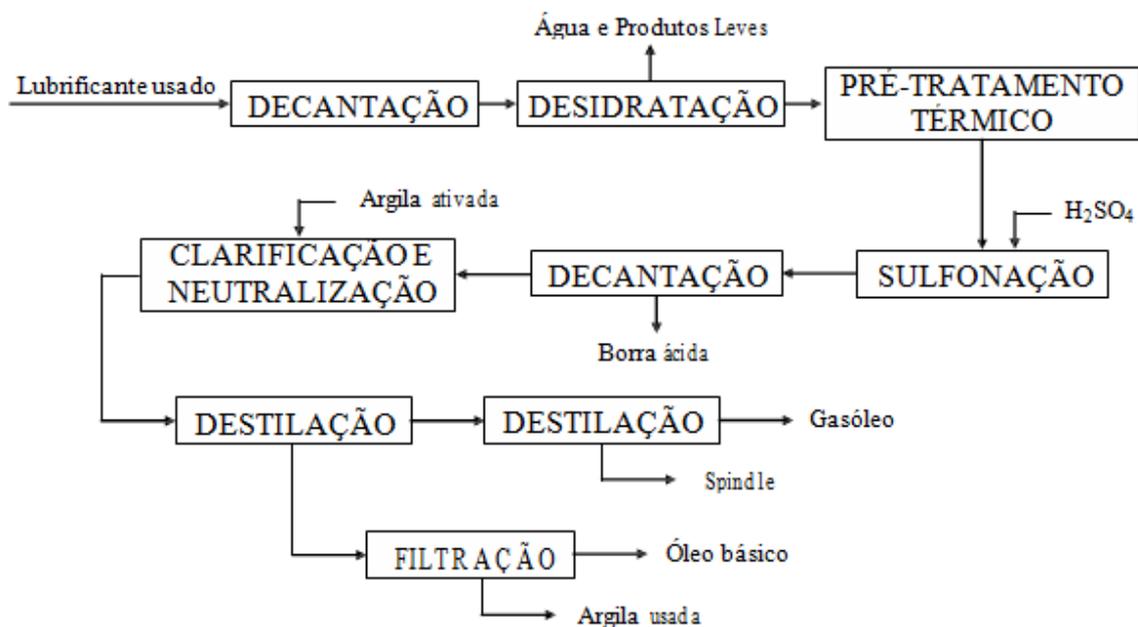
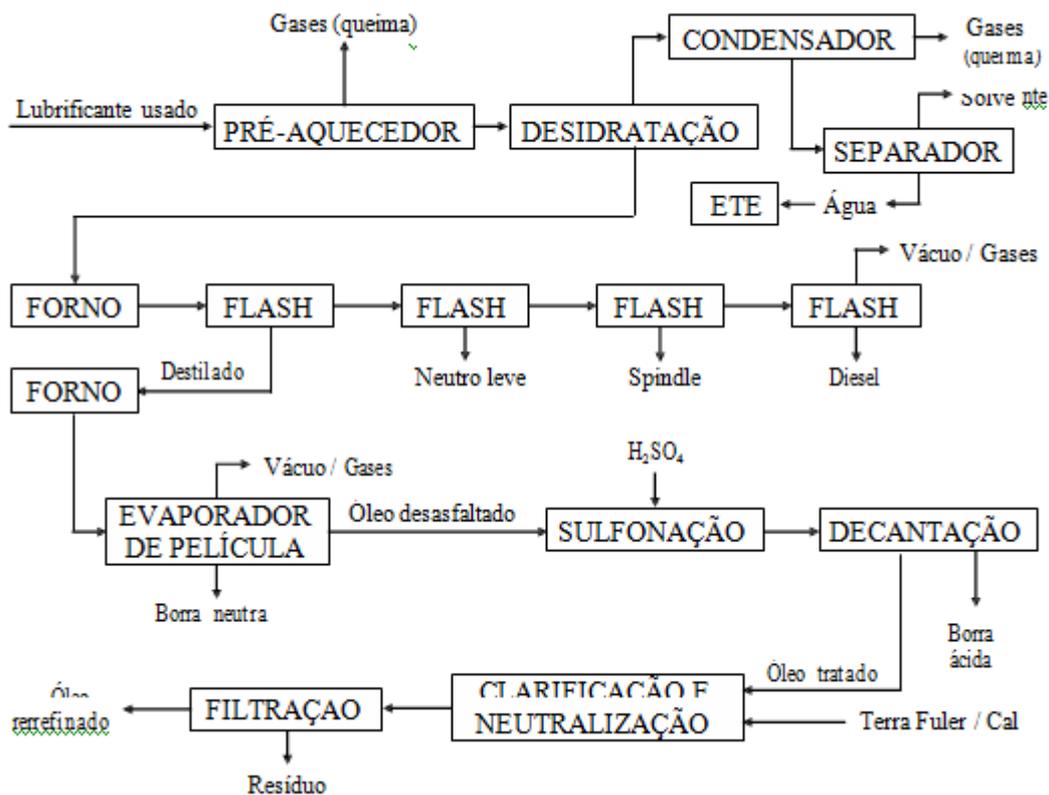


Figura 10 – Fluxograma do processo ácido sulfúrico – argila (In: GUIMARÃES, 2006, p.39).

4.1.2 Processo Evaporador de Filme

Este método foi desenvolvido e patentado pela Pflauser & Co Ltda., nos Estados Unidos. Inicialmente houve uma adaptação ao rerrefino, uma vez que esse processo era utilizado no reaproveitamento de produtos químicos e recuperação de solventes.

A utilização do processo evaporador de filme, conforme, nas atividades industriais de rerrefino envolve as seguintes seqüências: desidratação, destilação *flash*, desasfaltação (no reator de evaporador de filme), sulfonação, clarificação, neutralização e filtração.



A Figura 11 – Fluxograma do processo de Evaporador filme (In: GUIMARÃES, 2006, p.40)

4.1.3 Processo de Destilação – Hidrogenação

Processo desenvolvido por técnicos holandeses e americanos. Este processo tem a grande vantagem de eliminar o uso de ácido sulfúrico e incluir técnicas modernas que permitem completa automatização e se obter um produto de alta qualidade.

No processo KTI, não há formação de borras ácidas ou argilosas, o que constitui sua principal vantagem com relação aos processos anteriores, isto é, menores perdas e conseqüentemente maior rendimento.

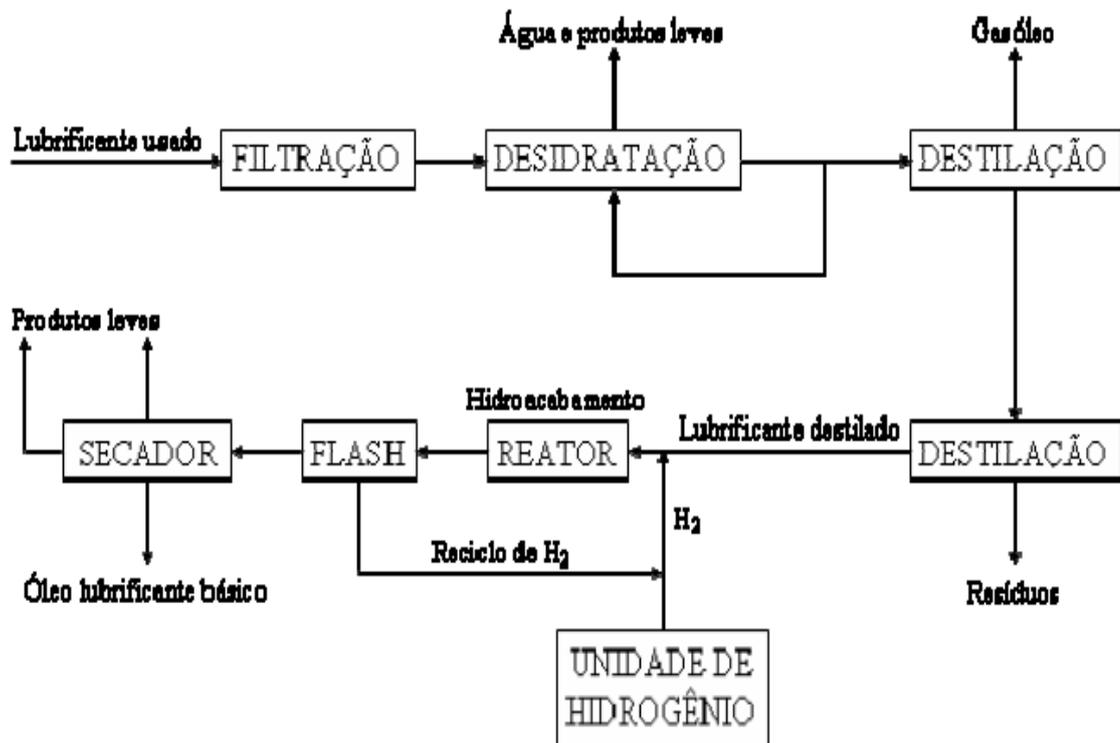


Figura 12 – Fluxograma do processo de destilação – hidrogenação (In: GUIMARÃES, 2006, p.42)

4.1.4 Processo de Ultrafiltração por Membranas e Adsorção.

Este processo foi desenvolvido pelo Instituto Francês de Petróleo juntamente com a empresa Rhône-Poulenc.

A técnica de ultrafiltração é na verdade uma filtração em escala molecular. As substâncias de massa molar menor, são permeados e as de massa molar maior, são retidas pela membrana.

A grande vantagem é o descarte total de produtos de difícil eliminação agressivos ao meio ambiente, como por exemplo, as borras ácidas. As maiores desvantagens são o preço e a durabilidade das membranas e a queda do fluxo permeado em função do tempo de operação que podem ser agrupados em dois tipos: polarização de concentração e *fouling*.

5. ARGILA

5.1 DEFINIÇÃO

Argilas são materiais usados pelo homem desde os tempos antigos onde se faziam objetos do tipo “barro cozido” como tijolos, estatuetas, vasos, etc. (PAIVA, 2008).

A argila é uma rocha sedimentar que se origina da lenta erosão dos granitos, ou seja, do envelhecimento dos cristais. A partir de uma grande pedra, que através dos ciclos, as condições geológicas e atmosféricas vão transformando, nasce uma matéria mais sutil, a própria argila.

Atualmente apresentam uso crescente em inúmeras aplicações como em catalisadores, adsorventes, agentes descorantes e clarificantes de óleos e gorduras, tintas, papel, entre outros. (PAIVA, 2008).

As argilas derivam de rochas base do tipo cristalina e eruptiva como feldspato, silicatos, carbonatos, fosfatos e outros elementos como o silício, alumínio, ferro, magnésio e cálcio em um processo longo e lento de decomposição por efeito de agentes geológicos que causam a fragmentação da rocha maciça em grãos de vários tamanhos (ROSSI, 2011). Ela é composta basicamente por silicato de alumínio hidratado e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, além de vários outros minerais característicos da região, na qual é encontrada.

As argilas fazem parte de uma grande família de minerais a dos aluminossilicatos. Estes minerais são formados pelos elementos silício, alumínio e oxigênio que são os mais abundantes da crosta terrestre, são formados também por magnésio, ferro e cálcio, porém em pequenas proporções (CHAGAS, 1997).

As argilas classificam-se em duas categorias argilas primárias e secundárias.

As primárias são formadas no mesmo local da rocha mãe e têm sido pouco atacadas pelos agentes atmosféricos. Possuem partículas mais grossas, coloração mais clara, são pouco plásticas, porém de grande pureza (ROSSI, 2011).

As Argilas secundárias ou sedimentares são transportadas para mais longe da rocha mãe pela água, pelo vento entre outros. São mais finas e mais plásticas que as primárias, no entanto contêm impurezas pois misturaram-se com matérias orgânicas e metais, durante todo o processo de transporte (ROSSI, 2011).

Uma argila qualquer pode ser composta por partículas de um argilomineral ou por uma mistura de diversos argilominerais.

Os principais argilominerais são: Caulinita; Ilita; Esmectita (montmorilonita).

Os argilominerais possuem estrutura lamelar, alternando folhas de tetraedros de sílica e folhas de octaedros de alumínio que pode ser substituído por ferro magnésio e manganês entre outros.

O empilhamento destas folhas, numa grande variedade de maneiras, formará as estruturas cristalinas básicas dos argilominerais.

Grupo caulinita: unidade estrutural 1:1, isto é, uma camada de tetraedro ligado a uma de octaedro. A ligação entre camadas é efetuada através de ligações de hidrogênio.

Grupo das ilitas: unidade estrutural 2:1, isto é, uma unidade octaédrica entre duas tetraédricas de silício. Tem uma estrutura cristalina semelhante à da montmorilonita.

Grupo das esmectitas (montmorilonitas): unidade estrutural 2:1, isto é, uma unidade octaédrica de alumina entre duas tetraédricas de silicato

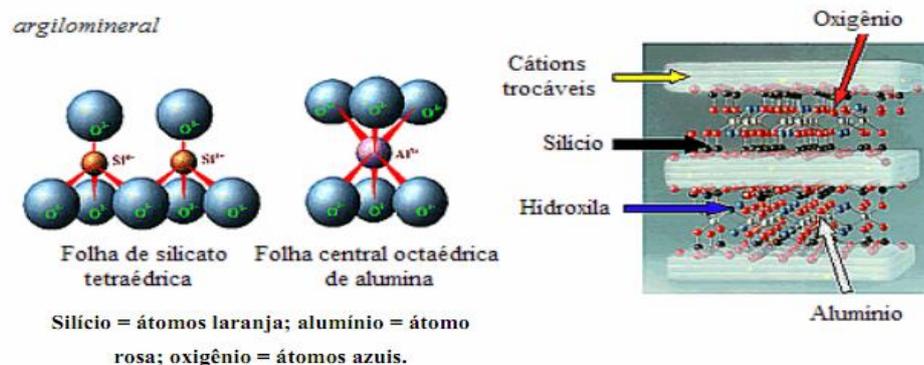


Figura 13 – Estrutura de argilominerais (In GUIMARÃES, 2006, p. 56).

5.2 ARGILA ATIVADA

Os termos “argila descorante”, “terra descorante”, “terra clarificante” ou “argila adsorvente” são utilizados na indústria de óleos para designar argilas que, no estado natural ou após ativação química ou térmica, apresentam a propriedade de adsorver as matérias corantes dissolvidas de óleos minerais, vegetais e animais (LIMA, 2003).

A capacidade de adsorção e argilas descorantes aumenta com o aumento da área de contato e com a diminuição do tamanho das partículas, então uma vez que os componentes adsorvidos concentram-se sobre a superfície externa do sólido, mais favorável será a adsorção. Por este motivo, os adsorventes são geralmente sólidos com partículas porosas (LIMA, 2003).

5.3 APLICAÇÕES DA ARGILA NO SETOR INDUSTRIAL

Inúmeros exemplos de operação cuja etapa final é a adsorção, podem ser citados.

Para sistemas líquidos, dois modos de aplicação do adsorvente podem ser utilizados. No primeiro a percolação, o adsorvente granular é mantido fixo sob a forma de uma leito poroso através do qual o líquido a tratar passa entre os poros. O segundo método é a filtração de contato, que consiste em dispersar o adsorvente sobre o líquido a tratar com agitação intensa após agitação o adsorvente é filtrado.

5.4 PRINCIPAIS ADSORVENTES INDUSTRIAIS

O processo correto usado na escala industrial para processos de adsorção consiste em colunas cilíndricas, com enchimento de partículas de adsorvente, através das quais passa o fluido a tratar (fase móvel). O ciclo de funcionamento baseia-se normalmente em duas colunas. Durante a fase de saturação, a fase móvel a tratar atravessa a coluna e os solutos nela contidos são retidos pela fase estacionária. Após a saturação, é necessário regenerar o adsorvente (resina) utilizando um

eletrólito forte, permitindo deste modo, que este seja novamente reutilizado (LABVIRTUAL, 2011).

5.5 ADSORVENTES UTILIZADOS NA ÁREA INDUSTRIAL

5.5.1 Terra fuller

É o adsorvente utilizado em maior quantidade. É uma argila natural, que para ser utilizada deve ser moída e secada em fornos para adquirir uma estrutura porosa. É empregada no branqueamento, clarificação e neutralização de óleos minerais, vegetais e animais.

5.5.2 Argila ativada

Possuem características adsorventes superiores aos da terra fuller quando tratadas com ácido clorídrico ou sulfúrico. Após o tratamento a argila deve ser filtrada, lavada, secada, somente após essas etapas pode ser moída. Emprega-se para branquear produtos do petróleo e óleos vegetais.

5.5.3 Bauxita

Como a terra fuller, emprega-se para clarificar produtos de petróleo e óleos vegetais, sendo ativada em temperaturas que variam de 250°C a 800°C.

5.5.4 Alumina

Alumina também conhecida como óxido de alumínio é um composto químico de alumínio e oxigênio.

O óxido de alumínio é o principal componente da bauxita, o principal minério de alumínio. Industrialmente, a bauxita é purificada em óxido de alumínio através do processo Bayer, e o óxido é depois convertido em alumínio metálico pelo processo Hall-Héroult.

A ativação consiste em retirar a umidade por aquecimento. É utilizada na secagem de gases e líquidos.

5.5.5 Sílica gel

Obtido da precipitação da sílica com ácidos a partir de soluções de silicato de sódio. É utilizado na secagem de gases, condicionamento de ar, purificação de gases, entre outros.

5.5.6 Carvão de ossos

Os ossos são britados, moídos e queimados em temperaturas que variam de 600°C a 850°C. sua principal utilização é no refino do açúcar.

5.5.7 Carvões descorantes

Podem ser obtidos da matéria vegetal carbonizável ou da mistura de materiais vegetais e inorgânicos, seguido de carbonização e lavagem para eliminar material solúvel remanescente, pode ser obtido também pela carbonização direta seguida de ativação com ar quente.

6. PETRÓLEO: UM TEMA PARA O ENSINO MÉDIO

Não restam dúvidas quanto à importância do ensino de química, uma vez que situações relacionadas com a disciplina estão presentes no dia-a-dia de todas as pessoas (SANTA MARIA et al., 2002).

O aprendizado de química pelos alunos do ensino médio, implica a compreensão das transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente (ARAÚJO et al., 2006).

Infelizmente, os alunos do ensino médio não percebem essa importância, talvez porque a química ensinada nas escolas nem sempre são atrativas para eles. Um dos principais motivos pode ser a metodologia empregada para o ensino (SANTA MARIA et al., 2002).

Segundo Menezes (2001 apud ARAÚJO et al., 2006):

O ensino de química tem-se reduzido à transmissão de informações e leis isoladas, sem qualquer relação com a vida do aluno, dos quais quase sempre se exige memorização, restrita e baixos níveis cognitivos. Os conteúdos na área de química podem ser trabalhados a partir de temas que permitam a contextualização do conhecimento.

Atualmente, o petróleo é um dos recursos naturais dos qual nossa sociedade é bastante dependente e é um tema de fácil abordagem interdisciplinar (SANTA MARIA et al., 2002).

6.1 PETRÓLEO

6.1.1 Formação

A formação do petróleo vem da deposição, no fundo de lagos e mares, de restos de animais e vegetais mortos ao longo de milhares de anos. Lentamente esses restos foram cobertos por sedimentos, mais tarde esses sedimentos se transformaram em rochas sedimentares (calcário e arenito). Pela ação da alta temperatura e pressão exercidas sobre essa matéria orgânica causam reações químicas complexas, formando o petróleo (SANTA MARIA et al., 2002).

O petróleo está localizado apenas nas bacias sedimentares, junto desse recurso mineral encontra-se água e gás natural.

6.1.2 Composição do petróleo

O petróleo é constituído por:

- Carbono - 84%
- Hidrogênio - 14%
- Enxofre - de 1 a 3% (sulfeto de hidrogênio, sulfetos, dissulfetos, enxofre elementar)
- Nitrogênio - menos de 1% (compostos básicos com grupos amina)
- Oxigênio - menos de 1% (encontrado em compostos orgânicos como o dióxido de carbono, fenóis, cetonas e ácidos carboxílicos)
- Metais - menos de 1% (níquel, ferro, vanádio, cobre, arsênio)
- Sais - menos de 1% (cloreto de sódio, cloreto de magnésio, cloreto de cálcio)

6.1.3 Refino do petróleo

O refino consiste em separar a complexa mistura de hidrocarbonetos em frações desejadas, processá-las e industrializá-las em produtos comerciais.

O processo utilizado para separar as frações do petróleo é a destilação fracionada.

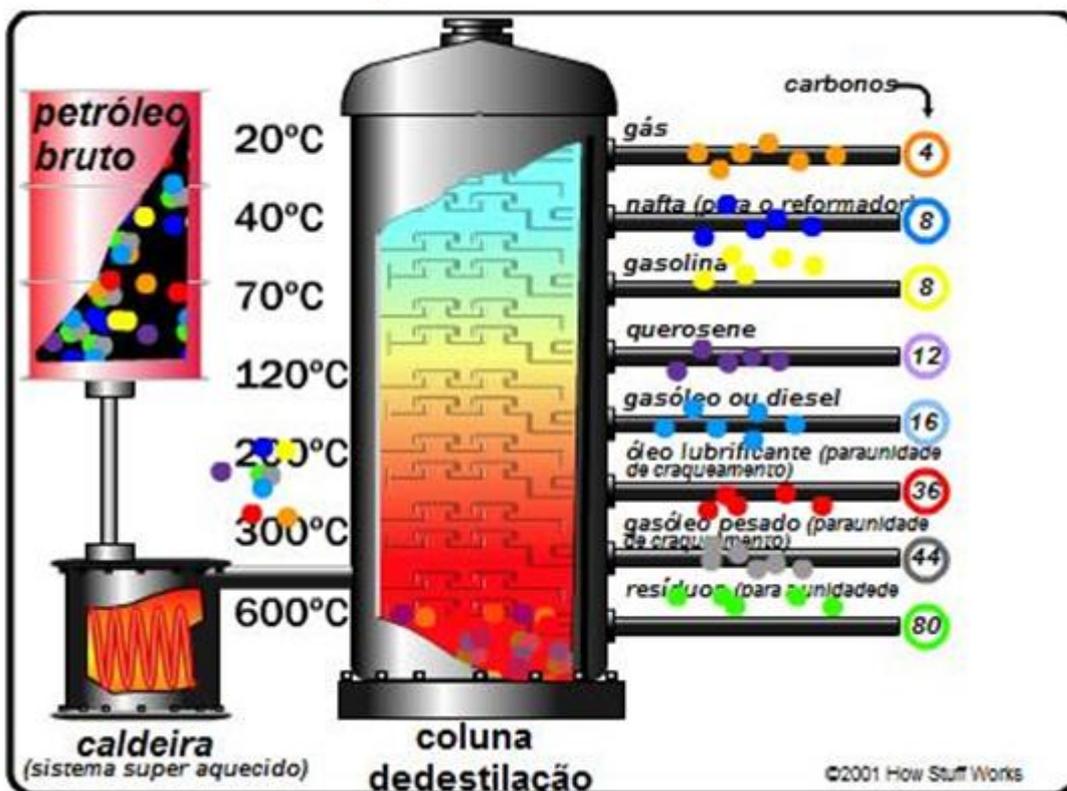


Figura 14 – Esquema do Fracionamento do petróleo, com diferentes produtos obtidos (In: COLLAZZO, 2008).

6.1.4 Principais derivados do petróleo.

6.1.4.1 Gás de petróleo

Consiste de uma fração composta por propano e butano. Formado por hidrocarbonetos (propano e butano), o gás de petróleo liquefeito (GPL) é um produto obtido durante o processamento do petróleo, portanto ele é um combustível não

renovável. É armazenado em botijões como gás de cozinha (BRASIL ESCOLA, 2011).

6.1.4.2 Gasolina

É um dos produtos de maior importância do petróleo. Consiste de uma mistura de isômeros de hidrocarbonetos de C5 a C9, obtida primeiramente por destilação e por outros processos nas refinarias (UENF, 2011).

6.1.4.3 Querosene

É uma combinação complexa de hidrocarbonetos (hidrocarbonetos alifáticos, naftênicos e aromáticos) com um número de carbonos na sua maioria dentro do intervalo de C9 a C16, produzida por destilação do petróleo bruto, com faixa de destilação compreendida entre 150°C a 300°C (JORNAL LIVRE, 2011).

6.1.4.4 Óleo diesel

É um líquido mais viscoso que a gasolina possui de 12 a 22 átomos de carbono. É um combustível empregado em motores a diesel. Sua característica primordial é a viscosidade, considerando que, através desta propriedade é garantida a lubrificação (UENP, 2011).

6.1.4.5 Óleo lubrificante

É usado para óleo de motor como lubrificante, graxa e outros lubrificantes alcanos, cicloalcanos e aromáticos de cadeias longas (20 a 50 átomos de carbono).

6.1.4.6 Parafinas

A parafina é um derivado do petróleo de cor clara possui de 1 a 12 átomos de carbono. Essa palavra pode ser usada com um sinônimo para alcano.

Alcanos são os compostos orgânicos formados apenas por Carbono e Hidrogênio (hidrocarboneto) de cadeia aberta e apenas ligações saturadas, ou seja, apenas ligações simples entre os elementos (INFOESCOLA, 2011).

É um produto comercial versátil, de aplicação industrial bastante ampla, como impermeabilizante de papéis, explosivos, revestimentos de pneus e mangueiras, entre outros (COLLAZZO, 2008).

6.1.4.7 Asfalto

É um sólido de cor escura, que apresenta massa molecular média elevada, é obtido como resíduo da destilação do petróleo.

6.2 ABORDAGEM DO TEMA PETRÓLEO NO MATERIAL DIDÁTICO DO ENSINO MÉDIO NA REDE PÚBLICA

No material didático fornecido aos alunos pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo o tema petróleo é estudado no 3º bimestre da 3ª série do ensino médio. O tema é estudado de acordo com a situação de aprendizagem listada a seguir.

Situação de Aprendizagem 2: Composição, processamento e usos do petróleo, do gás natural e do carvão mineral.

As situações de aprendizagem utiliza o tema petróleo para formar um conhecimento e para preparar o aluno para novos conhecimentos relacionados com o tema e com a química.

7. METODOLOGIA

7.1 MATERIAIS

- Argila comercial
- Kitassato
- Garrafa pet
- Pistilo
- Almofariz
- Peneira
- Filtro poroso

7.2 REAGENTES

- Óleo lubrificante usado ou contaminado

7.3 EQUIPAMENTOS

- Bomba vácuo

7.4 PROCEDIMENTO

Para realização do experimento foi utilizado óleo lubrificante usado ou contaminado.

A argila utilizada nesse experimento foi seca em estufa por mais ou menos 5 horas, na temperatura de 100°C e após secagem foi triturada e peneirada obtendo um pó fino.

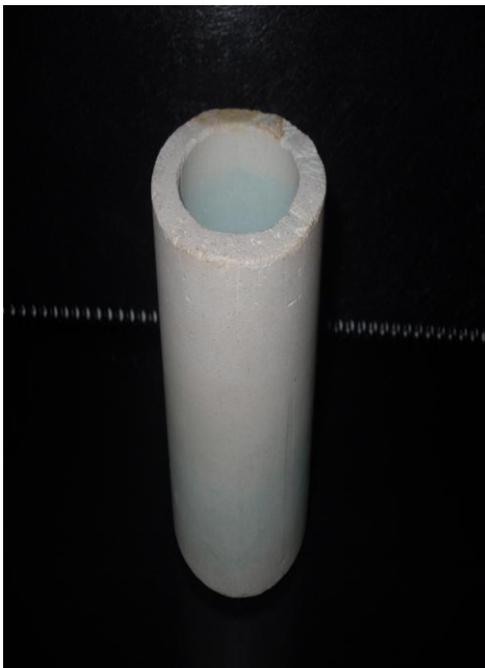
Para a filtração montou-se um aparelho utilizando garrafa pet como funil, argila em pó como meio filtrante e o kitassato para recolher o filtrado.

Após montado o sistema foi submetido a vácuo no kitassato e pressão na garrafa pet.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira tentativa de filtrar o óleo foi utilizando um filtro poroso, vela de filtro de água, figura 14.

O resultado foi ruim, pois levou uma semana para as primeiras gotas passarem pela parede do filtro e o óleo continuou escuro.



(a)



(b)

Figura 15: (a) Vela de filtro de água antes; (b) Vela de filtro com óleo.

A escolha da argila como meio filtrante e clarificante foi com base em LIMA, 2003 que afirma que a argila (figura 16), após ativação química ou térmica apresenta a propriedade de adsorver os materiais corantes dissolvidos em óleo mineral, vegetal e animal.

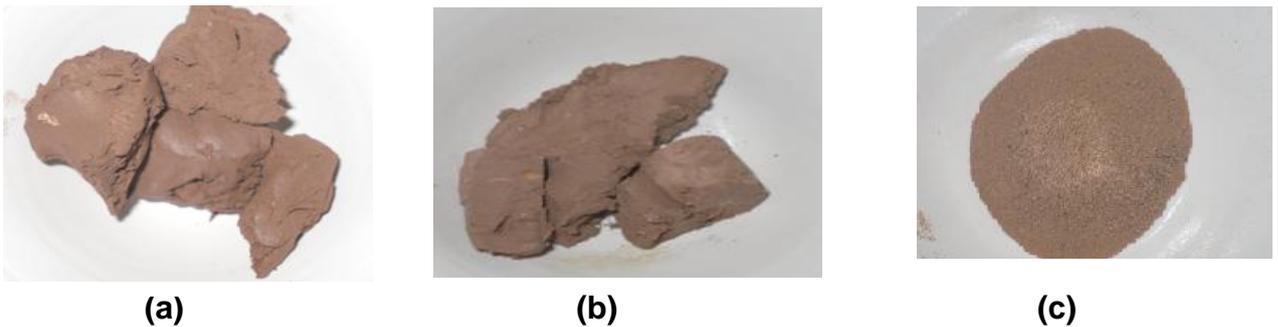


Figura 16: (a) Argila *in natura*; (b) argila com pré-tratamento térmico; (c) argila em pó.

As etapas do processo de rerrefino (figura 17) foram simplificadas levando em consideração que durante o processo proposto é possível controlar a quantidade a ser filtrado, deixando a fase grossa sem filtrar. Desta forma não é necessário fazer desidratação, pois a água presente no óleo fica na fase superior e não é filtrada, na destilação flash e desasfaltamento são realizadas para remover as frações asfálticas grosseiras, que também são retidas na filtração com argila.

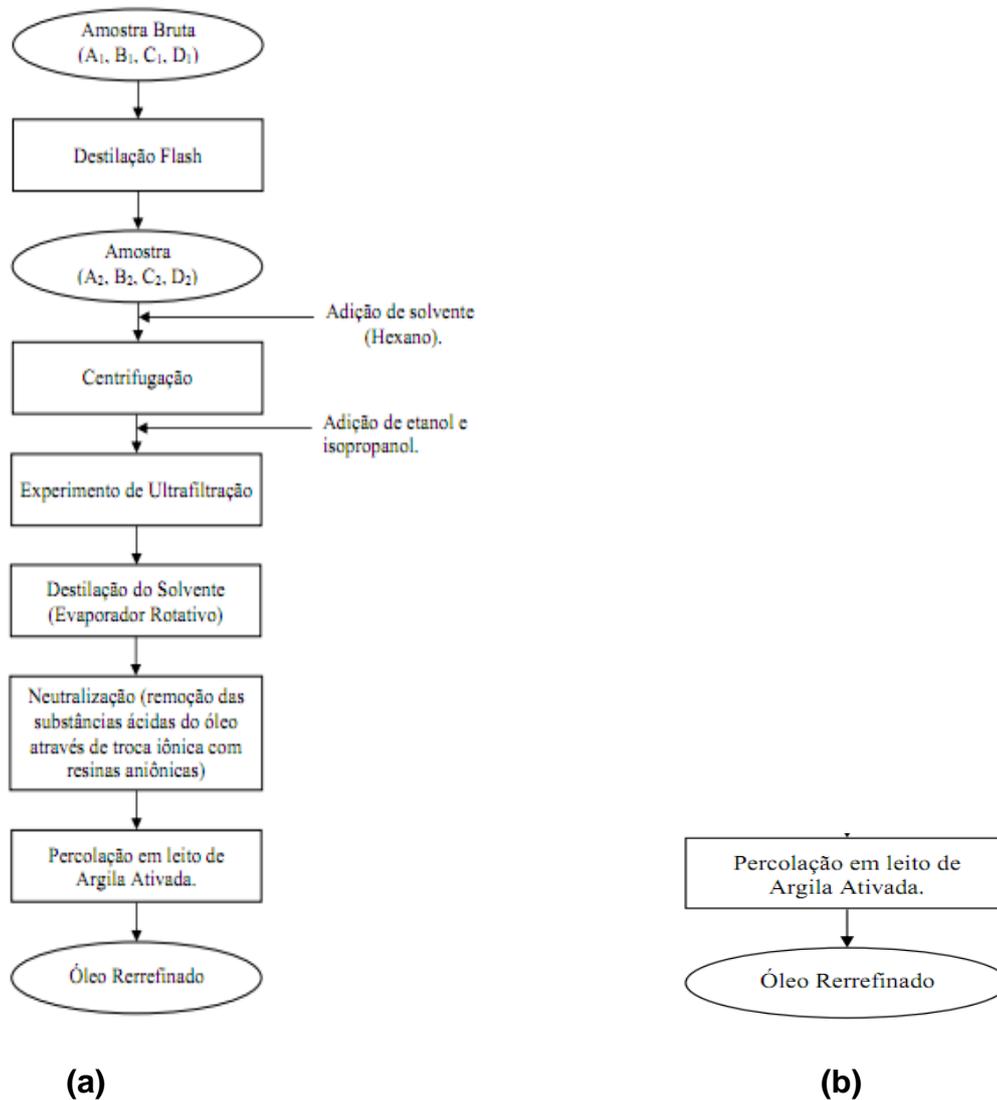


Figura 17: (a) Método de ultrafiltração; (b) Método de filtração com argila.

A análise do pH tabela 4 do óleo usado, novo e rerrefinado mostra que todos tem o mesmo valor aparente de pH = 7. portanto essa fase também pode ser suprida.

Tipo de óleo	Valor de pH
Novo	7,00
OLUC	7,00
Rerrefinado	7,00

Tabela 4: Valor de pH aparente dos óleos

A fase de clarificação e neutralização foi substituída pela filtração com argila, uma vez que não há tratamento com ácido não é preciso fazer neutralização e a clarificação já é obtida na filtração com argila.

No método de ultrafiltração realizado por GUIMARÃES, 2006 foi utilizado um módulo de ultrafiltração com alimentação direta (figura 18). A célula de permeação (membrana, placa sinterizada, suporte perfurado) possui forma cilíndrica. A mistura óleo/solventes é pressionada com nitrogênio contra a membrana á temperatura ambiente. O permeado passa pela membrana, na qual ficam retidos os materiais de alta massa molar e em suspensão.

No método de filtração, foi utilizado um sistema simples de filtração, utilizando argila como filtro. O permeado passa pela argila onde ficam retidos os materiais de alta massa molar.



(a)



(b)

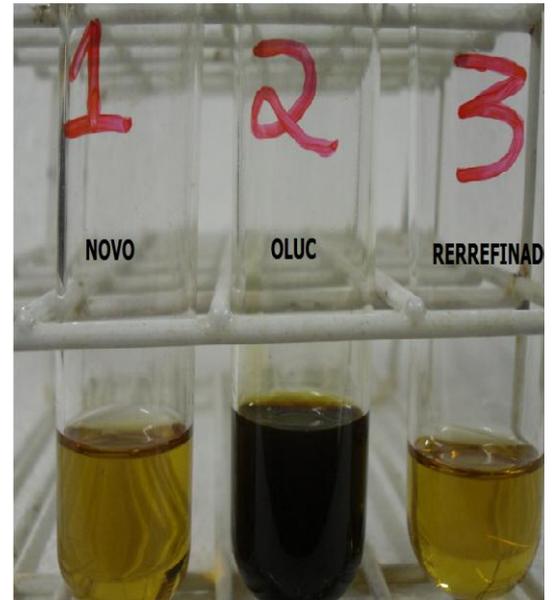
Figura 18: (a) Equipamento de filtração; (b) Equipamento de ultrafiltração.

A cor foi utilizada para avaliar a eficácia do método devido ao fato da literatura, definir a cor como principal parâmetro de controle de qualidade usado na produção do óleo lubrificante.

A cor do óleo obtido pelo método da filtração com argila ficou aparentemente igual ao óleo novo (figura 19). E o resultado obtido ficou com aspecto visual superior ao obtido pelo método de ultra filtração.



(a)



(b)

Figura 19: (a) Óleo rerrefinado pelo método de ultrafiltração; (b) Óleo rerrefinado pelo método de filtração.

O método da filtração com argila comparado ao método da ultrafiltração tem como vantagem menos etapas de processo de rerrefino, não utiliza reagentes químicos ou equipamentos sofisticados, conseqüentemente tem uma redução de custos. Outro aspecto importante não gera a borra ácida, poluente de difícil eliminação. O ponto fraco deste método é o longo tempo de filtração. Demorou 8 horas para se obter 5,0 mL de óleo.

9. CONCLUSÃO

Com base no experimento realizado conclui-se que o método proposto utilizando argila termicamente ativada é viável e apresenta como vantagem menos etapas de processo de rerrefino, não utiliza reagentes químicos ou equipamentos sofisticados, conseqüentemente tem menor custos. Outro aspecto importante, não gera a borra ácida, poluente de difícil eliminação.

Fica como sugestão para trabalhos futuros o desenvolvimento de um equipamento para reduzir o tempo de filtração.

REFERÊNCIAS

APROMAC – Associação de proteção ao meio ambiente de Cianorte. **Guia básico, gerenciamento de óleo lubrificante usado ou contaminado**. Disponível em <<http://www.sindilub.org.br/guia.pdf>> Acesso em 20 set. 2011.

ARAÚJO, Nelci Reis Sales; BUENO, Eliana Ap. Silicz; ALMEIDA, Flaveli Ap. de Souza; BORSANATO, Dionísio. O petróleo e sua destilação: uma abordagem experimental no Ensino Médio utilizando mapas conceituais. **Semina: Ciências Exatas e Biológicas**, v.27, n. 1, jan/jun, 2006.

ARAÚJO, Sérgio; KAWANO Yoshio. Espectro vibracional no infravermelho próximo dos polímeros poliestireno, poli(metacrilato de metila) e policarbonato. Revista polímero ciência e tecnologia v. 11, n 4, 2001, p. 213-221.

AZEVEDO, Joyce Batista; CARVALHO, Laura Hecker; FONSECA, Viviane Muniz. Efeito da degradação em motor automotivo nas propriedades termogravimétricas de óleos lubrificantes minerais e sintéticos. In CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3, 2005, Salvador. 2005. 6p.

BRAGANÇA, Daniele. **São Paulo e mais 13 estados não cumpriram meta de coleta de óleo**. Disponível em < <http://www.oecocidades.com/2011/02/03/sp-e-mais-13-estados-nao-cumpriram-meta-de-coleta-de-oleo/> >. Acesso em 22 jun 2011.

BRASIL ESCOLA. **Gás de petróleo**. Disponível em < <http://www.brasilecola.com/geografia/gas-petroleo-liquefeito.htm> > acesso em 20 out. 2011.

CHAGAS, Aécio Pereira. Argilas as essências da terra. 3. Ed. São Paulo: editora Moderna LTDA, 1997.

COLLAZZO, Gabriela. **Refino de Petróleo**. 2008. 56p. Dissertação – Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, São Paulo, 2008.

CAMPOS, Eduardo Bertonha. Previsão da demanda de óleos básicos lubrificantes: Uma análise através de regressão múltipla. 2008. 72p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Administração Geral – Faculdade de Economia de Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, 2008.

CARNEIRO, Elizabete Araújo; LOPES, Ada Amélia Sanders; FILHO, João José Hiluy; MAZZETTO, Selma Elaine; Carioca, José Osvaldo Beserra. Síntese, caracterização e análise termogravimétrica de aditivo oriundo de fonte natural e renovável. In CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3, 2005, Salvador. 2005. 5p.

FERREIRA, Heitor Breno Pereira. Determinação de Íons Zinco em Óleos Lubrificantes por Voltametria de Redissolução Anódica, 2008. 85p. Dissertação – (Mestrado) Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

GUIMARÃES, Jairo. Refino de óleos lubrificantes de motores de combustão interna pelo processo de ultrafiltração e adsorção. 2006. 95p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

INFOESCOLA. **Parafinas.** Disponível em <<http://www.brasilecola.com/geografia/parafina.htm>>. Acesso em 21 out. 2011.

JORNAL LIVRE. **O que é querosene?** Disponível em <<http://www.jornallivre.com.br/174362/o-que-e-querosene.html>>. Acesso em 21 out. 2011.

LABVIRTUAL. **Fundamentos e Princípios Físico-Químicos.** Disponível em http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?Itemid=450&id=188&option=com_content&task=view#inicio%20Fundamentos%20e%20Princ%C3%ADpios%20F%C3%ADsico-Qu%C3%ADmicos>. Acesso em 07 out. 2011.

LIMA, Nélia da Silva. Recuperação de rejeitos da clarificação de óleos vegetais por dessorção/ extração. 2003. 95p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2003.

MACIEL, Carla do Couto Soares; TAKAKI, Galba M.C; GUSMÃO, Norma B. Potencialidade de fungos filamentosos em degradar óleos lubrificantes. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 3, n.1, 2010. p. 58-64.

MARTINATO, André. Canais de Logística Reversa na Cadeia do Óleo Lubrificante no Estado de São Paulo: O Caso das Embalagens Plásticas. 2008. 79p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia de Produção – Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2008.

NASCIMENTO, Alyne Domingues; NAPOLI, Luis Felipe; RIBEIRO, Pedro Isaac Garcia. Análises de óleos lubrificantes. 2005. 13p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de engenharia mecânica – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Bauru, 2005.

PAIVA, L.B; MORALES, A.R; DIAZ, F.R.V. Argilas Organofílicas: Características, metodologias de preparação, compostos de intercalação e técnicas de caracterização. **Revista Cerâmica**, n.330, 2008. p.213-226.

PÉCORA, Marcelo Macedo Catuta. Degradação Fotoquímica e Eletroquímica da Fração Aromática do Resíduo de Óleo Lubrificante. 2004. 50p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Química - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, 2004.

ROSSI. Maria Alice Porto. **As Argilas**. Disponível em: http://www.portorossi.art.br/as_argilas.htm. Acesso em 07 outubro. 2011.

SANTA MARIA, Luiz Cláudio; AMORIM, Márcia C. Veiga; AGUIAR, Mônica R. Marques; SANTOS, Zilma A. Mendonça; CASTRO, Paula Salgado C.B. Gomes; BALHAZAR, Renata G. Petróleo: um Tema para o Ensino de Química. **Revista Química Nova na Escola**, n.15, maio, 2002. p.19-23.

SCAPIN, Marcos Antonio. **Estudo de remoção de elementos inorgânicos e degradação de compostos orgânicos por radiação gama em óleos lubrificantes usados**. 2008. 116p. Tese (doutorado) – Autarquia Associada á Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SILVA, Marcos Vinícius Ivo. **Efeitos do Uso do Biodiesel Sobre Propriedades do Óleo Lubrificante Usado em um Motor de Ignição por Compressão** . 2006. 107p. Dissertação - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

SIMEPETRO. **Agência Nacional do Petróleo**. Disponível em < http://www.simepetro.com.br/site/wp-content/uploads/2009/05/portaria_130.pdf> Acesso em 21 out. 2011.

SOLOMONS, T. W. Graham. Química orgânica . 6. Ed. Rio de Janeiro: editora LTC livros técnicos e científicos editora S.A., 1996.

TEXACO, **Fundamentos da Lubrificação**. Disponível em: < <http://www.joinville.ifsc.edu.br/~antoniobrito/Manutencao%20Mecanica/Fundamentos%20de%20Lubrifica%C3%A7%C3%A3o%20-%20Texaco.pdf>>. Acesso em 10 out. 2011.

TECSEL. **O reaproveitamento do óleo lubrificante usado através do rerrefino**. Disponível em < <http://www.grupotecsel.com.br/boletins.asp?p=1&id=17>>. Acesso em 13 out. 2011

UENF. **Derivados do petróleo**. Disponível em: < http://www.uenf.br/uenf/centros/cct/qambiental/pe_derivados.html>. Acesso em 20 out. 2011.