



JOÃO PAULO NOGUEIRA BUSTAMANTE MENDES

**GERENCIAMENTO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS
EM ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS DE LAVRAS, MG**

**LAVRAS - MG
2020**

JOÃO PAULO NOGUEIRA BUSTAMANTE MENDES

**GERENCIAMENTO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS EM
ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS DE LAVRAS, MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador
Prof. Dr. Leonardo Pratavieira Deo

**LAVRAS – MG
2020**

JOÃO PAULO NOGUEIRA BUSTAMANTE MENDES

**GERENCIAMENTO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS EM
ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS DE LAVRAS, MG**

**MANAGEMENT OF LUBRICATING OILS USED IN COMMERCIAL
ESTABLISHMENTS IN LAVRAS, MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 18 de agosto de 2020.

Dra. Camila Silva Franco UFLA

Me. Gabriela Rezende de Souza UFLA

Prof. Dr. Leonardo Pratavieira Deo
Orientador

**LAVRAS - MG
2020**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças para iniciar e finalizar meus estudos.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade de realizar a graduação no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

A minha família por me apoiar em todos os momentos de minha vida.

A minha namorada por estar ao meu lado.

Aos meus amigos.

Ao Professor Leonardo Pratavieira Deo e aos membros da banca, professora Camila Silva Franco e a mestre Gabriela Rezende de Souza pela orientação e ensinamentos.

A todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Obrigado!

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo principal fazer uma análise sobre o gerenciamento dos óleos lubrificantes usados ou contaminados e como objetivo específico verificar se o descarte desses resíduos está de acordo com a Lei nº 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). O trabalho foi realizado na cidade de Lavras, MG. A pesquisa de campo foi realizada no mês de junho de 2020 de forma aleatória em empresas que oferecem o serviço de troca de óleo lubrificante automotivo, sendo que 12 (doze) dessas empresas são oficinas mecânicas e 4 (quatro) postos de combustíveis. Foram aplicados 16 (dezesesseis) questionários no total, aos funcionários dessas empresas, o questionário foi composto por 10 (dez) questões relacionadas a maneira de como é feito o gerenciamento dos óleos lubrificantes usados ou contaminados. Após a realização das entrevistas foi feita a tabulação dos dados com o auxílio do Software Excel 2016. Os postos de combustíveis analisados acondicionam os óleos lubrificantes usados ou contaminados gerados em compartimentos localizados no subsolo, nas oficinas mecânicas em recipientes como bombonas de plástico, tambores de metal e caixas de água feita em fibra. Os recipientes encontrados nas oficinas em sua grande maioria estão em mal estado de conservação e localização inadequada. O destino final dos óleos lubrificantes usados ou contaminados é o mesmo em todas as empresas entrevistadas, reciclagem com a técnica do rerrefino. O treinamento dos funcionários sobre o descarte dos óleos lubrificantes usados ou contaminados é realizado na maioria dos estabelecimentos entrevistados. O destino dos resíduos de limpeza gerados durante a troca de óleo lubrificante, em todos os postos a destinação é feita de forma correta por empresas especializadas, porém em algumas oficinas mecânicas não ocorre de forma correta, pois foi observada sua mistura com outros resíduos gerados no local. Todos os postos de combustíveis e as oficinas mecânicas entrevistados já foram fiscalizadas por órgãos ambientais e o não cumprimento às regras da logística reversa dos óleos lubrificantes usados ou contaminados pode levar os infratores a penalidades administrativas, penais e civis nas esferas ambiental, do consumidor, regulatória da indústria do petróleo, trabalhista e criminal. Em relação aos danos causados ao meio ambiente sobre o descarte incorreto dos óleos lubrificantes usados e contaminados, todos os funcionários têm consciência do perigo do descarte incorreto. Devido ao presente trabalho ter levado em consideração apenas as respostas obtidas dos questionários aplicados e a impossibilidade de acesso aos certificados que comprovem o correto gerenciamento dos resíduos analisados, não pode ser afirmado que todo o processo está de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Palavras-chave: Resíduos. Óleo lubrificante. Descarte. Meio ambiente.

ABSTRACT

The present work had as main objective to make an analysis on the management of used or contaminated lubricating oils and as a specific objective to verify if the disposal of these residues is in accordance with Law No. 12,305 / 2010 of the National Solid Waste Policy (PNRS). The work was carried out in the city of Lavras, MG. The field research was carried out in the month of June 2020 at random in companies that offer the service of changing automotive lubricating oil, with 12 (twelve) of these companies being mechanical workshops and 4 (four) gas stations. A total of 16 (sixteen) questionnaires were applied to the employees of these companies, the questionnaire was composed of 10 (ten) questions related to the way in which the management of used or contaminated lubricating oils is done. After conducting the interviews, data were tabulated with the aid of the Excel 2016 software. The gas stations analyzed contain used or contaminated lubricating oils generated in compartments located in the basement, in mechanical workshops in containers such as plastic drums, plastic drums. metal and water boxes made of fiber. Most of the containers found in the workshops are in poor condition and in an inadequate location. The final destination of used or contaminated lubricating oils is the same in all the companies interviewed, recycling using the re-refining technique. Training of employees on the disposal of used or contaminated lubricating oils is carried out in most establishments interviewed. The destination of cleaning residues generated during the change of lubricating oil, in all stations the destination is done correctly by specialized companies, however in some mechanic workshops it does not occur correctly, as it was observed its mixture with other residues generated in the local. All gas stations and machine shops interviewed have already been inspected by environmental agencies and failure to comply with the rules of reverse logistics for used or contaminated lubricating oils can lead offenders to administrative, criminal and civil penalties in the environmental, consumer, regulatory spheres of the oil, labor and criminal industries. Regarding the damage caused to the environment due to the incorrect disposal of used and contaminated lubricating oils, all employees are aware of the danger of incorrect disposal. Due to the present work having taken into account only the answers obtained from the applied questionnaires and the impossibility of accessing the certificates that prove the correct management of the analyzed waste, it cannot be said that the whole process is in accordance with the National Solid Waste Policy.

Keywords: Waste. Lubricant. Discard. Environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Rota solvente para obtenção de óleos lubrificantes.....	17
Figura 2 - Etapa de destilação.....	18
Figura 3 - Diagrama esquemático da desasfaltação a propano.....	19
Figura 4 - Desparafinação de lubrificantes.....	20
Figura 5 - Unidade de hidrotratamento de lubrificantes.....	21
Figura 6 - Processo industrial rerrefino de OLUC.....	33
Figura 7 - Fluxograma do processo ácido sulfúrico - argila.....	34
Figura 8 - Fluxograma do processo de evaporador de filme.....	35
Figura 9 - Ilustração do funcionamento do evaporador por película.....	36
Figura 10 - Esquema de extração a propano.....	37
Figura 11 - Caixa de separação para água e óleo.....	43
Figura 12 - Fluxograma da troca de óleo lubrificante.....	44
Figura 13 - Percentual de respostas referentes as questões 1- reciclagem, 2 - obrigatoriedade, 4 - treinamento, 6 - caixa de separação para água e óleo, 7 - destinação do material de limpeza, 9 - fiscalização e 10 - consciência ambiental nas oficinas mecânicas.....	45
Figura 14 - Percentual de respostas referente a questão 3 relacionado ao acondicionamento do OLUC gerado.....	47
Figura 15 - Bacia de contenção.....	48
Figura 16 - Bombona utilizada para o acondicionamento do OLUC gerado.....	49
Figura 17 - Tambor de metal utilizado no acondicionamento do OLUC gerado.....	49
Figura 18 - Caixa de água fabricada em fibra de vidro.....	50
Figura 19 - Percentual de respostas referente a questão 5 relacionado a frequência de coleta do OLUC gerado por empresas que realizam seu rerrefino.....	51
Figura 20 - Percentual de respostas da questão 8 referente a destinação final dos filtros de óleo usado.....	52
Figura 21 - Acondicionamento dos filtros dos OLUC gerados.....	52
Figura 22 - Percentual de respostas referente as questões 1- reciclagem, 2 - obrigatoriedade, 4 - treinamento, 6 - caixa de separação para água e óleo, 7 - destinação do material de limpeza, 9 - fiscalização e 10 - consciência ambiental nos postos de gasolinas.....	53

Figura 23 - Percentual das respostas referente ao acondicionamento do OLUC gerado.....	54
Figura 24 - Percentual de respostas referente a frequência de coletas do OLUC gerado.....	55
Figura 25 - Coletor de OLUC gerado localizado no subsolo em postos de combustíveis.....	55
Figura 26 - Percentual de respostas referente a questão sobre a destinação final de filtro de óleo usado nos postos de combustíveis.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do Instituto Americano de Petróleo para Óleos Básicos (API 1509)	13
Tabela 2 - Relação entre propriedades e estruturas dos hidrocarbonetos encontrados nos óleos básicos.....	14
Tabela 3 - Saídas de materiais das etapas do refino para obtenção de óleos lubrificantes	22
Tabela 4 - Principais elementos contaminantes do óleo e faixa de valores das concentrações encontradas.....	24
Tabela 5 - Determinação de metais em diferentes amostras de óleo lubrificantes usado (µg/mL).....	25
Tabela 6 - Leis e atos normativos relacionados à destinação final de OLUC.....	27
Tabela 7 - Metas de coleta de OLUC para o quadriênio 2016 – 2019.....	28
Tabela 8 - Testes realizados nos óleos lubrificantes usados ou contaminados.....	31
Tabela 9 - Causas possíveis de contaminação dos óleos de motores.....	31
Tabela 10 - Gerenciamento dos resíduos gerados na troca de óleo lubrificante.....	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	Definições e tipos de óleos lubrificantes.....	12
2.2	Principais características físico-químicas dos óleos lubrificantes.....	13
2.3	Processo para obtenção dos óleos lubrificantes.....	16
2.4	Problemas ambientais causados pelo refino de óleos lubrificantes....	21
2.5	Óleos lubrificantes usados ou contaminados (OLUC).....	23
2.6	Impactos Ambientais causados devido ao descarte incorreto dos óleos lubrificantes usados e contaminados.....	25
2.7	Legislação Ambiental relacionada a destinação após uso de óleos lubrificantes no Brasil e no estado de Minas Gerais.....	26
2.8	Logística reversa: rerrefino do OLUC.....	29
2.9	Gerenciamento adequado dos resíduos gerados na troca de óleos lubrificantes.....	38
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.1	Caracterização da área de estudo.....	41
3.2	Planejamento amostral.....	41
3.3	Processo de troca do óleo lubrificante.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1	Oficinas mecânicas.....	45
4.2	Postos de combustíveis.....	53
5	CONCLUSÃO.....	58
	REFERÊNCIAS.....	59
	APÊNDICE.....	67

1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado do consumo associado à falhas de padrões sustentáveis de produção, faz com que ocorra o aumento significativo na geração de resíduos sólidos urbanos, que ao serem dispostos de maneira inapropriada, sem qualquer tratamento ou controle afetam não apenas o meio ambiente, mas do mesmo modo a saúde da população ao degradar e alterar características físicas, químicas e biológicas do solo, ar e recursos hídricos (MAGALHÃES, 2011).

O petróleo, por fazer parte de um dos setores que mais causam impactos consideráveis ao meio ambiente é tema de diversos estudos, tendo como um dos principais os óleos lubrificantes, pelo seu alto poder de degradação ambiental pois podem se infiltrarem simultaneamente com a água da chuva no solo contaminando a parte atingida, podendo influenciar diretamente na qualidade da água dos lençóis freáticos e também pelos efeitos gerados em sua cadeia produtiva ou devido a sua destinação após o uso. Os óleos lubrificantes por não serem degradados totalmente durante a sua vida útil necessitam de cuidados em relação à adequada destinação final (CANCHUMANI, 2013; SILVEIRA et al., 2006).

Após determinado tempo de uso, os óleos lubrificantes acumulam compostos químicos tóxicos e precisam ser substituídos por óleos novos, resultando no surgimento dos óleos lubrificantes usados ou contaminados (OLUC), que são resíduos considerados perigosos pela Convenção de Basileia e no Brasil de acordo com as normativas da ABNT 100.04 (ABNT, 2004; CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

Os óleos lubrificantes usados ou contaminados por não serem biodegradáveis demoram dezenas de anos para se degradarem no meio ambiente. O descarte inadequado desse resíduo pode causar grandes prejuízos, o que acarreta impacto a um grande número de pessoas. A poluição gerada pelo descarte de 1 tonelada/dia de OLUC no solo ou na água é equivalente ao esgoto doméstico de 40 mil pessoas. Outro fator agravante é que devido a sua densidade ser menor quando comparada com a da água apenas um litro de óleo é capaz de formar em poucos dias uma fina camada sobre a superfície aquosa, impedindo a passagem de ar e de luz atrapalhando as trocas de oxigênio com o ambiente, impossibilitando a respiração e a fotossíntese, podendo levar a mortes na fauna e na flora (APROMAC, 2011; BRASIL, 2008; GOMES; OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2008).

A queima indiscriminada, processo ilegal que constitui crime, emite uma quantidade significativa de óxidos metálicos, além de outros gases tóxicos como a dioxina, óxido de enxofre e contaminantes organoclorados, além de causar uma alta na concentração de poluentes em um raio de 2 Km em média, que gera grande quantidade de material particulado, devido a precipitação dessas partículas que são adsorvidos por vias cutâneas e respiratórias (BRASIL, 2008; APROMAC, 2011).

O descarte dos óleos lubrificantes automotivos usados ou contaminados e de outros resíduos oriundos da troca do óleo é uma realidade que está presente no dia a dia de trabalho dos funcionários de postos de combustíveis e oficinas mecânicas, por isso algumas questões surgem nesse contexto, como por exemplo, se o descarte desses resíduos é feito de acordo com a Legislação Brasileira.

O presente trabalho teve como objetivo analisar o gerenciamento dos óleos lubrificantes usados ou contaminados no município de Lavras, Minas Gerais e verificar se o descarte desses resíduos está de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Definições e tipos de óleos lubrificantes

Os óleos lubrificantes são produtos desenvolvidos para desempenhar como principal finalidade a redução do atrito e do desgaste entre as partes móveis de um objeto, porém pode ser aplicado na realização de outras funções como: a refrigeração, a limpeza das partes móveis, a transmissão de forças mecânicas, a vedação, isolamento e proteção de conjuntos ou de componentes específicos. No Brasil, todos os óleos lubrificantes deverão atender as especificações assim como possuir registro perante à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e devem possuir registro perante esse órgão (APROMAC, 2011).

Em sua composição, o constituinte é o óleo básico mineral, composto por hidrocarbonetos parafínico, naftênico e uma menor proporção de aromáticos, seu processo de produção inicia-se por meio da destilação a vácuo do gasóleo ou de óleo desasfaltados. Na mistura responsável pela sua formulação aditivos são adicionados destacando-se os detergentes, dispersantes, inibidores de corrosão, melhoradores de índices de viscosidade, abaixadores de ponto de fluidez, antioxidantes, antiespumantes e antidesgastantes (FARAH, 2015).

Os óleos básicos minerais, por serem os principais constituintes e a essência dos óleos lubrificantes, podem representar até 95% de seu volume total. Por exemplo, alguns óleos lubrificantes possuem apenas 1% de aditivos, enquanto os outros 95% são óleos básicos minerais, por outro lado, as graxas e lubrificantes de engrenagens podem conter até 30% de aditivos (MANG; DRESEL, 2007; TOTAL, 2018).

O Art. 2º da Resolução nº 362/05 do CONAMA estabelece alguns conceitos para óleo lubrificante: 1. Óleo lubrificante básico: principal constituinte do óleo lubrificante acabado, que cumpra a legislação pertinente; 2. Óleo lubrificante acabado: material elaborado a partir de óleos lubrificantes básicos, podendo conter em sua composição aditivos; 3. Óleo lubrificante usado ou contaminado: óleo lubrificante acabado que, em decorrência do seu uso normal ou devido a contaminação, tornou-se impróprio para sua utilização original (BRASIL, 2005).

São produzidos diversos tipos de óleos básicos lubrificantes com diferentes viscosidades e múltiplas aplicações. Citam-se em ordem crescente de viscosidade os seguintes óleos: Spindle, Neutro Leve, Neutro Médio, Neutro Pesado, Bright Stock e Óleo Cilindro [...], uma classificação adicional,

proposta pelo Instituto Americano de Petróleo (API), é empregada como base para a aplicação de critérios de intercambialidade de óleos básicos em formulação de óleos para motores. Os óleos básicos são divididos em cinco classes, de acordo com o teor de hidrocarbonetos saturados, com teor de enxofre e com o índice de viscosidade. Nos óleos do grupo I, produzidos pela rota solvente, a presença de saturados é menor do que 90%, enquanto dos grupos II e III, produzidos por hidroprocessamento, a presença de saturados é maior que 90% (TABELA 1). Os óleos do grupo IV são sintéticos de origem petroquímica (polialfaolefinas), e os do grupo V são dos tipos naftênicos ou sintéticos, exceto as polialfaolefinas (FARAH, 2015, p. 230).

Tabela 1- Classificação do Instituto Americano de Petróleo para óleos básicos (API 1509).

Categoria	Índice de viscosidade	Saturados (% massa)	Enxofre (% massa)
Grupo I	80 a 120	< 90	> 0,02
Grupo II	80 a 120	≥ 90	≤ 0,02
Grupo III	≥ 120	≥ 90	≤ 0,02
Grupo IV		Polealfaolefinas	
Grupo V		Todos não incluídos nos grupos I, II, III, IV	

Fonte: Farah (2015).

2.2 Principais características físico-químicas dos óleos lubrificantes

Os óleos básicos minerais são compostos por hidrocarbonetos que possuem de 18 a 40 átomos de carbono e seu intervalo de ebulição está entre 300°C a 565°C (SPEITHT; EXALL, 2014).

Um dos seus componentes do óleo básico mineral as parafinas que tem como fórmula geral C_nH_{2n+2} é a família mais simples entre as moléculas de carbono podem apresentar cadeias normais os n-alcenos ou apresentarem ramificações em um ou mais átomos de carbono os iso-alcenos ou isoparafinas, possuem baixa afinidade química a outras substâncias e são hidrocarbonetos saturados possuindo apenas átomos de carbono. Diferenciando-se das parafinas apenas por conterem um ou mais anéis em sua estrutura os hidrocarbonetos naftênicos ou cicloalcenos são definidos pelo número de anéis, apresentam geralmente de cinco a seis átomos de carbono, podem ou não apresentar em sua estrutura cadeias parafínicas

laterais ligadas aos anéis saturados, possuem diferentes fórmulas moleculares e fórmula geral C_nH_{2n} (LUTHI, 2013; MCMURRY, 2016; PEREIRA, 2012).

Óleos básicos minerais provenientes de petróleos com características aromáticas não são indicados para obtenção dos lubrificantes devido ao baixo desempenho desses óleos, em sua estrutura encontra-se um ou mais anéis benzênicos, podem estar ligadas à cadeias parafínicas ou naftênicas ou apenas por compostos aromáticos sendo encontrados nas frações mais pesadas e residuais do petróleo (ABADIE, 2003; FARAH, 2015). A Tabela 2, indica as relações entre propriedades e estruturas de alguns hidrocarbonetos.

Tabela 2 - Relação entre propriedades e estruturas dos hidrocarbonetos encontrados nos óleos básicos.

Tipos de hidrocarbonetos		Principais características
Parafina com cadeia reta		A viscosidade varia pouco com a temperatura. Boa resistência à oxidação. Alto ponto de fluidez.
Parafina com cadeia ramificada		A viscosidade varia pouco com a temperatura. Boa resistência à oxidação. Pode ter baixo ponto de fluidez.
Anéis naftênicos com pequenas cadeias laterais		A viscosidade varia muito com a temperatura. Boa resistência à oxidação. Baixo ponto de fluidez. Torna-se pseudo plástico em baixas temperaturas.
Anéis aromáticos com pequenas cadeias laterais.		A viscosidade varia muito com a temperatura. Facilmente oxidável. O ponto de fluidez varia de acordo com a estrutura.
Anéis naftênicos com grandes cadeias laterais.		A viscosidade varia pouco com a temperatura. Boa resistência à oxidação. Pode ter baixo ponto de fluidez.
Anéis aromáticos com grandes cadeias laterais		A viscosidade varia pouco com a temperatura. Pode ter resistência à oxidação quando os anéis aromáticos não são numerosos. Pode ter baixo ponto de fluidez.

Fonte: Schilling (1968) citado por Guimarães (2006).

Os óleos lubrificantes de natureza naftênica possuem como características: baixo ponto de fluidez, baixo índice de viscosidade e um alto poder de solvência, é um óleo relativamente mais barato devido a sua qualidade inferior. De qualidade superior, os óleos lubrificantes de natureza parafínica possuem um alto ponto de fluidez, alto índice de viscosidade e baixo poder de solvência (ABADIE, 2003).

“A verificação das características dos óleos far-se-á mediante o emprego das Normas Brasileiras Registrada (NBR) dos métodos da *American Society for Testing and Materials* (ASTM) e da *Deutsche Norm* - DIN, observando-se sempre os de publicação mais recente” (BRASIL, 1999).

A viscosidade, uma das principais características físicas dos óleos lubrificantes, indica o grau de atrito, ou seja, a resistência que o líquido exerce a fluir, seu valor deve permanecer dentro de um limite estipulado e cada óleo em particular possui um valor ideal. A mudança de temperatura é capaz de influenciar no comportamento da viscosidade, seu aumento faz com que a viscosidade do lubrificante diminua por isso calcula-se o índice de viscosidade que demonstra a variação da viscosidade em função da temperatura, quanto maior o índice de viscosidade menor essa variação. É importante que o lubrificante mantenha sua viscosidade em uma ampla faixa de temperatura para que não haja comprometimento em sua aplicação (APROMAC, 2011; PEREIRA, 2010).

A variação da viscosidade com a temperatura ocorre em níveis diferentes de acordo com a natureza da fração de petróleo (parafínico, naftênico ou aromático), crescendo dos hidrocarbonetos parafínicos para os naftênicos e depois os aromáticos. A faixa de temperatura que os óleos lubrificantes trabalham é ampla, por isso para que a viscosidade atenda a lubrificação desejada em toda essa faixa é necessário que a variação da viscosidade com a temperatura seja limitada, em 1929, Dean e Davies definiram um critério empírico que representa a intensidade dessa variação denominada índice de viscosidade (FARAH, 2015).

$$IV = \frac{U - H}{L - H} \quad (1.1)$$

IV - índice de viscosidade.

U - viscosidade a 40°C do óleo analisado.

H - viscosidade a 40°C de um óleo padrão de alta qualidade (IV = 100) quanto a variação da viscosidade com a temperatura e que apresenta mesma viscosidade a 100°C que o óleo analisado.

L - viscosidade a 40°C de um óleo padrão de baixa qualidade (IV = 0) quanto à variação de viscosidade com a temperatura e que apresenta mesma viscosidade a 100°C que o óleo analisado.

O ponto de fluidez outra característica física dos óleos lubrificantes representa a menor temperatura na qual o óleo é capaz de fluir quando sujeito a resfriamento, processo que avalia seu desempenho em climas frios. Outra propriedade física importante e que também sofre influência da temperatura é o ponto de fulgor, que é a menor temperatura sob determinadas condições de testes a qual o lubrificante se vaporiza e forma com o ar uma mistura capaz de inflamar-se por causa de compostos voláteis e inflamáveis ainda presentes (ALMEIDA, 2011; GUIMARÃES, 2006).

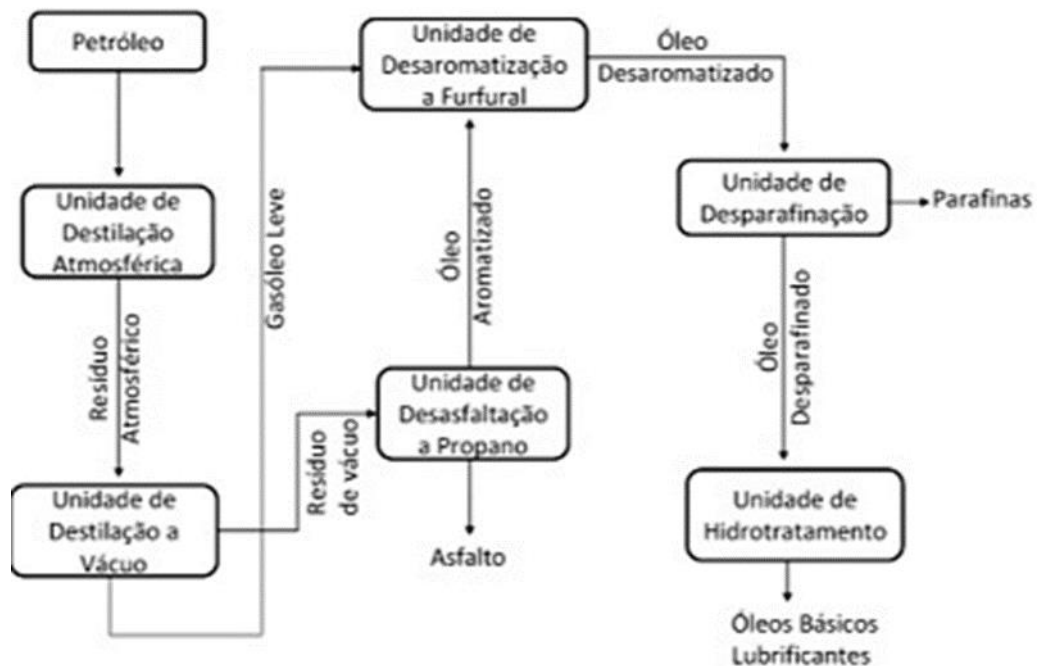
Por último, a densidade, uma propriedade que possibilita identificar se houver contaminação ou deterioração de um óleo lubrificante, é indicada pela massa de um determinado volume de óleo em uma temperatura específica (APROMAC, 2011).

2.3 Processos para obtenção dos óleos lubrificantes

O petróleo bruto geralmente consiste em milhares de componentes únicos que são refletidos em cada uma de suas frações portanto para que possa caracterizar frações dos óleos minerais buscando determinar sua estrutura exata por comparação, por definição de suas propriedades técnicas ou identificação e determinação quantitativa de grupos com características químicas semelhantes processos químicos convencionais de alto custo financeiro são realizados. Para cada tipo de lubrificação, existe um lubrificante com características adequadas por isso é inviável a fabricação de todos nas refinarias, a solução encontrada foi a produção de óleos lubrificantes básicos de diferentes faixas de viscosidades que devem atender as especificações exigidas pela Portaria nº 129/99, da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (ABADIE, 2003; MANG; DRESEL, 2007).

As três principais tecnologias para a produção de óleos lubrificantes básicos são rota solvente, hidrocraqueamento e GTL (*gas-to-liquid*). A Figura 1, representa a rota solvente que consiste nas etapas de destilação atmosférica, destilação a vácuo, desasfaltação, desaromatização, desparafinação e hidroacabamento (CANCHUMANI, 2013).

Figura 1- Rota solvente para obtenção de óleos lubrificantes.

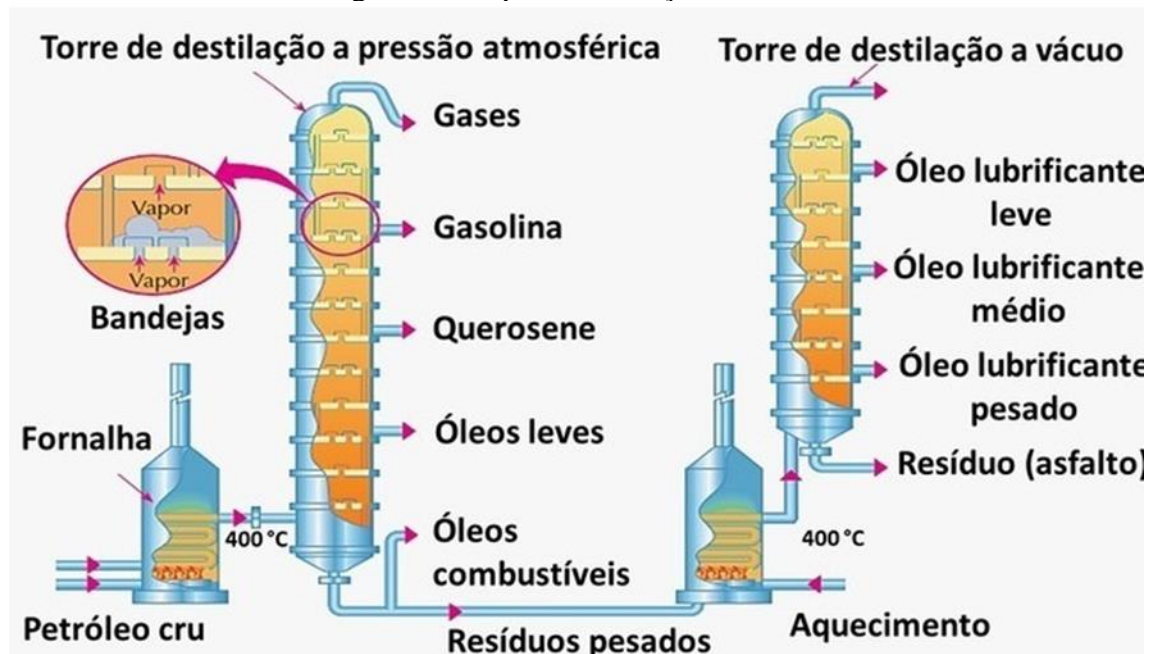


Fonte: Cerqueira (2004) citado por Canchumani (2013).

Guimarães (2006, p. 23-24) relata, “que o Brasil dispõe de duas unidades de refino de óleos lubrificantes básicos, uma na Refinaria Landolfo Alves - Mataripe - BA e outra com capacidade de produção maior na Refinaria Duque de Caxias - RJ.”

Na refinaria, o petróleo é submetido ao processo de destilação responsável por realizar a separação física dos constituintes de uma mistura de líquidos miscíveis em frações de diversas substâncias com diferentes faixas de temperaturas de ebulição. O processo de destilação realizado para obter as frações do petróleo usadas como insumo para a produção de óleo lubrificante acontece em dois estágios apresentado na Figura 2 (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).

Figura 2 - Etapa de destilação.



Fonte: Todamatéria (2019).

No primeiro estágio, os combustíveis e o gasóleo são separados, processo esse que ocorre em uma torre que opera à pressão atmosférica, o resíduo não destilado é enviado ao aquecedor de uma segunda torre que opera a uma pressão reduzida onde se caracteriza a segunda etapa. Para que não ocorra a destruição térmica na separação dos componentes mais pesados, ou seja, substâncias com maiores massas molares, realiza-se a destilação a vácuo que possibilita abaixar a pressão de vapor e conseqüentemente abaixar a temperatura de ebulição (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).

Hidrocarbonetos altamente viscosos que são valiosos para a produção de óleos lubrificantes são alguns dos resíduos da destilação, que não é capaz de separá-los dos asfaltos, um resíduo não volátil, denominado betume asfáltico ou asfalto de petróleo, que são materiais aglutinantes, de cor escura, sólidos, semi-sólidos ou líquidos que podem conter pequenas quantidades de metais como o níquel, o ferro e o vanádio. Por isso é necessário realizar outros métodos de separação como a separação, extrativa Figura 3, que com o auxílio de hidrocarbonetos leves (propano e heptano) realiza a remoção do asfalto sendo o heptano o mais utilizado. Outras substâncias indesejadas que ainda estão presentes após a destilação, são os hidrocarbonetos naftênicos e aromáticos que podem comprometer a qualidade do produto, interferindo na temperatura, viscosidade e também por ser componentes prejudiciais à saúde (QUIRINO, 2009; MANG; DRESEL, 2007).

Figura 3 - Diagrama esquemático da desasfaltação a propano.



Fonte: Abadie (2003).

A desasfaltação a propano processo de separação baseado no equilíbrio de fases foi desenvolvido em 1936 por Wilson et al. e é capaz de separar uma mistura de óleo lubrificante em parafina, asfalto, produtos pesados naftênicos e em óleo lubrificante leve que é o mais esperado, após a evaporação do solvente, um extrato rico em aromáticos que não são adequados para fins de lubrificação, podem ser retirados por alguns meios de extrações como por exemplo: furfural, NMP (N-metil-2-pinolidona) e fenol que são mais economicamente viáveis (QUIRINO, 2009; MANG; DRESEL, 2007).

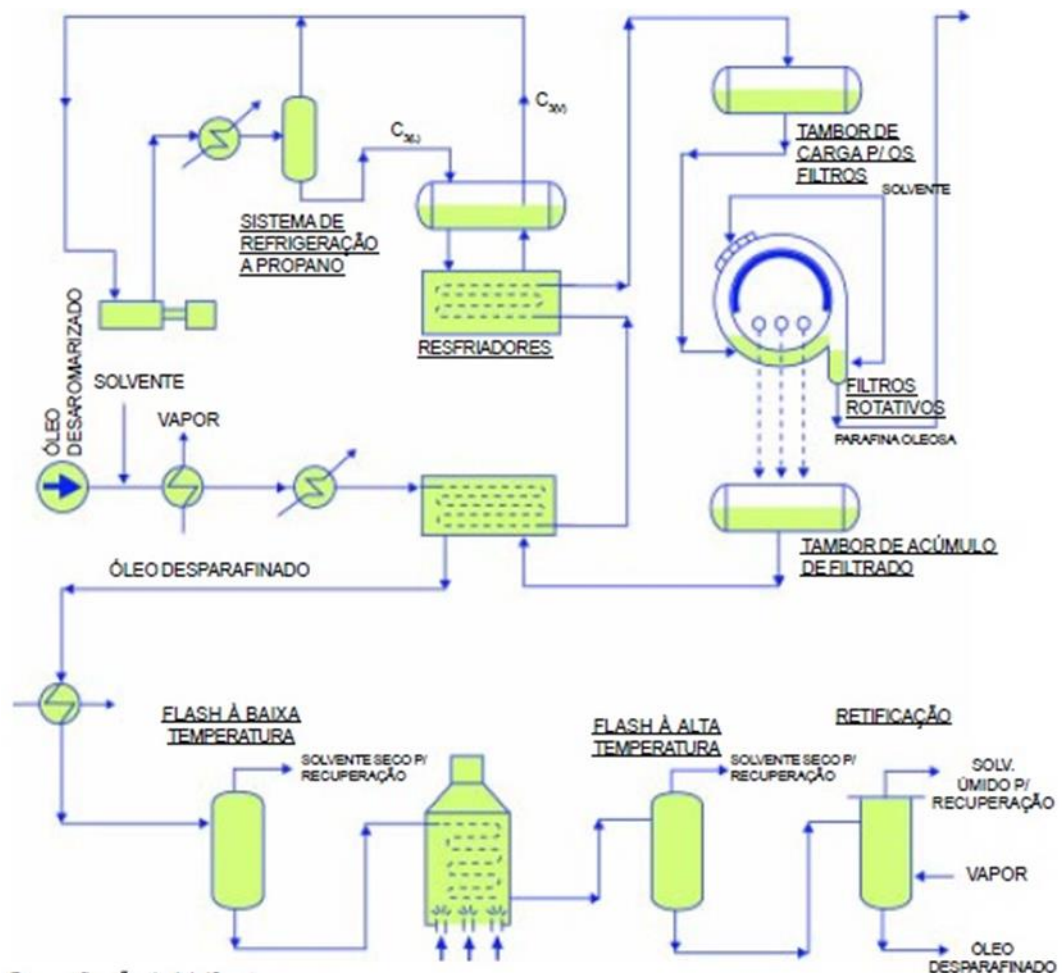
Abadie (2003) constata que todos os óleos básicos lubrificantes já foram obtidos após o processamento nas unidades de destilação a vácuo e desasfaltação a propano, porém, precisam ser melhorados para que possam ser utilizados na confecção de óleos lubrificantes finais. Com o objetivo de melhorar suas propriedades físicas que sofrem uma grande influência por compostos aromáticos o processo de desaromatização é realizado por intermédio de extração com solventes com características aromáticas sendo o fenol e o furfural os que mais apresentam um melhor resultado para o processo. A realização da desaromatização é bastante semelhante a desasfaltação, que apresenta as secções de extração, recuperação do solvente de extrato e recuperação do solvente refinado.

Seguindo o processo de refino do petróleo para a obtenção de óleo lubrificante após a retirada dos compostos aromáticos temos a retirada de compostos parafínicos de cadeia longa que também interferem na qualidade do óleo lubrificante. Esse processo consiste em abaixar a temperatura da mistura fazendo com que grande parte das parafinas de cadeia longa se cristalizem e possam ser removidas por filtração (MANG; DRESEL, 2007).

Os compostos parafínicos caracterizados por terem um alto ponto de fluidez, dificultam o escoamento do óleo lubrificante utilizado a baixas temperaturas. As n-parafinas são os hidrocarbonetos responsáveis por esse e alto ponto de fluidez dos óleos, portando o processo visa sua remoção sem retirar compostos que apresentam cadeias parafínicas ligadas à anéis naftênicos (ABADIE, 2003).

Para que o processo seja eficiente o solvente utilizado deve ser capaz de diluir todo o óleo, ao mesmo tempo em que ocorre a precipitação das parafinas (PEREIRA, 2010). O processo de desparafinação é representado na (FIGURA 4).

Figura 4 - Desparafinação de lubrificantes.

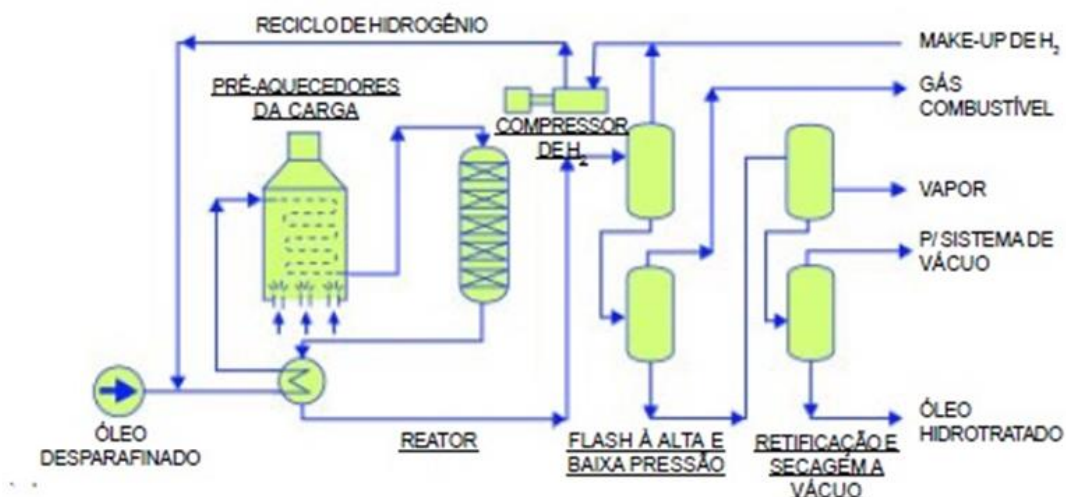


Fonte: Abadie (2003).

Com o intuito de retirar compostos que causam rápida deterioração dos óleos causando alterações em suas propriedades como o nitrogênio, o enxofre, o oxigênio e duplas ligações o processo de hidroacabamento Figura 5, finaliza as etapas de obtenção dos óleos lubrificantes. Onde gás hidrogênio a alta temperatura e pressão reage com a mistura em um reator fechado

com a adição de um catalisador que possibilita a transformação das olefinas (hidrocarbonetos que possuem cadeias abertas e duplas ligações) em hidrocarbonetos saturados possibilitando a melhora de algumas características do óleo lubrificante como estabilidade e o clareamento do óleo devido a remoção de substâncias cuja as moléculas contenham átomos de enxofre, nitrogênio ou oxigênio (ABADIE, 2003; BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).

Figura 5 - Unidade de hidrotratamento de lubrificantes.



Fonte: Abadie (2003).

2.4 Problemas ambientais causados pelo refino de óleos lubrificantes

O refino do petróleo no Brasil exerce um importante papel na economia sendo responsável por 32% da energia total consumida no país, porém, a maior parte é utilizada pelo setor que realiza o transporte dos produtos obtidos. As refinarias que tem como matéria-prima o petróleo cru, utilizam e geram quantidades significativas de compostos químicos que são eliminados pelas unidades de processamento sob a forma de emissão atmosférica, efluentes líquidos ou resíduos sólidos. Pode-se citar entre os poluentes gerados os hidrocarbonetos voláteis, monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, material particulado, amônia, sulfeto de hidrogênio, metais, ácidos e compostos orgânicos tóxicos (PEREIRA, 2010).

As emissões atmosféricas oriundas das refinarias incluem as emissões fugitivas dos compostos voláteis presentes no óleo cru e nas suas frações, as emissões geradas pela queima de combustíveis nos aquecedores e nas caldeiras e emissões das unidades de processamento

em geral. As emissões fugitivas podem ser consideradas como uma das maiores fontes de poluição nas refinarias, por ocorrer em todas as etapas do refino e escaparem por inúmeras fontes potenciais como válvulas, bombas, tanques, flanges e etc (BARBOZA, 2001).

Os efluentes líquidos originários de uma refinaria são constituídos pelas águas de resfriamento, águas de processos e águas de esgoto sanitário sendo tratados nas próprias refinarias por meio de estações de tratamento e seguindo para estações de tratamento públicas ou corpos receptores, desde que se enquadrem a Legislação Ambiental vigente. Hidrocarbonetos líquidos podem vir a serem liberados não intencionalmente no solo ou em águas superficiais próximas, problema extremamente grave que representa um alto risco para o meio ambiente e para saúde humana (PEREIRA, 2010).

Os resíduos sólidos podem ser gerados pelos processos de refino, ou em operação de manuseio do petróleo assim como na etapa do tratamento de efluentes, são constituídos tanto por resíduos perigosos quanto não perigosos, normalmente esse tipo de resíduo são gerados na forma de lamas, catalisadores de processos exaustos, cinza de incineradores e borras de filtração. Seu tratamento inclui incineração, neutralização, fixação química e disposição em aterros sanitários situados ou não dentro das refinarias, uma porção desse material que sai das refinarias (aquele que não é derivado do petróleo) é transportado e vendido na forma de co-produto, materiais esses que incluem enxofre, ácido acético, ácido fosfórico e outros materiais recuperados (PEREIRA, 2010). A Tabela 3 mostra as saídas materiais exclusivas das etapas do refino para obtenção de óleos lubrificantes.

Tabela - 3 Saídas de materiais das etapas do refino para obtenção de óleos lubrificantes (“contínua”).

Processo	Emissões atmosféricas	Efluente do processo	Resíduos sólidos gerados
Destilação atmosférica	Gás da chaminé do aquecedor (CO, NO _x , SO _x , hidrocarbonetos e material particulado), emissões fugitivas de hidrocarbonetos. Emissões do injetor de vapor (hidrocarbonetos).	Óleo, H ₂ S, NH ₃ , sólidos suspensão, cloretos, mercaptans, fenol, pH elevado.	Normalmente pouco, ou nenhum resíduo sólido é gerado.
Destilação a vácuo	Gás da chaminé do aquecedor (CO, NO _x , SO _x , hidrocarbonetos e material particulado),	Óleo, H ₂ S, NH ₃ , sólidos suspensão, cloretos, mercaptans, fenol, pH elevado.	Normalmente pouco, ou nenhum resíduo sólido é gerado.

	emissões fugitivas de hidrocarbonetos. Emissões do injetor de vapor (hidrocarbonetos).		
Hidrotratamento	Gás da chaminé do aquecedor (CO, NO _x , SO _x , hidrocarbonetos e material particulado), emissões fugitivas de hidrocarbonetos e regeneração do catalisador (CO, NO _x e SO _x).	H ₂ S, NH ₃ , sólidos em suspensão, fenóis, alto pH, DBO, DQO.	Finos do catalisador exausto (silicato de alumínio e metais).
Extração por solvente	Solventes fugitivos.	Óleo e solventes.	Normalmente pouco, ou nenhum resíduo sólido é gerado.
Desparafinação	Solventes fugitivos.	Óleo e solventes.	Normalmente pouco, ou nenhum resíduo sólido é gerado.
Desasfaltação a propano	Gás da chaminé do aquecedor (CO, NO _x , SO _x , hidrocarbonetos e material particulado), emissões fugitivas de propano.	Óleo e propano.	Normalmente pouco, ou nenhum resíduo sólido é gerado (“conclusão”).

Fonte: Pereira (2010).

2.5 Óleos lubrificantes usados ou contaminados (OLUC)

De acordo com a maneira a qual foi utilizado o óleo lubrificante, o tipo e o teor de contaminantes variam. Óleos usados ou contaminados provenientes de uma aplicação industrial, possuem baixos níveis de contaminantes, enquanto os óleos lubrificantes utilizados em motores, são submetidos a condições mais severas em relação aos industriais em termos de temperaturas e contaminantes (CERQUEIRA, 2004).

Ao ser submetido a altas temperaturas devido ao funcionamento de um motor, processo que causa contaminações por produtos de oxidações, aditivos degradados ou deposição de metais o óleo lubrificante tem seu ciclo de vida diminuído (SALEM; SALEM; BABAIEI, 2015).

A Resolução CONAMA n° 09/93 e a Portaria ANP n° 125/99, consideram que o uso prolongado de um óleo lubrificante resulta na sua parcial deterioração, formando compostos

tais como ácidos orgânicos, compostos aromáticos polinucleares, “potencialmente cancerígenos”, resinas e lacas. Estes órgãos definem os óleos lubrificantes usados ou contaminados, como o óleo lubrificante que devido ao uso normal ou por motivo de contaminação tornou-se inadequado a sua finalidade original, com possibilidade de ser regenerados ou não com processos disponíveis no mercado (BRASIL, 1993; BRASIL, 1999).

De acordo com a Companhia Brasileira de Petróleo Ipiranga (2016 citado por LIMA, 2016, p. 25), “as principais causas que prejudicam a eficiência dos óleos lubrificantes são:

- Degradação térmica ou por oxidação;
- Passagem de gases através dos anéis de segmentos;
- Filtragem inadequada do óleo do motor;
- Desgaste mecânico;
- Contaminação externa de água ou pelo sistema de refrigeração;
- Esgotamento químico dos aditivos.”

Os aditivos também presentes nos óleos lubrificantes usados ou contaminados quando encontrados em alta concentração são altamente prejudiciais ao serem degradados geram compostos perigosos como dioxinas, ácidos orgânicos, cetonas, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e elementos absoldidos de um motor ou equipamento, como o cromo, cádmio, chumbo e arsênio, o que torna o OLUC um resíduo ainda mais tóxico (APROMAC, 2011). A Tabela 4, apresenta os principais elementos contaminantes do óleo, assim como a faixa de valores das concentrações encontradas.

Tabela 4 - Principais elementos contaminantes do óleo e faixa de valores das concentrações encontradas.

Elementos	Origem	Limites (ppm)
Ba	Ba	< 100
Ca	Ca	100 – 3000
Mg	Mg	100 – 500
Zn	Zn	500 – 1000
Fe	Fe	100 – 500
Cr	Cr	Traços
Ni	Ni	Traços
Al	Al	Traços
Cu	Cu	Traços
Sn	Sn	Traços
Si	Si	50 – 100
S	S	0,2 - 1%
Água	Água	5 - 10%
Hidrocarbonetos leves	Hidrocarbonetos leves	5 - 10%
PAH	PAH	< 1000

Fonte: Concawe (1996) citado por Cerqueira 2004.

Em um experimento realizado na região leste da Arábia Saudita amostras de óleos usados e contaminados foram coletadas em diferentes épocas, no inverno e no verão, para avaliar a quantidade de metais presentes na constituição do óleo. Os resultados obtidos apresentaram pequena variação com relação a concentração dos metais presentes nas amostras, os elementos apontados na pesquisa foram Fe, Cr, Cu, Mg, Ni, Pb, Ca, e Ba sendo o chumbo, o ferro, o zinco, o magnésio e o cálcio os maiores contaminantes (ALI; RAHMAN; HANDAN, 1995). Os resultados médios das amostras estão indicados na (TABELA 5).

Tabela 5 - Determinação de metais em diferentes amostras de óleo lubrificantes usados ($\mu\text{g/mL}$).

Elementos	Fe	Cr	Cu	Mg	Ni	Pb	Zn	Ca	Ba
$\mu\text{g/mL}$	501,6	44,2	2,1	274	4,2	4069	830	1750	4,8

Fonte: Cerqueira (2004).

Os valores obtidos por análises feitas no Brasil mostram que os resultados da quantificação dos metais estão muito próximo, com exceção do chumbo, metal que não está presente nos óleos lubrificantes brasileiros (CERQUEIRA, 2004).

2.6 Impactos Ambientais causados pelo descarte inadequado dos óleos lubrificantes usados ou contaminados

O óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC) não é biodegradável por isso leva um tempo considerável para se decompor no meio ambiente ao ser descartado de forma incorreta pode vir a causar prejuízos significativos a uma gama de pessoas assim como interferir negativamente em todo um ecossistema (APROMAC, 2011).

A contaminação provocada pelo descarte de 1 tonelada/dia de OLUC para o solo ou corpos de água, equipara-se ao esgoto doméstico de 40 mil pessoas. Ao ser queimado de maneira irregular, sem a realização de processos de desmetalização ação que constitui crime ocasiona emissões em grandes quantidades de óxido metálicos além de outros gases tóxicos como a dioxina, óxido de enxofre e contaminantes organoclorados e pode causar um aumento na concentração de poluentes em um raio de 2 Km em média, ocasionando uma ampliação na quantidade de material particulado, devido a precipitação dessas partículas que são adsorvidos por vias cutâneas ou respiratórias (BRASIL, 2008 e APROMAC, 2011).

Ao vazarem ou serem jogados no solo o OLUC, inutiliza a área atingida tanto agricultura quanto para edificação ao se tornar um obstáculo e impedir a infiltração da água da chuva. Na

agricultura pode causar a morte da vegetação e dos microrganismos, o que, acarreta a destruição do húmus, devido aos hidrocarbonetos saturados presentes no OLUC que formam uma camada tornando o solo impermeável, causando a infertilidade da área e pode vir a ser uma fonte de vapores de hidrocarbonetos (APROMAC, 2011; CNT, 2019; SINDIREPA, 2008).

A contaminação do solo pelos óleos lubrificantes usados ou contaminados pode interferir na qualidade da água, pois ao atingir o lençol freático a água utilizada em poços existentes ao redor se torna inapropriada para consumo por conter altos níveis de substâncias tóxicas que podem causar danos irreversíveis a saúde e levar a morte. Apenas 1 litro de OLUC é capaz de contaminar 1 milhão de litros de água, devido ao comprometimento da oxigenação em uma faixa de 1000 m² de superfície aquosa. Se despejado no esgoto pode comprometer o funcionamento da estação de tratamento e interromper o serviço em alguns casos (APROMAC, 2011; CNT, 2019).

De acordo com Sindirrefio (2010 citado por MUNIZ; BRAGA, 2015. p. 444), “o setor de lubrificantes requer um consumo elevado de energia e conseqüentemente geram altas quantidades de emissões gasosas, líquidas e sólidas que causam impactos ao meio ambiente. Por isso é de grande importância fazer uma avaliação do setor em relação a questões ambientais tornando-se necessário conhecer, quantificar e qualificar os recursos utilizados, os resíduos e as emissões geradas na destinação final [...]”

2.7 Legislação Ambiental relacionada a destinação após o uso de óleos lubrificantes no Brasil e no estado de Minas Gerais

Diversas leis e regulamentações (resoluções e portarias) da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, têm como foco a cadeia de produção e importação de óleos lubrificantes. Porém uma ênfase especial é dada a destinação final dos óleos lubrificantes usados ou contaminados, regulamentados em normativas específicas como a Resolução CONAMA nº 362/2005 e Portaria Interministeriais devido a seu potencial poluidor pós-uso (CANCHUMANI, 2013).

Segundo a NBR 100.04 (ABNT, 2004) a classificação dos resíduos sólidos envolve a identificação do processo ou atividade que lhe deu origem, de seus constituintes, características e a comparação desses constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido, o que classifica os óleos lubrificantes

usados ou contaminados como resíduos sólidos da classe 1, resíduos esses perigosos por apresentar toxicidades.

A segregação dos resíduos na fonte geradora e a identificação de sua origem são partes integrantes dos laudos de classificação, em que descrição de matérias-primas, de insumos e do processo no qual o resíduo foi gerado devem ser explicitados NBR 100.04 (ABNT, 2004).

A Resolução CONAMA n° 362/2005, estabelece que todo óleo lubrificante usado ou contaminado deve ser recolhido, coletado e ter destinação final adequada, de modo que o meio ambiente não seja afetado de forma negativa e também que assegure a máxima recuperação dos seus constituintes e específica o rerrefino, nome genérico dado a processos tecnológicos-industriais, o método ambientalmente mais seguro de reciclagem do OLUC portanto a melhor alternativa para a gestão desse tipo de resíduo e declara proibido seu descarte em aterros sanitários (BRASIL, 2005). A seguir a Tabela 6 apresenta as leis e atos normativos referentes a destinação do OLUC.

Tabela 6 - Leis e atos normativos relacionados à destinação final de OLUC.

Leis e atos normativos referentes a destinação final do OLUC	
Leis	Lei n° 12.305/2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
Resolução CONAMA	Resolução CONAMA n° 362/05 - Estabelece como obrigação a coleta e a destinação de todo óleo lubrificante usado ou contaminado e as obrigações ambientais de cada agente envolvido.
Portarias MMA e MME	Portaria MMA n° 31/07 - Institui o grupo de Monitoramento Permanente da Resolução CONAMA n° 362/05, constituído pelo MMA, Ministério da Cidades, IBAMA, ANP, ABEMA, ANAMMA, SINDICOM, SINDIRREFINO, SIMPETRO, ONGs Ambientais. Portaria INTERMINISTERIAL n° 100/16 - Dispõe que todo o óleo lubrificante usado ou contaminado disponível deverá ser coletado, ou alternativamente, garantida sua coleta pelos produtores ou importadores de óleo lubrificante acabado, mesmo que superado o percentual mínimo fixado por esta Portaria, bem como sua destinação final de forma adequada.

Fonte: ANP (2010); Brasil (2010); CONAMA (2005); MMA (2016); MME (2016).

A Resolução CONAMA n° 362/05 declara que a responsabilidade da cadeia produtiva e de consumo é compartilhada, portanto o produtor, o importador e o revendedor de óleos lubrificantes acabados, assim como o gerador de óleos lubrificantes usados ou contaminados são responsáveis pela coleta do OLUC (BRASIL, 2005).

Os produtores e importadores de óleos lubrificantes têm como obrigação coletar todo óleo disponível ou garantir o custeio de toda coleta de OLUC na proporção do óleo que colocarem no mercado de acordo com metas progressivas intermediárias e finais estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Ministério de Minas e Energia (MME). Para

realizar essa obrigação os produtores e importadores devem obter uma autorização junto a ANP como coletores ou, como ocorre na maioria dos casos acordar um contrato com um coletor autorizado, o coletor realizará a coleta do óleo lubrificante usado ou contaminado disponível em parceria com geradores e revendedores, destinar esse resíduo a um rerrefinador e exigir do receptor a emissão do certificado de recebimento no rerrefino, no modelo da Resolução ANP n° 19/2009 (BRASIL, 2009).

A seguir, a Tabela 7, representa as metas volumétricas mínimas de OLUC a ser coletado estabelecidas pela Portaria Interministerial MME/MMA n°100/2016, sob responsabilidade de cada produtor e importador para os anos de 2016 a 2019. Metas que devem ser calculadas de acordo com a participação no mercado de óleo lubrificante de cada produtor e importador, por região e país (BRASIL, 2016).

Tabela 7 - Metas de coleta de OLUC para o quadriênio 2016 - 2019.

Ano	Regiões					Brasil
	Nordeste	Norte	Centro-oeste	Sudeste	Sul	
2016	33%	32%	36%	42%	38%	38,9%
2017	34%	33%	36%	42%	38%	39,2%
2018	35%	35%	37%	42%	39%	39,7%
2019	36%	36%	38%	42%	40%	40,1%

Fonte: MMA (2016); MME (2016).

Como complemento da Legislação Ambiental a ANP estabelece que para realizar a comercialização dos óleos lubrificantes básicos obtidos a partir do processo de rerrefinação é necessário atender as especificações contidas no Regulamento Técnico ANP n° 669, de 17 de fevereiro de 2017 e não conter substâncias proibidas pela legislação (BRASIL, 2017).

No ano de 2010, foi decretada a Lei n° 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, uma lei mais atualizada, com conceitos modernos de gestão dos resíduos sólidos que inclui os óleos lubrificantes e trouxe novas ferramentas a legislação ambiental brasileira. A Política Nacional de Resíduos Sólidos tem como objetivo a prevenção e a precaução com o destino final dos resíduos, a diminuição e a prática sustentável de consumo, estabelece o princípio do poluidor-pagador, institui a responsabilidade compartilhada de toda sociedade envolvida no ciclo de vida dos produtos, a ecoeficiência, o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social que gera emprego e renda e permite independência dos estados, municípios e microregiões para elaborarem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Para realizar o acompanhamento das ações de recolhimento, coleta e destinação final do OLUC foi criado por meio da Portaria MMA n° 31/2007 o Grupo de Monitoramento Permanente (GMP) constituído pelo MMA coordenador do grupo, MME, Ministério das Cidades, IBAMA, ANP, ABEMA, ANAMMA, SINDICOM, SINDIRREFINO, SIMIPETRO e ONGS Ambientalistas (BRASIL, 2007).

Um dos instrumentos estabelecidos pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos é o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), que possibilita os Estados a terem acesso a recursos da União, ou por ela controlado, destinados a empreendimentos e serviços referentes a gestão de resíduos sólidos ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito (BRASIL, 2010).

Conforme estabelecido no artigo 1° da Lei n° 18.031/2009 a execução da Política Estadual de Resíduos Sólidos é desenvolvida pela Fundação Estadual do Meio Ambiente FEAM em conjunto com outros entes públicos e privados relacionados a gestão de resíduos sólidos. A logística reversa instrumento que deve ser executado tanto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) quanto pela Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) é desenvolvido e implantado em Minas Gerais por meio de termos de compromisso de acordo com a deliberação normativa n° 188/2013, acompanhados pela Gerência de Resíduos Especiais da FEAM (MINAS GERAIS, 2009).

2.8 Logística reversa: Rerrefino do OLUC

Devido à redução do tempo de vida útil dos produtos em todos os setores, o consumo crescente e muitas vezes excessivo assim como a enorme introdução de novos modelos de produtos no mercado a tendência à descartabilidade se torna uma constante, o que torna indispensável a utilização de mecanismos que sirvam de instrumentos a reutilização desses produtos, diminuindo o volume de lixo e possibilitando novas formas de geração de renda (SINDICOM, 2012).

Os óleos lubrificantes usados ou contaminados ainda possuem em suas composições hidrocarbonetos que podem ser reutilizados o que representa um ganho econômico, pois o óleo base obtido deste resíduo pode receber novos aditivos e retornar ao motor fazendo com que ocorra uma diminuição na demanda de petróleo refinado e diminuindo a carga de poluentes despejada no meio ambiente (CANCHUMANI, 2013).

A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos instituída pela Política Nacional de Resíduos Sólidos deve ser realizada de forma individualizada e

encadeada pelos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos (SINDICOM, 2012).

De acordo com a Legislação Ambiental vigente fica proibido o descarte diretamente nos compartimentos ambientais e a incineração em processos térmicos diversos como forma de destinação final de OLUC, portanto em consonância com a “política dos 3Rs” (reduzir, reusar e reciclar) adotada mundialmente, a reciclagem é a destinação ambiental correta para esse resíduo onde de acordo com o artigo 3º da Resolução CONAMA nº 362/2005 tem que ser realizada pelo processo de rerrefino (BRASIL, 2008).

O processo de rerrefino converte o óleo lubrificante usado ou contaminado em um produto que pode ser utilizado como óleo base para obter óleos lubrificantes (CANCHUMANI, 2013). Após o processo, o óleo básico mineral obtido assemelha-se ao óleo do primeiro refino e apresenta as mesmas especificações portanto após sua adequada aditivação pode ser utilizado em motores automotivos, lubrificação de máquinas, fluidos hidráulicos e lubrificação em geral sendo comercializado pelos principais produtores de óleos lubrificantes acabados e de graxas lubrificantes. Subprodutos extraídos do processo também são utilizados como matéria-prima em outros procedimentos industriais como:

- Fração asfáltica dos óleos - usado como plastificante em derivados do petróleo;
- MPC - LW - usados nas indústrias de cerâmicas;
- Gesso - para uso agrícola, na correção de pH;
- Combustíveis pesados para fornos de altas temperaturas (CLARILUB, 2013).

Atualmente, no Brasil existem 22 empresas coletoras de óleos lubrificantes usados ou contaminados (responsáveis também pelo transporte) e 14 empresas que exercem a atividade de rerrefino autorizadas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Entres as empresas coletoras e rerrefinadoras 14 estão localizadas na região sul e sudeste podendo citar como exemplo a Lubrasil que está presente há mais de 40 anos no mercado de rerrefino (COMPER; SOUZA; CHAVES, 2016; SINDIREFINO, 2016).

Ao receber o resíduo, o rerrefinador fará alguns importantes testes que estão dispostos na Tabela 8, que são capazes de identificar a ocorrência de algum tipo de contaminação que inviabilize ou retire a eficiência do processo de rerrefino (APROMAC, 2011).

Tabela 8 - Testes realizados nos óleos lubrificantes usados ou contaminados.

Teste	Finalidade
Destilação	Verificar se o percentual de água não supera o limite máximo admissível para garantir a eficiência do processo de rerrefino.
Saponificação	Verificar a existência de óleos vegetais ou material orgânico que inviabilizaria o processo de rerrefino.
Análise de contaminantes químicos	Verificar a presença de substâncias químicas que comprometeriam a segurança do produto final.

Fonte: Sindirrefino (2008) citado por Apromac (2008).

Para que se possa analisar possíveis contaminações de um óleo lubrificante é preciso coletar amostras em um determinado motor por um certo período de funcionamento para que se avalie tanto o estado do motor quanto do óleo lubrificante. Um óleo em que foi detectado certo grau de contaminação devido presença de partículas de desgastes ou substâncias parecidas sofre degradação e perde sua capacidade de lubrificar devido a variações de suas propriedades físicas e químicas de seus aditivos (BERTINATO, 2014).

De acordo com Snook (1968 citado por BERTINATO, 2014, p. 7), “ ao analisar óleos usados em motores, identificou-se a degradação e contaminação como as principais causas de prejuízo à eficiência do óleo lubrificante portanto estabeleceu um programa básico de ensaios de óleos de motores e descreveu os procedimentos em laboratório, bem como os meios e causas de contaminação e degradação, correlacionando os contaminantes com os prováveis defeitos das máquinas e seus pontos de origem. A Tabela 9, apresenta a correlação dessa causa e efeito.

Tabela 9 - Causas possíveis de contaminação dos óleos de motores (“contínua”).

Contaminação por água	<ol style="list-style-type: none"> 1. condensação: operações a baixa temperatura, ventilação inadequada do cárter, uso excessivo em marcha lenta, períodos curtos em serviços intermitentes; 2. elevado vazamento de gases: anéis ou camisas gastas, restrições no sistema de escape; 3. vazamento de refrigerante: juntas do cabeçote vazando, cabeçote apertado com torque indevido, bloco ou cabeçote rachado;
Redução da viscosidade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de produto menos viscoso; 2. Diluição pelo combustível: alimentação excessiva de combustível, bicos injetores gotejando, alimentação de ar ou sistema de escape obstruído;
Aumento da viscosidade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de produto mais viscoso; 2. Contaminação por água e por fuligem do combustível; 3. Degradação: refrigeração inadequada, operação com mistura pobre, períodos de drenagem excessivamente prolongados;
Contaminação por	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fuligem do combustível: operação com mistura rica, bicos

insolúveis	<p>injetores defeituosos, entrada de ar de admissão obstruída;</p> <p>2. Entrada de poeira: manutenção inadequada do filtro de ar, vazamento de ar no sistema de admissão;</p> <p>3. Desgaste metálico: geralmente relacionado com quantidade de impurezas aspiradas, manutenção inadequada do filtro de ar (“conclusão”).</p>
------------	--

Fonte: Snook (1968) citado por Bertinatto (2014).

De acordo com BRASIL (2008), o processo de rerrefino tem a capacidade de realizar a remoção de contaminantes como (chumbo, arsênio, cádmio, cromo, 1.1.1 tricloroetano, tricloroetano, tetracloroetano, percloroetileno, tolueno e naftêno), dos produtos de degradação e aditivos do OLUC, conferindo-lhe características de óleos básicos. Um processo de rerrefino deve compreender etapas com as seguintes finalidades:

- Remoção de água e contaminantes leves;
- Remoção de aditivos poliméricos, produtos de degradação termooxidativa 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 odor, cor, instabilidade aos produtos, principalmente produtos de oxidação, distribuídos em toda faixa de destilação do óleo básico;

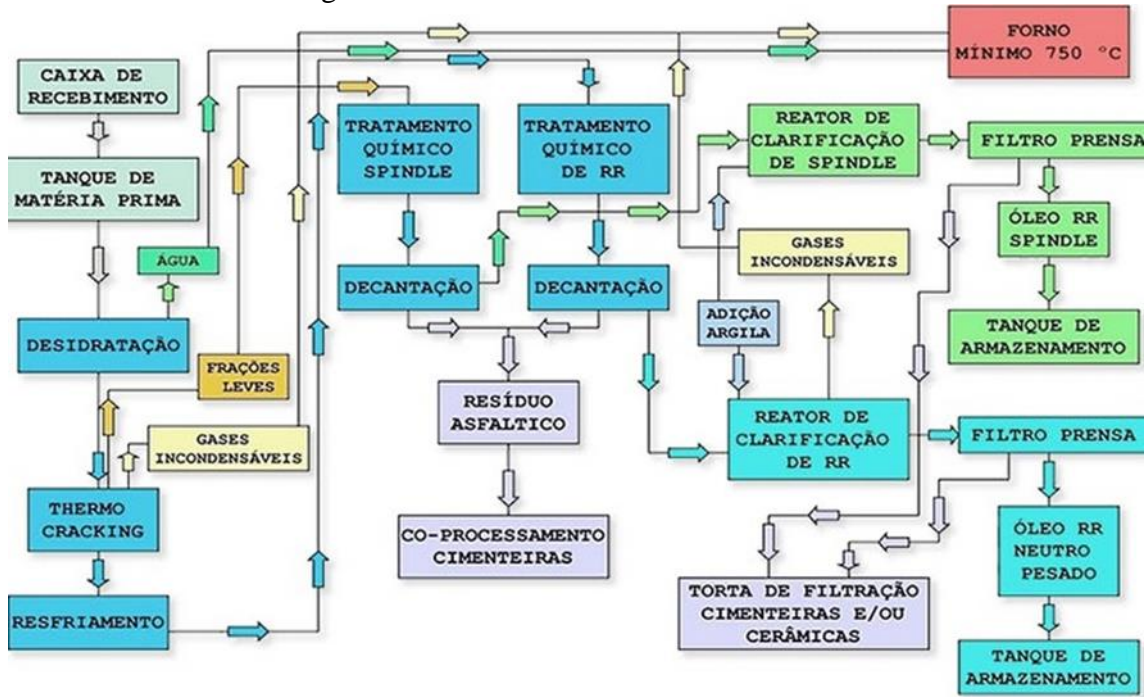
Algumas operações descritas a baixo são comuns no processo de rerrefino.

- Decantação - enquanto ocorre o descarregamento, processo feito por meio de bomba de engrenagem o óleo passa por um filtro de tela, que retira suas impurezas grosseiras e é armazenado em um tanque por 24 horas a uma temperatura de 50°C para que possa ocorrer a separação de água livre e algumas impurezas insolúveis.
- Desidratação - ao acabar o processo de decantação o óleo é transferido para desidratadores e aquecidos a 180°C. A água e os solventes evaporados são condensados e separados em separadores água/óleo, o solvente é utilizado na própria fábrica como combustível e a água vai para uma estação de tratamento, como por exemplo, lagoas aeradas com difusores de membranas tubulares (GUIMARÃES, 2006).

No Brasil o processo de rerrefino é realizado com tecnologia que atende aos rígidos padrões exigidos pela ANP nº 130 de 30 de julho de 1999. Atualmente existem três

tecnologias diferentes para obtenção de óleos básicos a partir do OLU (FIGUEREIDO, 2014). Demonstrados na Figura 6 e descritos em sequência.

Figura 6 - Processo industrial rerrefino de OLU.



Fonte: Sindirrefino (2015).

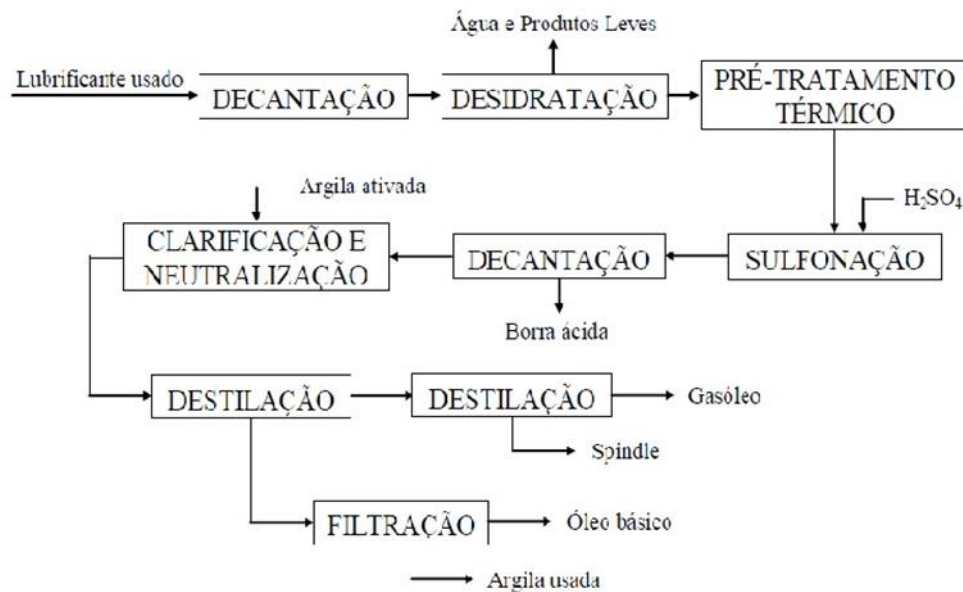
1ª- Sistema ácido argila com “termo craqueamento”. Nessa tecnologia predomina a obtenção de óleo básico neutro pesado.

2ª- Sistema de destilação a flash ou evaporação pelicular. Nessa tecnologia predomina a obtenção de óleos básicos, neutro médio e neutro leve.

3ª- Sistema por extração a solvente seletivo de propano. Nessa tecnologia predomina a obtenção de óleo básico neutro médio.

Muitos rerrefinadores no Brasil utilizam o processo ácido sulfúrico - argila, processo que foi desenvolvido na Alemanha por Bernd Meiken e compreende as seguintes etapas demonstrada na Figura 7, decantação, desidratação, pré-tratamento térmico, tratamento ácido, decantação da borra ácida, neutralização, tratamento com argila ativada, destilação a vácuo e filtração. Os altos custos de produção devido a um alto consumo de ácido sulfúrico e argila ativada, a geração de maior quantidade de borra ácida (poluente de difícil eliminação) e rendimento em torno de 60% são desvantagens do processo. Em contrapartida as suas vantagens são tratar pequenas quantidades de OLU e suas instalações requerem baixos investimentos (GUIMARÃES, 2006).

Figura 7 - Fluxograma do processo ácido sulfúrico - argila.



Fonte: Moura; Carreteiro (1987) citado por Guimarães (2006).

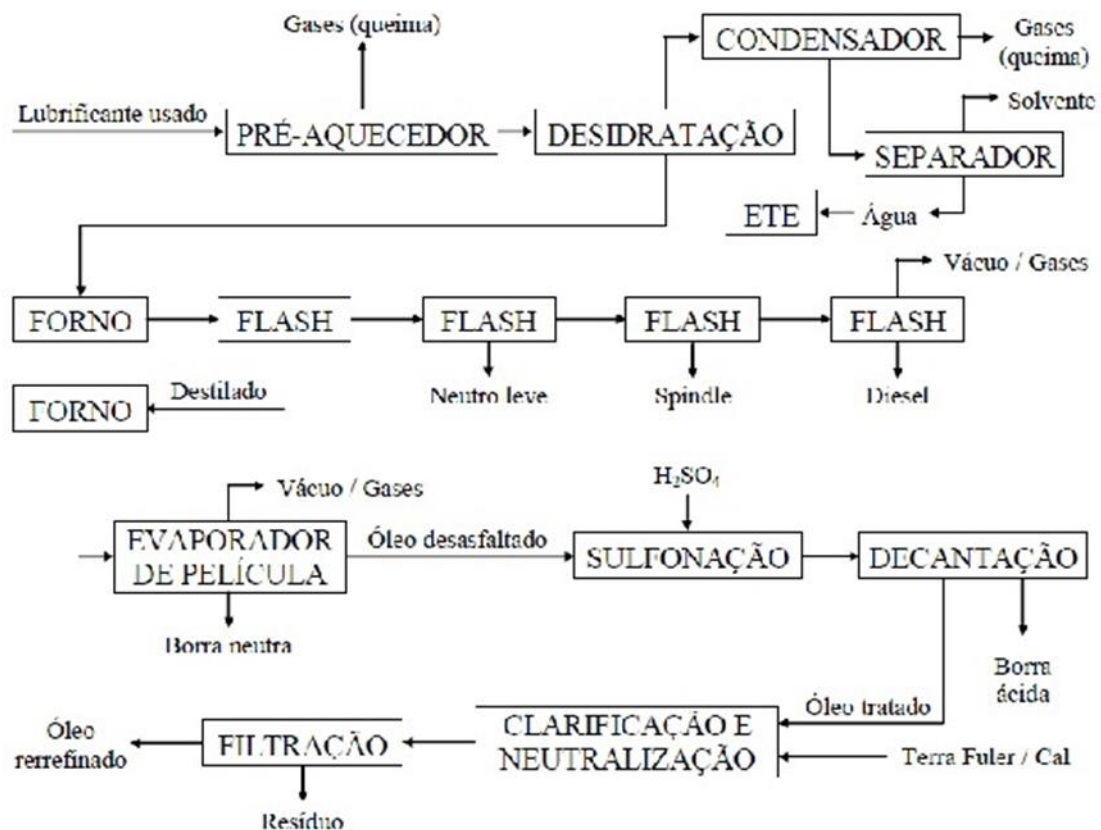
O pré-tratamento térmico, processo posterior as etapas de decantação e desidratação já descritas foi um avanço tecnológico no processo, aplicável diretamente ao óleo usado ou contaminado, que é submetido a um vácuo de 20mm de Hg, temperatura de 350°C e um tempo de residência em torno de 15 minutos possibilitando a degradação dos aditivos, procedimento que possibilita as seguintes vantagens (GUIMARÃES, 2006).

- Redução de 50% no consumo de ácido sulfúrico;
- Redução em torno de 1% no consumo de argila ativada;
- Redução de 40% na quantidade de ácido residual formado;
- Aumento de 4% no rendimento do processo;

Após o término do processo de tratamento térmico o óleo é resfriado em trocadores de calor até uma temperatura de 35°C, transferido para um tanque de sulfonação e sob agitação é adicionado ácido sulfúrico concentrado a uma proporção em massa de 5% por um período de 45 minutos, produzindo uma borra ácida altamente agressiva para o meio ambiente que são queimadas em fornos industriais. Logo após o óleo é bombeado para reatores de clarificação/neutralização para que seja adicionado terra fuller e cal, a mistura é aquecida promovendo adsorção dos produtos indesejáveis e consequentemente a clarificação e neutralização. A mistura óleo, terra e cal segue para um filtro prensa que separa a terra da cal, obtendo o óleo básico rerrefinado que possui as mesmas características do óleo básico virgem (GUIMARÃES, 2006).

O sistema de destilação a *flash* ou evaporação pelicular foi desenvolvido nos Estados Unidos e envolve as seguintes sequências demonstrada na Figura 8: desidratação, destilação a *flash*, desasfaltação (no reator de evaporação de filme), sulfonação, clarificação/neutralização e filtração (GUIMARÃES, 2006). As fases de desidratação, sulfonação, clarificação/neutralização e filtração já foram descritas no processo de ácido sulfúrico - argila.

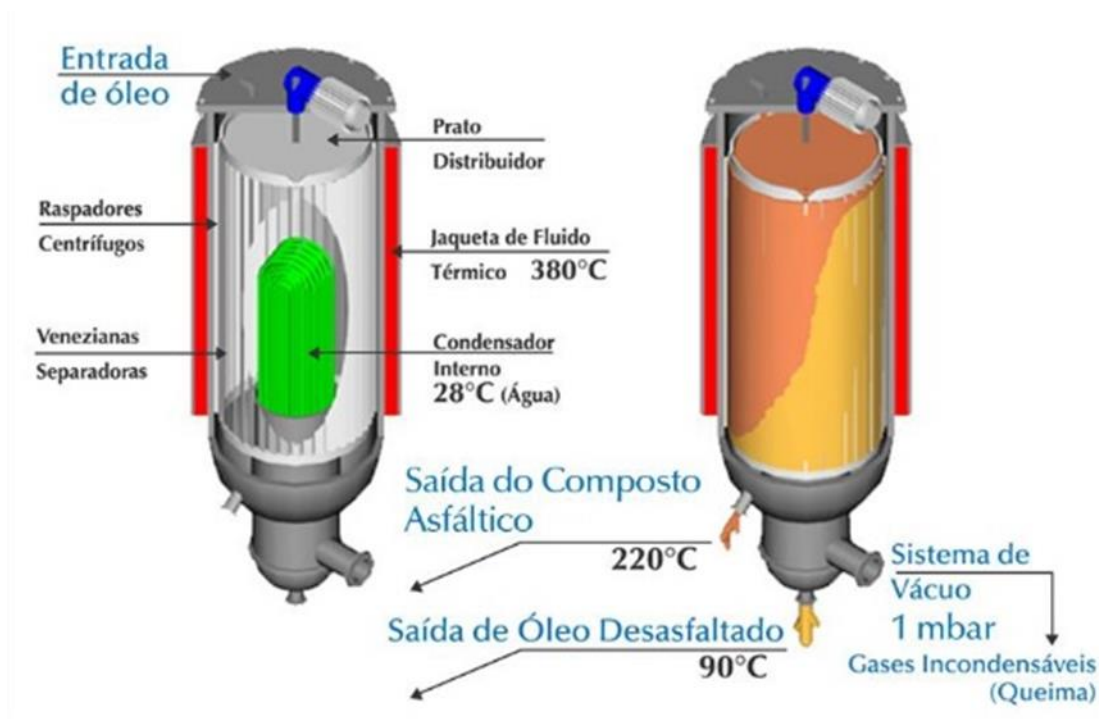
Figura 8 - Fluxograma do processo de evaporador de filme.



Fonte: Lwart (2005) citado por Guimarães (2006).

No processo de evaporação por película o OLUC é aquecido a altas temperaturas (acima de 375°C) e é injetado em uma espécie de centrífuga a alto vácuo, as frações mais pesadas são separadas pela força centrífuga e mais leves por condensação dos vapores (BRASIL, 2016). Na Figura 9 pode-se observar ilustração do funcionamento do evaporador por película.

Figura 9 - Ilustração do funcionamento do evaporador por película.

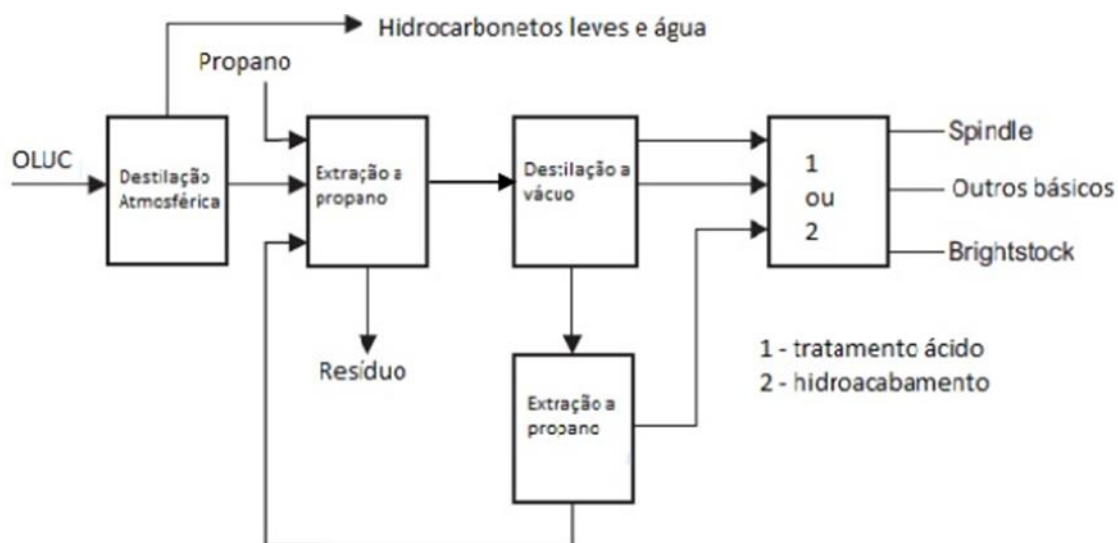


Fonte: Brasil (2016).

Os processos de extração com solventes são aplicados para remover componentes asfálticos e resinosos, são utilizados hidrocarbonetos de baixo peso molecular como solventes, que dissolvem seletivamente os componentes aromáticos indesejados deixando apenas componentes saturados desejáveis, como os alcanos em uma fase separada. O propano líquido é o solvente mais utilizado para retirada de asfalto dos resíduos (KUPAREVA; MAKI - ARVELA; MURZIM, 2013).

A extração a propano foi desenvolvida pelo *Instut Français de Pétrole* (IFP), sendo utilizado inicialmente em conjunto com o tratamento ácido e posteriormente como o hidroacabamento. A técnica utilizada em uma rerrefinaria é a mesma empregada no processo de desasfaltação a propano das refinarias de petróleo com uma diferença apenas no material de entrada. Após a extração a propano o OLUK pode passar por tratamento com ácido sulfúrico a 2%, reação de sulfonação e em sequência a neutralização com argila aditivada e destilação fracionada que separa diferentes tipos de óleos básicos, ainda podendo seguir para o hidroacabamento (BRASIL, 2016). A Figura 10 apresenta o esquema do processo.

Figura 10 - Esquema de extração a propano.



Fonte: Brasil (2016).

Apesar do rerrefino ser a técnica de reciclagem escolhido para a destinação ambientalmente correta pela Resolução CONAMA nº 362/ 2005, por ser capaz de eliminar toda a gama de contaminantes presente no OLUC a mesma Resolução não proíbe outros tipos de tratamento tecnológicos desde que sua eficácia ambiental seja equivalente ou superior ao rerrefino. Portanto é de total responsabilidade do órgão ambiental licenciador a redobrada da cautela nas hipóteses de licenciamento ou autorização alternativos, pois um óleo parcialmente tratado conterá partes de contaminantes que podem se incorporar a um outro produto ou processo produtivo ocorrendo o que se denomina diluição de contaminantes o que é altamente danoso ao meio ambiente (BRASIL, 2008).

No Brasil os óleos básicos rerrefinados são especificados pela Portaria ANP nº 130/99, que utiliza os mesmos parâmetros físicos-químicos que a Portaria ANP nº 129/99. Porém, existe uma limitação apontada, que é a não especificações de parâmetros que se relacionam à eliminação dos contaminantes do OLUC, como por exemplo, moléculas dos aditivos. Devido a isso, mesmo estando contaminados com metais pesados ou resíduos da aditivação um óleo básico rerrefinado pode atender à especificação nacional (BRASIL, 2016).

Na atividade de troca de óleo lubrificante outros resíduos são gerados além do óleo lubrificante usado ou contaminado como o filtro lubrificante automotivo que consiste em um conjunto formado por tampas, caneca, válvulas e juntas de vedação e são classificados como perigosos, ou seja, de classe 1 pela Norma NBR/ABTN 100.04/2004 por reterem em seu interior, diversos componentes empreguinados derivados de petróleo (MORAES et al, 2017).

Os filtros lubrificantes usados são considerados como sucatas metálicas e são destinados a receptores intermediários, porém o óleo retido em sua membrana filtrante é prejudicial ao meio ambiente sendo utilizados equipamentos que cortam os filtros e retiram o óleo remanescente tornando possível o descarte da membrana, do OLUC residual, da carcaça metálica e demais componentes a reciclagem e/ou coprocessamento adequado descrito no tópico a seguir (PASQUALETTO; MACHADO; MORAIS, 2017).

2.9 Gerenciamento adequado dos resíduos gerados na troca de óleos lubrificantes

A realização de um correto gerenciamento de resíduos sólidos tem como ações de fundamental importância a segregação, acondicionamento, armazenamento temporário, transporte externo, tratamento ou destinação final dado a cada resíduo. Para os produtos plásticos poderem ser usados como matéria-prima secundária as etapas do canal reverso de reciclagem em especial a responsável por permitir o retorno do produto ao ciclo produtivo, devem contar com um gerenciamento adequado, que garanta a qualidade de novos produtos, evitam problemas como a contaminação e alcance atender às demandas de seu mercado consumidor (MOTTA, 2011; TENÓRIO et al, 2014).

Por conter resíduos oleosos que dificultam e tornam mais caro o processo de reciclagem e por necessitar de cuidados especiais quanto ao seu destino final a gestão de embalagens plásticas contaminadas com óleo lubrificante é muito trabalhosa. Para retirar todo óleo que geralmente fica nos frascos, as embalagens devem ser escurridas, em seguida separadas de acordo com as características do resíduo. Os óleos lubrificantes devem ficar armazenados em recipientes com boas condições e colocados dentro de uma área de contenção, que evita o espalhamento do OLUC no caso de rompimento ou acidente na colocação ou retirada dos resíduos das bombonas, latões ou tanques. Pela praticidade, resistência e durabilidade as bombonas e os “contêineres” plásticos destacam-se e os tambores de latão merecem um zelo maior por ter tendência a enferrujar (GERHRDT et al, 2014; OLIVEIRA; GOMES; NASCIMENTO, 2008).

Dentre os diferentes sistemas de tratamento existentes com relação a destinação de OLUC dois se destacam, um converte o óleo usado ou contaminado em um material que pode ser utilizado como óleo base para a produzir óleos lubrificantes chamado de rerrefino e o outro é tratar o óleo base para produzir um material que possa ser consumido posteriormente como combustível como para outros fins, como por exemplo, a incineração em cimenteiras (CANCHUMANI, 2013).

No processo de troca de óleo lubrificante vários contaminantes são gerados, portanto, dois atributos são de extrema importância para o correto gerenciamento, que previne acidentes e problemas futuros, o armazenamento e a destinação adequada (MUNIZ; BRAGA, 2015). A Tabela 10, apresenta uma compilação de como agir com cada tipo de resíduos do processo de troca de óleo lubrificante.

Tabela 10 - Gerenciamento dos resíduos gerados na troca de óleo lubrificante (“contínua”).

Resíduos	Coleta e armazenamento	Destinação adequada
Óleos lubrificantes usados ou contaminados.	Armazenar em recipientes com boas condições, livre de vazamento e colocados dentro de uma bacia de contenção; Pode ser utilizado bombonas, “contêineres” plásticos e tambores (latão), sujeitos a ferrugem.	Recolhimento por empresas autorizadas.
Filtros de óleos usados	Acondicionado em embalagens identificadas e local adequado.	Aterro licenciado de resíduos perigosos.
Embalagens usadas de óleos lubrificantes.	Escorrer o óleo lubrificante restante na embalagem; Separá-las e colocá-las em um recipiente que não deixe pequenas quantidades de produto novos ou usados ainda restantes extravazarem uma bombona ou latão, por exemplo.	Reciclagem se possível; Aterros licenciados de resíduos perigosos se não houver outra alternativa de tratamento.
Serragem ou areia com óleo lubrificantes.	Acondicionado em embalagens identificadas e permanência em local adequado.	Aterro licenciado de resíduos perigosos.
Fluídos de limpeza de ferramentas sujas com óleo lubrificantes.	Acondicionado em embalagens identificadas e permanência em local adequado.	Aterro licenciado de resíduos perigosos ou empresa licenciada de tratamento de efluentes líquidos.
Água contaminadas com óleo lubrificante.	Separação do óleo da água por meio de centrifugação ou caixa de separação óleo/água.	1. Água: resuso nos sistemas de limpeza; 2. Óleo lubrificante: coletor autorizado; 3. Outros resíduos oleosos: aterro licenciado de resíduos perigosos.
Outros resíduos oleosos/mistura de óleo com combustível, solvente e	Acondicionado em embalagens identificadas e permanência em local	Aterro licenciado de resíduos perigosos.

outras substâncias. adequado.
Resíduos não contaminados Acondicionamento em Aterros licenciados de
papéis, papelão e plástico. embalagens específica, resíduos perigosos se não
evitando contaminação. houver outra alternativa de
tratamento (“conclusão”).

Fonte: Apromac (2008); Fiesp (2007); Muniz; Braga (2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A cidade de Lavras está situada a 920 metros de altitude, seu clima característico é o tropical de altitude e seu território compreende uma faixa de 564,744 Km². Em seu último censo realizado no ano de 2010, sua população foi de 92.200 habitantes com uma densidade demográfica de 163,26 hab/Km² e sua população estimada para o ano de 2019 foi de 103.773 habitantes, seu Pib per capita em 2017 foi de 24.341,66 R\$, e um IDHM estimado em 2010 de 0,782, com uma frota apontada em 2018 de 62.666 veículos (CIDADE-BRASIL; IBGE).

3.2 Planejamento amostral

De acordo com a Prefeitura Municipal de Lavras, MG, o número total de estabelecimentos que oferecem o serviço de troca de óleo lubrificante é de 89. A pesquisa de campo foi desenvolvida no mês de junho de 2020 de forma aleatória em empresas que oferecem o serviço de troca de óleo lubrificante automotivo, sendo que 12 (doze) dessas empresas são oficinas mecânicas e 4 (quatro) postos de combustíveis. Foram aplicados 16 (dezesesseis) questionários no total, aos funcionários dessas empresas, o questionário foi composto por 10 (dez) questões relacionadas a maneira de como é feito o gerenciamento dos óleos lubrificantes usados ou contaminados.

O questionário aplicado encontra-se no Apêndice 1. Após a realização das entrevistas foi feito a tabulação dos dados com o auxílio do Software Excel 2016, para a elaboração de gráficos.

Para a obtenção do tamanho necessário da amostra, foi utilizado o método de amostragem aleatória simples representado na equação abaixo, com um erro amostral tolerável de 5%.

$$n_0 = \frac{1}{(E_0)^2} \tag{1.2}$$

- n_0 - primeira aproximação do tamanho da amostra.
- E_0 - erro amostral tolerável.

$$n = \frac{(N * n_0)}{(N + n_0)} \quad (1.3)$$

- n - tamanho da amostra.
- N - tamanho da população.
- n_0 - primeira aproximação do tamanho da amostra.

Primeiramente foi calculado n_0, e o seu valor encontrado foi de 400. Em seguida foi calculado n e o resultado obtido foi de 78 ou seja, para um erro amostral tolerável de 5% e uma população total representada por N de 89, era necessário que 78 estabelecimentos fossem visitados.

Porém como o presente trabalho abordou 16 estabelecimentos, foi necessário fazer o cálculo inverso utilizando as seguintes equações:

$$n_1 = \frac{p * N}{(N - p)} \quad (1.4)$$

- n_1 - primeira aproximação do tamanho da amostra.
- p - tamanho da amostra (“estabelecimentos visitados”).
- N - tamanho da população.

$$E_1 = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{n_1}} \quad (1.5)$$

- E_1 - erro amostral tolerável.
- n_1 - primeira aproximação do tamanho da amostra.

A partir da equação (1.4) apresentada acima onde p, foi o número de estabelecimentos visitados, no caso 16 e N, a população total que foi de 89 estabelecimentos, foi encontrado um valor para n_1 de 631,090090. Em seguida foi possível obter E_1 referente ao erro amostral tolerável para o tamanho da amostra p, que foi de 22%.

De acordo com os cálculos realizados para que seja possível reduzir o erro de 22% para 5% é necessário que mais 62 estabelecimentos sejam visitados.

3.3 Processo de troca de óleo lubrificante

A realização de um correto gerenciamento do óleo lubrificante usado ou contaminado inicia-se na preparação do local, que deve ser isolado e seguro tanto para os funcionários quanto para as demais pessoas. A troca de óleo lubrificante, consiste na substituição do OLUC por um lubrificante novo e no armazenamento desse resíduo gerado evitando a contaminação do meio ambiente e o contato com outras substâncias químicas (APROMAC, 2011).

É fundamental que nos estabelecimentos que oferecem esse serviço, disponham de calhas de segurança, que são escoadouros posicionados no piso abrangendo toda área onde é realizada a troca com a função de reter possíveis vazamentos. É necessário a presença de uma caixa separadora para água e óleo, Figura 11 associada as calhas, que exerce a função de resgatar a maior quantidade possível de óleo caso ocorra derramamento (APROMAC, 2011).

Figura 11 - Caixa de separação para água e óleo.

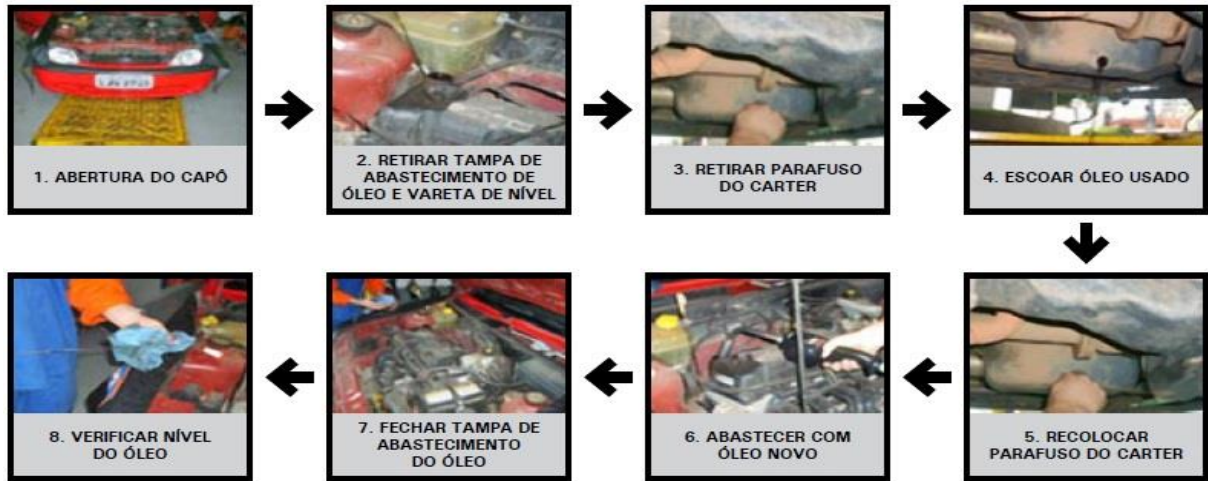


Fonte: Apromac (2011).

O espaço adequado para o armazenamento do OLUC deve ser seguro e de fácil acesso para coleta. Os recipientes que armazenarão o óleo lubrificante usados ou contaminados devem estar em bom estado de conservação, para que não ocorra vazamento e fixado em uma bacia de contenção. Pode ser utilizado para o acondicionamento, tambores metálicos, bombonas plásticas e containers plásticos. Os filtros usados devem ser acondicionados em um kit de armazenamento, que é constituído por tambor, bombona, container ou big bag em sacolas plásticas específicas para esse tipo de resíduo (APROMAC, 2011; BRASIL, 2005;

FECOMRRCIOSP, 2014). A Figura 12 apresenta um fluxograma da troca de óleo lubrificante automotivo.

Figura 12 - Fluxograma da troca de óleo lubrificante.



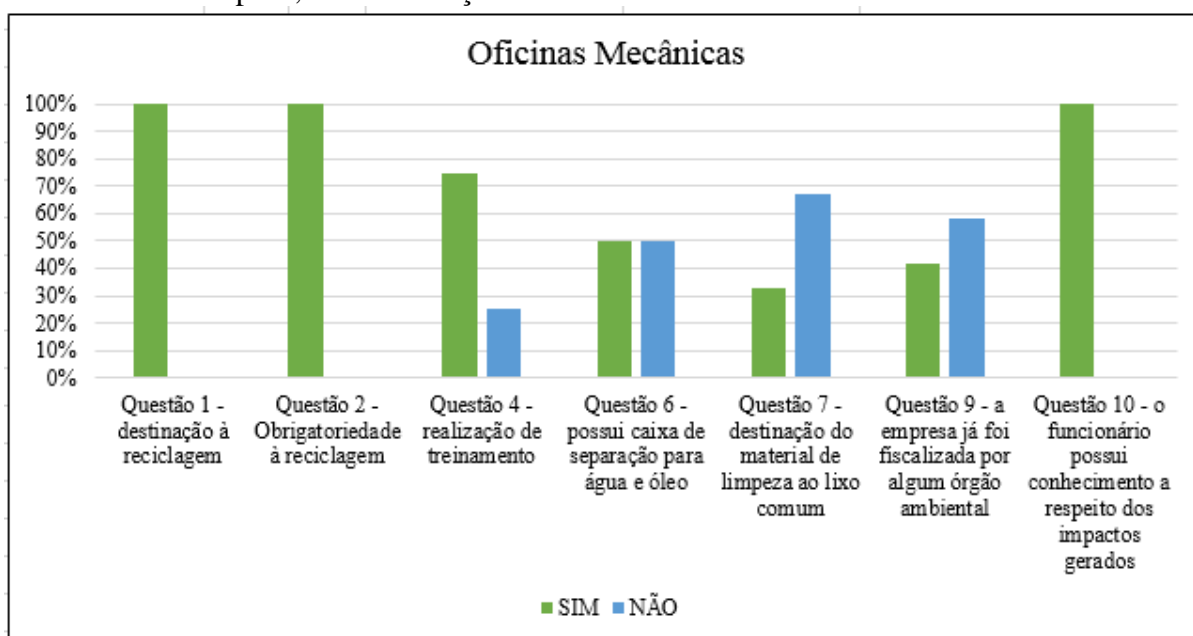
Fonte: Sindirepa (2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Oficinas mecânicas

A partir do questionário (APÊNDICE 1) aplicado aos funcionários das oficinas mecânicas que realizam o serviço de troca de óleo lubrificante automotivo e por observações do acondicionamento do resíduo gerado, foi possível verificar como é feito o descarte dos óleos lubrificantes usados ou contaminados. A figura 13 a seguir representa o percentual de respostas referentes as questões 1, 2, 4, 6, 7, 9 e 10 obtida dos funcionários.

Figura 13 - Percentual de respostas referentes as questões 1 - reciclagem, 2 - obrigatoriedade, 4 - treinamento, 6 - caixa de separação para água e óleo, 7 - destinação de material de limpeza, 9 - fiscalização e 10 - consciência ambiental nas oficinas mecânicas.



Inicialmente os funcionários foram entrevistados sobre o destino final dos óleos lubrificantes usados ou contaminados com o propósito de constatar se os estabelecimentos direcionam tais resíduos para reciclagem. Pode-se observar no Gráfico, que 100% das oficinas mecânicas acondicionam os resíduos para posteriormente serem encaminhados para destinação final adequada, que de acordo com a Resolução nº 362/2005 do CONAMA é o processo de rerrefino. Porém vale ressaltar que tal ação é executada objetivando a lucratividade, pois quando questionados todos os funcionários responderam que o OLUC gerado é vendido às empresas especializadas no serviço de coleta, o que não pode ser comprovado pois no momento da pesquisa o acesso ao certificados de coleta do OLUC emitido pela empresa responsável pelo recolhimento do resíduo não estava disponível.

A questão 2 complementa a questão 1 onde 100% das empresas visitadas tem a destinação dos óleos usados ou contaminados à reciclagem como obrigatória.

Como relação ao treinamento dos funcionários ao correto descarte dos resíduos gerados devido a troca de óleos lubrificantes automotivos abordado na questão 4, observa-se que 75% dos estabelecimentos se preocuparam em oferecer as devidas instruções, porém quando perguntados sobre a frequência todos responderam que foi apenas no momento da contratação. O treinamento é de grande importância pois garante segurança aos trabalhadores envolvidos e de outras pessoas, pois o óleo pode causar intoxicações por meio dos gases e evita que o OLUC gerado se contamine com outras substâncias o que pode causar um maior dano ao meio ambiente.

Foi verificado que 50% dos estabelecimentos possuem caixa de separação para água e óleo. Nas oficinas que não possuíam a caixa de separação para água e óleo, os funcionários relataram que não faziam atividades de lavagem por isso não dispunha do sistema.

Com relação aos outros resíduos gerados usados na limpeza como panos, estopas, serragem ou areia 33% destinavam ao lixo comum, o que pode ser considerado um percentual alto pois esses resíduos podem conter resquícios de óleo e são considerados perigosos (classe 1) de acordo com a NBR 100.04 portanto, devem ser separados segundo seu tipo e acondicionado em embalagens resistentes para que não ocorra vazamento e rotuladas para posterior encaminhamento à aterros licenciados de resíduos perigosos e não causem prejuízos ao meio ambiente como a contaminação da água e do solo (ABNT, 2004; APROMAC, 2011; CASTRO, 2011).

A destinação dos resíduos como os materiais de limpeza da troca de óleo lubrificante ao lixo comum pode ser considerado um fator negativo nos estabelecimentos visitados, tendo em vista que esse tipo de material necessita de tratamento especial por empresas qualificadas e que possuem registro na ANP e no Ministério do Meio Ambiente. O lixo comum geralmente é recolhido e destinado a aterros sanitários sem qualquer prática de tratamento podendo a vir contaminar o solo e corpos hídricos (CASTRO, 2011).

Quando os funcionários foram questionados se a empresa já foi fiscalizada por algum órgão ambiental, 42% responderam que sim, no entanto, os entrevistados afirmaram não haver uma frequência para estas fiscalizações. O não cumprimento às regras da logística reversa dos óleos lubrificantes usados ou contaminados pode levar os infratores a penalidades administrativas, penais e civis nas esferas ambiental, do consumidor, regulatória da indústria do petróleo, trabalhista e criminal (GUERRA et al.; 2012).

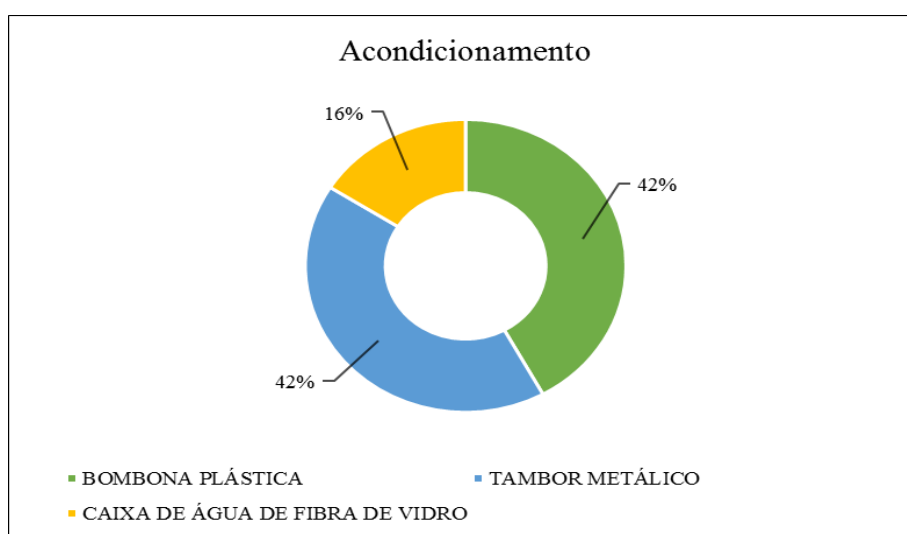
No estado de Minas Gerais a fiscalização ambiental e a execução de medidas relacionadas ao descumprimento às normas de proteção ambiental, situa-se contidas nas Leis nº 7.772/80 – Política de Proteção, Conservação e Melhoria do Meio Ambiente, 20.922/2013 - Política Florestal e de Proteção à Biodiversidade, 14.181/02 – Política de Proteção à Fauna e à Flora Aquática e Desenvolvimento da Agricultura e 13.199/99 – Política Estadual de Recursos Hídricos. O Decreto Estadual nº 47.383/2018 também possui determinações relacionadas a ações de fiscalização (FEAM, 2018).

Na cidade de Lavras, MG à Secretaria Municipal de Meio Ambiente possui a responsabilidade de fazer cumprir as leis federais, estaduais e municipais relativas ao meio ambiente (LAVRAS, 2018).

Com relação ao conhecimento dos impactos ambientais causados ao meio ambiente devido ao descarte inadequado dos resíduos gerados todos responderam conhecer tais impactos. Porém como foi identificado algumas ações erradas no que diz respeito ao descarte de alguns resíduos gerados fica a dúvida se os funcionários tem o discernimento com relação a essa questão.

No que diz respeito ao acondicionamento dos óleos lubrificantes usados ou contaminados a Figura 14 apresenta os percentuais referente as respostas dos funcionários entrevistados.

Figura 14 - Percentual de respostas referente a questão 3 relacionado ao acondicionamento do OLUC gerado.



A Figura 14 referente ao acondicionamento do óleo OLUC gerado demonstra que a maioria dos estabelecimentos utilizam bombonas de plástico e tambores metálicos como recipientes que acondicionam o OLUC gerado.

O armazenamento de OLUC é uma responsabilidade que requer muita atenção e cuidados pelos profissionais que exercem o ofício de troca de óleo lubrificante, devido ao alto risco que o resíduo pode causar no meio ambiente. Por isso a aplicação de técnicas que assegurem o armazenamento seguro do OLUC é indispensável, o local de armazenamento deve estar em boas condições para que não ocorra vazamento e fixado em uma bacia de contenção recomendada. Os compartimentos, como as bombonas de plástico, são práticos, resistentes e duráveis, os tambores metálicos também muito utilizados requer mais cuidados pois podem estar sujeitos ao ataque de ferrugem, amassados e rasgões o que pode levar ao vazamento do OLUC (APROMAC, 2011; LAWART, 2018).

Porém foi observado que na maioria dos estabelecimentos os recipientes encontram-se em mal estado de conservação e todos não estão fixados em uma bacia de contenção recomendada. A Figura 15 apresenta a bacia de contenção recomendada para a fixação dos recipientes que acondicionam OLUC.

Figura 15 - Bacia de contenção



Fonte: Teknoval (2020).

A finalidade da bacia de contenção, é servir como plataforma para imobilizar os possíveis resquícios de OLUC que podem vir a causar danos ao meio ambiente assim como, garantir a segurança dos funcionários no local de trabalho. Sua estrutura apresenta resistência química e baixo peso sendo de fácil transposição. Pode ser usado, para fixar os locais de armazenamento do OLUC e em alguns caso possibilitar o reaproveitamento do líquido derramado, diminuindo o desperdício e prejuízos para empresa (TEKNOVAL, 2020).

A Figura 16, 17 e 18 representam as imagens dos recipientes que armazenam o OLUC gerado obtidas nos locais que foram realizadas as entrevistas.

Figura 16 - Bombona utilizada para o acondicionamento do OLUC gerado.



Fonte: Do autor.

Figura 17 - Tambor de metal utilizado no acondicionamento do OLUC gerado.



Fonte: Do autor.

Figura 18 - Caixa de água fabricada em fibra de vidro.

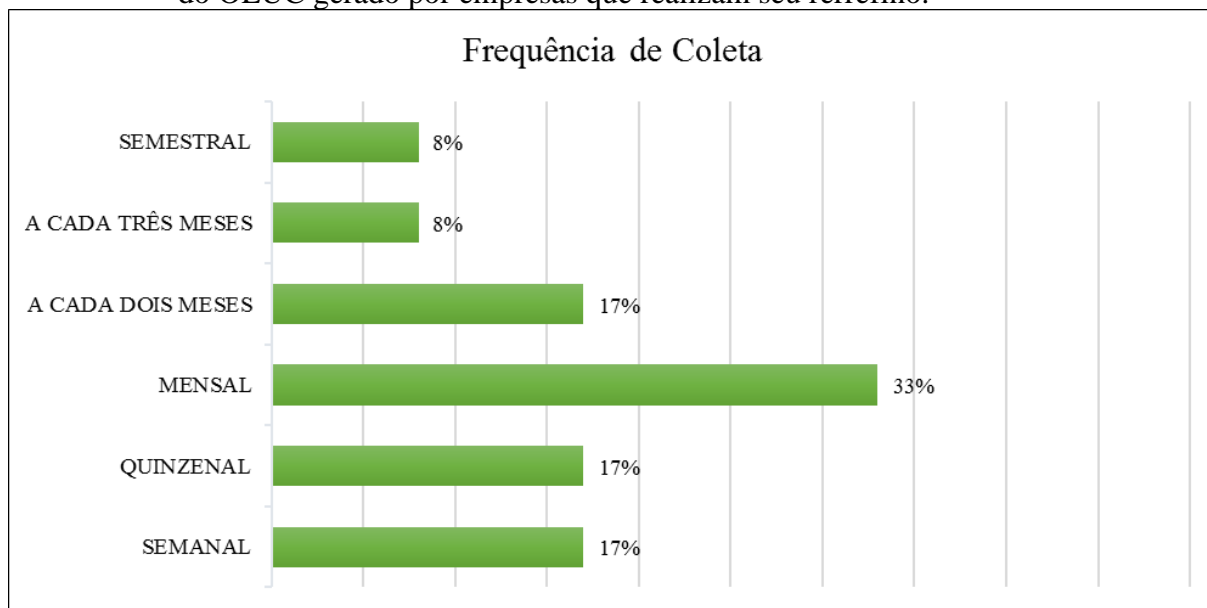


Fonte: Do autor.

De acordo com o Art. 17 da Resolução CONAMA n° 362/2005 o revendedor que ao exercer sua função de troca de óleo lubrificante e conseqüentemente gere OLUC, deve possuir um local apropriado, com as devidas licenças obtidas pelo órgão ambiental competente proporcionando de forma segura a coleta do OLUC assim como a facilidade de acesso e possuir compartimentos adequados que não venham provocar vazamento causando a possível contaminação do meio ambiente (BRASIL, 2005).

A coleta do OLUC na maioria dos casos é realizada até completar o recipiente, por isso foi dada uma estimativa em cada local, o maior percentual que corresponde a 33% é feita mensalmente, em 17% a coleta é feita semanal, quinzenal e cada dois meses. Em menor proporção que corresponde a 8% a coleta é feita a cada três meses e semestral. Conforme pode-se observar na (FIGURA 19).

Figura 19 - Percentual de respostas referente a questão 5 relacionado a frequência de coleta do OLUC gerado por empresas que realizam seu rerrefino.

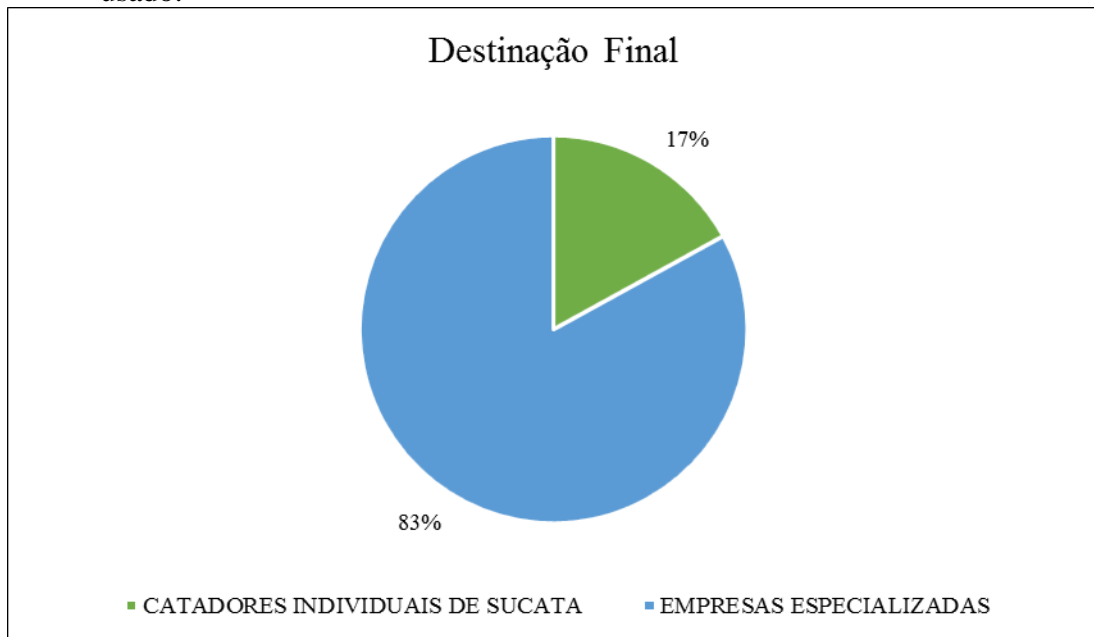


É necessário que todo OLUC gerado pela empresa seja recolhido, coletado e ter destinação final adequada para que seja possível recuperar o máximo de componentes que o constituem. O método de destinação final apropriado de acordo com a Resolução CONAMA n° 362/2005, é a reciclagem com a técnica de rerrefino (ANP, 2017).

Os produtores e importadores tem como obrigação recolher todo OLUC disponível ou arcar com as despesas de toda coleta na medida de óleo que disponibilizarem no mercado, respeitando metas impostas pelo Ministério do Meio Ambiente e de Minas e Energia. Ainda com relação aos produtores e importadores, eles podem obter autorização junto a ANP como coletores ou firmarem um contrato de coleta com uma empresa autorizada para esse tipo de serviço. A empresa que realizará a coleta, deve retirar todo OLUC gerado, destinar a um rerrefinador e requerer o Certificado de Recebimento no Rerrefino no padrão da Resolução ANP n° 19/2009 (ANP, 2017).

Com relação ao destino final dos filtros de óleos lubrificantes usados ou contaminados Figura 20, 83% é destinado a venda desses resíduos para empresas especializadas, ação que não pode ser confirmada pois o certificado de coleta e das empresas que a realizam não foram apresentados pelos funcionários, por isso não foi possível constar se as empresas que de coleta do filtros foram auditadas pelas oficinas ou emitiram manifestos de destino correto desse resíduo. Os outros 17% é disponibilizado para catadores individuais de sucata.

Figura 20 - Percentual de respostas da questão 8 referente a destinação final dos filtros de óleo usado.



Os filtros ficam armazenados em bombonas de plásticos, Figura 21 em grande maioria junto com panos e estopas até serem recolhidos. Procedimento incorreto, pois apesar de serem resíduos de classe 1 de acordo com a NBR 100.04, devido a existência de componentes contaminados por derivados de petróleo, depois de usados, os filtros devem ser desmontados separando os materiais metálicos que estão presente em maior concentração e são mais aceitos pela indústria de reciclagem, o OLUC para ser encaminhado ao rerrefino e a membrana filtrante ao coprocessamento (ABNT, 2004; MACHADO et al, 2019).

Figura 21 - Acondionamento dos filtros dos OLUC gerados.

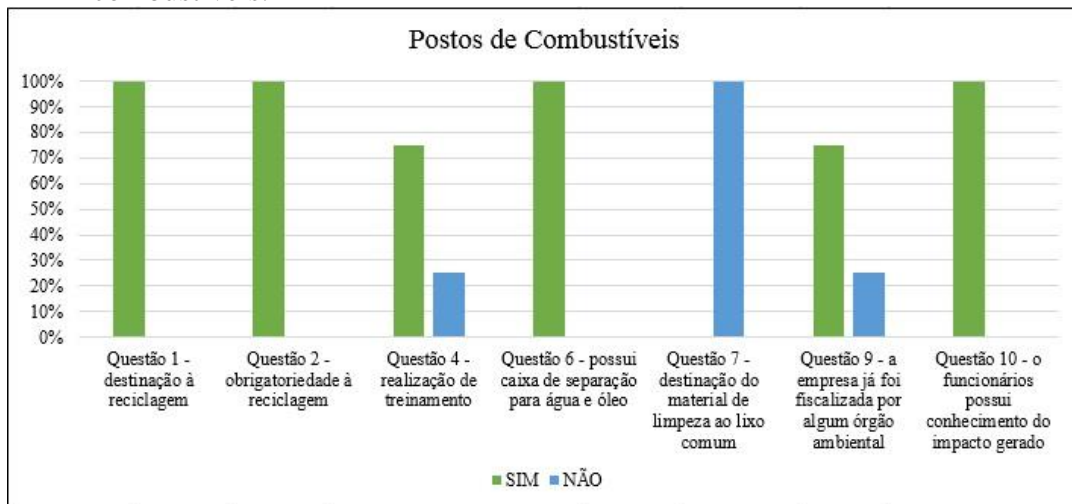


Fonte: Do autor

4.2 Postos de combustíveis

Para a realização da pesquisa nos postos de combustíveis foram feitas imagens dos compartimentos que acondicionam o OLUC gerado e aplicado o questionário (APÊNDICE 1). A Figura 22 a seguir representa o percentual de respostas referentes as questões 1, 2, 4, 6, 7, 9 e 10 obtidas dos funcionários disponíveis no momento da pesquisa.

Figura 22 - Percentual de respostas referente as questões 1- reciclagem, 2 - obrigatoriedade, 4 - treinamento, 6 - caixa de separação para água e óleo, 7 - destinação do material de limpeza, 9 - fiscalização e 10 - consciência ambiental nos postos de combustíveis.



De acordo com o Gráfico, 100% dos postos de combustíveis acondicionam e posteriormente destinam o OLUC gerado para reciclagem, porém como nas oficinas mecânicas não foi possível o acesso ao certificado de coleta de OLUC emitidos pelas empresas que praticam essa ação. O certificado de coleta de OLUC assim como do licenciamento obtido pelo órgão ambiental competente, são documentos que devem ser de fácil acesso em um lugar visível para o consumidor (BRASIL, 2005).

Da mesma maneira 100% dessas empresas tem como obrigatoria a destinação desse resíduo para reciclagem.

No que se refere ao treinamento formal de como realizar o descarte correto do resíduo gerado após a troca de óleo lubrificante automotivo, 75% dos funcionários dos postos de combustíveis informaram que já foram ministrados cursos com esta finalidade, com uma maior frequência quando comparados com as oficinas e podendo ser comprovado devido a observação na realização da disposição dos resíduos gerados.

Foi constatado que 100% dos postos entrevistados possuem caixa de separação para água e óleo por causa da disponibilidade do serviço de lavagem oferecida pelas empresas.

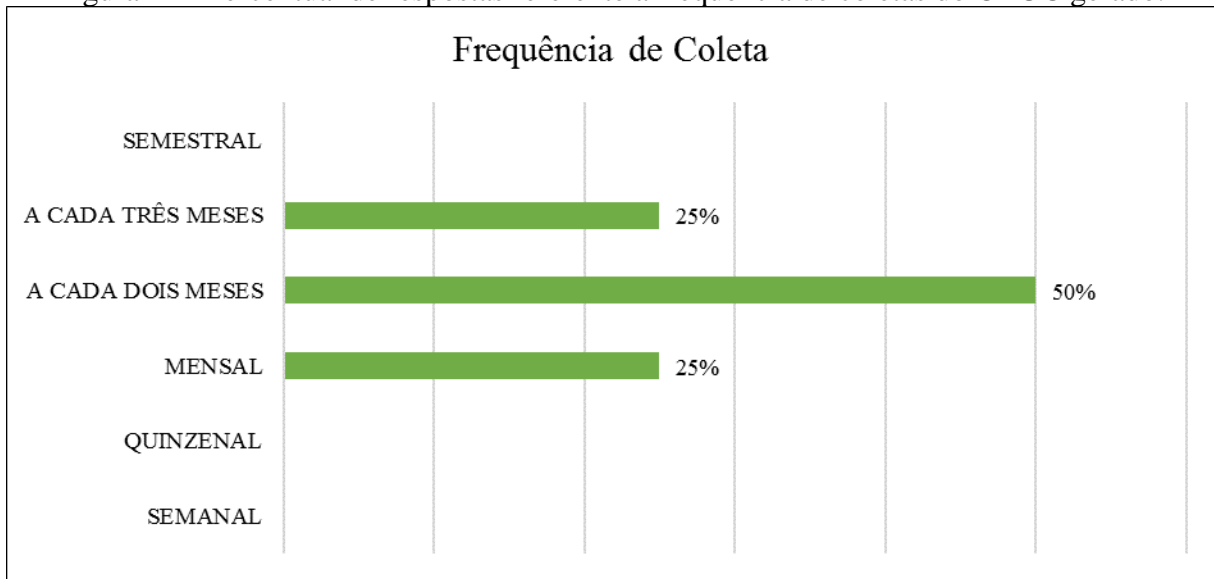
Quanto aos resíduos de limpezas gerados como panos, estopas, serragem e areia 100% não destinam ao lixo comum, sendo esses separados e encaminhados para empresas especializadas, não podendo ser comprovada tal ação pois o acesso ao certificado de coleta e das empresas não foi possível ser verificado. Quando levantada a questão sobre fiscalização 75% responderam que já houve a visita de algum órgão ambiental e que tem uma frequência alta dessas visitas. Todos os funcionários responderam que possuíam conhecimentos dos danos causados ao meio ambiente devido ao descarte incorreto dos resíduos gerados na troca de óleo lubrificante automotivo.

Quanto ao acondicionamento do OLUC gerado nos postos de combustíveis e a frequência de coleta desses resíduos a Figura 23 e 24 a seguir apresentam o percentual das respostas obtidas dos funcionários.

Figura 23 - Percentual das respostas referente ao acondicionamento do OLUC gerado.



Figura 24 - Percentual de respostas referente a frequência de coletas do OLUC gerado.



De acordo com as respostas dos funcionários entrevistados 100% dos postos de combustíveis acondicionam o OLUC gerado em coletores no subsolo, Figura 25 e a frequência de coleta corresponde na sua maioria 50% a cada dois meses e 25% mensalmente e a cada três meses.

Figura 25 - Coletor de OLUC gerado localizado no subsolo em postos de combustíveis.



Fonte: Do autor

Com relação ao destino final do filtro de óleo usado foi observado que os postos de combustíveis em sua maioria (75%) vendem esse resíduo para empresas especializadas e apenas 25% destinam a catadores individuais de sucata. Devido a impossibilidade de acesso aos certificados de coleta e das empresas que a realizam, bem como o manifesto de destinação correta do resíduo a ação também não pode ser comprovada. A Figura 26, demonstra o

percentual de respostas da questão referente a destinação final dos filtros de óleo usado nos postos de combustíveis.

Figura 26 - Percentual de respostas referente a questão sobre a destinação final do filtro de óleo usado nos postos de combustíveis.



Os resultados encontrados corroboram com os percentuais apontados por Silva e Oliveira (2011), pois de acordo com os autores todos os postos de combustíveis e oficinas mecânicas tem como obrigatoriedade o acondicionamento e a reciclagem do OLUC gerado.

Porém como os resultados foram baseados nas respostas dos funcionários e diante da impossibilidade de acesso aos certificados de coletas emitidos pelas empresas responsáveis pelo serviço, é inviável afirmar que todo OLUC gerado tem sua destinação final adequada conforme a Resolução CONAMA n° 362/2005 que é a técnica de rerrefino.

Por isso precisa-se ficar atento como é destinado tal resíduo, pois de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a responsabilidade pelo correto gerenciamento dos resíduos gerados é compartilhada, portanto todos envolvidos na cadeia desde o produtor ou importador até o consumidor final é responsável por tal ação.

Verde, Scalize e Arruda (2015) em pesquisa realizada na cidade de Goiânia, GO relataram que, 40% do OLUC gerado era encaminhado para reciclagem e 60% era comercializado para ser utilizado como combustível nos fornos de fundição de alumínio e para motosserras ou vendidos para produtores rurais que utilizam no tratamento de madeiras resultado diferente ao encontrado nessa pesquisa.

Rocha et al (2014), em pesquisa realizada no município de Terezópolis de Goiás, GO concluíram, que todos os postos analisados em sua pesquisa os funcionários foram submetidos a treinamento oferecido pela empresa referente ao descarte do material gerado, estando de acordo com a maioria dos resultados obtido neste trabalho.

Diferente dos postos de combustíveis, 75% das oficinas mecânicas disponibilizaram treinamento para os funcionários, resultado diferente ao encontrado quando comparado ao percentual encontrado por Verde, Scaliza e Arruda (2015) onde todas oficinas analisadas não ofereceram nenhuma instrução a respeito do descarte dos resíduos gerados.

Castro (2011) em pesquisa realizada na região de Bauru, SP, relata que 35,72% dos postos de combustíveis analisados armazenam o OLUC gerado em tanques subterrâneos, percentual menor ao encontrado no presente trabalho, onde 100% das empresas acondicionam tal resíduo nos compartimentos mencionados. Nas oficinas abordadas por Cipriano (2017) no município de Cacoal, RO, 40% do OLUC é acondicionado em tambores plásticos resultado próximo ao encontrado que foi de 42%.

Silva e Oliveira (2011) constataram em sua pesquisa realizada em Ituiutaba, SP, que todos os estabelecimentos visitados (postos de combustíveis e oficinas mecânicas) possuem caixa de separação para água e óleo, estrutura exigida pela NBR 14.600 (ABNT, 2000) devido sua importância porque o resíduo gerado pode comprometer a qualidade do efluente se lançado diretamente no esgoto (GERHARDT et al, 2014). Resultado semelhante ao encontrado nos postos de combustíveis analisados, porém diferente das oficinas onde a metade dos entrevistados responderam que não possuem.

5 CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado foi possível concluir que:

- Os postos de combustíveis analisados acondicionam os óleos lubrificantes usados ou contaminados gerado em compartimentos localizados no subsolo, nas oficinas mecânicas foram encontrados tais resíduos em recipientes como bombonas de plástico, tambores de metal e caixas de água feita em fibra de vidro. Os recipientes encontrados nas oficinas em sua grande maioria estão em mal estado de conservação e localização inadequada.

- O destino final dos óleos lubrificantes usados ou contaminados é o mesmo em todas as empresas entrevistadas, no caso reciclagem com a técnica do rerrefino. Porém como os resultados foram obtidos por meio das respostas dos funcionários sem a apresentação dos certificados de coleta e de comprovantes de regularização das empresas junto a ANP que reciclam tal resíduo não pode ser afirmado que tal ação é realizada.

- O treinamento dos funcionários sobre o descarte dos óleos lubrificantes usados ou contaminados é realizado na maioria dos estabelecimentos entrevistados.

- O destino dos resíduos de limpezas gerados durante a troca de óleo lubrificante, em todos os postos a destinação é feito de forma correta por empresas especializadas, porém em algumas oficinas mecânicas não ocorre de forma correta, pois estes podem ser misturados ao lixo comum.

- Todos os postos de combustíveis e as oficinas mecânicas entrevistados já foram fiscalizadas por órgãos ambientais.

- Em relação aos danos causados ao meio ambiente sobre o descarte incorreto dos óleos lubrificantes usados e contaminados, todos os funcionários tem consciência do perigo do descarte.

- Devido ao presente trabalho ter levado em consideração apenas as respostas obtidas dos questionários aplicados e a impossibilidade de acesso aos certificados que comprovem o correto gerenciamento dos resíduos analisados, não pode ser afirmado que todo o processo esta de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

REFERÊNCIAS

ABADIE, E. **Processo de refino**. Rio de Janeiro: Universidade Corporativa Petrobras/ RH / UC / DTA, 2003.

AGUILAR, G.; MAZZAMARO, G.; RASBERGER, M. Oxidative Degradation and stabilization of mineral oil-based lubricants. In: MORTIER, R. M.; Fox, M. F.; ORSZULIK, S. T. (Eds.). **Chemistry and technology of lubricants**. 3 ed. p 107, 2010.

ALI, M. F.; RAHMAN, F.; HAMDAN, A. J. Techno-economic evaluation of waste lube oil re-refining. **International Journal of Production Economics**, n. 42, p. 263-273, 1995.

ALMEIDA, R. A. DE. **Estudo da recuperação de óleos lubrificantes minerais usados utilizando solventes polares**. 2011. 83 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

APROMAC - Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte. **Gerenciamento de óleos lubrificantes usados ou contaminados - Guia Básico**, 1. ed. Cianorte: Ed. SENAI/SP, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Armazenamento de resíduos sólidos perigosos: NBR 12235**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Resíduos sólidos-classificação: **NBR 10004**. Rio de Janeiro. ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Armazenamento de líquido inflamáveis e combustíveis - Sistema de drenagem oleosa: **NBR 14.605 - 2**. São Paulo, 2010.

BARBOZA, M. J. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. 2001. 279 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

BATISTA, C. Refino do petróleo. TodaMatéria, 2019. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/refino-petroleo>>. Acesso em: 14 de jul. de 2020.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Portaria ANP nº 04/99. Estabelece o Regulamento Técnico, que especifica os óleos lubrificantes básicos de origem nacional ou importado para comercialização em território nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1999 b.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Portaria ANP nº 125/99. Regulamenta a atividade de recolhimento, coleta e destinação final do óleo lubrificante usado ou contaminado. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1999 b.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Portaria ANP nº 130, de 30 de julho de 1999 - DOU 2 de agosto de 1999. Estabelece o Regulamento

Técnico ANP nº 05/99, que especifica os óleos lubrificantes básicos rerrefinados. **Diário oficial da União**, Brasília, DF, 1999.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Resolução nº 19, de 18 de Junho de 2009 – DOU, 19 de Junho de 2009 – Retificada DOU, 31 de Agosto de 2009. Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado e sua regularização. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2009.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Superintendência de Biocombustíveis e Qualidade de Produtos (SBQ).; Centro de Pesquisa e Análise Tecnológicas (CPT). **Relatório Técnico nº 2/2016/SBQ/CPT**. Brasília, DF, 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. Resolução nº 5.232, de 14 de Dezembro de 2016. Aprova as instruções complementares ao regulamento terrestres do transporte de produtos perigosos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2016.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Resolução ANP nº 669, de 2 de Fevereiro de 2017. Estabelece as especificações dos óleos lubrificantes básicos e suas regras de comercialização. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Relatório Individual de Coleta de OLU. Extensão de i-simp para produtores/importadores de lubrificantes e coletores de OLU. **ANP**, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 450, de 6 de Março de 2012. Altera os arts. 9º, 16, 19, 21 e 22 e acrescenta o art 24 – A a Resolução nº 362, de 23 de Junho de 2005, do CONAMA. **Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente**, Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução 362/2005, Regulamentação da Coleta, Transporte, Armazenamento e Destinação Adequada dos Óleos Lubrificantes usados e contaminados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 09/1993. Estabelece definições e torna obrigatório o recolhimento e destinação adequada a todo lubrificante usado ou contaminado. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1993.

BRASIL. IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio ambiente e dos Recursos Renováveis. **Fiscalização das atividades relacionadas a óleo lubrificantes usados ou contaminados – Manual de procedimentos**, Brasília: Ed. IBAMA, 2008.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 agosto de 2010. Política nacional de resíduos sólidos. Câmara dos Deputados, Centro de Documentação e Informação (CEDI), Brasília, DF, 2010a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso em: 17 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Portaria n° 31, de 23 de fevereiro de 2007. Institui o Grupo de Monitoramento Permanente para o acompanhamento da Resolução CONAMA n° 362, de 23 de Junho de 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA.; Ministério da Educação – MEC. **Manual de Educação**. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Ministério de Minas e Energia – MME. Portaria Interministerial n° 100, de 8 de Abril de 2016. **Diário Oficial da União**, 2016.

BELMIRO, P. N.; CARRETEIRO, R. P. **Lubrificantes e lubrificação industrial**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. INTERCIÊNCIA, 2006.

BERTINATTO, R. **Análise da contaminação e degradação do óleo lubrificante e desgaste de um motor otolizado alimentado por biogás**. 2014. 60. p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

BILLMEYER, Jr F. W. **Textbook of polymer science**. 3. ed. New York: Ed. Wilwy-Interscience, 1984.

CANCHUMANI, G. A. L. **Óleos lubrificantes usados: Um estudo de caso de avaliação de ciclo de vida do sistema de rerrefino no Brasil**. 2013, 143 p. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

CASTRO, M. D. G. DE. **Caracterização do processo de reciclagem do óleo lubrificante usado em postos de combustíveis e identificação de desafios frente a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2011. 171 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Bauru, 2011.

CERQUEIRA, C. P. **Estudo do reaproveitamento energético de óleo lubrificantes usados**. 2004. 104 p. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) - Universidade de Salvador, Salvador, 2004.

CIDADE BRASIL. **Município de Lavras**. Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-lavras.html>. Acesso em: 15 de julho de 2020.

CIPRIANO, P. G. S. **Estudo sobre a destinação dos óleos lubrificantes automotivos no município de Cacoal/RO**. 2017. 93 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal De Rondonia, Cascoal, 2017.

CLARILUB. A técnica do rerrefino de óleos usados. Riberão Preto, 2013. Disponível em: <<http://www.clarilub.com.br/noticia/a-tecnica-do-rerrefino-de-oleos-usados.html>>. Acesso em: 13 de jul. de 2020.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. **Óleos lubrificantes automotivos: uso e destinação adequada - Despoluir**, 1° ed. Brasília: Ed. CNT, 2019.

COMPANHIA BRASILEIRA DE PETRÓLEO IPIRANGA. Lubrificação automotiva. Disponível em:

<http://www.lacarolamentos.com.br/catalogos/_SAIBA MAIS/librificantes/lubri_auto.pdf>. Acesso em: 13 de jul. de 2020.

COMPER, I. C.; SOUZA, F. O.; CHAVES, G. L. D. DE. Caracterização e desafios da logística reversa de óleos lubrificantes. **Revista em Gestão, Inovação e sustentabilidade**, Brasília, V. 2, n. 1, p. 131-155, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305036031_Caracterizacao_e_desafios_da_Logistica_Reversa_de_oleos_lubrificantes/figures?lo=1>. Acesso em: 13 de jul de 2020.

CONCAWE. **Collection and disposal of used lubricating oil**: Report n. 5. Nov. 1996. DEMA – Departamento de Meio Ambiente. Reciclagem de embalagens plásticas usada contendo óleo lubrificante, 1. ed. São Paulo: Ed. FIESP/SP, 2007.

DONG, J.; VAN DE VOORT, F. R.; ISMAEL, A. A.; AKOCHI-KOBLE, E.; PINCHUK, D. Rapid determination of the carboxylic acid contribution to the total acid number of lubricants by fourier transform infrared spectroscopy. **Lubrication Engineering**, [S. 1.], v. 12, n. 20, 2000.

FARAH, M. A. **Petróleo e seus derivados: definição, constituição, aplicação, especificações, características de qualidade**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. LTC, 2015.

FECOMERCIOESP – Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo do Estado de São Paulo. **Resíduos sólidos, logística reversa: o que o empresário do comércio e serviços precisa saber e fazer - Cartilha**, 1. Ed. São Paulo: Ed. TUTU, 2014.

FERNANDES, A. S. **Efeitos da radiação por feixe de elétrons sobre as propriedades físicas e químicas de uma resina de prolipropileno**. 2011. 267 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-05082011-141252/en.php>>. Acesso em: 13 de jun. 2020.

FIGUEIREDO, G. J. O. de. **Análise do ciclo de vida de óleos básicos de lubrificantes automotivos**. 2014. 57 p. Dissertação (Mestrado Escola Politécnica & Escola de Química Programa de Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2014.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Minas Gerais. Belo Horizonte:FEAM, 2009. Disponível em: <<http://feam.br/noticias/1/1270-plano-estadual-de-residuos-solidos-de-minas-gerais>>. Acesso em: 15 de jun. de 2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Fiscalização e Autos de Infração**. Belo Horizonte: FEAM, 2018. Disponível em: <http://www.feam.br/fiscalizacao>. Acesso em: 15 de jul de 2020.

GERHARDT, A. E. et al. Diagnóstico para o gerenciamento dos resíduos sólidos em oficina mecânica: estudo de caso em concessionária do município de Frederico Wesrphalen - RS. **Revista Monografias Ambientais** - REMOA, V. 14, n.1, p. 2899-2908. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/10933>>. Acesso em: 30 de jun. de 2020.

GOMES, P. L.; OLIVEIRA, V. B. P. O. DE.; NASCIMENTO, E. A. DO. Aspectos e impactos no descarte de óleos lubrificantes: o caso das oficinas. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, IV, 2008, Niterói. **Anais...** Niterói, 2008.

GUERRA, T. G. A. DOS. et al. Aspectos legais e ambientais do descarte inadequado de óleos lubrificantes automotivos usados ou contaminados. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXII., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, 2012.

GUIMARÃES, J. **Rerrefino de óleos lubrificantes de motores de combustão interna pelo processo de ultrafiltração e adsorção**. 2006. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama dos municípios brasileiros**: 2014. Rio de Janeiro, 2014: Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/lavras/panorama>. Acesso em: 15 de julho de 2020.

KUPAVERA, A.; MARKI-ARVELA, P.; MURZIM, D. Yu. Technology for rerefining used lube oils applied in Europe. **Chemical Technology and Biotechnology**, Nova Jersey, v. 88, n. 10, p. 1780-1793, 2013. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jctb.4137>>. Acesso em: 27 de Jun. de 2020.

LAVRAS (Cidade). Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Art. 41. Competências da Secretaria Municipal de Meio Ambiente**. Lavras, 2018.

LIMA, A. E. A de. **Avaliação e otimização do processo de recuperação de óleos lubrificantes automotivos usados**. 2016. 81 p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba), João Pessoa, 2016.

LUTHI, I. F. **Caracterização relógica de um óleo parafínico e estudo experimental da repartida de uma linha horizontal bloqueada com óleo parafínico gelificado**. 2013. 130 p. Dissertação (Mestrado e Ciência e Engenharia de Petróleo na Área de Exploração) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

LWART. **Armazenamento correto do óleo lubrificante usado**, 2018. Disponível em: <http://bloggrupolwart.com.br/>. Acesso em 20 de jul de 2020.

MACHADO, R. L et al. Resíduos de filtros lubrificantes e OLUC (óleo lubrificante usado ou contaminado) em automóveis da marca Honda, Goiânia, GO. **Revista Gestão & Sustentabilidade**, 2019, V. 8, n. 2, p. 562-577.

MAGALHÃES, S. P. DE. **Logística reversa de eletrodoméstico da linha branca: processo de escolha pelo método análise hierárquica (AHP)**. 2011. 281 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

MANG, T.; DRESEL, W. **Lubricant and lubrication**. 2 ed. Ed. Wiley VCH, 2007.

MCMURRY, John. **Química orgânica: combo**. Rio de Janeiro, RJ: Cengage Learning, 2012.

MINAS GERAIS (Estado). Lei nº 18.031, de 12 de Janeiro de 2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Câmara dos deputados, Minas Gerais, Mg. **Diário do Executivo** – Minas Gerais, 2009.

MORAIS, J. DE. et al. Análise da geração de resíduos em filtros lubrificantes automotivos usados no estado de Goiás. **Journal of Social, Technological and enviromental Science**, Goiás, 2017, V. 6, n. 3, p.64-82. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2017v6i3.p64-82>>•ISSN2238-8869>. Acesso em: 14 de jul. de 2020.

MOTTA, W. H. Logística reversa e areciclagem de embalagens no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, VII, 2011. Niterói. **Anais...** Niterói, RJ, 2011.

MUNIZ, I. C; BRAGA, R. M. O gerenciamento de óleos lubrificantes usados ou contaminados e suas embalagens: Estudo de caso de uma empresa de logística na região norte do Brasil. **Sistema & Gestão**, Belém, v. 10, n. 3, p. 443-450, 2015.

OLIVEIRA, V. B. P. DE.; GOMES, P. L.; NASCIMENTO, E.A. Estratégias ambientais em postos de combustíveis: o caso de posto de combustível ecológico. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, VII, 2008. Niterói. **Anais...** Niterói, RJ, 2008.

PASQUALETTO, A.; MACHADO, R. L.; MORAIS, J. DE. Estimativa dos resíduos de óleos lubrificantes e de componentes de filtros lubrificantes da frota de veículos goiana e brasileira. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinal**, 2017, V. 14, n. 2, p. 21-43. Disponível em: <<file:///C:/Users/joao/AppData/Local/Temp/EAPT-2016-1442-1.pdf>>. Acesso em: 13 de jul de 2020.

PEREIRA, F. S. G. **Petróleo e petroquímica**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Recife, 2010.

PEREIRA, R. C. L. **Petroleômica: caracterização de petróleo nacionais por espectros de massa de altíssima resolução: o que os compostos ácidos podem revelar sobre o petróleo**. 2012. 153 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Série: conversando sobre ciências em Alagoas. Macéio: Ed. UFAL, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LAVRAS, MG. **Secretaria do Meio Ambiente**. Lavra, 2018. Disponível em: <http://pml.lavras.mg.gov.br/conteudo/texto/2485>. Acesso em: 15 de jul de 2020.

QUIRINO, F. A. B. **Simulação do processo de desasfaltação de petróleo pesado para obtenção de asfalto e óleos lubrificantes**. 2009. 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

ROCHA, B. S. DA. et al. Gestão do óleo lubrificante usado em postos de combustíveis no município de Terezópolis de Goiás - GO, Brasil. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, Santa Maria, V. 13, n. 4, p. 3673-3682, 2014.

SALEM, S.; SALEM, A.; BABAEI, A. A. Application of Iranian nano-porus Ca-betonite for recovery of waste lubricant oil by distillation and adsorption techniques. **Journal and Engineering Chemistry**, [S.l.], v. 23, p. 154-162, 2015.

SANTOS, A. G. C. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Porto da Folha - SE**. 2012. 131 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, 2012.

SILVA, T. A.; OLIVEIRA, K. M. DE. Descarte de óleos lubrificantes e suas embalagens: estudo de caso dos postos de gasolina e oficinas da cidade de Ituiutaba, Estado de Minas Gerais. **Revista Eletrônica de Geografia**, V. 3, n. 7, p. 101-114, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/Observatorium/article/view/45130>>. Acesso em 20 de jul. de 2020.

SILVEIRA, E. L. C. et al. Determinação de contaminantes em óleos lubrificantes usados em esgotos contaminados por esses lubrificantes. **Química Nova**, São Paulo, V. 29, n. 6, 2006. Disponível em : https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000600009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 15 de agosto de 2020.

SINDICOM – Sindicato Nacional das Empresas Distribuidora de Combustíveis e de Lubrificantes. **Elaboração de estudo de viabilidade técnica e econômica da implantação da logística reversa para cadeia produtiva do setor de distribuição de combustíveis e de lubrificantes**. 22. Ed. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2012.

SINDIRREFINO – Sindicato Nacional da Indústria do Refino de Óleos Minerais. **O rerrefino de óleos**, 2016.

SINDIREPA – Sindicato da Indústria de Reparação de Veículos e Acessórios do Estado de São Paulo. **Coletânea de literatura: Universo da reparação automotiva – Lubrificante automotivo recolhimento, armazenamento e destinação**, 1 ed. São Paulo: Ed. SERRANO, 2008.

SINERGIA – Engenharia de Meio Ambiente. Destino correto de embalagens plásticas de óleos lubrificantes, 2017. Disponível em: <<https://sinergiaengenharia.com.br/noticias/embalagens-de-oleo-lubrificante>>. Acesso em: 29 de jun. de 2020

SPEIGHT, J. G.; EXALL, D. I. **Refining used lubricating oils**. 1. ed. Nova Iorque: Ed. CRC PRESS, 2014.

TEKNOVAL. **Bacia de contenção de óleo**, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.teknoval.com.br/bacia-contencao-oleo>. Acesso em: 10 de ago de 2020.

TENÓRIO, F. A. et al. Redes de logística reversa: um estudo do canal reverso de reciclagem na indústria do plástico. RACE – **Revista de Administração, Contabilidade e Economia**, V. 13, n. 1, p. 353-382, 2014. Disponível em: <<https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/race/article/view/3552/0>>. Acesso em: 30 de jun. de 2020.

TOTAL. A importância do óleo básico na composição do óleo lubrificante, 2018. Disponível em:< <https://www.totalbrasil.com/importancia-do-oleo-basico-na-composicao-do-oleo-lubrificante>>. Acesso em: 30 de jun. de 2020.

VERDE, D. V.; SCALIZE, P. S.; ARRUDA, P. N. Gestão do óleo lubrificante usado e suas embalagens na cidade de Inhumas - GO, Brasil. In: Exposição de Experiências Municipais em Saneamento, XIX., 2015, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: ASSEMAE, 2015.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisas em administração**. 2. Ed. São Paulo: Ed. ATLAS S. A, 1998.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de estudo e de pesquisa em administração**.v. 1. Livro. 3. Macapá: Ed. CAPES, 2009.

APÊNDICE 1**Questionário**

1. O óleo lubrificante automotivo usado ou contaminado é coletado e destinado para reciclagem?

SIM () NÃO ()

2. De acordo com a empresa a destinação do óleo usado ou contaminado a reciclagem é obrigatória?

SIM () NÃO ()

3. Como é feito o armazenamento do óleo usado ou contaminado gerado no dia?

4. Já houve algum treinamento formal para os funcionários sobre o descarte desse material?

SIM () NÃO ()

5. A coleta é feita com qual frequência?

6. O estabelecimento possui caixa de separação para água e óleo?

SIM () NÃO ()

7. O material utilizado na limpeza (pano, estopas, serragem e areia) é destinado ao lixo comum?

SIM () NÃO ()

8. Qual é o destino do filtro de óleo usado ou contaminado?

LIXO COMUM () SUCATEIROS DE FERRO () EMPRESAS ESPECIALIZADAS EM LIXOS CONTAMINADOS ()

9. A empresa já foi fiscalizada por algum órgão ambiental?

SIM () NÃO ()

10. O funcionário tem conhecimento a respeito dos impactos gerados ao meio ambiente pelo descarte inadequado do óleo lubrificante usado ou contaminado?

SIM () NÃO ()