

**CENTRO UNIVERISITARIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
FELIPE OLIVEIRA MENEGATO**

LOGÍSTICA REVERSA DO ÓLEO LUBRIFICANTE USADO OU CONTAMINADO

**Varginha
2018**

FELIPE OLIVEIRA MENEGATO

LOGÍSTICA REVERSA DO ÓLEO LUBRIFICANTE USADO OU CONTAMINADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Prof. Me. Alexandre de Oliveira Lopes.

Varginha
2018

FELIPE OLIVEIRA MENEGATO

**LOGÍSTICA REVERSA DO ÓLEO LUBRIFICANTE USADO OU CONTAMINADO
DERIVADOS DO PETRÓLEO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Professor

Professor

Professor

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela sabedoria e força para realização deste trabalho e a minha família, pelo apoio moral, paciência e incentivo nesta etapa de minha vida.

Agradeço a todos que me ajudaram a elaborar este trabalho, a minha família que sempre batalhou para que eu realizasse meus sonhos, minha namorada pela paciência e apoio de sempre e aos professores pelo conhecimento transmitido nesta etapa da minha vida.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se tornar com isso”

John Ruskin

RESUMO

Este trabalho descreve como deve ser feito o descarte do óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC) e como é a sua Logística Reversa. Tal abordagem se faz necessária devido o óleo queimado ser um resíduo muito perigoso para a saúde dos seres vivos e contribui diretamente com a degradação do meio ambiente, por conter partículas tóxicas. O propósito deste estudo é detalhar o processo de dispensação do óleo lubrificante usado ou contaminado, mostrando seu ciclo de vida, os tipos de Rerrefino utilizados no Brasil. Este propósito será conseguido por meio de levantamento bibliográficos, buscando conhecimento teórico já disponível, seja em periódicos, livros, anais de congressos, normas, arquivos de meio digital, teses e análise da legislação vigente referentes ao assunto. A pesquisa demonstrou que o resíduo óleo lubrificante queimado ou contaminado pode ser reaproveitado inúmeras vezes e o seu descarte indevido pode ser controlado através de previsões e dados estatísticos. Através desse estudo conclui-se que o conceito de logística reversa é viável no setor de lubrificantes e através deste, pode-se reaproveitar um importante resíduo e contribuir com um dos grandes assuntos da humanidade, sustentabilidade.

Palavras-chave: Logística Reversa. Rerrefino. Resíduo. Lubrificante. OLUC.

ABSTRACT

This paper describes how to dispose of used or contaminated lubricating oil (OLUC) and how it is your Reverse Logistics. Such an approach is necessary because burned oil is a very hazardous waste for the health of living beings and contributes directly to the degradation of the environment, as it contains toxic particles. The objective of this study is to detail the process of destination of used or contaminated lubricating oil, showing its life cycle, the types of re-refining used in Brazil. This purpose will be achieved through a bibliographical survey, seeking theoretical knowledge already available, whether in periodicals, books, congress proceedings, standards, digital media files, theses and analysis of the current legislation regarding the subject. The research has shown that the residue burned or contaminated lubricating oil can be reused numerous times and its improper disposal can be controlled through forecasts and statistical data. Through this study it is concluded that the concept of reverse logistics is viable in the lubricants sector and through this, it is possible to reuse an important waste and contribute to one of the great subjects of humanity, sustainability.

Keywords: Reverse logistic. Re-rrefining. Residue. Lubricant. OLUC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de óleos básicos no primeiro semestre de 2018.....	16
Figura 2 – Importação de óleos básicos no primeiro semestre de 2018.....	17
Figura 3 - Força atrito.....	23
Figura 4 - Ciclo de vida do óleo lubrificante.....	29
Figura 5- Certificado de coleta.....	30
Figura 6 - Classificação do OLUC como resíduo tóxico.....	32
Figura 7 - Programa jogue limpo.....	34
Figura 8 - Processo Ácido Argila.....	40
Figura 9 - Processo Destilação Flash ou evaporação pelicular.....	41
Figura 10 - Processo Extração por propano.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Produção de petróleo em metros cúbicos no Brasil de 2014 - 2018	15
Quadro 2 - Comparação das características dos óleos básicos minerais parafínicos e naftênicos	18
Quadro 3 - Grau de contaminação das várias aplicações	36
Quadro 4 - Porcentual mínimo de óleos lubrificantes usados ou contaminados	37
Quadro 5 - Volume de OLUC coletado por região. Acumulado de janeiro de 2016 a julho de 2018 em litros	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Venda de Óleo básico rerrefinado no primeiro semestre de 2018 (litros)38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 PETRÓLEO	14
3 BASES LUBRIFICANTES.....	16
3.1 Óleos básicos minerais	17
3.2 Óleos básicos sintéticos.....	18
3.2 Óleos básicos semissintéticos	19
4 ADITIVOS	20
4.1 Antiespumantes.....	20
4.2 Antioxidantes	21
4.3 Antidesgaste	21
4.4 Inibidores de ferrugem e corrosão	21
4.5 Melhorador de índice de viscosidade	21
4.6 Detergentes	22
4.7 Dispersantes	22
4.8 Aditivos de extrema pressão	22
5 LUBRIFICAÇÃO E LUBRIFICANTES	23
5.1 Óleo Lubrificante acabado (OLAC)	24
5.1.1 Característica dos lubrificantes.....	24
5.2 O óleo lubrificante usado e contaminado (OLUC).....	25
6 LOGÍSTICA E LOGÍSTICA REVERSA	27
6.1 Gestão de dispensação adequada do OLUC	28
6.2 Logística da produção e da comercialização dos óleos lubrificantes no Brasil.....	28
6.3 Certificados de coleta	29
7 LEGISLAÇÃO	31
8 QUESTÕES AMBIENTAIS.....	33
8.2 Embalagens de lubrificantes usadas	33
9 RECICLAGEM E RERREFINO	35
9.1 Os números de coleta e a produção da indústria do rerrefino	36
9.2 Rerrefino	38
9.2.1 Ácido/argila via tratamento térmico	39
9.2.2 Destilação Flash ou evaporação pelicular	40
9.2.3 Extração a propano	42

10	MOTODOLOGIA	44
11	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Devido à grande demanda de óleos lubrificantes estar em constante crescimento, o seu descarte após seu uso é um desafio, pois boa parte do lubrificante ainda não é reciclado. O lubrificante representa cerca de 2 a 3% dos derivados do petróleo e é um dos poucos que não são consumidos durante o seu uso. Com isso, gera um resíduo que é considerado muito perigoso, pois contem em sua formulação metais pesados, ácidos orgânicos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e dioxinas, todas as substâncias altamente poluentes. Com os conceitos de Logística Reversa e o processo de reciclagem, chamado Rerrefino, pode ser retirado do óleo queimado, cerca de 80 a 85% do óleo básico, que é a principal substância do lubrificante.

A preocupação com o descarte correto de óleos lubrificantes usados vem aumentando significativamente. Com o passar dos anos, os órgãos ambientais vem deixando as legislações cada vez mais rigorosas e estão criando campanhas de conscientização, pois este resíduo não pode ser descartado em qualquer local e precisa de uma atenção especial em sua dispensação.

É importante salientar também a contribuição deste trabalho com um dos assuntos mais falados no mundo, que é a sustentabilidade, pois através da logística reversa dos lubrificantes e seus processos de reciclagem, pode-se evitar a contaminação do meio ambiente e consequentemente manter o mundo saldável para as gerações futuras.

Este trabalho trata-se de uma pesquisa bibliográfica e tem como objetivo reunir conhecimento teórico, detalhando o ciclo de vida do óleo lubrificante, como deve ser a dispensação do óleo lubrificante usado ou contaminado e como funciona o processo de rerrefino no Brasil.

Este propósito será conseguido mediante a levantamento bibliográficos, buscando conhecimento teórico já disponível, seja em periódicos, livros, anais de congressos, normas, arquivos de meio digital, teses, visitas técnicas em empresas do segmento e análise da legislação vigente referentes ao assunto.

2 PETRÓLEO

O petróleo bruto cobre uma grande variedade de materiais que consistem em misturas de hidrocarbonetos e outros compostos contendo quantidades variáveis de enxofre, azoto, e oxigênio, que pode variar amplamente na volatilidade, gravidade específica e viscosidade. (SPEIGHT, 2014).

A origem do petróleo ainda gera dúvidas, pois é um dos grandes mistérios da natureza. Várias teorias surgiram ao longo dos anos. Segundo Espinola (2013), pela teoria mais aceita, o petróleo é o resíduo de restos orgânicos, principalmente do plâncton microscópico flutuante no mar, e, também, de plantas que se encontram no fundo dos oceanos, lagos e zonas costeiras.

Durante milhões de anos, estes materiais orgânicos ricos em hidrogênio e carbonos foram acumulados sob níveis sucessivos de vegetais, e, gradativamente, converteram-se em hidrocarbonetos, ou seja, petróleo e gás natural. (SPEIGHT, 2014).

O petróleo é um composto muito versátil e é matéria prima para inúmeros produtos. Através do refino do petróleo bruto, segundo a Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis (2018), pode-se obter:

- a) Gás de petróleo: gás residual com 1 a 2 átomos de carbono, usado para aquecimento e para a indústria;
- b) Gás liquefeito de petróleo (GLP): com 3 a 4 átomos de carbono, usado principalmente para cozinhar;
- c) Nafta: com 5 a 10 átomos de carbono, é um produto intermediário que irá se transformar em gasolina ou servirá de matéria-prima para a indústria petroquímica;
- d) Gasolina: com 5 a 8 carbonos, é utilizada como combustível para motores do ciclo Otto*. É uma nafta que se transformou em gasolina por outros processos químicos;
- e) Querosene: com 11 a 12 carbonos, é usado principalmente como combustível para turbinas de jatos, além de outras aplicações;
- f) Óleo diesel: com 13 a 18 carbonos, é um combustível usado principalmente em transporte rodoviário e aquaviário, em motores do ciclo diesel, além de ser utilizado também em termoelétricas e para aquecimento;
- g) Óleo lubrificante: com 26 a 38 carbonos, é usado principalmente na lubrificação de motores e engrenagens e como matéria-prima para graxas;
- h) Óleo combustível: até 39 carbonos, é utilizado principalmente como fonte de calor no segmento industrial;

i) Resíduos: até 80 carbonos, servem como material inicial para a fabricação de outros produtos. Nesta faixa de compostos mais pesados estão: coque, asfalto, alcatrão, breu, ceras e outros.

Ainda de acordo com a ANP – Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis, a cada ano que passa a produção do petróleo apresenta um crescimento considerável. Conforme quadro 1 abaixo, pode ser observado que no ano de 2017 foram produzidos 152.139.361 metros cúbicos de petróleo, aproximadamente 4% de aumento comparado ao ano de 2016. Já no ano de 2018, vem mantendo a média produzida em 2017.

Quadro 1 - Produção de petróleo em metros cúbicos no Brasil de 2014 - 2018

Dados	2014	2015	2016	2017	2018
Janeiro	10.116.220	12.171.006	11.597.169	13.241.004	12.889.260
Fevereiro	9.302.576	10.823.538	10.765.924	11.910.378	11.651.492
Março	10.441.978	11.893.518	11.159.478	12.567.784	12.603.924
Abril	10.236.311	11.419.328	10.923.091	12.109.928	12.385.403
Mai	10.790.535	11.888.262	12.257.983	13.076.946	12.851.125
Junho	10.710.183	11.427.871	12.202.867	12.757.633	12.351.456
Julho	11.174.551	12.153.759	12.733.059	12.927.061	12.691.799
Agosto	11.465.498	12.552.588	12.857.465	12.696.405	12.428.694
Setembro	11.249.119	11.424.773	12.741.490	12.651.851	
Outubro	11.794.528	11.860.458	12.932.062	12.949.556	
Novembro	11.245.741	11.349.421	12.441.672	12.375.461	
Dezembro	12.307.870	12.481.025	13.454.317	12.875.354	
Total do ano	130.835.108	141.445.548	146.066.577	152.139.361	99.853.152

Fonte: Adaptado de ANP, 2018. * Dados até agosto de 2018.

3 BASES LUBRIFICANTES

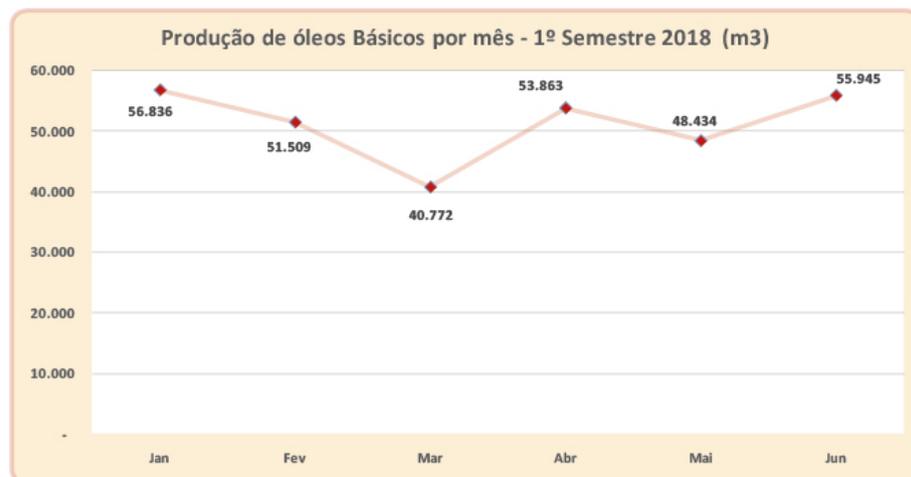
Geralmente originadas do petróleo cru, as bases podem ser na sua maioria minerais ou sintéticas, na qual cada uma das categorias tem particularidade na sua produção. As bases minerais são obtidas através da refinação do petróleo cru e as sintéticas pela síntese de compostos relativamente puros com propriedades adequadas para o uso como lubrificante (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).

De um modo geral, os básicos sintéticos têm como vantagens sobre os básicos minerais, maior estabilidade térmica e à oxidação, menor volatilidade e preferível a baixas temperatura. Porém, perdem no preço, na versatilidade e na reciclabilidade ao se compararem com os minerais (SPEIGHT; EXALL, 2014)

Outro tipo de base muito usada, é a base semissintética, que é a junção de óleo mineral e o sintético. Esse tipo de produção garante que o óleo tenha performance superior a dos lubrificantes de minerais (STABELINI, 2018).

De acordo com a ANP – Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis (2108) e Portal Lubes (2018), foram produzidos nas refinarias brasileiras cerca de 307,4 mil metros cúbicos de óleo básico no primeiro semestre de 2018. Conforme mostrado na figura 1 abaixo:

Figura 1 - Produção de óleos básicos no primeiro semestre de 2018



Fonte: Portal Lubes, 2018.

Além dos óleos básicos produzidos pelas refinarias brasileiras, o Brasil importou de janeiro a junho de 2018 o equivalente a 273,4 mil metros cúbicos de óleo básico, significando

39% de todo o óleo básico consumido no país, nesse período (PORTAL LUBES, 2018). Conforme figura 2.

Figura 2 – Importação de óleos básicos no primeiro semestre de 2018

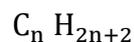


Fonte: Portal Lubes, 2018.

3.1 Óleos básicos minerais

São os mais utilizados e originados do refino do petróleo. O óleo base é tipicamente definido como um óleo com intervalo de ebulição de pontos entre 300 ° C (550 ° F) e 565 ° C (1050 ° F), composto por hidrocarbonetos com 18 a 40 átomos de carbono. Este óleo pode ser parafínico ou naftênico por natureza dependendo da estrutura química das moléculas constituintes (SPEIGHT; EXALL, 2014). Pode conter algumas porcentagens de enxofre, nitrogênio e oxigênio. Existe uma classificação que é baseada no tipo de hidrocarboneto predominante e podem ser classificadas em: parafínicos, naftênicos e compostos aromáticos.

Os óleos básicos provenientes de petróleos com características parafínicas (alcanos) e com cadeias ramificadas, são os mais adequados para formulação dos lubrificantes utilizados nos motores de combustão interna (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).



Os compostos naftênicos (cicloparafinas) são o tipo mais comum de hidrocarboneto encontrado nos óleos lubrificantes. Apresenta moléculas em formas de anéis. Tem como principal característica baixo ponto de fluidez, permitindo assim a sua utilização na formulação

de óleos para lubrificação em condições de baixas temperaturas como, por exemplo, óleos para compressores de refrigeração. (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006)



Os compostos aromáticos assim como os naftênicos, contem anéis de carbono. Porém, com uma proporção bem inferior de átomos de hidrogênio. São bons solventes, porém não são adequados para fins lubrificantes (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).



Como os compostos aromáticos não são bons para lubrificação, os óleos lubrificantes minerais podem ser então classificados, de acordo com sua origem, em naftênicos e parafínicos. A diferença entre eles predomina na aplicação, pois eles poderão ser mais ou menos indicado para determinado fim (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006). No quadro 2 é representado uma comparação entre os dois tipos de óleo lubrificante.

Quadro 2 - Comparação das características dos óleos básicos minerais parafínicos e naftênicos

Propriedades	Parafínicos	Naftênicos
Índice de Viscosidade	Alto	Baixo
Ponto de fluidez	Alto	Baixo
Volatilidade	Baixa	Alto
Resistencia a oxidação	Boa	Média
Resíduo de carbono	Alto	Baixa

Fonte: (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).

3.2 Óleos básicos sintéticos

Os óleos básicos sintéticos são compostos químicos que são sintetizados artificialmente. Pode ser obtido através de constituintes de petróleo quimicamente modificados em vez de óleo bruto e também pode ser sintetizado a partir de outras matérias-primas. (SPEIGHT; EXALL, 2014)

Segundo Belmiro e Carreteiro (2006), a criação desses compostos veio da necessidade industriais e, especialmente militares, de lubrificantes que suportasse as condições mais severas possíveis. Teve o intuito de trazer mais pureza ao lubrificante, trazendo óleos com excelentes propriedades.

Óleos sintéticos podem cobrir uma ampla gama de produtos químicos, mas são geralmente encontrados nas seguintes categorias: hidrocarbonetos sintéticos, ésteres de hidrocarbonetos, ésteres de fosfato, glicóis, hidrocarbonetos clorados e os silicones (JAFARI; HASSANPOUR, 2015).

3.2 Óleos básicos semissintéticos

As bases semissintéticas nada mais são do que misturas de óleo básico mineral com os sintéticos. São elaborados para reunir as principais qualidades e características de cada um deles, porém com um preço mais acessível que os óleos puramente sintéticos (STABELINI, 2018).

4 ADITIVOS

Para se obter o lubrificante acabado não basta apenas sua principal matéria prima, o lubrificante precisa cada vez mais de ter qualidade e propriedades que estão diretamente ligadas à sua aplicação, condições de ambientes e temperaturas. A fim de satisfazer estas exigências, a maior parte dos lubrificantes contém pequenas quantidades de aditivos que aprimoram as propriedades do óleo ou adiciona propriedades que não se apresentam no mesmo (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006)

Além dos aditivos conferir propriedades novas e úteis ao lubrificante e molhorar algumas propriedades já presentes, também atuam para reduzir a taxa na qual alterações indesejáveis ocorrem no produto durante a vida útil de o óleo lubrificante.

Cada aditivo é selecionado por sua capacidade de executar uma ou mais funções específicas em combinação com outros aditivos. Normalmente, vários aditivos estão presentes no óleo lubrificante em concentrações na ordem de 12% a 15% e eles desempenham um papel importante em assegurar que o óleo acabado atende as especificações exigidas.

Os aditivos conferem características especiais de desempenho ao óleo acabado. A escolha de aditivos e o equilíbrio entre eles diferenciam um óleo hidráulico antidesgaste de um óleo de turbina, por exemplo. Alguns aditivos modificam características físicas do lubrificante. Outros tem como seu efeito final a alteração das propriedades químicas do lubrificante ou são adicionados para fins cosméticos (SPEIGHT; EXALL,2014)

Existem inumeros tipos de aditivos encontrado com diversas formulação a fim de atender diferentes aplicações (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006). A seguir alguns exemplos de aditivos mais utilizados.

4.1 Antiespumantes

As bolhas de ar são originadas devido a agitação e a aeração do lubrificante devido a condições de trabalho em que se atua, formando espuma. A espuma contribui diretamente com a oxidação do óleo e diminui o efeito de lubrificação, impedindo a formação da película lubrificante entre as superfícies, ocasionando na falta de óleo.

Uma quantidade muito pequena de aditivos antiespumantes são adicionados, para amenizar a tendência de formação de espumas. Produtos como silicone ou polimetacrilato de alquila com baixo peso molecular são usados: são insolúveis em óleo e concentram-se na

interface líquido-ar. Deles tensão superficial fraca inibe a formação de espuma estável pela rápida coalescência de bolhas de ar (GUIMARÃES, 2006).

4.2 Antioxidantes

Também conhecido como inibidor de oxidação e corrosão, tem o objetivo de reduzir a oxidação do lubrificante, medido pelo aumento da viscosidade e pela acidez total. É capaz de prevenir a formação de verniz e promove a redução da corrosão nos mancais de cobre/chumbo. Um aditivo altamente eficiente é o dialquil-ditiofosfato de zinco, que possui mais de uma função como antidesgaste, inibidor de oxidação e corrosão (GUIMARÃES, 2006).

4.3 Antidesgaste

O aditivo antidesgaste tem como função a redução do contato entre metais das partes da máquina. Forma-se uma película de lubrificante sólida, através de uma reação química com o metal, evitando a solda e o agarramento de superfícies, quando ocorre a ruptura da película de óleo (SPEIGHT; EXALL, 2014)

4.4 Inibidores de ferrugem e corrosão

Os inibidores de ferrugem e corrosão são preparados para agir contra o ataque de oxigênio, água e outras substâncias quimicamente ativas, formamando um filme nas superfícies do mancal que impede que os materiais corrosivos atinjam ou ataquem o metal. Esses aditivos podem ser de dois tipos: os inibidores oxigenados ou inibidores nitrogenados. Enquanto os inibidores oxigenados são essencialmente ácidos carboxílicos com cadeias orgânicas, os inibidores nitrogenados são essencialmente aminas gordurosas e seus produtos derivados (SPEIGHT; EXALL, 2014).

4.5 Melhorador de índice de viscosidade

Os melhoradores de índice de viscosidade têm como finalidade diminuir a variação da viscosidade em função da temperatura. São utilizados quando o lubrificante necessita trabalhar satisfatoriamente em um ambiente com grande variação na temperatura. Com seu uso a viscosidade se eleva a temperatura, devido às mudanças das características de solubilidade e,

nessa condição, o polímero aumenta o volume, conseqüentemente diminui quando a temperatura abaixa.

Vários polímeros têm essa propriedade de modificar o índice de viscosidade, tais como, copolímeros de olefinas, copolímero de estireno e butadieno, etc, porém um dos mais utilizados são os poli metacrilatos (GUIMARÃES, 2006).

4.6 Detergentes

Os detergentes são capazes de neutralizar os ácidos presentes no lubrificante e remove os produtos de neutralização da superfície do metal. Os detergentes também formam um filme na superfície da peça, evitando altas temperaturas, formação de laca, carbono e depósitos de verniz (GUIMARÃES, 2006).

4.7 Dispersantes

Os dispersantes têm como finalidade reduzir o tamanho e neutralizar os produtos de alta oxidação, fazendo com que esses contaminantes fiquem dispersos no óleo e evita que formem depósitos nas superfícies metálicas (MACEDO, 2017).

4.8 Aditivos de extrema pressão

Aditivos de extrema pressão normalmente são utilizados quando a pressão exercida na película do lubrificante excede certos limites, eles impedem danos como arranhões e desgastes prematuros. São muito utilizados em sistemas de transmissão e diferencias (MACEDO, 2017).

5 LUBRIFICAÇÃO E LUBRIFICANTES

Sempre que uma superfície desliza sobre outra, existe uma resistência ao movimento. Essa resistência é chamada de atrito. O atrito é o resultado das asperezas das superfícies. Por mais polidas que sejam as superfícies, através de microscópios pode ser encontrada asperezas.

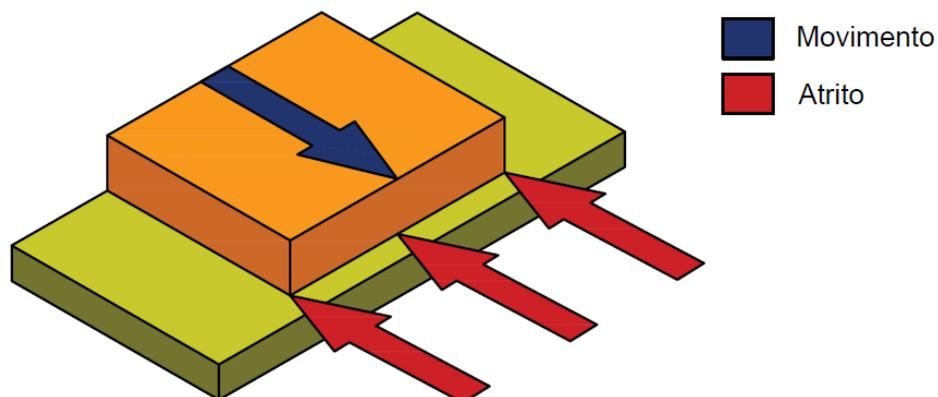
Quando o atrito é excessivo, é necessário que uma força extra atue sobre uma das superfícies para que haja o movimento e vencer o atrito. Isso resulta em calor e perda de energia, aumenta o desgaste, assim diminui a vida útil da máquina.

A lubrificação atua na redução do atrito criando uma película de lubrificante entre duas superfícies em movimento, impedindo o contato direto entre elas.

A película lubrificante possui várias camadas, com as duas camadas externas em contato com as superfícies. Conforme uma superfície se move sobre a outra, as camadas externas se aderem as superfícies, porém as películas interiores são forçadas a deslizar uma sobre as outras e entram em cisalhamento, favorecendo o movimento. A força necessária para vencer a resistência ao movimento causadas pelas asperezas das superfícies diminui consideravelmente com a ação das camadas de lubrificantes.

Com a lubrificação correta, reduz-se o atrito, poupa energia e reduz o desgaste do equipamento, favorecendo o aumento de sua vida útil (SPEIGHT; EXALL, 2014). Na figura 3 abaixo pode-se verificar a força contrária ao movimento, o atrito.

Figura 3 - Força atrito



Fonte: o Autor.

5.1 Óleo Lubrificante acabado (OLAC)

O óleo lubrificante acabado é o produto pronto para ser utilizado para a finalidade para a qual foi elaborado e representa cerca de 2% (dois por cento) dos derivados de petróleo e são os únicos que podem ser mantidos com as características originais, podendo exercer suas funções por períodos como 20 anos ou mais em embalagens fechadas. Os demais derivados de petróleo são consumidos ou perdem suas características originais na primeira utilização.

As principais funções do óleo lubrificante acabado incluem redução de atrito, levando embora o calor, protegendo contra a ferrugem, protegendo contra o desgaste, e remoção de contaminantes (JAFARI; HASSANPOUR, 2015).

Além de atuar na redução do atrito, o lubrificante pode apresentar outras características que os possibilitam realizar outras funções. Podem ser utilizados na transferência de calor, na refrigeração de um sistema, transferência de energia, na proteção contra a corrosão e pode ser utilizado com agente de vedação, isto é, impede a entrada de impurezas no sistema (ANP, 2016).

No Brasil todos os óleos lubrificantes devem atender as especificações técnicas (que garantem a sua qualidade e segurança) estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, e devem possuir registro perante esse órgão (MANUAL DE PROCEDIMENTOS, Resolução Conama nº 362/2005).

Na tabela 3 pode ser visto a produção de lubrificantes no Brasil desde 2012 até o ano de 2018.

5.1.1 Característica dos lubrificantes

A verificação das características dos óleos far-se-á mediante o emprego das Normas Brasileiras Registradas (NBR), dos métodos da *American Society for Testing and Materials* (ASTM) e da *Deutsche Norm* (DIN) (Portaria número 129 da ANP, 1999).

- a) Aparência - é uma indicação visual da pureza do óleo e permite verificar a presença de contaminantes visíveis.
- b) Cor - Através de um ensaio visual é possível determinar variações na cor determinada de um óleo lubrificante que podem indicar uma possível contaminação ou indícios de oxidação.
- c) Viscosidade - é a resistência ao escoamento a uma determinada temperatura. É uma das principais características do óleo lubrificante.

- d) Índice de Viscosidade - é a variação da viscosidade do óleo de acordo com a temperatura. Quanto maior o índice de viscosidade menor é a variação da viscosidade em relação a temperatura, propriedade desejada para ambientes de trabalhos sujeitos a alta variação de temperatura.
- e) Ponto de Fulgor - dá uma indicação da possível presença de compostos voláteis e inflamáveis no óleo. É definido como a menor temperatura, sob determinadas condições de teste, 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.
- f) 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.
- g) 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.
- h) Cinzas - a quantidade de cinzas presentes no óleo pode ser resultante da presença de compostos metálicos no óleo ou solúveis em água, bem como de outros materiais tais como poeira e ferrugem.
- i) Resíduo de Carbono Ramsbottom - indica a tendência do óleo à formação de depósitos de carbono, quando submetido a altas temperaturas.
- j) Corrosividade ao cobre - dá uma indicação relativa do grau de corrosividade do óleo.
- k) Estabilidade à oxidação - indica a capacidade de resistência à oxidação do óleo quando submetido a longos períodos de estocagem ou sob condições dinâmicas de uso.
- l) Emulsão - é um indicativo da capacidade de separação da água do óleo quando submetido a contaminação por água.
- m) 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.

5.2 O óleo lubrificante usado e contaminado (OLUC)

O lubrificante pode ser degradado por muitos tipos de falhas e está sujeito a inúmeras condições que podem degradar o óleo base e sua aditivação. Tais fatores incluem umidade, calor, entrada de ar no sistema, incompatibilidade, gases, contaminação interna ou externa,

radiação, constituintes do processo e misturas com outros fluidos. Com o passar do tempo a degradação é inevitável e como produto desse processo surge o OLUC (SPEIGHT; EXALL, 2014).

O OLUC é considerado um produto altamente tóxico pela ABNT, na norma NBR 10.004 de 2004, conforme imagem abaixo, por apresentar em sua composição ácidos orgânicos, Hidrocarbonetos Polinucleares Aromáticos (HPAs) e dioxinas, além de metais pesados como, por exemplo, cádmio, níquel, chumbo, mercúrio, cromo e cobre.

A legislação determina a reciclagem como sendo o descarte ambientalmente correto para o óleo lubrificante, em entendimento com a “política dos 3Rs” (reduzir, reusar, reciclar) adotada mundialmente. Também desautoriza o descarte diretamente na natureza e a queima do produto como forma de dispensação do mesmo (MANUAL DE PROCEDIMENTOS, Resolução Conama nº 362/2005).

De acordo com as logísticas vigentes, é responsabilidade do produtor e importador do óleo lubrificante fazer a coleta, ou garanti-la, e dar a destinação final ao OLUC, respeitando a proporção do óleo lubrificante acabado que colocarem no mercado (MANUAL DE PROCEDIMENTOS, Resolução Conama nº 362/2005).

6 LOGÍSTICA E LOGÍSTICA REVERSA

Segundo Braga e Muniz (2015) e Campos (2007), a logística é responsável por comprar, armazenar e distribuir matérias e produtos acabados por toda a linha de produção e pela cadeia produtiva, ao menor custo possível e ao prazo necessário, incluindo também todas as formas de movimento de produtos e informações.

Segundo Rogers e Tibben-Lembke (1999), a Logística Reversa pode ser definida como a área da Logística Empresarial responsável pelo planejamento, operação e controle dos fluxos reversos de matérias-primas, estoques de processo, produtos acabados e as respectivas informações desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recapturar valor ou adequar seu destino, podendo gerar diversos benefícios que originam ganhos de competitividade e se refletem nas esferas econômica, social e ambiental.

A logística reversa é responsável por realizar o ciclo reverso na produção de um determinado produto, atuando de forma a gerenciar e operacionalizar o retorno dos materiais ou bens a sua venda ou consumo, à suas origens, com isso agrega mais valor aos mesmos. Dessa maneira a logística reversa atua diretamente com o conceito de sustentabilidade.

De acordo com Lacerda (2002), “A vida de um produto, do ponto de vista logístico, não termina com sua entrega ao cliente. Produtos se tornam obsoletos, danificados, ou não funcionam e deve retornar ao seu ponto de origem para serem adequadamente descartados, reparados ou reaproveitados”.

O consumidor da atualidade já consegue ter uma visão de que os dejetos podem causar danos a um futuro próximo. A falta de aterros sanitários e constante crescimento de emissão de poluentes, geram grandes discussões no mundo inteiro. Essas preocupações se refletem nas empresas e indústrias que são as maiores responsáveis pelo aumento desses resíduos. A Logística Reversa vem trazendo o conceito de se administrar não somente a entrega do produto ao cliente, mas também o seu retorno, direcionando-o para ser descartado ou reutilizado (MUELLER, 2005).

Segundo Mueller (2005), as principais razões que levam as empresas a atuarem em Logística Reversa são:

- a) Legislação Ambiental que força as empresas a retornarem seus produtos e cuidar do tratamento necessário;
- b) benefícios econômicos do uso de produtos que retornam ao processo de produção, ao invés dos altos custos do correto descarte do lixo;
- c) a crescente conscientização ambiental dos consumidores;

- d) Razões competitivas – Diferenciação por serviço;
- e) limpeza do canal de distribuição;
- f) proteção de Margem de Lucro;
- g) recaptura de valor e recuperação de ativos.

O OLUC, devido ao seu grau de contaminação, requer especificações adequadas de infraestrutura logística para seu gerenciamento (CONAMA 362/05).

6.1 Gestão de dispensação adequada do OLUC

De acordo com a Resolução CONAMA 362 de 2005, o produtor, o importador, o revendedor de óleo lubrificante acabado e o gerador de óleo lubrificante usado são responsáveis pelo recolhimento do óleo lubrificante usado ou contaminado.

São classificados em cinco as categorias de atores que estão diretamente ligados ao ciclo do óleo lubrificante nas fases dos processos de coleta e destinação adequada.

- a) Produtores e Importadores: São pessoas jurídicas que introduzem o óleo lubrificante acabado no mercado e possuem a obrigação legal de custear sua coleta e de informar aos consumidores (geradores) as obrigações que estes têm e os riscos ambientais decorrentes do eventual descarte ilegal do resíduo;
- b) Revendedores: Pessoas jurídicas que comercializam óleo lubrificante acabado no atacado e no varejo que, dentre outras obrigações, devem receber dos geradores o óleo lubrificante usado.
- c) Geradores: Pessoas físicas ou jurídicas que, em função do uso de lubrificantes, geram o óleo lubrificante usado e que têm obrigação de entregar este resíduo perigoso ao ponto de recolhimento;
- d) Coletores: Pessoas jurídicas devidamente licenciadas pelo órgão ambiental competente e autorizadas pela ANP para realizar a atividade de coleta;
- e) Rerrefinadores: Pessoas jurídicas devidamente autorizadas pela ANP e licenciada por órgão ambiental competente para a atividade de rerrefino, que têm por obrigação remover os contaminantes do resíduo perigoso e produzir óleo lubrificante básico.

6.2 Logística da produção e da comercialização dos óleos lubrificantes no Brasil.

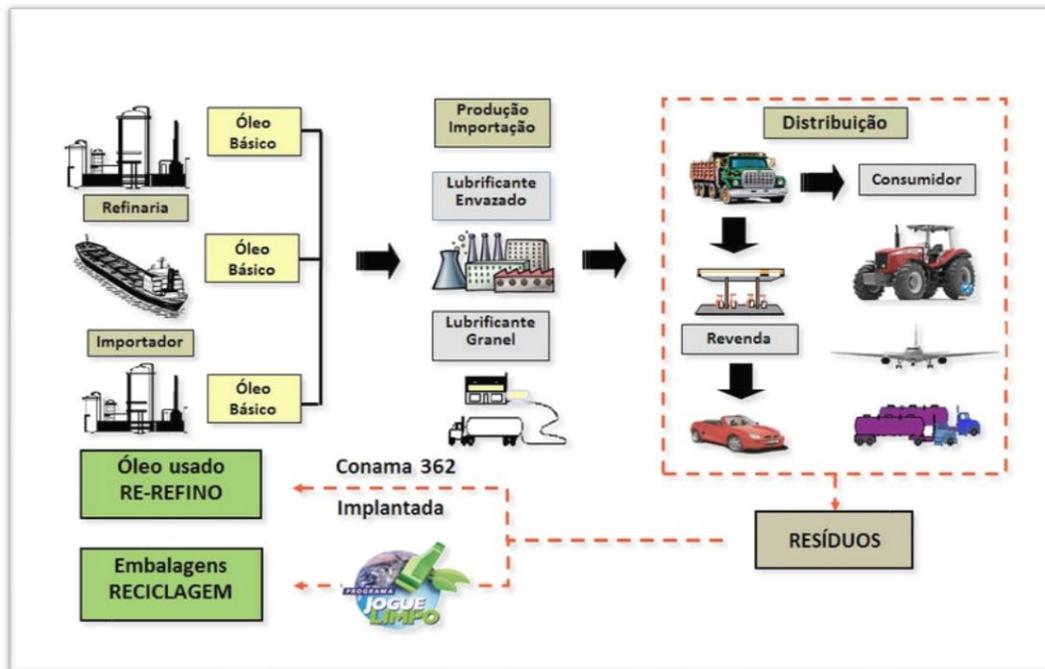
Os óleos Básicos são originados nas refinarias e logo em seguida encaminhados aos produtores, dando origem aos óleos lubrificantes acabados (OLAC).

Após sua produção, são enviados para os pontos de comercialização (revendedores) constituído por postos de combustíveis, supermercados e lojas especializadas, que fazem a distribuição para os consumidores.

Ao ser utilizado e terminado a vida útil do lubrificante, o resíduo deverá ser coletado e repassado para os rerrefinadores cadastrados na ANP, onde entrará como matéria prima e será retornado ao processo de produção, evitando sua dispensação inadequada.

Todos os desvios presentes nesse ciclo que direcionam o OLUC para a queima como combustíveis em fornos, olarias e caldeiras ou dispensação na natureza, está proibido pela Resolução Conama N° 362/2005 (MANUAL DE PROCEDIMENTOS, Resolução Conama n° 362/2005). A figura 4 apresenta a logística do óleo lubrificante.

Figura 4 - Ciclo de vida do óleo lubrificante



Fonte: Sindirrefino, 2018.

6.3 Certificados de coleta

A figura 5, trata-se de um documento de emissão regulamentada e controlada, como se fosse uma nota fiscal, e como está uma numeração única e progressiva, além de vários elementos identificadores obrigatórios. (ANP, 2018)

Figura 5- Certificado de coleta

CERTIFICADO DE COLETA DE ÓLEO USADO

														
DADOS DA COLETORA NOME Endereço: Cadastro na ANP n°		CERTIFICADO DE COLETA DE ÓLEO USADO N° _____ Local UF Data / /												
Declaramos haver coletado o volume de óleo lubrificante usado ou contaminado, conforme discriminado ao lado, do gerador abaixo identificado:		<table border="1"> <tr> <td>Óleo automotivo</td> <td></td> <td>LITROS</td> </tr> <tr> <td>Óleo Industrial</td> <td></td> <td>LITROS</td> </tr> <tr> <td>Outros</td> <td></td> <td>LITROS</td> </tr> <tr> <td>Soma</td> <td></td> <td>LITROS</td> </tr> </table>	Óleo automotivo		LITROS	Óleo Industrial		LITROS	Outros		LITROS	Soma		LITROS
Óleo automotivo		LITROS												
Óleo Industrial		LITROS												
Outros		LITROS												
Soma		LITROS												
RAZÃO SOCIAL RUA (nome, n°, etc)														
BAIRRO	CIDADE	UF												
CEP	CNPJ													
FONE	FAX													

1ª via (Gerador) 2ª via (Fixa/Contabilidade) 3ª via (Reciclador)

Assinatura do Gerador (Detentor)

Assinatura do Coletor

Fonte: ANP, 2018.

7 LEGISLAÇÃO

Os óleos lubrificantes usados ou contaminados é classificado, de acordo com a NBR 10.004 (2010) como resíduo perigoso classe I por apresentar em sua composição ácidos orgânicos, Hidrocarbonetos Polinucleares Aromáticos (HPAs) e dioxinas, além de metais pesados como, por exemplo, cádmio, níquel, chumbo, mercúrio, cromo e cobre - todos considerados potencialmente carcinogênicos, (figura 6).

Para a destinação dos resíduos, de acordo com o Decreto nº 12.305 (2010), o processo deve seguir princípios impostos e sancionados pela lei. Os órgãos regulamentadores por meio de resoluções aplicam as leis que são a base comprovadora por estudos de ser a melhor de efetuar o descarte desse resíduo, pois o mesmo tem sua destinação ao menos no papel definida.

Os órgãos regulamentadores por meio de resoluções aplicam as leis que são a base comprovadora por estudos de ser a melhor de efetuar o descarte desse resíduo, pois o mesmo tem sua destinação ao menos no papel definida.

Segundo Sindirrefino (2018), a Resolução Conama 362/2005, no seu artigo 11, institui a criação do GMP - Grupo de Monitoramento Permanente, que é responsável por acompanhar a aplicação e a implementação desta Resolução, que trata da disposição adequada dos óleos lubrificantes usados ou contaminados no meio ambiente.

De acordo com a Resolução 450/2012 no seu o artigo 9, estabelece que, “o Ministério do Meio Ambiente, na segunda reunião ordinária do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA de cada ano, apresentará o percentual mínimo de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado, acompanhado de relatório justificado detalhado, e ao IBAMA apresentará relatório sobre os resultados da implementação desta Resolução”.

Conforme a NBR 12.235, de abril de 1992, aplica-se ao armazenamento de todos e quaisquer resíduos perigosos - Classe I, conforme definido na NBR 100004 (2004).

Figura 6 - Classificação do OLUK como resíduo tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F100	Óleos de isolamento térmico ou de refrigeração usados. Fluidos dielétricos, equipamentos, materiais e resíduos contaminados com bifenilas policloradas (PCB)	Bifenilas policloradas (PCB)	Tóxico
F130	Óleo lubrificante usado ou contaminado	Não aplicável	Tóxico
F230	Fluido e óleo hidráulico usado	Não aplicável	Tóxico
F330	Óleo de corte e usinagem usado	Não aplicável	Tóxico
F430	Óleos usados em isolamento elétrico, térmico ou de refrigeração	Não aplicável	Tóxico

NOTA Não aplicável - Termo empregado quando o resíduo enquadra-se como perigoso pela presença de um grande número de constituintes perigosos ou pelo efeito do conjunto destes.

Fonte: NBR 10.004, 2010.

8 IMPACTOS AMBIENTAIS

O óleo lubrificante usado é insolúvel, persistente e pode conter produtos químicos tóxicos e metais pesados. O óleo usado é lento para biodegradar e é uma importante fonte de contaminação de hidrovias de petróleo, o que também leva à poluição de fontes de água potável. (SPEIGHT; EXALL, 2014).

Segundo Lwart Lubrificantes (2018), sem o descarte correto indicado pela lei, o óleo lubrificante usado ou contaminado volta para o ser humano através da contaminação dos solos, da água e do ar.

Um litro de óleo lubrificante usado é capaz de contaminar um milhão de litros de água, quantidade que uma pessoa leva cerca de quatorze anos para consumir.

Quando descartado no solo, o OLUC pode contaminar os mananciais de água, recurso natural tão importante à sobrevivência humana. Além disso, sua queima indiscriminada gera gases tóxicos e pode provocar doenças graves e agravar o efeito estufa. (LWART LUBRIFICANTES, 2018).

Os ecossistemas também sofrem danos com o descarte incorreto de lubrificantes. De acordo com Figueiredo (2015), o ecossistema mais prejudicado por danos devido ao descarte de óleos lubrificantes é o marinho. Navios, efluentes e descarte criminoso são fontes contínuas de poluição por óleo no mar. Os acidentes, apesar de eventuais, contribuem com enormes quantidades e geram danos de longo prazo para recuperação do ecossistema afetado.

Segundo Braga e Muniz (2015) e também Sindirrefino (2010), o setor de lubrificantes necessita de um grande consumo de energia, por conta disso, gera quantidades de emissões gasosas, líquidas e sólidas que contaminam o meio ambiente. Por isso, é de grande importância fazer uma avaliação do setor no que se refere às questões ambientais, tornando-se necessário conhecer, quantificar e qualificar os recursos utilizados, os resíduos, bem como as emissões geradas na destinação final dos OLUC.

8.2 Embalagens de lubrificantes usadas

Segundo Muniz e Braga (2015) e Programa jogue limpo (2018), as embalagens de óleo lubrificante são de polietileno de alta densidade (PEAD), um plástico rígido, inquebrável, impermeável, com resistência química e a baixas temperaturas. Além da perda do PEAD, o descarte dessas embalagens é bastante preocupante devido ao alto nível de contaminação dos recursos hídricos por meio dos resquícios que permanecem contidos nesses recipientes

Existe um programa chamado Jogue Limpo (figura 7), que faz a logística reversa de embalagens de lubrificantes pós-consumo que tem como objetivo fazer a destinação ambientalmente correta destas embalagens visando atender as legislações ambientais. (Jogue limpo, 2018).

Figura 7 - Programa jogue limpo



Fonte: Simepetro, 2015.

9 RECICLAGEM E RERREFINO

A reciclagem do lubrificante é o procedimento mais correto para seu descarte e visando isso, a preocupação com esta questão tem aumentado significativamente ao longo do tempo. Em países de primeiro mundo, a coleta é considerada necessidade de proteção ambiental. (SPEIGHT e EXALL, 2014).

Geralmente os óleos são contaminados com produtos leves (água, combustível) , compostos solúveis (solventes e aditivos) e insolúveis (detergentes/dispersantes e melhorador de índice de viscosidade), decorrente das aplicações de trabalho e pelo ambiente em que ocorre sua utilização. O nível de contaminantes pode variar de acordo com a natureza de operação, condições mecânicas do sistema, carga operante, condições de temperatura, qualidade do óleo, condições de filtragem e capacidade do sistema (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006). Conforme Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 - Grau de contaminação das várias aplicações

Aplicação	Sólidos	Produtos de Deterioração	Água	Diluição
Óleo circulação	A	A	M	N
Óleo turbina	A	A	A	N
Óleo compressor	P	P	A	N
Óleo hidráulico	P	A	P	N
Óleo engrenagem	A	A	A	N
Óleo para motor	A	M	A	A
Óleo isolante	N	A	A	N
Óleo laminação	A	P	P	N
Óleo corte	M	P	P	N
Óleo têmpera	M	M	A	N
Óleo transf. calor	P	A	N	N

P = pouca; A = alguma; M = muita; N = nenhuma.

Fonte: Belmiro; Carreteiro, 2006.

9.1 Os números de coleta e a produção da indústria do rerrefino

A Portaria MMA/MME nº 100/2016, define o percentual mínimo de óleos lubrificantes usados ou contaminados, (quadro 4). No ano de 2018, o percentual mínimo de coleta para o Brasil é de 39,7 % do volume de óleo lubrificante acabado comercializado no país.

Quadro 4 - Porcentual mínimo de óleos lubrificantes usados ou contaminados

ANO	NORDESTE	NORTE	CENTRO-OESTE	SUDESTE	SUL	BRASIL
2016	33%	32%	36%	42%	38%	38,90%
2017	34%	33%	36%	42%	38%	39,20%
2018	35%	35%	37%	42%	39%	39,70%
2019	36%	36%	38%	42%	40%	40,10%

Fonte: Sindirrefino, 2018.

No quadro 5, a seguir, apresenta dados sobre a coleta de OLUC por região, de acordo com a ANP.

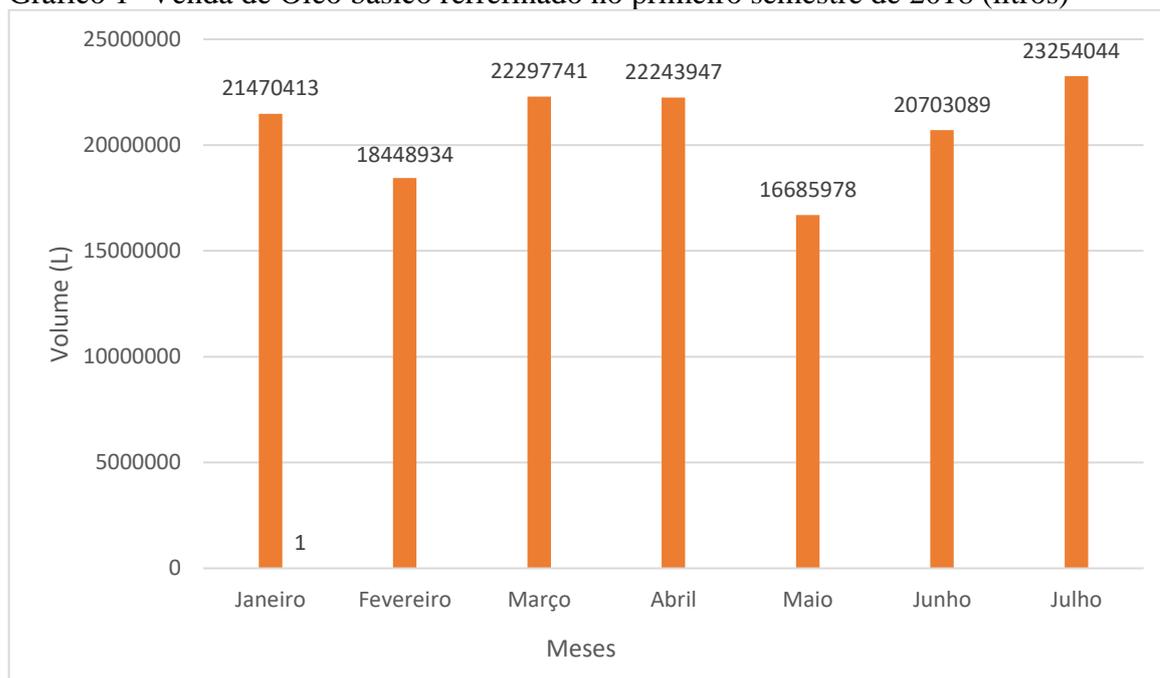
Quadro 5 - Volume de OLUC coletado por região. Acumulado de janeiro de 2016 a julho de 2018 em litros

Ano	2016	2017	2018	Total Geral
AM	12.332.421	9.182.813	8.143.617	29.658.851
BA	16.480.222	17.775.246	11.299.940	45.555.408
MG	48.443.584	49.714.585	28.063.503	126.221.672
MS	7.599.558	10.166.522	5.758.182	23.524.262
RJ	49.056.586	44.356.852	24.406.939	117.820.377
RS	29.540.086	29.312.216	17.478.833	76.331.135
SP	124.987.446	109.719.544	67.491.020	302.198.010
Total Geral	288.439.903	270.227.778	162.642.034	721.309.715

Fonte: ANP, 2018. *Até julho de 2018.

O gráfico 1 apresenta uma comparação entre as vendas de óleo básico nos meses do primeiro semestre de 2018. O mês de maior volume de vendas, de acordo com ANP (2018), foi o mês de julho.

Gráfico 1- Venda de Óleo básico rerrefinado no primeiro semestre de 2018 (litros)



Fonte: Adaptado de ANP, 2018.

9.2 Rerrefino

O Processo de Rerrefino consiste em fazer o processo reverso da produção do óleo lubrificante, realizando a remoção de contaminantes, produtos de degradação e aditivos dos óleos lubrificantes usados, conferindo as mesmas características de óleos básicos neutros, cujas características técnicas são iguais a do óleo de primeiro refino que é normalmente importado (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).

O Brasil é o quinto maior mercado de lubrificantes e consequentemente, o quinto maior gerador mundial de óleo usado. O recolhimento e encaminhamento à reciclagem dos óleos lubrificantes usados, por meio do processo de Rerrefino, tem um caráter econômico e estratégico, pois reduz um possível impacto ao meio ambiente e diminui a importação de óleo básico, necessário à formulação dos óleos lubrificantes colocados no mercado. (LOPES e SILVA, 2014).

Os contaminantes nos óleos automotivos podem ser classificados como: produtos voláteis, materiais solúveis e materiais insolúveis. Os componentes voláteis são água e combustível. Os materiais solúveis incluem os aditivos previamente incorporados. Os materiais insolúveis incluem fuligem, partículas metálicas, óxidos metálicos e poeira. (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).

O tratamento de óleos automotivos vem se tornando bastante complexo, em face dos aditivos e da quantidade de impurezas acumuladas devido aos intervalos cada vez maiores de troca de óleo.

Rerefino é o tratamento do óleo usado, em uma sequência de processos, que remove todos os contaminantes, incluindo água, sólidos, diluição, produtos de oxidação e aditivos previamente incorporados ao óleo básico, objetivando a obtenção de óleos básicos puros (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).

O óleo lubrificante usado é recebido, descarregado e passa por um processo de homogeneização. Passa por um Controle de Qualidade da empresa licenciada e após a aprovação da análise, o óleo é filtrado, desidratado e armazenados em tanques cuneiformes, localizados dentro de bacias de tancagem providas de contenção. Estas etapas são comuns para todos os processos que serão mencionados. É o chamado pré-tratamento (GONÇALVES, 2014) (ROCHA; GOMES; SOUSA, 2016).

De acordo com Sindirrefino (2018), no Brasil é utilizado três tipos de tecnologias responsáveis pela transformação do óleo lubrificante em óleo básico, o processo Ácido Argila via termocraqueamento, Destilação Flash ou Evaporação Pelicular e Extração a propano.

Todos os resíduos industriais proveniente do processo de rerefino podem ser enviados para unidades de coprocessamento em fornos de indústria de cimento, devidamente licenciadas pelos órgãos ambientais competentes. Da mesma forma o tratamento dos efluentes industriais deve ser feito de acordo com as diretrizes pertinentes (GONÇALVES, 2014).

9.2.1 Ácido/argila via tratamento térmico

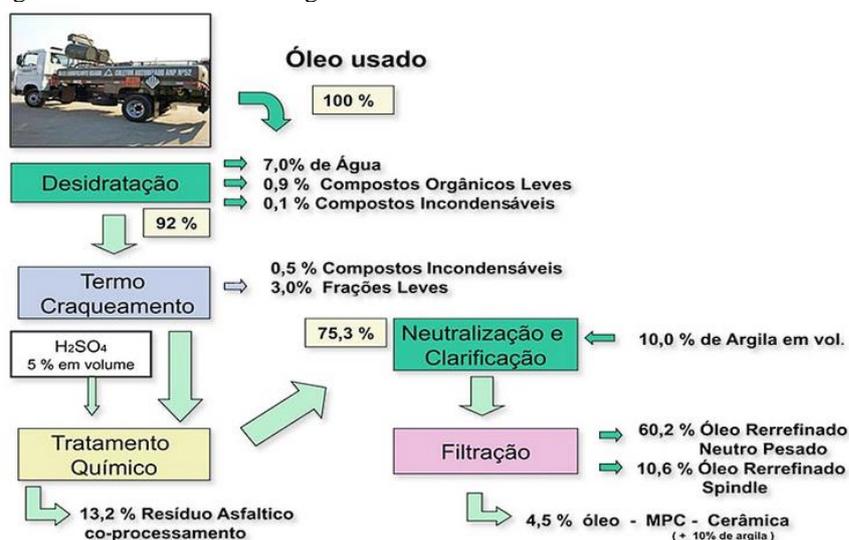
Depois do processo de desidratação é levado para tratamento térmico, onde o OLUC é submetido a um vácuo de 20 mm de Hg, com a temperatura em torno de 350°C por aproximadamente de 15 minutos. Assim ocorrendo à degradação dos aditivos e serão separadas as frações leves do óleo usado. O óleo então é resfriado entre 32 a 40°C e bombeados para tanques de acidulação, onde é adicionado ácido sulfúrico em uma dosagem de 5 a 10% e concentração de 92 a 96% e temperatura atmosférica (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006; ROCHA; GOMES; SOUSA, 2016).

O óleo lubrificante passa após o tratamento físico-químico por um processo chamado clarificação e neutralização, que consiste na adição de um agente clarificante (argila) que ao entrar em contato com a substância, absorve partículas que conferem coloração ao óleo. A temperatura desse processo fica na ordem de 350°C, além do vapor para o arraste das frações leves que por ventura ainda estejam presentes no óleo. Após este processo, é realizado análises para garantir a qualidade dos óleos (GONÇALVES,2014).

Após esse procedimento a lama ácida formada é deixada em repouso em um tanque por cerca de 24 a 48 horas para decantação. A borra ácida é retirada pelo fundo e o líquido do topo do separador é levado a um reator, onde é adicionado argila, e enviado a um aquecedor, cuja temperatura é aumentada para aproximadamente 270 ° C para clarificar o óleo. Os inteiros a partir deste reator é resfriado e, em seguida, filtradas para produzir um fluxo de produto líquido lubrificante e outra lama acida que contém o resíduo de óleo e alguns dos componentes de metal pesado retidos pela argila. O produto resultante é levado a uma coluna de destilado a vácuo (80mm HG), para que fossem retiradas as diferentes frações de óleo básico (BELMIRO; CARRETEIRO,2006; MELO *et al.* 2015; SPEIGHT; EXALL, 2014).

Esse processo é amplamente utilizado no Brasil, porém não é muito utilizado no restante mundo, por razões econômicas, tecnológicas, produtivas e devido a produção de uma lama ácida como resíduo que também prejudica o meio ambiente. Apresenta, entretanto, baixo custo de manutenção e é capaz de tratar óleos usados de baixa qualidade e com contaminantes diversos. A baixa produtividade se deve ao processo ser em batelada e possuir um arraste de óleo alto, cerca de 10 % do volume. (LOPES; SILVA, 2014). A figura 8 mostra o fluxo seguido pelo processo ácido/argila.

Figura 8 - Processo Ácido Argila



Fonte: Sindirrefino, 2018.

9.2.2 Destilação Flash ou evaporação pelicular

O óleo lubrificante seco é enviado para uma unidade de destilação flash, onde é submetido a uma temperatura acima de 375°C. O óleo passa pelos tubos de flasheamento sob

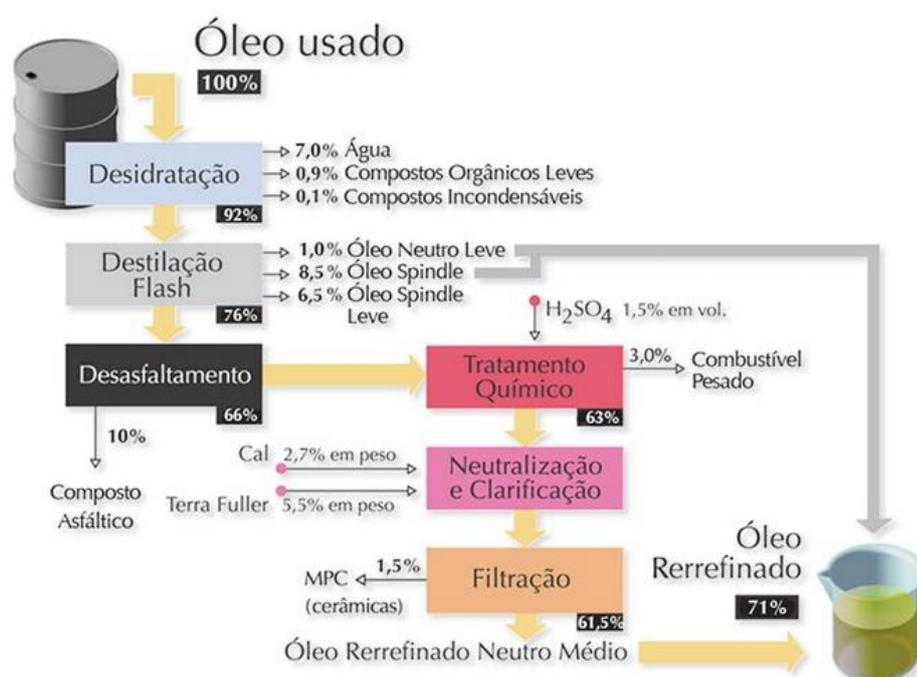
alta pressão onde serão separadas as frações leves do óleo usado (ROCHA; GOMES; SOUSA, 2016).

Destilado, o óleo é submetido a um forno onde é aquecido a 380° C e enviado para os evaporadores de película, que é responsável pela separação da fração asfáltica, sob alto vácuo. Os resíduos provenientes desse processo podem ser utilizados para produção de produtos asfálticos (ROCHA; GOMES; SOUSA, 2016).

Após o desasfaltamento, o óleo ainda apresenta algumas quantidades de compostos oxidados a serem separados. Por isso, é adicionado ácido sulfúrico que atua como um agente floculante, fazendo com que os compostos indesejáveis se aglomerem e posteriormente se decantam depois de algumas horas. Logo em seguida, assim como no processo ácido/ argila, o óleo é percolado e em seguida filtrado, conforme figura 9 a seguir (ROCHA; GOMES; SOUSA, 2016).

Após a filtração, o óleo pode ou não receber um hidroacabamento, O hidrogénio age para saturar hidrocarbonetos instáveis. Além de melhorar a cor, obtém uma melhor resistência à oxidação e uma redução do resíduo de carbono. O hidrogénio no reator atinge de 30 a 50 kg/cm² a uma temperatura de 280 a 340°C, em uma taxa de reciclagem da ordem de 100 a 200 m³ de hidrogénio puro por m³ de óleo a 15°C. sob 1 kg/cm² (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).

Figura 9 - Processo Destilação Flash ou evaporação pelicular



Fonte: Sindirefina, 2018.

9.2.3 Extração a propano

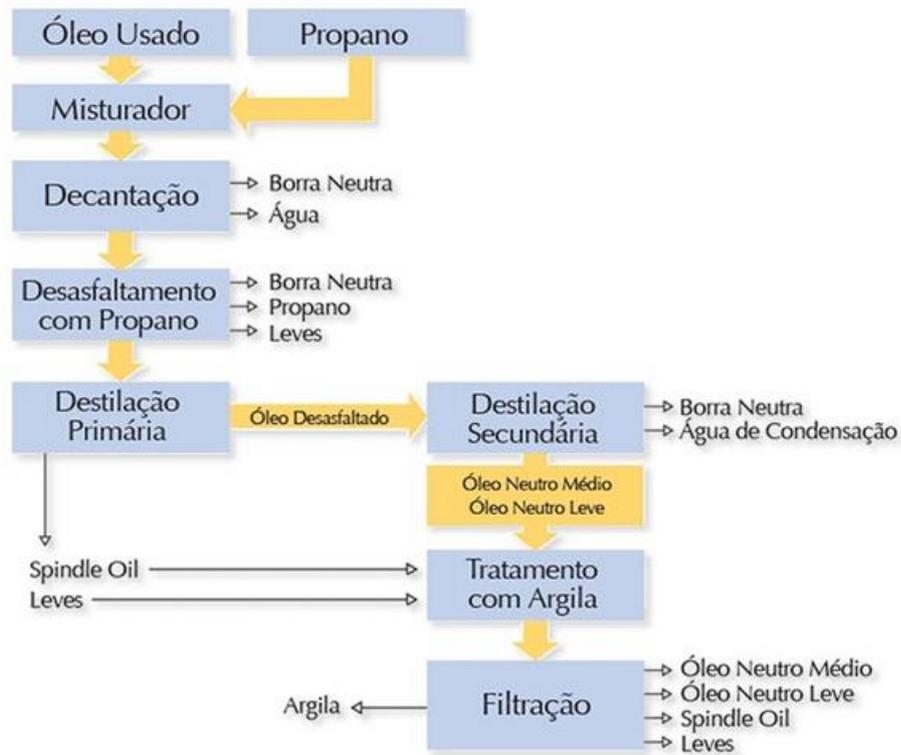
O óleo lubrificante desidratado, recebe uma carga de propano que é capaz de dissolver as frações de lubrificantes presente na solução. Em seguida a mistura recebe filtração para a separação de partículas mais grossas e é enviada para tanques de decantação onde são armazenados por aproximadamente 24 horas a temperatura de 50° C, com o intuito de separar água e soluções insolúveis. Os compostos mais densos como água, borra ácida e substancias insolúveis permanecem na parte inferior do tanque, enquanto o óleo e propano permanecem na parte superior (ROCHA; GOMES; SOUSA, 2016).

Em seguida, ocorre o processo desasfaltação nos evaporadores de película, onde a pressão é extremamente baixa e a temperatura em torno de 380° C, nesta etapa ocorre a separação da borra neutra do óleo. O fluido pré-aquecido é colocado na parte superior do evaporador e distribuído por bandejas. Ao escoar pelos dutos forma uma pequena película em suas paredes e logo no início recebe calor indiretamente fornecidos geralmente por vapores de água. Dessa maneira a mistura de o óleo lubrificante e propano passam para o estado gasoso e descem mais rapidamente, por gravidade induzida, pelo sistema o concentrado mais denso (a borra neutra ou fase asfáltica) continua a escoar pela ação da gravida induzida pelas paredes do tubo (ROCHA; GOMES; SOUSA, 2016).

O óleo condensado é então destinado a uma torre de destilação primaria a flash, onde é retirado a fração de lubrificante spindle. Novamente passa por uma destilação secundaria também a flash, onde são retiradas as frações neutras médias e leves do óleo lubrificante e borra neutra residual (ROCHA; GOMES; SOUSA, 2016).

Após esse processo o óleo destilado recebe uma acidulação com adição de ácido sulfúrico, posteriormente é percolado e filtrado, conforme figura 10 a seguir

Figura 10 - Processo Extração por propano



Fonte: Sindirrefino, 2018.

Este óleo rerrefinado atende as mais altas exigências de um óleo lubrificante básico mineral (ROCHA; GOMES; SOUSA, 2016).

10 MOTODOLOGIA

A pesquisa realizada, para obter maior conhecimento do assunto, foi desenvolvida por meio de levantamento bibliográficos, análise da legislação vigente referentes ao assunto do óleo lubrificante usado e dos meios da logística reversa usados para o regresso a fim de reciclar produtos utilizados pelo consumidor final.

Os dados foram de pesquisas em sites como: Agência Nacional (ANP), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Sindicato Nacional da Indústria do Refino de Óleos Minerais (SINDIRREFINO), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)- NBR nº 100004/2004, assegurando um ponto de vista geral de como as empresas gerenciam a logística reversa, para o regresso dos materiais descartados após o uso, que é atualmente a grande apreensão mundial com a preservação do meio ambiente.

11 CONCLUSÃO

Levando em consideração a importância deste trabalho, pode-se concluir que a logística reversa do óleo lubrificante é tão importante quanto a sua produção, pois o descarte inadequado pode gerar sérios problemas para todos os seres vivos e para o meio ambiente. Por ser classificado como um resíduo perigoso pela NBR 10.004, o óleo lubrificante deve ser dispensado de maneira correta, pois apresentam em sua composição substâncias altamente tóxicas, como por exemplo, metais pesados. No contexto federal deve se descartar a Polícia Nacional de Resíduos Sólidos, instituídos pela lei 12.305/2010 que diz respeito à gestão de resíduos no Brasil.

Destaca-se que o óleo lubrificante, derivado do petróleo bruto, passa por diversos processos até a obtenção do produto final que é o óleo lubrificante acabado (OLAC). Primeiramente o petróleo passa por um processo de refineração, dando origem aos óleos básicos que podem ser minerais ou sintéticos. Aditivos, que tem a finalidade de melhorar ou atribuir características ao lubrificante, são adicionados aos óleos básicos dando origem ao lubrificante acabado. Após sua utilização, com a degradação do óleo, obtém-se um produto denominado óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC). Aí entra um o conceito de logística reversa.

Demonstra-se que a logística reversa tem um papel muito importante no setor de lubrificantes, aproveitando o óleo básico presente no óleo queimado e transformando-o em matéria prima para o lubrificante novamente, gerando um ciclo contínuo.

O OLUC deve ser coletado por um dos agentes licenciado pela ANP e deve ser encaminhado para empresas credenciadas a fazer o processo de refinamento. O refinamento é a única alternativa para a dispensação do óleo lubrificante usado ou contaminado e tem como objetivo transformar o OLUC em óleo básico novamente, através de físicos e químicos que são capazes de retirar as impurezas presentes em sua composição.

O óleo lubrificante usado ou contaminado se mostra como um resíduo muito perigoso e necessita de uma atenção especial no seu descarte, pois sua dispensação de modo indevido pode trazer sérios danos ao meio ambiente e para a saúde dos seres vivos. Portanto deve haver uma vigilância muito grande a respeito deste resíduo, desde sua coleta até sua destinação final.

Os estudos apresentados demonstraram com maior clareza como após a implantação de leis e normas técnicas para a sua coleta, bem como todo o processo de refinamento, favoreceram o aumento gradual em porcentagem sobre o volume regenerado, além de estabelecer quais tipos de agentes estariam habilitados há efetuar esse processo.

A população como um todo deve ser informada sobre as legislações vigentes referente ao ciclo de vida do óleo lubrificante, serem instruídas a cobrar das autoridades para que o resultado seja satisfatório e que as leis sejam cumpridas. Há ausência de campanhas educativas para proprietários e funcionários de posto de troca de óleo sobre os estragos ambientais causados pelos lubrificantes usados e que indiquem maneiras corretas para o armazenamento e coleta do produto.

A logística reversa também contribui para alcançar a meta de coletar todo o volume de óleo lubrificante vendido no mercado nacional e ajuda a evitar o seu despejo na natureza.

Para finalizar, a partir dos conteúdos desenvolvidos para este trabalho, é possível notar que a logística reversa é muito ampla e seus conceitos podem ser utilizados em vários outros setores, que ensejam a possibilidade de novas linhas de pesquisa. É possível, por exemplo, pesquisar sobre os resíduos resultantes do processo de rerrefino (borra ácida) e buscar novas alternativas para sua dispensação. É possível ainda buscar novas formas de reutilização de óleo lubrificante, como por exemplo na indústria de cimento.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, G. E. B. **Boletim de Lubrificantes**, 2018. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/publicacoes/boletins-anp/3551-boletim-de-lubrificantes>>. Acesso em: 10 set. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Lubrificantes**. ANP, 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-e-derivados2/lubrificantes>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

ANP. Agencia Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Lubrificantes**, 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/petroleo-e-derivados2/lubrificantes>>. Acesso em: 06 set. 2018.

ANP. **Portaria Interministerial MME/ MMA nº 100, de 8 de abril de 2016**. De 8 de abril de 2016. 2016.

ANP. **Portaria nº 129**. De 30 de julho de 1999. Estabelece o Regulamento Técnico ANP nº 04/99, que especifica os óleos lubrificantes básico de origem nacional.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 12.235: Armazenamento de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 10004: Utilização de Resíduos Sólidos: apresentação**. Rio de Janeiro. 2004.

BELMIRO, P. N. A.; CARRETEIRO, R. P. **Lubrificantes e Lubrificação Industrial**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

BRAGA, M. Q. L.; MUNIZ, C. **O gerenciamento de óleos lubrificantes usados ou contaminados e suas embalagens: estudo de caso de uma empresa de logística na Região Norte do Brasil**. Revista Eletrônica Sistema e Gestão, Niterói, v. 10, p. 442-457, 2015. ISSN 3.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**, ago. 2010.

BRASIL. **Lei nº 12.305: Institui a Política Nacional de Resíduos sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>.

CAMPOS, L. F. R. **Logística: teia de relações**. Curitiba: Ibplex, 2007.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Estabelece novas diretrizes para o recolhimento e destinação de óleo lubrificante usado ou contaminado. Resolução 362; de 23 de junho de 2005.** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res36205.xml>>. Acesso em: set. 2018.

CONAMA. Resolução nº 450, de 06 de março de 2012, altera os arts. 9º, 16, 19, 20, 21 e 22, e acrescenta o art. 24-A à Resolução n.º 362, de 23 de junho de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente que **dispõe sobre recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado**. Brasília, 2012.

ESPINOLA, A. **Ouro Negro - Petróleo no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

GONÇALVES, R. A. D. O. **A Importância do Rerefino de Óleos Lubrificantes**. Techoje uma revista de opinião. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1180>. Acesso em: 04 out. 2018.

GUIMARÃES, J. **Rerrefino de Óleos Lubrificantes de Motores de combustão interna Utilizando o processo de Ultrafiltração e Absorção**. Dissertação (Dissertação em Engenharia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio De Janeiro. 2006.

JAFARI, A. J.; HASSANPOUR, M. **Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world**. Resources, Conservation and Recycling, v. 103, p. 179-191, 2015.

JOGUE LIMPO. Material institucional. **Jogue limpo**, 2018. Disponível em: <<https://www.joguelimpo.org.br/institucional/index.php>>. Acesso em: 25 set. 2018.

LACERDA, L. **Logística Reversa Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Rio de Janeiro: UFRJ. 2002.

LOPES, A. D. O.; SILVA, R. J. D. **Coprocessamento de resíduos sólidos provenientes do processo de rerrefino de oleos lubrificantes usados ou contaminados**. VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Uberlândia, Agosto 2014.

LWART LUBRIFICANTES. **Refino de Oluc**. Lwart Lubrificantes, 2018. Disponível em: <http://www.lwart.com.br/site/content/lubrificantes/rerrefino_o_rerrefino.asp>. Acesso em: 26 set. 2018.

MACEDO, T. G. **A importancia da Lubrificação Industrial**. Londrina: Faculdade Pitágoras de Londrina. 2017.

MANUAL DE PROCEDIMENTOS. **Fiscalização das Atividades Relacionadas a Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados, Resolução Conama nº 362/2005**.

MELO, M. L. S. **Avaliação da Qualidade dos Óleos Básicos Rerrefinados Brasileiros e a Determinação de MEtais por Espectrometria Fluorência de Raios X.** Brasília: Universidade de Brasília. 2015.

MUELLER, C. F. **Logística Reversa Meio-Ambiente e Produtividade.** Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.

PORTAL LUBES. Mercado Brasileiro de Lubrificantes – Primeiro semestre de 2018. **Portal Lubes**, 2018. Disponível em: <<http://portallubes.com.br/2018/08/mercado-brasileiro-de-lubrificantes-1-semester-de-2018/>>. Acesso em: 10 set. 2018.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices.** Reno: Universidade de Nevada. Nevada. 1999.

SINDIRREFINO. **Rerrefino.** Sindirrefino, 2018. Disponível em: <<https://www.sindirrefino.org.br/rerrefino>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

SPEIGHT, J. G. **The Chemistry and Technology of Petroleum.** 5. ed. Nova Iorque: CRC Press, 2014.

SPEIGHT, J. G.; EXALL, D. I. **Refining Used Lubricating Oils.** Nova Iorque: CRC Press, 2014.

STABELINI, D. **Óleo sintético ou semissintético: qual a diferença?** Texaco Lubrificantes, 2018. Disponível em: <<https://blog.texaco.com.br/havoline/oleo-sintetico-ou-semissintetico/>>. Acesso em: 06 set. 2018.