

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA

Giovana de Oliveira Caxias



A GESTÃO DE RISCOS AMBIENTAIS COMO IMPULSIONADOR DA
ECONOMIA CIRCULAR NO SETOR DE ÓLEOS LUBRIFICANTES:
UM ESTUDO DE CASO SOBRE UMA LOCADORA DE MÁQUINAS
PESADAS

RIO DE JANEIRO

2024

Giovana de Oliveira Caxias

A GESTÃO DE RISCOS AMBIENTAIS COMO IMPULSIONADOR DA ECONOMIA
CIRCULAR NO SETOR DE ÓLEOS LUBRIFICANTES: ESTUDO DE CASO SOBRE
UMA LOCADORA DE MÁQUINAS PESADAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheira Química.

Orientadora: Bettina Susanne Hoffmann

Rio de Janeiro

2024

CIP - Catalogação na Publicação

C384g Caxias, Giovana de Oliveira
A gestão de riscos ambientais como impulsionador da economia circular no setor de óleos lubrificantes: estudo de caso sobre uma locadora de máquinas pesadas / Giovana de Oliveira Caxias. -- Rio de Janeiro, 2024.
113 f.

Orientadora: Bettina Susanne Hoffmann.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Bacharel em Engenharia Química, 2024.

1. Logística Reversa. 2. Riscos Ambientais. 3. Óleos Lubrificantes. 4. OLUC. 5. Economia Circular. I. Hoffmann, Bettina Susanne, orient. II. Título.

Giovana de Oliveira Caxias

A GESTÃO DE RISCOS AMBIENTAIS COMO IMPULSIONADOR DA ECONOMIA
CIRCULAR NO SETOR DE ÓLEOS LUBRIFICANTES: ESTUDO DE CASO SOBRE
UMA LOCADORA DE MÁQUINAS PESADAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Química da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do grau de Engenharia
Química.

Aprovado em 16 de Outubro de 2024.

Bettina Susanne Hoffmann, D.Sc., UFRJ

Marcelo Mendes Viana, D.Sc., UFRJ

Renan Finamore Gomes da Silva, D.Sc., UFRJ

Rio de Janeiro
2024

À menina que preferia carambolas verdes.

*Que eu nunca perca o seu talento para sonhar com dias melhores,
Nem a sua disposição para transformá-los em realidade.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha orientadora, Susanne Hoffmann, por ter me guiado ao longo da construção deste trabalho e por possibilitar que essa ideia finalmente se concretizasse. Suas contribuições foram essenciais para que eu me desafiasse e chegasse em um texto do qual me orgulho. Muito obrigada por isso.

Gostaria também de agradecer a todos que compartilharam comigo a experiência de ser aluna da UFRJ. No início, éramos tão verdes, transbordando expectativas e vontade, unidos pela escolha de viver algo cuja intensidade e dimensão eram apenas teóricas. Foi mais e maior do que qualquer um de nós poderia ter imaginado, mas de alguma forma, conseguimos chegar juntos ao outro lado. A trajetória não teria sido tão especial sem vocês, meus amigos. Obrigada por ainda estarem por perto depois de todo esse tempo.

Sou ainda mais grata aos membros da minha família. Vocês sempre tiveram uma certeza tão irredutível sobre o tamanho do meu potencial, que eu não tive escolha além de acreditar também. Obrigada por terem acolhido todos os meus sonhos, inclusive o de me tornar engenheira química. Em grande parte, foi o amor e sacrifício de vocês que me impulsionaram até essa conquista, e, por isso, ela é tanto de vocês quanto minha.

Em seguida, gostaria de agradecer especialmente a ela: meu Norte, minha primeira referência, minha fonte de força, minha mãe. Obrigada por não ter desistido de nós quando tudo se tornou breu, e por ter avançado dia após dia, mesmo no escuro e com medo. Sua determinação me colocou a frente de portas cuja existência, sem você, eu nem teria conhecido. Prometo que continuarei escancarando uma a uma e levando você comigo, para onde quer que eu vá.

Por último e mais importante, agradeço a Deus. Por me manter de pé quando já não tinha mais forças e por me ajudar a encontrar propósito quando nada mais parecia fazer sentido. O caminho até aqui foi árduo e tortuoso, mas graças à Sua eterna bondade, fui capaz de chegar inteira e de cabeça erguida.

*Mais vale acender uma vela
do que praguejar contra a escuridão.*

RESUMO

CAXIAS, Giovana de Oliveira. **A Gestão de Riscos Ambientais como Impulsionador da Economia Circular no Setor de Óleos Lubrificantes: Estudo de Caso sobre uma Locadora de Máquinas Pesadas.** Rio de Janeiro, 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

A má gestão de óleos lubrificantes apresenta potencial de causar, direta ou indiretamente, graves impactos ambientais, sociais e de saúde. A natureza perigosa do composto gerado em decorrência do seu uso – o Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado (OLUC) – faz com que o manuseio, armazenamento e destinação final deste tipo de resíduo sejam criteriosamente padronizados e regulamentados pelas normas brasileiras, de forma a mitigar o risco de acidentes. O objetivo geral desse trabalho é consolidar uma visão geral sobre as etapas do ciclo de vida dos óleos lubrificantes e sobre como o conceito de logística reversa se aplica a este produto para que, com base nas informações estudadas, seja possível aplicar os conhecimentos adquiridos em um estudo de caso sobre uma locadora de máquinas pesadas, chamada aqui de Empresa A. O estudo mostra que o ciclo de vida do óleo lubrificante passa por uma etapa de rerrefino do OLUC gerado, estabelecendo um sistema sustentável que não depende inteiramente da produção de produtos novos para atender a demanda dos consumidores. Após análise, atesta-se que o processo de gestão de óleo lubrificante da Empresa A apresenta pontos de melhoria principalmente em relação a definição de papéis e responsabilidades e ao estabelecimento de parâmetros operacionais ótimos, que possam ser acompanhados sistematicamente em todos os sites de obras onde os ativos da companhia se encontram presentes. Através da implementação do novo fluxo de processo desenhado, a Empresa A se torna capaz de garantir que todo o OLUC gerado em decorrência da manutenção de suas máquinas seja propriamente manuseado, armazenado e descartado, ou seja, que a cadeia de logística reversa do produto seja adequadamente estabelecida. Consequentemente, gera-se um impacto positivo na governança de dados da Empresa A, na segurança de seus colaboradores, na proteção dos ambientes onde suas máquinas operam, dentre outras áreas.

Palavras-chave: logística reversa; lubrificantes; OLUC.

ABSTRACT

CAXIAS, Giovana de Oliveira. **A Gestão de Riscos Ambientais como Impulsionador da Economia Circular no Setor de Óleos Lubrificantes: Estudo de Caso sobre uma Locadora de Máquinas Pesadas.** Rio de Janeiro, 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Poor management of lubricating oils has the potential to cause, directly or indirectly, serious environmental, social and health impacts. The dangerous nature of the compound generated as a result of its use – used or contaminated lubricant oil – means that the handling, storage and final disposal of this type of waste must be carefully standardized and regulated by Brazilian standards, in order to mitigate the risk of accidents. The general objective of this work is to consolidate an overview of the stages of the life cycle of lubricating oils and how the concept of reverse logistics applies to this product so that, based on the information studied, it is possible to apply the knowledge acquired in a case study on a heavy machinery rental company, referred to here as Company A. The study shows that the oil life cycle goes through a stage of refining the generated OLUC, establishing a sustainable system that does not depend on the production of new products to meet consumer demand. After analysis, it is confirmed that Company A's lubricating oil management process presents areas for improvement, mainly in relation to the definition of roles and responsibilities and the establishment of optimal operational parameters, which can be systematically monitored on all construction sites where the company's assets are present. By implementing the new process flow designed, Company A can ensure that all used oil generated as a result of the maintenance of its machines is properly handled, stored and discarded, that is, that the product's reverse logistics chain is properly established. Consequently, a positive impact is generated on Company A's data governance, on the safety of its employees, on the protection of the environments where its machines operate, among other areas.

Keywords: reverse logistics; lubricants; used oil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.1 Derramamento de óleo lubrificante nos arredores de Maurício em 2020.
- Figura 2.1 Barcaça Norsul 12 emborcada em São Francisco do Sul/SC.
- Figura 2.2 Incêndio de carreta transportadora de óleo lubrificante em Araxá/MG.
- Figura 2.3 Contenção de óleo lubrificante após derramamento em Cascavel/PR.
- Figura 2.4 Conceito de economia circular aplicado a óleos lubrificantes.
- Figura 2.5 Etapas da rota solvente de produção de óleos lubrificantes.
- Figura 2.6 Reação de oligomerização formando polialfaolefina.
- Figura 2.7 Evolução do registro de óleos lubrificantes na ANP entre 2008 e 2023.
- Figura 2.8 Classificação de aditivos de acordo com a função que desempenham.
- Figuras 2.9 Pesquisa sobre o óleo Lubrax Valora SN Plus a) por registro e b) por marca.
- Figura 2.10 Painel de segurança com classificação de risco e número ONU.
- Figura 2.11 Rótulo de risco para substâncias e artigos perigosos diversos.
- Figura 2.12 Rótulo de sinalização de risco ao meio ambiente.
- Figura 2.13 Processo do método ácido-argila para rerrefino de OLUC.
- Figura 2.14 Processo do método de evaporação por filme para rerrefino de OLUC.
- Figura 2.15 Processo do método de extração por solvente para rerrefino de OLUC.
- Figuras 2.16 Distribuição nacional de a) bases de coleta e de b) rerrefinarias de OLUC.
- Figura 2.17 Planta de rerrefino de OLUC da Lwart Soluções Ambientais Ltda.
- Figura 2.18 Evolução da coleta anual de OLUC no Brasil, visão meta vs. real.
- Figura 4.1 Modelo de negócio da Empresa A.
- Figura 4.2 Processo de gestão de OLUC da Empresa A.
- Figura 4.3 Certificado padrão de coleta de OLUC.
- Figura 4.4 Matriz SIPOC do processo proposto.
- Figura 4.5 Matriz RACI do processo de gestão de OLUC proposto.
- Figura 4.6 Proposta de processo de gestão de OLUC da Empresa A.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1 Classificação de óleos base dos Grupos I a III.
- Tabela 2.2 Comparação entre amostras de óleos lubrificantes novos e de OLUC.
- Tabela 4.1 Óleos lubrificantes empregados nos ativos da Empresa A.
- Tabela 4.2 Consumo de Plus-50™ II por ativos da Empresa A.
- Tabela 4.3 Consumo de Hy-Gard™ por ativos da Empresa A.
- Tabela 4.4 Consumo de GL-5 por ativos da Empresa A.
- Tabela 4.5 Consumo de TORQ-GARD™ II por ativos da Empresa A.
- Tabela 4.6 Consumo de Hydraulic Oil 46 por ativos da Empresa A.
- Tabela 4.7 Aditivos perigosos dos óleos lubrificantes empregados pela Empresa A.
- Tabela 4.8 EPIs fornecidos pela Empresa A.
- Tabela 4.9 Materiais a serem fornecidos pela Empresa A no processo proposto.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ONU	Organização das Nações Unidas
GEE	Gases de Efeito Estufa
OLUC	Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado
NBR	Norma Brasileira
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
SIEMA	Sistema Nacional de Emergências Ambientais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional de Petróleo
POA	Polialfaolefinas
HDT	Hidrotratamento
HCC	Hidrocraqueamento
IV	Índice de viscosidade
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
NMP	N-metilpirrolidona
HDS	Hidrodessulfurização
HDN	Hidrodesnitrogenação
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
BN	<i>Base Number</i>
EP	Extrema Pressão
ZDDP	<i>Zinc dialkyldithiophosphates</i>
PDMS	<i>Polydimethylsiloxane</i>
CPT	Centro de Pesquisa e Análises Tecnológicas
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
CRQ	Conselho Regional de Química
API	<i>American Petroleum Institute</i>
ILSAC	<i>International Lubricants Standardization and Approval Committee</i>
ACEA	<i>Association des Constructeurs Européens d'Automobiles</i>
JASO	<i>Japan Automobile Standard Organization</i>

NMMA	<i>National Marine Manufacturers Association</i>
PCB	Bifenila Policlorada
HAP	Hidrocarboneto Aromático Policíclico
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
SIMP	Sistema de Informações de Movimentação de Produto
FDSR	Ficha de Dados de Segurança de Resíduos
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
CNH	Carteira Nacional de Habilitação
MOPP	Movimentação Operacional de Produtos Perigosos
CRLV	Certificado de Registro e Licenciamento do Veículo
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
CTPP	Certificado de Transporte para Produtos Perigosos
CIPP	Certificado de Inspeção para o Transporte de Produtos Perigosos
CIV	Certificado de Inspeção Veicular
AATIPP	Autorização Ambiental de Transporte Interestadual de Produtos Perigosos
PVC	Policloreto de vinila
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
UE	União Europeia
CNT	Confederação Nacional do Transporte
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
SIPOC	<i>Suppliers Inputs Processes Outputs and Clients</i>
RACI	<i>Responsible, Accountable, Consulted and Informed</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Error Analysis</i>
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
MAAS	<i>Machine as a Service</i>
GHS	<i>Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
DMSO	Dimetilsulfóxido
OS	Ordem de Serviço
EPC	Equipamento de Proteção Coletivo

LISTA DE SÍMBOLOS

$\log P_{o/w}$ Coeficiente de Partição Octanol/Água (adimensional)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 ÓLEOS LUBRIFICANTES E ACIDENTES AMBIENTAIS	17
2.2 ECONOMIA CIRCULAR PARA ÓLEOS LUBRIFICANTES	20
2.3 CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES	22
2.3.1 Óleos base.....	22
2.3.1.1 Grupos I a III	22
2.3.1.2 Grupo IV.....	26
2.3.1.3 Grupo V	26
2.3.2 Classificação de óleos lubrificantes.....	27
2.3.3 Aditivos de lubrificantes.....	28
2.4 EXIGÊNCIAS PARA COMERCIALIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES	31
2.4.1 Registro de óleos lubrificantes	31
2.4.2 Rotulagem de óleos lubrificantes	33
2.4.3 Desempenho mínimo de óleos lubrificantes.....	34
2.5 USO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES	34
2.6 CARACTERIZAÇÃO DO OLUC	35
2.6.1 Mecanismos de formação	35
2.6.2 Composição do OLUC	37
2.6.3 Impactos ambientais do OLUC	38
2.6.4 Regulamentações e Normas para OLUC.....	39
2.6.5 Transporte de OLUC	41
2.7 RERREFINO DE OLUC.....	44
2.7.1 Processo de rerrefino de OLUC	44
2.7.1.1 Método ácido-argila.....	44
2.7.1.2 Método de evaporação por filme	46
2.7.1.3 Método de extração por solvente.....	47
2.7.1.4 Método de hidrotratamento	48
2.7.2 Estrutura nacional de rerrefino	48
2.8 DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA GESTÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES	51
2.9 GESTÃO DE RISCOS	53
2.10 GESTÃO AMBIENTAL EMPRESARIAL	54

2.11 O ESTUDO DE CASO COMO ABORDAGEM METODOLÓGICA	55
2.12 FERRAMENTAS E METODOLOGIAS DE ANÁLISE	56
2.12.1 Criação de fluxogramas de processos.....	56
2.12.2 Mapeamento de processos	57
2.12.3 Definição de papéis e responsabilidades	57
3 METODOLOGIA.....	58
3.1 DELIMITAÇÃO DO CASO ESTUDADO	58
3.2 COLETA DE DADOS	58
3.3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	60
4 RESULTADOS	60
4.1 DELIMITAÇÃO DO CASO ESTUDADO	60
4.1.1 Caracterização da Empresa A.....	60
4.1.2 Modelo de negócios da Empresa A	61
4.1.3 Insumos do processo.....	63
4.1.4 Resíduos do processo	68
4.2 COLETA DE DADOS	69
4.2.1 Direcionadores estratégicos.....	70
4.2.2 Gestão de OLUC na Empresa A.....	71
4.2.3 Desafios associados à gestão de OLUC	72
4.3 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS.....	76
4.3.1 Matriz SIPOC	76
4.3.2 Análise de riscos.....	78
4.3.3 Matriz RACI.....	80
4.3.4 Processo de gestão proposto	83
5 CONCLUSÕES.....	86
6 REFERÊNCIAS	89
APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA COM OS PONTOS FOCALIS DA EMPRESA A.....	96
APÊNDICE B – MATRIZ DE RISCO DA GESTÃO DE OLUC DA EMPRESA A.	98
APÊNDICE C – FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO NO PROCESSO PROPOSTO.....	109

1 INTRODUÇÃO

Vivemos sob um sistema econômico cuja atividade principal consiste no consumo em massa de bens materiais. Tal comportamento consumista é amplamente estimulado e promovido para que se garanta a movimentação da economia e, conseqüentemente, a manutenção desse sistema. Em tais condições, tende-se a priorizar a produção dos bens a serem consumidos, deixando em segundo plano as conseqüências inevitavelmente geradas, como a exploração irresponsável de recursos naturais e a produção desenfreada dos mais diversos tipos de resíduos. Os efeitos gerais se refletem em diversas questões de cunho ambiental, como destaca o Panorama Global de Recursos 2024 da Organização das Nações Unidas (ONU):

A extração e processamento de recursos materiais (combustíveis fósseis, minerais, minerais não metálicos e biomassa) são responsáveis por mais de 55% das emissões de gases de efeito de estufa (GEE) e 40% dos impactos a saúde relacionados a materiais particulados. [...] A biomassa (culturas agrícolas e atividades de engenharia florestal) também é responsável por mais de 90% do total da perda de biodiversidade relacionada com o uso da terra e do estresse hídrico (BRUYNINCKX, 2024, p. 18).

Um dos agentes envolvidos nesse processo de degradação ambiental é o óleo lubrificante, produto amplamente empregado em componentes que trabalham com movimentos repetitivos nos mais diversos tipos de equipamentos. Sua aplicação é realizada com o objetivo de prevenir a deterioração de tais componentes, prolongando sua vida útil. Desde o primeiro registro do uso de lubrificantes em forma pastosa, em 2.600 a.C. no Egito Antigo (PLI, 2023), extensos avanços tecnológicos permitiram o aperfeiçoamento desta classe de compostos, possibilitando a consolidação do seu papel no desenvolvimento das atividades humanas.

Quando emitido no meio ambiente, óleos lubrificantes representam uma grande ameaça devido aos efeitos da sua interação com corpos d'água e com tecidos vegetais e animais. Além de se bioacumular nos organismos com os quais entra em contato, a presença de uma película de óleo em uma região aquática dificulta trocas de oxigênio entre a água e a atmosfera e reduz a penetração de luz naquele local. Tais ocorrências podem desencadear distúrbios metabólicos nos seres afetados e uma completa desordem do ecossistema local (NOWAK, 2019). Grandes derramamentos de lubrificante, como o ocorrido nos arredores de Maurício em 2020 em decorrência do naufrágio do graneleiro MV Wakashio (Figura 1.1), trazem à tona o potencial destrutivo deste tipo de produto. Em poucas semanas a carga lançada ao mar se alastrou por mais de 26 km² (DAHIR, 2020), causando a morte de diversos mamíferos marinhos, como baleias e golfinhos (DEGNARAIN, 2020).

Figura 1.1 – Derramamento de óleo lubrificante nos arredores de Maurício em 2020.



Fonte: Greenpeace, 2021.

Ao longo do seu ciclo de vida, óleos lubrificantes podem tanto sofrer um processo de degradação quanto podem ser contaminados por outros compostos, se tornando inadequados para uso. Quando isso acontece, tem-se a geração do resíduo chamado Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado (OLUC), classificado como perigoso (Classe I) pela Norma Brasileira (NBR) 10.004/04. Considerando que, apenas em 2023, foram destinados à venda cerca de $1,37 \cdot 10^9$ litros de óleo lubrificante (ANP, 2024) no Brasil, temos que o volume de OLUC gerado anualmente é proporcionalmente significativo. Sendo assim, dado a natureza perigosa do resíduo e a seriedade imposta pela escala de sua geração, torna-se indispensável estar atento à questão da sua destinação final, de forma a garantir que ela seja feita de maneira adequada.

Neste cenário de extenso uso de óleos lubrificantes a nível nacional, a ampla implementação do modelo de economia circular se apresenta como o direcionamento ideal a ser seguido. Diferentemente da economia linear – focada em “extrair, produzir e descartar” – na economia circular visa-se preservar ao máximo o valor dos produtos, materiais e recursos, ao mesmo tempo em que se promove a minimização da geração de resíduos (BRUYNINCKX, 2024). Aplicando o conceito ao caso dos óleos lubrificantes, ao invés de efetuar o descarte do OLUC, este resíduo passa a ser recolhido, tratado e reutilizado, diminuindo assim a necessidade de extração de recursos naturais para produção de produtos novos. Além disso, a implantação efetiva deste ciclo de renovação do resíduo resulta na mitigação de possíveis impactos ambientais associados a sua disposição inadequada.

A relevância do tema e a gravidade dos danos que a gestão inadequada de óleos lubrificantes e OLUC podem gerar, estimulou a criação de uma série de Leis, Normas Técnicas e Resoluções com o objetivo de assegurar que eles sejam produzidos, armazenados, utilizados

e descartados de maneira apropriada. Tais ferramentas proporcionam um direcionamento concreto sobre as diferentes etapas do ciclo de vida dos lubrificantes. Por exemplo, na Lei nº 12.305/10 determina-se como responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens a estruturação e implementação de sistemas de logística reversa para estes itens. Já o Decreto nº 10.936/22 estabelece que todo OLUC coletado deverá ser destinado à reciclagem por meio do processo de rerrefino. A partir da aplicação das diretrizes destes e de outros textos, além de esforços regulares de atualização, garante-se a promoção de práticas mais sustentáveis e responsáveis.

Isto posto, este trabalho busca se aprofundar no tema de economia circular de óleos lubrificantes com o objetivo de aplicar tais conhecimentos na análise e proposta de aprimoramentos da gestão de OLUC em uma locadora de máquinas pesadas, aqui chamada de “Empresa A”. Para que seja possível atingir este objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a gravidade dos impactos ambientais causados por acidentes envolvendo óleos lubrificantes e OLUC;
- Analisar a legislação brasileira relacionada à gestão de óleos lubrificantes e OLUC;
- Investigar a estrutura nacional de rerrefino de OLUC, avaliando os desafios para uma gestão sustentável desse resíduo;
- Identificar os principais desafios atrelados às etapas do ciclo de vida dos óleos lubrificantes;
- Analisar o processo de gestão de OLUC da Empresa A;
- Propor melhorias ao processo analisado, garantindo que o fluxo proposto incorpore o conceito de economia circular.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ÓLEOS LUBRIFICANTES E ACIDENTES AMBIENTAIS

Como já mencionado, acidentes envolvendo óleos lubrificantes ou OLUC representam uma ameaça significativa ao meio ambiente, especialmente devido ao risco de contaminação de ecossistemas aquáticos e também de solos. No Brasil, o monitoramento de acidentes ambientais é realizado pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais) e os dados associados a cada caso são registrados no SIEMA (Sistema Nacional de Emergências Ambientais). Apesar do nível de importância das informações, o conjunto de dados presente na ferramenta apresenta diversos pontos de melhoria, ao nível de impossibilitar

análises mais profundas. Por exemplo, segundo a base de dados extraída do SIEMA, apenas 177 acidentes envolvendo óleos lubrificantes ou OLUC foram registrados entre 2015 e 2023, um número surpreendentemente baixo considerando a escala do país (IBAMA, 2024).

Independentemente da fonte de dados mencionada, a gravidade de acidentes envolvendo lubrificantes e o resíduo gerado após seu uso pode ser destacada através de casos que aconteceram no Brasil nas últimas décadas. Um dos eventos de alta gravidade a ocorrer no país foi o derramamento de óleo na Baía da Babitonga, em São Francisco do Sul/SC, em decorrência da emborcação do comboio oceânico da Companhia de Navegação Norsul (Figura 2.1) que carregava bobinas de aço. Na época, foram derramados 116.500 litros de óleos combustível e lubrificante no mar, atingindo praias, manguezais e fazendas marinhas, impactando severamente o ecossistema e a economia local. Apenas 7.900 litros dos contaminantes foram recuperados através de barreiras e mantas absorventes. Por mais que a embarcação tenha sido eventualmente desemborcada e retirada do local, a comunidade pesqueira sofreu graves perdas, visto que a região do acidente permaneceu interditada por um longo período. Apenas em 2014, 6 anos após o derramamento, uma indenização de R\$65 milhões foi paga aos pescadores pelo dano causado. Cada indivíduo diretamente afetado recebeu cerca de R\$15 mil (PA-BB, 2018) (G1 SC, 2014).

Figura 2.1 – Barcaça Norsul 12 emborcada em São Francisco do Sul/SC.



Fonte: G1 SC, 2014.

Acidentes envolvendo óleos lubrificantes e OLUC possuem elevado potencial destrutivo também devido à inflamabilidade dessas substâncias. E, como seu transporte é feito majoritariamente por caminhões, é comum que incêndios desta natureza ocorram nas rodovias. Um exemplo foi registrado em 2016, quando uma carreta bitrem que transportava óleo

lubrificante pegou fogo na BR-262, em Araxá/MG (Figura 2.2). Teorizou-se na época que incêndio foi causado pelo superaquecimento dos freios do veículo, e violentamente se alastrou para a carga sendo transportada (G1 TRIANGULO MINEIRO, 2016). As chamas chegaram a atingir a vegetação existente na faixa de domínio, e foram extintas com auxílio de um caminhão pipa. Na ocasião, registrou-se também a contaminação do solo em decorrência do acidente (IBAMA, 2024).

Figura 2.2 – Incêndio de carreta transportadora de óleo lubrificante em Araxá/MG.



Fonte: G1 Triângulo Mineiro, 2016.

Um terceiro exemplo relevante é o acidente entre dois caminhões na BR-277 em Cascavel/PR, em 2011, que ilustra o impacto severo de derramamentos de óleos lubrificantes e OLUC na vida da população local. Um dos veículos transportava 5 mil litros de óleo lubrificante e a colisão causou o derramamento de toda sua carga, contaminando o solo e o rio Cascavel, responsável por fornecer 80% da água da cidade. Em poucos dias, a mancha de óleo se espalhou por 40 km (Figura 2.3), interrompendo o abastecimento de água para cerca de 200 mil pessoas até que captações alternativas fossem acionadas (G1, 2011) (AEN, 2011).

Figura 2.3 – Contenção de óleo lubrificante após derramamento em Cascavel/PR.



Fonte: AEN, 2011.

Exemplos extremos de acidentes como os aqui destacados reforçam a necessidade de uma gestão adequada de óleos lubrificantes e OLUC, desde sua produção até o descarte final. Como visto, falhas nesse processo não só causam prejuízos ambientais e econômicos, mas também podem ameaçar a saúde pública de toda uma população.

2.2 ECONOMIA CIRCULAR PARA ÓLEOS LUBRIFICANTES

O ciclo de vida de um determinado produto consiste no conjunto dos estágios consecutivos e encadeados aos quais ele percorre desde a aquisição da sua matéria-prima até sua disposição final, incluindo as etapas de produção, uso e de tratamento dos resíduos gerados (ABNT, 2009). Ao estudá-lo a fundo é possível identificar os possíveis impactos ambientais, sociais e econômicos associados ao produto.

O ciclo de vida dos óleos lubrificantes se inicia na etapa de produção de óleo novo (SPEIGHT, 2014). Esta engloba a extração e o refino de óleo bruto para a geração de óleo básico, assim como a adição de aditivos que visam melhorar as propriedades do lubrificante. Esses óleos base podem apresentar diferentes origens e, através do beneficiamento com aditivos, busca-se ajustar suas propriedades originais para uso em aplicações específicas. O resultado obtido é um produto que deve atender a certos padrões de qualidade e às especificações dos fabricantes de motores e máquinas.

A etapa seguinte envolve o uso do óleo lubrificante, o que pode acontecer em uma variedade de sistemas, como motores automotivos, engrenagens e sistemas hidráulicos (SPEIGHT, 2014). As possibilidades de função deste tipo de produto são igualmente amplas: eles podem ser usados para reduzir o atrito entre superfícies, dissipar calor, proteger peças

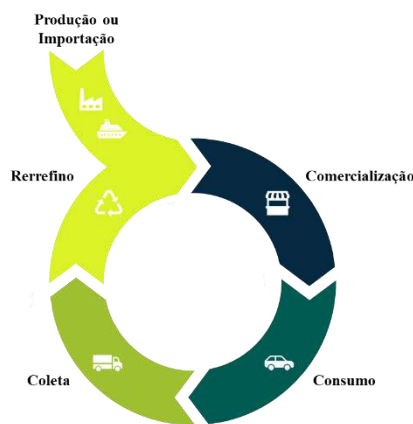
contra corrosão, entre outras opções. Ao decorrer do uso, porém, o óleo lubrificante pode ser contaminado por partículas metálicas, produtos de combustão e outros detritos, além de sofrer degradação térmica e oxidativa. Isso faz com que sua eficácia seja gradualmente reduzida, tornando necessário seu descarte após um determinado período.

Uma vez atingido o fim da sua vida útil, o óleo lubrificante se torna um resíduo chamado OLUC. Tal composto é classificado como perigoso, já que possui em sua composição contaminantes que podem causar danos ambientais. Por essa razão, regulamentações nacionais determinam que ele deve ser coletado e destinado a plantas de rerrefino, onde é devidamente tratado e reciclado.

Etapa seguinte do ciclo de vida dos lubrificantes, o rerrefino consiste no processo de regeneração do resíduo em óleos básicos que atendam às exigências da ANP (Agência Nacional de Petróleo) para comercialização. Durante o processo tem-se a remoção de impurezas e contaminantes, promovendo a recuperação das propriedades originais do óleo (SPEIGHT, 2014). Esta é uma alternativa sustentável à eliminação do OLUC, que reduz a necessidade de extração de petróleo bruto para atender a demanda do mercado de lubrificantes.

Por fim, após o processo de rerrefino, o óleo lubrificante pode ser redistribuído ao mercado com qualidade igualável ao de um óleo básico novo (SPEIGHT, 2014). Ele é novamente misturado com aditivos, alcançando assim as propriedades funcionais desejadas. A reciclagem de óleo rerrefinado representa um bom exemplo de aplicação de economia circular, uma vez que reduz a demanda por recursos naturais e minimiza os impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida dos óleos lubrificantes.

Figura 2.4 – Conceito de economia circular aplicado a óleos lubrificantes.



Fonte: Adaptado de Instituto Jogue Limpo, 2024.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

Denomina-se como “óleo lubrificante” uma variedade de produtos criados com o objetivo de reduzir o desgaste e atrito entre componentes móveis de um equipamento. Os mais sofisticados são capazes de desempenhar uma série de funções adicionais, desde a proteção das peças a corrosão até a dissipação de calor no local onde aplicado. Como resultado do uso de óleos lubrificantes, máquinas e equipamentos passam a funcionar de forma mais fluida, com risco minimizado de danos ou mau funcionamento. Conseqüentemente, tem-se uma redução dos custos de manutenção, aumento de eficiência de processos, prolongamento do ciclo de vida dos equipamentos e diminuição de risco de incidentes ambientais provocados por vazamentos ou geração de resíduos (MICRO LUBE, 2023).

Em relação a composição, a dos óleos lubrificantes pode ser considerada simples, dado que são formados basicamente por dois tipos de componentes: um óleo base e uma seleção de aditivos.

2.3.1 Óleos base

O óleo base é o principal constituinte dos óleos lubrificantes e pode ser mineral, sintético ou vegetal. A Resolução ANP nº 804/19 classifica-os em cinco grupos de acordo com parâmetros como, mas não somente, teor de saturados, teor de enxofre e viscosidade. Os Grupos de I a III são refinados a partir de óleo cru e se diferenciam pelo nível de refino pelo qual passam. O Grupo IV é constituído por óleos bases de polialfaolefinas (PAOs), o composto mais utilizado na produção de óleos sintéticos. Já os do Grupo V são todos os demais tipos não contemplados nas categorias anteriores (ANP, 2019).

2.3.1.1 Grupos I a III

Os grupos de I a III são diferenciados entre si pela ANP com base nos critérios já mencionados, especificados na Tabela 2.1 (ANP, 2022). Os básicos do Grupo I são minerais parafínicos menos refinados, obtidos pela rota solvente (Figura 2.5). Por outro lado, ambos os óleos base do Grupo II e do III passam também por rotas de hidrorrefino: enquanto os do Grupo II passam pela de hidrotreatamento (HDT), os do Grupo III passam pela rota de hidrocrackeamento (HCC). Estes últimos são chamados de “óleos básicos não convencionais”, por serem altamente hidrocessados e com alto índice de viscosidade (IV) (ANP, 2016).

Tabela 2.1 – Classificação de óleos base dos Grupos I a III.

Grupo	Teor de saturados (m/m)	Teor de enxofre (m/m)	Índice de viscosidade (IV)
I	< 90%	> 0,03%	$80 \leq IV < 120$
II	$\geq 90\%$	$\leq 0,03\%$	$80 \leq IV < 120$
III	$\geq 90\%$	$\leq 0,03\%$	$IV \geq 120$

Fonte: ANP, 2022.

Na produção de óleos básicos emprega-se a rota solvente de refinamento, que apresenta seis principais etapas: preparo da carga, destilação a vácuo, desasfaltação, desaromatização, desparafinação e hidrotratamento. A primeira, de preparo da matéria-prima, é executada por destilação atmosférica, onde o petróleo cru é destilado de forma que as frações combustíveis sejam segregadas do chamado “resíduo atmosférico”. Este resíduo segue para a etapa seguinte de destilação a vácuo, onde são extraídos o spindle, as frações neutras (leve, média e pesada) e, da corrente de fundo, se obtém o resíduo de vácuo. É esta fração que alimenta a terceira etapa da rota, de desasfaltação a propano (ANP, 2016).

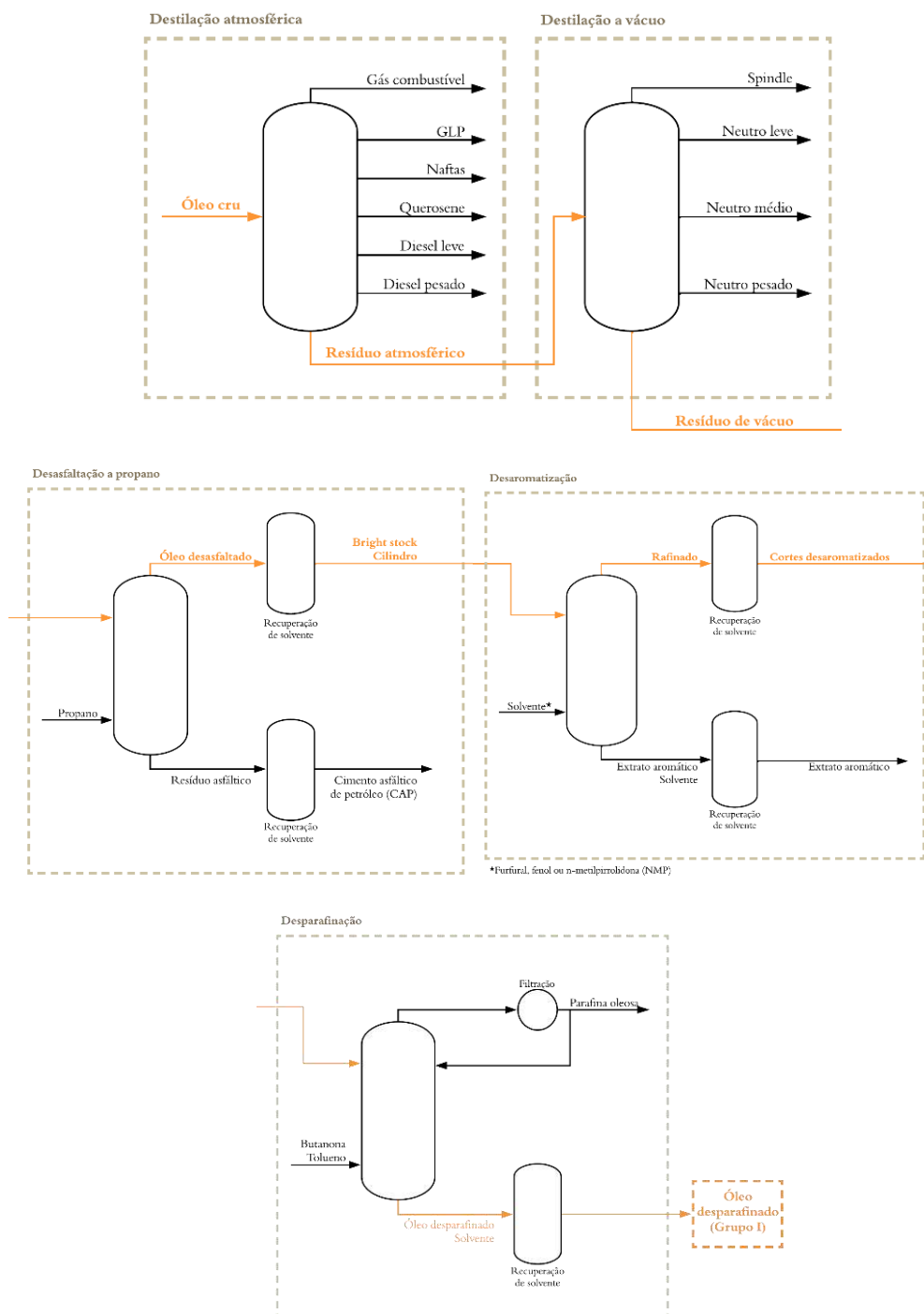
Para que se execute a extração do resíduo asfáltico presente no óleo, o propano é adicionado à torre de extração líquido-líquido em contracorrente ao resíduo de vácuo, gerando duas fases. Enquanto a corrente de fundo apresenta resíduo asfáltico e uma pequena quantidade de solvente, a de topo contém óleo desasfaltado e grande parte do solvente empregado – produtos chamados de “bright stock” e “cilindro”. Recupera-se o propano das duas correntes de saída, para que este possa voltar a ser empregado no processo. Considera-se como um subproduto desta etapa o cimento asfáltico de petróleo (CAP), obtido através da corrente de fundo (ANP, 2016).

As etapas seguintes, de desaromatização e desparafinação, são aplicadas com o objetivo de ajustar o índice de viscosidade e do ponto de fluidez do óleo básico em produção. O processo de desaromatização, que pode ser feito com furfural, fenol ou n-metilpirrolidona (NMP), se assemelha ao de desasfaltação, uma vez que ao longo dele emprega-se o uso de um solvente para a retirada compostos específicos. A extração bem-sucedida dos compostos aromáticos acarreta o aumento do IV do óleo, que é retirado na corrente pobre em solvente chamada de “refinado”. Já a corrente rica em solvente contém o extrato aromático, subproduto da etapa. Aqui também se recupera o solvente para reuso (ANP, 2016).

Na desparafinação, dissolve-se a carga gerada na etapa anterior em uma mistura de butanona e tolueno, em proporção 1:1 e em aquecimento. O composto resultante é então resfriado para que se promova a cristalização da parafina. Separa-se as fases obtidas através da

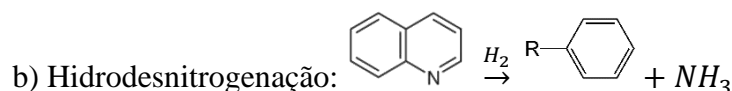
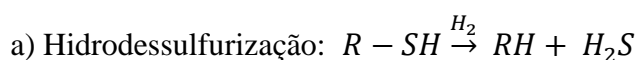
filtração do meio em tambores rotativos, gerando uma corrente de óleo base e solvente e outra de parafina oleosa cristalizada. Esta parafina obtida segue para o processo de desoleificação, enquanto o óleo é direcionado para o de recuperação do solvente (ANP, 2016). Concluída esta etapa, obtém-se um óleo base com características que se enquadram no Grupo I definido pela ANP.

Figura 2.5 – Etapas da rota solvente de produção de óleos lubrificantes.

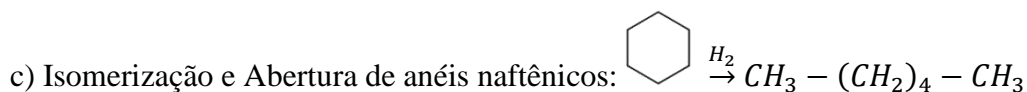
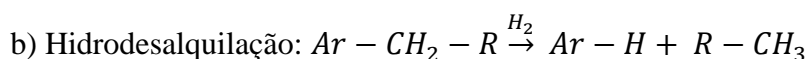
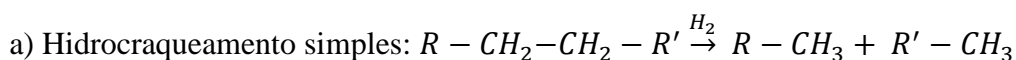


Fonte: Adaptação de ANP, 2016.

Uma etapa adicional da rota solvente consiste no processo de hidrotratamento (HDT), empregado com o objetivo de remover contaminantes do óleo. Através da adição de hidrogênio sob ação de um catalisador e em condições específicas de temperatura e pressão, compostos corrosivos ou mesmo de baixa estabilidade são convertidos em outros mais desejáveis. Durante a execução da etapa, diferentes reações ocorrem a depender da natureza do óleo sendo tratado. Por exemplo, em casos em que o óleo que apresenta altas concentrações de mercaptanos ou sulfetos tem-se reações de hidrodessulfurização (HDS). Já a de hidrodesnitrogenação (HDN) se dá em casos em que o óleo apresenta alto teor de piridinas, quinolinas ou pirróis. Nesses casos, tem-se a liberação de amônia em decorrência do tratamento. Outros exemplos são os casos em que o HDT promove a saturação de certos compostos aromáticos, onde tem-se a ocorrência da reação de hidrodesaromatização (NETO, 2008). Uma vez finalizada esta etapa, os óleos básicos obtidos apresentam características de Grupo II. Estes, assim como os do Grupo I, são considerados “óleos minerais”. A seguir tem-se exemplos das reações previamente mencionadas:



Quando se deseja produzir um óleo base de alta qualidade, é preciso incorporar ao processo de refino uma etapa de hidrocraqueamento (HCC). Esta é executada com o auxílio de catalisadores em condições severas de temperatura e pressão, e promove a decomposição das impurezas presentes na carga. Durante a interação com o hidrogênio, tem-se a hidrogenação de compostos aromáticos polinucleados, e das olefinas e diolefinas geradas durante o craqueamento (NETO, 2008). Óleos básicos que passam por esta etapa se enquadram no Grupo III e são considerados “sintéticos”. É comum que sejam empregados em lubrificantes automotivos de linhas “premium”, dado seus bons resultados em parâmetros como IV, estabilidade e ponto de fluidez (NETO, 2008). A seguir tem-se alguns exemplos de reações passíveis de ocorrer durante a etapa de HCC:

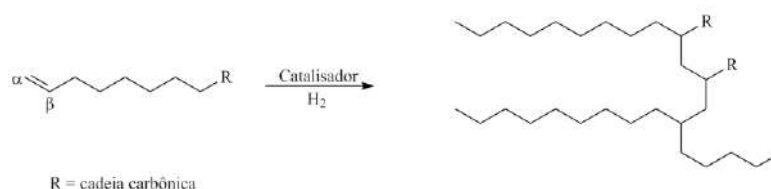


2.3.1.2 Grupo IV

Os óleos básicos do Grupo IV são sintéticos obtidos a partir de polialfaolefinas, que são substâncias compatíveis com as versões minerais. Destacam-se por serem compostos extremamente puros, livres de substâncias indesejadas como enxofre e parafinas. Tal natureza faz com que óleos gerados a partir de PAOs apresentem diversas características desejáveis, como maior vida útil e menor toxicidade (ENGE OIL, 2024). Preparados a partir de alfaolefinas puras, é possível ajustar o processo produtivo de óleos base afim de produzir opções com diferentes níveis de viscosidade.

As polialfaolefinas apresentam maior resistência a altas temperaturas, maior estabilidade oxidativa e menor variação de viscosidade em decorrência de mudanças de temperatura. São produzidas através da oligomerização de 1-alcenos com cadeias de até 12 carbonos na presença de ácidos de Lewis ou catalisadores de Ziegler. A reação é realizada a baixas temperatura em meio líquido com excesso de hidrogênio. Os produtos obtidos são isoalcanos com pelo menos 24 carbonos em longas cadeias alquílicas (ANP, 2016), como exemplificado na Figura 2.6.

Figura 2.6 – Reação de oligomerização formando polialfaolefina.



Fonte: ANP, 2016.

2.3.1.3 Grupo V

Por fim, os óleos base do grupo V englobam uma variedade de substâncias que não se encaixa nos grupos anteriores. Este grupo é caracterizado por ser composto por óleos sintéticos com composições químicas diversas, o que lhes confere propriedades únicas e aplicações específicas. Dentre os óleos do grupo V, destacam-se os de ésteres, silicones e óleos vegetais, cada um apresentando vantagens distintas em termos de desempenho, sustentabilidade e compatibilidade ambiental (ANP, 2016).

A obtenção dos ésteres é realizada por meio da reação entre um ácido carboxílico e um álcool, utilizando catalisadores ácidos ou básicos. Em geral, os ésteres são produzidos para aplicações extremamente particulares nos mercados industrial e aeronáutico. Devido à sua

baixa toxicidade e alta biodegradabilidade, os óleos base de ésteres são considerados opções mais ecologicamente corretas e, assim como as Polialfaolefinas (PAO), eles são produzidos a partir de matérias-primas altamente puras e uniformes. Este último fato é o que lhes confere uma série de propriedades vantajosas, como boa fluidez a baixas temperaturas, alto índice de viscosidade (IV), baixa volatilidade e grande resistência à oxidação em altas temperaturas (ANP, 2016).

Os polisiloxanos, uma classe de compostos da família dos silicões, são constituídos por uma parte inorgânica (onde se localiza uma ligação silício-oxigênio) e outras orgânicas (com cadeias carbônicas). São geralmente empregados em motores elétricos, máquinas e instrumentos de precisão e em equipamentos plásticos e pneumáticos de refrigeradores. Os óleos base de silicone apresentam algumas das melhores relações temperatura-viscosidade, além de altíssima estabilidade térmica. Em complemento ao fato de serem considerados quimicamente inertes, também apresentam baixa toxicidade e possuem alta resistência a oxidação graças à forte ligação entre o Silício e o Oxigênio (ANP, 2016).

Os óleos básicos vegetais são formados a partir da condensação entre o glicerol e ácidos graxos, que são longas cadeias alifáticas não ramificadas com 16 a 18 átomos de carbono de comprimento. As principais matérias-primas utilizadas na sua produção são sementes e polpas oleaginosas, gerando óleos constituídos principalmente por triglicerídeos. Ácidos graxos insaturados como o oleico e o linoleico são predominantes nos óleos vegetais comerciais, tendo como exemplo os de soja, girassol, oliva, algodão e milho. Tal composição provém aos produtos altos pontos de fluidez e de fulgor, baixa volatilidade e maior biodegradabilidade e capacidade de solubilização de aditivos. Por outro lado, as insaturações das suas moléculas constituintes aumentam a propensão do óleo ao ataque do oxigênio, acarretando um composto com menor estabilidade oxidativa. Como consequência, a partir deste tipo de óleo base gera-se lubrificantes com menor vida útil, e que performam pior a altas temperaturas. Além disso, seu alto pontos de fluidez também pode representar uma desvantagem, uma vez que inviabiliza a utilização em baixas temperaturas (ANP, 2016).

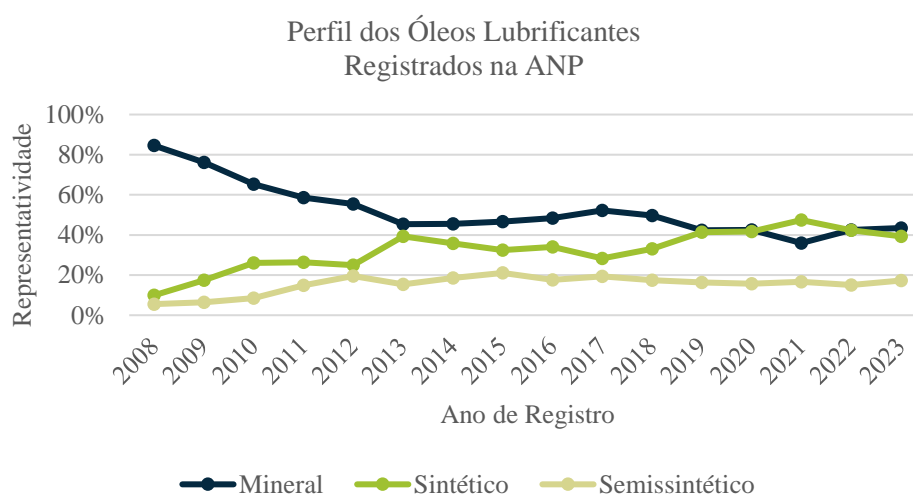
2.3.2 Classificação de óleos lubrificantes

Com base no mix de óleos base que compõem um lubrificante, a ANP os classifica em três categorias: minerais, semissintéticos e sintéticos. Os lubrificantes minerais são aqueles com teor mínimo de 90% de óleos básicos minerais em massa. Os óleos lubrificantes que apresentam um teor maior que 10% de base sintética são denominados semissintéticos. E, por fim, os que possuem em sua composição apenas básicos sintéticos são chamados de óleos lubrificantes

sintéticos. Adicionalmente, para que um lubrificante seja considerado biodegradável ele deve ser submetido a um teste de biodegradabilidade – através dos métodos ASTM D5864-18, OECD 301 ou ISO 9439 – e apresentar biodegradação final maior ou igual a 60% dentro do período de 28 dias (ANP, 2019).

De 2008 a 2023, foram registrados na ANP cerca de 11.200 novos óleos lubrificantes, sendo 50% destes minerais, 34% sintéticos e 16% semissintéticos. Ainda que os minerais aparentem ser predominantes no mercado, ao analisar a evolução do perfil dos produtos registrados, é possível constatar um aumento da relevância dos demais tipos (Figura 2.7). De fato, no primeiro semestre de 2024 o maior volume de registros foi de óleos sintéticos: foram 220 óleos novos (44% do total), frente a 192 minerais (38%) e 89 semissintéticos (18%) (ANP, 2024).

Figura 2.7 – Evolução do registro de óleos lubrificantes na ANP entre 2008 e 2023.



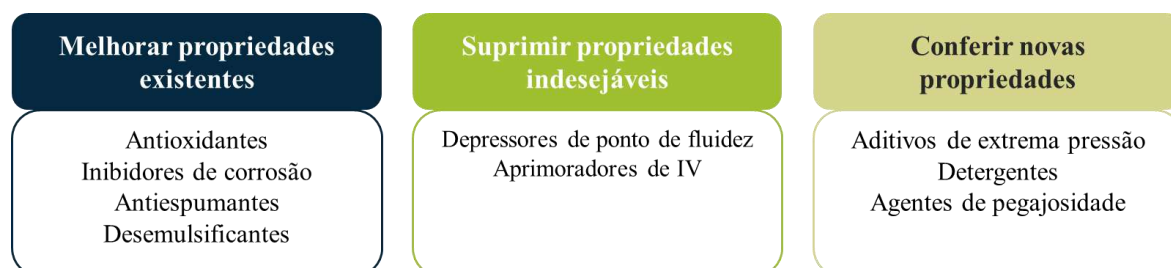
Fonte: ANP, 2024.

2.3.3 Aditivos de lubrificantes

Aditivos são compostos que se apresentam dissolvidos ou suspensos como sólidos em óleos lubrificantes e representam de 0,1 a 30% do seu volume. Podem desempenhar três tipos de função (Figura 2.8): melhorar propriedades já existentes no óleo base, suprimir propriedades indesejáveis ou ainda lhe conferir novas propriedades. Em lubrificantes para motores, por exemplo, é comum o uso de antioxidantes, inibidores de corrosão, detergentes, agentes antidesgaste, antiespumantes e melhoradores de alcalinidade. Selecionar os compostos adequados para cada tipo de uso e dosar a concentração ideal envolve estudos complexos, que levam em consideração a habilidade de cada aditivo de desempenhar sua função, sua

compatibilidade com os demais aditivos da formulação e no seu custo (NORIA CORPORATION, 2022). Esta é uma etapa fundamental do desenvolvimento dos óleos lubrificantes, uma vez que o mix de aditivos selecionado é o que diferencia produtos destinados a diferentes aplicações.

Figura 2.8 – Classificação de aditivos de acordo com a função que desempenham.



Fonte: Adaptado de Noria Corporation, 2022.

Processos oxidativos são a principal causa de degradação de óleos lubrificantes, o que destaca a importância da inclusão de antioxidantes na sua composição. De fato, a maioria dos produtos lançados no mercado contém pelo menos um antioxidante, de modo a garantir sua estabilização frente a este tipo de reação. Ao deteriorar o óleo, a oxidação gera compostos nocivos que afetam sua vida útil e que podem causar danos aos equipamentos. Trata-se de uma reação entre os hidrocarbonetos do óleo e o oxigênio em altas temperaturas, potencializada na presença de metais de transição. Sendo assim, aditivos antioxidantes – como compostos de enxofre, fósforo e aminas aromáticas – protegem o produto e permitem que o fluido exerça a função por mais tempo (RUDNIK, 2009).

Inibidores de corrosão são responsáveis por reduzir ou eliminar ferrugem ou pontos de corrosão dos equipamentos que recebem óleos lubrificantes. Eles podem desempenhar sua função de acordo com alguns mecanismos: retardando o processo anódico, interrompendo o processo catódico, reduzindo os dois processos ao mesmo tempo ou ainda adsorvendo uma barreira sobre a região que se deseja proteger. Inibidores anódicos – como os nitritos – reagem com os íons metálicos formados no anodo, neutralizando esses produtos do processo corrosivo. Essa ação retarda as reações anódicas e diminui a corrente de corrosão, acarretando uma menor velocidade de degradação do sistema. Por outro lado, passivadores catódicos – os cromatos, por exemplo – provocam a criação de um revestimento de óxido que inibe as reações catódicas. Para que sejam efetivos, é preciso aplicá-los de acordo com sua concentração mínima, de forma a assegurar que a película protetora se forme sobre toda a superfície sujeita à corrosão (NORIA CORPORATION, 2022). Existem também inibidores mistos – como os silicatos – que atuam concomitantemente sobre os dois tipos de reação. Estes não exercem muita influência sobre o

potencial de corrosão e produzem um precipitado ou gel sobre a superfície. Por fim, tem-se os inibidores de adsorção – por exemplo, aminas e aldeídos –, que são geralmente compostos orgânicos que apresentam insaturações fortemente polares com nitrogênio, oxigênio ou enxofre. Eles adsorvem sobre regiões catódicas ou anódicas do metal e seu uso é recomendado para meios ácidos (CRUZ, 2017).

Outro tipo de aditivo amplamente empregado nos óleos lubrificantes são os detergentes. Além de auxiliar a manter componentes metálicos quentes livres de depósitos, estes também atuam na neutralização dos ácidos que se formam no óleo ao longo do tempo. São compostos que variam de neutros a altamente alcalinos e que constituem a base da alcalinidade de reserva dos óleos de motor, conhecida também como número básico – *base number* (BN), em inglês – (GALIANO-ROTH, 2010). Essa propriedade está associada à capacidade do lubrificante em neutralizar subprodutos da combustão: quanto maior o BN, maior é essa capacidade (LOBO, 2017). São alguns exemplos deste tipo de aditivo os sulfonatos de cálcio e de magnésio, os salicilatos de cálcio e de magnésio e os carbonatos metálicos (GALIANO-ROTH, 2010). Ao queimar o óleo, estes compostos metálicos deixam um depósito de cinzas no local, o que pode levar à formação de resíduos indesejados em aplicações de alta temperatura. Por esta razão, é comum que fabricantes de equipamentos determinem que apenas lubrificantes com baixo teor de cinzas possam ser empregados em certos cenários (NORIA CORPORATION, 2022).

Em alguns casos também chamados de aditivos de extrema pressão (EP), os agentes antidesgaste são responsáveis por proteger equipamentos contra efeitos de atrito, prevenindo o contato metal-metal entre diferentes superfícies. Estes compostos reagem quimicamente com as superfícies e formam uma camada protetora que as permitem deslizar uma sobre a outra, minimizando a perda de metal. O filme protetor é formado por longas cadeias com extremidades polares que se fixam à superfície. Essa fixação, porém, é prejudicada em condições severas de atrito e as moléculas são removidas de tal maneira que se perde o efeito de redução do desgaste. Em cenários assim é possível identificar a presença de grandes quantidade de metais de desgaste nas análises laboratoriais do óleo lubrificante utilizado. Os agentes antidesgaste mais comuns para motores e óleos hidráulicos são os dialquilditiofosfatos de zinco, também chamados de ZDDP (MATHURA, 2023).

É comum que haja a formação de espuma em óleos lubrificantes devido aos rápidos movimentos que ocorrem dentro dos equipamentos onde estes são aplicados. O contato com o ar durante tais movimentos leva à formação de bolhas dentro do líquido, que são cercadas por uma certa espessura de filme de óleo e que se agregam no topo. Caso não eliminada, a espuma é capaz de causar danos tanto ao equipamento quanto ao lubrificante: afetando o desempenho

da lubrificação e gerando um bloqueio que afeta o suprimento de óleo. Como consequência, as peças do equipamento sofrem desgaste e até possivelmente sinterização, além do aumento do risco de acidentes causados por escassez de óleo. Métodos antiespumantes podem ser classificados como físicos ou químicos, e de supressão ou estouro de bolhas. Um bom aditivo deste tipo deve ser capaz de exercer um alto efeito mesmo a partir de pequenas doses, não afetar as propriedades básicas do sistema, apresentar baixa tensão superficial, boa difusividade e permeabilidade, alta resistência ao calor e a oxidação, alta estabilidade química e nenhuma atividade fisiológica. Os antiespumantes mais comuns são produtos à base de silicone, com destaque para o dimetilpolissioxano (PDMS) e para compostos de fluorossilicone (REN, 2023).

É importante ressaltar dois pontos no que diz respeito ao uso de aditivos em lubrificantes. O primeiro deles é que um óleo de qualidade inferior não pode ser convertido em algo “premium” através da inclusão de aditivos, para isso o óleo base em si deve ser considerado bom. Além disso, há um limite no que diz respeito à quantidade de aditivo que um óleo base é capaz de solubilizar. O acréscimo de qualquer volume que ultrapasse tal marca resultará no acúmulo de aditivos no fundo do recipiente de armazenamento do produto, que não executará sua função fim. Por essa razão, nem sempre é recomendável que os usuários acrescentem aditivos complementares a óleos lubrificantes comerciais, uma vez que muitos destes já são vendidos na sua forma saturada (NORIA CORPORATION, 2022).

2.4 EXIGÊNCIAS PARA COMERCIALIZAÇÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

2.4.1 Registro de óleos lubrificantes

A comercialização, importação e produção de óleos lubrificantes no Brasil está condicionada ao registro dos produtos na ANP. Este deve ser realizado por produtores, importadores ou terceirizadores previamente autorizados a exercer suas funções e, quando concluído, associa-se um número de registro ao óleo, a partir do qual ele passa a ser identificado (ANP, 2019). É através deste processo que o órgão tem acesso às especificações dos lubrificantes, características que variam de acordo com sua aplicação. O serviço é solicitado de forma eletrônica e possui prazo de até 60 dias corridos para ser concluído. Durante este período, são realizadas análises dos documentos exigidos e dos parâmetros físico-químicos do lubrificante nos laboratórios do Centro de Pesquisa e Análises Tecnológicas (CPT), localizado em Brasília. Uma vez aprovado o registro, o resultado é publicado no Diário Oficial da União (ANP, 2024).

É possível verificar dados sobre os óleos lubrificantes registrados através de uma ferramenta disponibilizada no site do órgão regulador. O chamado “Painel Dinâmico de Registro de Óleos e Graxas Lubrificantes” (Figuras 2.9) concentra as informações e possibilita que elas sejam pesquisadas através do número de registro ou da marca comercial de cada produto. Ao pesquisar um óleo obtém-se: o nome e CNPJ (Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica) do detentor do seu registro, sua classificação de acordo com a composição, o número do seu processo de aprovação, seu grau de viscosidade, nível de desempenho, número de formulações, sua aplicação ideal, o volume permitido para acondicionamento e algumas observações sobre o histórico do registro (ANP, 2024).

Figuras 2.9 – Pesquisa sobre o óleo Lubrax Valora SN Plus a) por registro e b) por marca.

a)

The screenshot shows the 'Painel Dinâmico Registro de Óleos e Graxas Lubrificantes' interface. The search is performed by registration number (18891). The results are displayed in a table format with the following data:

REGISTRO	MARCA COMERCIAL	DETENTOR	CNPJ DETENTOR
18891	LUBRAX VALORA SN PLUS	VIBRA ENERGIA S.A.	34.274.233/0001-02

Additional details shown include:

- COMPOSIÇÃO:** SINTÉTICO
- PROCESSO DE APROVAÇÃO:** 48600.001072/2018 - 79, 48600.202356/2021-86, 48600.203514/2021-15
- GRAU DE VISCOSIDADE:** 0W20, 5W30
- NÍVEL DE DESEMPENHO:** API SN/RC, API SN PLUS, ILSAC GF-5, FORD WSS-M2C946-B1, CHRYSLER MS6395, GM 6094M.
- NÚMERO FORMULAÇÕES:** 7
- OBSERVAÇÕES:** ALTERAÇÃO DA RAZÃO SOCIAL DO DETENTOR E PRODUTOR DE PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A. PARA VIBRA ENERGIA S.A. (CNPJ 34.274.233.0001-02), CONFORME PROCESS.

b)

The screenshot shows the 'Painel Dinâmico Registro de Óleos e Graxas Lubrificantes' interface. The search is performed by brand name (LUBRAX VALORA SN PLUS). The results are displayed in a table format with the following data:

REGISTRO	DETENTOR	GRAU SAE	ORIGEM
<input type="checkbox"/> 18891	VIBRA ENERGIA S.A.	0W20 5W30	NACIONAL

Additional details shown include:

- PROCESSO:** 48600.001072/2018 - 79, 48600.202356/2021-86, 48600.203514/2021-15
- NÍVEL DE DESEMPENHO:** API SN/RC, API SN PLUS, ILSAC GF-5, FORD WSS-M2C946-B1, CHRY...; API SN-RC, API SN PLUS, ILSAC GF-5, FORD WSS-M2C946-B1, CHRY...; API SN-RC, API SN PLUS, ILSAC GF-5, Ford WSS-M2C946-B1, Ford W...; API SN-RC, API SN PLUS, ILSAC GF-5, FORD WSS-M2C947-B1, CHRY...
- TIPO DE DETENTOR:** PRODUTOR
- NAUTREZA:** SINTÉTICO
- PRODUTOR:** VIBRA ENERGIA S.A.
- APLICAÇÃO:** MÓTOR A GASOLINA, ETANOL, FLEX E GNV
- ACONDICIONAMENTO:** 1 L
- FINALIDADE:** INCISO I, ART. 2 DA RESOLUÇÃO ANP 804/2015 (CARTER DE MOTOR)

2.4.2 Rotulagem de óleos lubrificantes

Para garantir que os consumidores recebam informações claras e precisas sobre os óleos lubrificantes, a ANP determina que os produtos envasilhados apresentem rótulos com informações sobre sua natureza, características e aplicação.

Primeiramente, para especificar a natureza do produto deve-se informar se este é mineral, sintético ou semissintético, sua composição, campo de aplicação, advertências sobre uso e precauções necessárias. É necessário também indicar o grau de viscosidade conforme as normas SAE (*Society of Automotive Engineers*) J300/J306 ou ISO (*International Organization for Standardization*), em suas últimas versões. No caso de óleos multiviscosos, deve-se informar sempre o grau SAE mais restritivo. Além disso, os níveis de desempenho também devem ser claramente indicados (ANP, 2019).

Em relação à identificação do produtor, caso o produto seja nacional, o rótulo deve conter sua razão social e número de CNPJ. Se o produto for importado, deve-se incluir o nome e o país de origem do produtor, assim como a razão social e o CNPJ do importador. Também é necessário informar a razão social, o CNPJ e o endereço do detentor do registro do óleo lubrificante. Exige-se que todos os papéis mencionados estejam explicitamente destacados no rótulo (ANP, 2019).

Os rótulos dos lubrificantes devem ainda incluir o nome e número de inscrição no Conselho Regional de Química (CRQ) do responsável técnico pelo produto. A marca comercial registrada na ANP também deve ser informada no rótulo ou contrarrótulo, assim como o seu número de registro, a quantidade embalada, e as orientações quanto à destinação do produto e da embalagem após uso. Além disso, deve-se informar o prazo de validade e incluir a seguinte observação em destaque: “SIGA AS RECOMENDAÇÕES DO FABRICANTE DO VEÍCULO OU EQUIPAMENTO”. A identificação do lote e a data de fabricação devem ser impressas na embalagem ou no rótulo durante o processo de envasilhamento. Vale ressaltar que os lubrificantes para motores de dois tempos e para transmissões automáticas estão dispensados da indicação do grau SAE no rótulo (ANP, 2019).

O propósito de tais diretrizes é assegurar que os consumidores tenham acesso às informações essenciais para o uso correto e seguro dos óleos lubrificantes, contribuindo para a eficiência e durabilidade dos equipamentos onde são empregados.

2.4.3 Desempenho mínimo de óleos lubrificantes

A Resolução nº 804/19 da ANP determina que os óleos lubrificante criados para uso em motores devem ser classificados segundo seus níveis de desempenho. A classificação deve seguir os parâmetros estipulados por pelo menos uma das entidades internacionais listadas no texto. São elas: o *American Petroleum Institute* (API), o *International Lubricants Standardization and Approval Committee* (ILSAC), a *Association des Constructeurs Européens d'Automobiles* (ACEA), a *Japan Automobile Standard Organization* (JASO), a *National Marine Manufacturers Association* (NMMA) ou especificações de fabricantes de veículos ou equipamentos. Tal categorização é de extrema importância, uma vez que permite que sejam estabelecidos níveis mínimos de desempenho. De fato, no Brasil, apenas óleos lubrificantes que atendem a essas exigências podem ser registrados, importados e comercializados.

Os requisitos mínimos de desempenho são definidos de acordo com o tipo de motor onde o lubrificante será aplicado. Para motores automotivos ciclos Otto e Diesel, estes são os níveis API SL, API CH-4 ou a norma vigente da ACEA. No caso de motores de dois tempos de motocicletas refrigeradas a ar, exige-se que os óleos atendam aos níveis API-TC ou JASO-FB. Já para motores de dois tempos de veículos náuticos ou marítimos refrigerados a água, a Resolução exige que se atenda o nível NMMA TC-W3. Por fim, para motores de quatro tempos de motocicletas, exige-se a norma vigente JASO T903 combinada com os níveis mínimos definidos para motores ciclo Otto (ANP, 2019).

Estas exigências são baseadas em propriedades como aparência, cor, viscosidade cinemática, índice de viscosidade, ponto de fulgor, ponto de fluidez, acidez, corrosividade ao cobre, estabilidade à oxidação e teor de cinzas. Elas garantem que o produto atenda a padrões de eficiência, segurança e durabilidade. Definir esses limites mínimos é essencial para assegurar que o lubrificante ofereça proteção adequada ao motor e prolongue a vida útil dos seus componentes.

2.5 USO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

Como já mencionado, os óleos lubrificantes são empregados nas mais diversas aplicações industriais e automotivas com a função primária de reduzir o atrito entre superfícies metálicas em movimento, minimizando assim o desgaste e dissipando o calor gerado durante o funcionamento de equipamentos. Em motores de combustão interna, por exemplo, os lubrificantes formam uma película fina entre os pistões e o interior dos cilindros, prevenindo

seu contato direto e reduzindo significativamente a fricção, o que resulta em uma operação mais suave e eficiente. Além disso, podem também atuar como agentes de limpeza (ajudando a remover depósitos de carbono e outras impurezas acumuladas) e como protetores contra a corrosão (impedindo a oxidação de superfícies metálicas) (GRESHAM, 2008).

No que diz respeito à forma de utilização de um determinado óleo lubrificante, existem duas categorias que se destacam: óleos empregados em serviços intermitentes e os criados para serviços contínuos. Óleos de motor e do setor de aviação se enquadram no primeiro tipo, enquanto os de turbina são classificados como de uso contínuo. Os produtos criados para serviços intermitentes devem apresentar o mínimo de alteração possível na viscosidade em cenários de variação de temperatura, ou seja, um alto IV. Eles devem ser trocados em intervalos frequentes para que se faça a remoção de matéria estranha gerada durante o uso e, por esse motivo, a estabilidade da composição desse tipo de óleo é de menor importância. Por outro lado, lubrificantes de serviços contínuos são usados por períodos prolongados sem renovação, o que faz com que possuir alta estabilidade seja essencial para uma boa performance (SPEIGHT, 2006).

Durante o seu consumo, lubrificantes podem vir a ficar sujeitos a temperaturas e pressões elevadas ou mesmo a contaminação (por partículas sólidas, água, combustíveis e produtos de oxidação), fatores que promovem a alteração das suas propriedades físico-químicas (GRESHAM, 2008). Parte dos lubrificantes são consumidos durante seu uso ou são perdidos devido a processos de combustão e evaporação, mas cerca de 50% do volume empregado nos equipamentos gera resíduo na forma de OLUC (PINHEIRO, 2020). Este tipo de composto é formado em decorrência da degradação da eficácia do óleo, do esgotamento dos seus aditivos e da formação de substâncias indesejáveis. De fato, a geração de OLUC é uma consequência inevitável do uso dos óleos lubrificantes e requer monitoramento e gestão adequados para que se minimize os impactos ambientais associados a ele (GRESHAM, 2008).

2.6 CARACTERIZAÇÃO DO OLUC

2.6.1 Mecanismos de formação

É possível destacar seis causas raízes do processo de degradação dos óleos lubrificantes: efeito térmico, oxidação, contaminação por partículas, contaminação por outros fluidos, degradação dos aditivos e, por fim, exposição a ambientes hostis (GRESHAM, 2008).

A degradação térmica dos óleos lubrificantes se dá devido a altas temperaturas às quais o produto é submetido quando empregado em locais como motores e sistemas hidráulicos, por

exemplo. Como consequência das condições do meio, tem-se a degradação das moléculas do óleo, o que afeta sua viscosidade e reduz sua capacidade de lubrificação. Outra consequência é a formação de produtos de decomposição que acabam por prejudicar o funcionamento do equipamento onde o lubrificante se encontram em uso (GRESHAM, 2008).

Por outro lado, a exposição do lubrificante ao oxigênio e à umidade faz com que este passe por processos oxidativos, que podem ser acelerados pela presença de metais no meio e também por altas temperaturas. A oxidação causa a geração de ácidos e compostos de lodo que comprometem a eficácia do óleo, formando depósitos e aumentando sua viscosidade (GRESHAM, 2008). Cenários de oxidação extensa podem resultar até mesmo em um desgaste excessivo dos componentes em contato com o produto.

Partículas sólidas como poeira, sujidades e resíduos metálicos também podem contaminar óleos lubrificantes e provocar a formação de OLUC. É comum que estes contaminantes entrem no sistema durante a operação usual das máquinas e causem abrasão e desgaste nos seus componentes. Adicionalmente, a depender da sua concentração no meio, estas partículas são capazes de alterar as propriedades físicas originais dos óleos (GRESHAM, 2008).

Especialmente em motores de combustão interna, é possível que o óleo lubrificante se misture com combustíveis não queimados e outros fluidos (como água e produtos de combustão) durante a operação. Este tipo de contaminação é prejudicial uma vez que reduz a viscosidade do produto e a sua capacidade de formar uma película protetora eficaz. São exemplos de produtos de combustão a fuligem, o carvão e gases ácidos. Estes, uma vez em contato com os lubrificantes, podem catalisar reações químicas adversas que prejudicam a sua performance (GRESHAM, 2008).

O óleo lubrificante se converte em OLUC também quando seus aditivos são degradados, seja por esgotamento ou reação química. Neste cenário, os aditivos perdem a sua eficácia, se tornando incapazes de executar suas funções adequadamente. Uma vez que não podem ser regenerados no próprio meio, tal ocorrência exige que todo o produto seja trocado e gere-se um certo volume de resíduo.

Quando em ambientes industriais ou armazenados ao ar livre, os óleos lubrificantes podem vir a ser expostos a condições hostis como alta umidade, calor excessivo e a presença de substâncias químicas corrosivas. Nestes cenários promove-se o processo de degradação e contaminação do lubrificante mesmo que este não seja de fato utilizado em algum equipamento. É um mecanismo de geração de OLUC que ressalta a importância de práticas adequadas de acondicionamento.

2.6.2 Composição do OLUC

As alterações químicas causadas pelo uso dos óleos lubrificantes variam de acordo com o óleo base original, o processo de refino empregado, o pacote de aditivos adicionado, o tipo de aplicação indicado para o produto, seu tempo de uso, dentre outros fatores. O OLUC apresenta em sua composição os produtos da deterioração do óleo base e dos aditivos, além de contaminantes externos. Alguns exemplos de contaminantes são compostos como água, cloro, bifenilas policloradas (PCBs), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) e metais particulados (PINHEIRO, 2020).

No óleo usado, a água pode se apresentar em três diferentes formas: dissolvida, emulsionada ou livre, a depender da temperatura e pressão do sistema e do tipo de óleo em uso. No geral, sua concentração varia em até 15% em massa e as fontes de contaminação podem ser vazamentos de água de chuva, infiltrações, condensação do ar, vazamentos do sistema de resfriamento e agentes anticongelantes (PINHEIRO, 2020).

Por sua vez, o cloro está presente em fluidos de metalurgia, hidráulicos, isolantes e de transferência de calor. Um exemplo de contaminante organoclorado é o PCB, cuja produção e comércio no Brasil foram proibidos na década de 80. Estes compostos, porém, ainda podem ser encontrados em equipamentos ativos que foram fabricados antes do estabelecimento das restrições. São substâncias estáveis (com baixa degradabilidade térmica e microbiológica) e classificadas como cancerígenas para o ser humano (CETESB, 2023).

Os HAPs podem ser adicionados intencionalmente a alguns tipos de óleos lubrificantes, graças à sua capacidade de absorver gases potencialmente explosivos e para estender a vida útil do produto como um inibidor de oxidação. Podem também ser derivados de óleos básicos minerais que não foram devidamente removidos durante o processo de refino ou ainda serem gerados em reações de combustão que se dão durante a operação dos equipamentos. Em comparação aos óleos lubrificantes novos, OLUCs apresentam uma concentração até três vezes maior de HAPs em sua composição (PINHEIRO, 2020).

Os próprios aditivos dos lubrificantes são capazes de atuar como fontes de contaminação de metais. Outras possíveis origens são combustíveis e o processo de desgaste dos constituintes das máquinas onde o óleo se encontra em uso. Este tipo de contaminante se apresenta no OLUC como matéria particulada ou na sua forma elementar (PINHEIRO, 2020).

Além dos já mencionados, são componentes comuns de OLUC: i) fuligem e carbono provindo de combustões incompletas (responsáveis pela cor escura do resíduo); ii) lodo, verniz, ácidos orgânicos corrosivos derivados de reações de oxidação, nitração e sulfonação; iii)

combustível não queimado; iv) poeira e sujeira composta por silicatos; v) solventes, agente anticongelantes, refrigerantes, fluido de freio e outros compostos também empregados nos equipamentos; vi) resquícios de aditivos não esgotados durante o uso do óleo (PINHEIRO, 2020).

Na Tabela 2.2 se encontram especificadas as diferenças em composição de uma série de amostras de óleos lubrificantes novos e de OLUC analisadas em um estudo de 2020.

Tabela 2.2 – Comparação entre amostras de óleos lubrificantes novos e de OLUC.

Propriedade	Unidade	Óleo novo		OLUC	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Densidade	Kg/m ³	817	953	851	972
Viscosidade cinemática a 40 °C	cSt	4	491	0,82	324
Índice de acidez total	mg KOH/g	< LD	5,35	0,26	4,6
Índice de saponificação	mg KOH/g	< LD	64	2,12	21,8
Teor de carbono	-	-	-	-	-
Aromáticos	% p.p.	< LD	19,3	< LD	7,87
Parafínicos	% p.p.	23,9	75,4	34,1	62,1
Naftênicos	% p.p.	21,3	46,27	29,9	65,8
Composição elementar	-	-	-	-	-
P	ppm	< LD	1500	57	1220
Ca	ppm	38	8750	90	4190
Cl	ppm	9	623	< LD	6012
Fe	ppm	< LD	< LD	20	1210
Si	ppm	< LD	370	11	879
S	ppm	< LD	2,2	< LD	1,1
Zn	ppm	48	1380	24	1670

Fonte: Adaptado de PINHEIRO, 2020. LD – Limite de detecção.

2.6.3 Impactos ambientais do OLUC

Devido à natureza tóxica de alguns dos seus componentes, o OLUC é classificado como perigoso pela NBR 10.004/04. O risco mais grave associado a ele é o seu potencial de contaminação de corpos d'água, como lençóis freáticos e rios. Uma vez em contato com tais sistemas, o óleo usado impede a oxigenação da área por ele coberta e a passagem dos raios solares, que são essenciais para o processo de fotossíntese (FORTES, 2022).

Quando em contato com o solo, o OLUC provoca a morte da vegetação e dos microrganismos locais. Ele é capaz de destruir o húmus, causar infertilidade na região afetada e de se tornar uma fonte de vapores de hidrocarbonetos. Uma vez derramado, este é um resíduo que leva dezenas de anos para se decompor, motivo pelo qual não é considerado biodegradável (FORTES, 2022).

Infelizmente, ainda é comum que usuários de óleos lubrificantes realizem a queima do OLUC como forma de destinação final do composto ou ainda para usá-lo como fonte energética. Como consequência, promove-se a concentração de poluentes na atmosfera em um raio de 2 km da fonte da queima (FORTES, 2022). Adicionalmente, gera-se uma grande quantidade de fuligem e precipitação de partículas que aderem à pele e penetram o sistema respiratório dos seres vivos.

2.6.4 Regulamentações e Normas para OLUC

Dado os riscos associados às informações expostas até aqui, a gestão de OLUC se confirma como um tema crítico. Uma maneira de minimizar tais riscos é através do estabelecimento de regulamentações e normas sobre o tema que sejam bem fundamentadas e completas. No Brasil, tais diretrizes se concretizam em uma série de textos que abordam os diversos ângulos da questão, como o transporte de produtos perigosos e exigências sobre a identificação do resíduo.

Por exemplo, a Lei nº 12.305/10, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece diretrizes para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo óleos usados. Ela exige a estruturação e implementação de sistemas de logística reversa (de forma independente do serviço público) aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de OLUC (BRASIL, 2010). É uma legislação que incentiva práticas de gestão sustentável e que foi regulamentada pelo Decreto nº 10.936/22. É neste texto em que se explicita que todo lubrificante usado ou contaminado deve ser destinado à reciclagem por meio do processo de rerrefino (BRASIL, 2022).

Complementarmente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou em 2005 e 2012 resoluções que dispõem sobre o recolhimento, coleta e destinação final de OLUC. O primeiro texto – nº 362/05 –, estabelece diretrizes para a gestão ambientalmente adequado do resíduo, com o objetivo de minimizar possíveis impactos ambientais. Nele reforça-se que todos os responsáveis pela cadeia produtiva e de consumo dos óleos lubrificantes devem implementar sistemas de coleta e destinação correta do OLUC. Além disso, ele estabelece as responsabilidades dos geradores de óleo usado e dos transportadores na garantia da segurança e da conformidade ambiental durante as etapas de armazenamento, transporte e processamento. O texto atribui ao IBAMA, à ANP e aos órgãos estaduais de meio ambiente a responsabilidade sobre a fiscalização e o controle das atividades relacionadas ao OLUC (CONAMA, 2005).

A segunda resolução mencionada – nº 450/12 – complementa as diretrizes definidas pela anterior, aprimorando critérios relacionados a métodos de recolhimento e de destinação do resíduo para o rerrefino. Esse texto estabelece a ideia de metas quantitativas de recolhimento de OLUC, a serem definidas por portarias interministeriais do Ministério de Minas e Energia (MME) e do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). Tais metas são progressivas e visam aumentar gradativamente o percentual de coleta em relação ao total de óleo lubrificante comercializado. Adicionalmente, a resolução exige que os fabricantes e importadores reportem anualmente ao IBAMA a sua performance em relação às metas e as ações implementadas para assegurar a execução da logística reversa. O texto introduz sanções para o não cumprimento dessas metas, destacando a importância do rerrefino como a melhor prática ambiental para a destinação de OLUC (CONAMA, 2012). A ANP, como órgão regulador das atividades que integram a indústria do petróleo, gás natural e dos biocombustíveis no Brasil, exerce a fiscalização através do Sistema de Informações de Movimentação de Produto (SIMP). Este sistema institucional recebe dados sobre o mercado de óleo lubrificante, inclusive sobre a coleta e destinação final de OLUC (LEITE, 2020).

A padronização de procedimentos e o detalhamento de exigências relacionadas à gestão de OLUC pode ser consultada em normas técnicas redigidas pela ABNT. A NBR 14.725/23, por exemplo, define requisitos para comunicações de segurança, saúde e meio ambiente relacionadas a produtos químicos, com foco em sistemas de classificação de perigos e rotulagem. Ela é essencial para que seja aplicada a identificação e comunicação adequada dos riscos associados ao manuseio de produtos como o óleo usado. De fato, a norma estabelece critérios rígidos de rotulagem, assegurando que as informações cruciais sobre os riscos estejam visíveis de forma compreensiva tanto para profissionais da área quanto para e consumidores comuns. Desta maneira, minimiza-se as chances de acidentes envolvendo produtos químicos (ABNT, 2023).

Por sua vez, a NBR 16.725/23 trata das informações de segurança, saúde e meio ambiente específicas para resíduos químicos perigosos, incluindo a exigência de elaboração da Ficha de Dados de Segurança de Resíduos (FDSR) e o uso da rotulagem apropriada. Ela expande os princípios estabelecidos na NBR 14.725/23, garantido que os resíduos sejam acompanhados de um documento detalhado com informações sobre seus principais perigos, orientações para um manuseio seguro, medidas de primeiros socorros e procedimentos de emergência (ABNT, 2023).

No que diz respeito ao transporte de cargas e produtos perigosos, temos que este tópico é regido por uma série de textos específicos. Dois que se destacam são o Decreto nº 96.044/88,

que estabeleceu o regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos no Brasil, e a Resolução ANTT nº 5.998/22, que aprimorou a regulamentação de segurança, logística e procedimentos para o transporte de resíduos como o OLUC. O decreto atua como uma base legal, estabelecendo princípios amplos como a exigência de certificados, a sinalização de veículos e normas de segurança (BRASIL, 1988). Já a resolução da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) detalha as exigências operacionais para o transportes deste tipo de carga. Seu texto foca em aspectos técnicos e práticos de forma mais detalhada (ANTT, 2022).

Ainda sobre o tema de transporte de produtos perigosos, existem algumas normas técnicas que padronizam os procedimentos relacionados ao processo. A NBR 13.221/23, por exemplo, estabelece requisitos para o transporte terrestre de resíduos perigosos com o objetivo de assegurar que esses materiais sejam deslocados de forma segura. No texto são descritos os critérios associados ao veículo ou equipamento de transporte, ao acondicionamento da carga, à documentação exigida, entre outros tópicos (ABNT, 2023).

Complementarmente, a NBR 15.481/24 estabelece uma lista de verificação (*checklist*) com requisitos operacionais necessários para expedir ou transportar produtos perigosos por meio de rodovias. Tal lista é segregada em sete seções que são avaliadas durante a fiscalização dos carregamentos. São elas: 1) informações gerais; 2) condutor e auxiliar; 3) veículo e transporte; 4) conjunto de equipamentos para emergência; 5) sinalização do veículo e equipamento; 6) embalagens e carga; 7) características técnicas e operacionais do veículo e equipamentos obrigatórios (ABNT, 2024). Os itens listados no *checklist* tem como fonte diversas outras normas que tocam no tema de transporte de resíduos como o OLUC, o que torna o documento uma espécie de resumo de exigências.

2.6.5 Transporte de OLUC

Na subseção anterior foi possível explicitar que uma série de exigências devem ser atendidas para garantir que o transporte de OLUC seja feito de forma segura. O método mais comum de transporte desse resíduo no Brasil é por meio de veículos terrestres, através da extensa malha rodoviária nacional. Aos condutores dos veículos usados para este fim, exige-se o porte de uma Carteira Nacional de Habilitação (CNH) compatível com o veículo e do seu certificado de treinamento MOPP (Movimentação Operacional de Produtos Perigosos). Não é permitido que se execute o transporte com a presença de um passageiro não relacionado à atividade. Caso seja necessária atuação de um auxiliar, este deve portar seu documento de identificação e comprovar vínculo empregatício com o transportador. Tanto o condutor quanto

o auxiliar devem estar vestidos com trajes adequados (calça comprida, camisa ou camiseta e calçado fechado), além de estarem isento de sinais de uso de drogas e álcool (ABNT, 2024).

No que tange as obrigatoriedades relacionadas ao veículo em si, este deve estar com o Certificado de Registro e Licenciamento do Veículo (CRLV) em ordem, juntamente com o comprovante de recolhimento do seguro obrigatório. Além disso, três documentos são exigidos pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia): o Certificado de Transporte para Produtos Perigosos (CTPP), o Certificado de Inspeção para o Transporte de Produtos Perigosos (CIPP) e o Certificado de Inspeção Veicular (CIV). É necessário manter também no veículo uma declaração que especifique: o número ONU do OLUC (UN3082), seu nome apropriado para embarque (Substância que apresenta risco para o meio ambiente, Líquida, N.E.), sua classe ou subclasse de risco (9: substâncias perigosas diversas), seu grupo de embalagem (III) e o volume sendo transportado (ABNT, 2024) (IBAMA, 2008). Outros documentos que devem acompanhar a carga são a Ficha de Emergência do produto e um documento de comprovação dos horários de início e fim do transporte. É possível que sejam exigidos ainda mais itens como a AATIPP (Autorização Ambiental de Transporte Interestadual de Produtos Perigosos) ou documentos listados em determinações estaduais e municipais (ABNT, 2024).

Durante o transporte de OLUC devem estar à disposição alguns equipamentos de emergência. Dentre os itens de sinalização estão: calços, um jogo de ferramentas (contendo um alicate universal e uma chave para desconexão de cabos de bateria) e cones com faixas retro reflexivas. É necessário também portar um extintor de incêndio para o veículo e um para a carga, com data de validade e certificação do INMETRO em ordem. Cada ocupante do veículo deve possuir luvas de material compatível com o OLUC (PVC), um capacete de segurança e uma máscara facial com filtro adequado (contra vapores orgânicos) (ABNT, 2024).

Ademais, o veículo deve estar bem sinalizado para que o transporte seja considerado seguro. É obrigatória a fixação de algumas placas no seu exterior: um painel de segurança laranja com o número de risco do OLUC e seu número ONU, um rótulo de risco e o símbolo para substâncias que apresentam risco para meio ambiente (Figura 2.10 a 2.12). O meio de transporte não deve apresentar nenhuma sinalização imprópria (publicidades, propagandas, marcas, decorações, imagens, inscrições de produtos para uso e consumo humano ou animal) de modo a evitar distrações e confusões em casos de emergência (ABNT, 2024).

Figura 2.10 – Painel de segurança com classificação de risco e número de identificação.



Fonte: Adaptado de ABNT, 2023.

Figura 2.11 – Rótulo de risco para substância e artigos perigosos diversos.



Fonte: ABNT, 2023.

Figura 2.12 – Rótulo de sinalização de risco ao meio ambiente.



Fonte: ABNT, 2023.

Durante o transporte, as embalagens contendo OLUC devem estar devidamente organizadas dentro do veículo, podendo ser amarradas ou ancoradas na região de carga. Devem, além disso, estar rotuladas com o número ONU do resíduo, seu nome apropriado para embarque, seu rótulo de risco, setas de orientação e quaisquer outros símbolos relevantes. O recipiente de armazenamento deve estar homologado pelo INMETRO, com a marcação a vista em algum ponto externo (ABNT, 2024).

Existem algumas exigências técnicas e operacionais para que um veículo esteja apto a transportar OLUC. No geral, elas são referentes às condições de partes do automóvel como sua carroceria, tanque de combustível, faróis, cronotacógrafo, entre outras (ABNT, 2024).

2.7 RERREFINO DE OLUC

2.7.1 Processo de rerrefino de OLUC

Ao fim da sua vida útil, os óleos lubrificantes podem ser: regenerados a óleo base por meio de rerrefino, convertidos a combustível por destilação ou então incinerados em forno de cimento, usinas de energia ou instalações similares (KLENERT, 2024). Por mais que as duas últimas rotas sejam empregadas em outros países, o Decreto nº 10.936/22 determina que todo o OLUC gerado no país seja direcionado para uma planta de rerrefinamento. Para este tratamento, são aplicados tanto processos químicos quanto físicos. Alguns métodos comumente aplicados são o de ácido-argila, de extração por solvente e de evaporação por filme. Etapas de acabamento, como o hidrotreatamento, podem ou não ser aplicadas como uma maneira de atingir níveis mais altos de pureza com a produção de menos rejeitos tóxicos (KHAN, 2023).

2.7.1.1 Método ácido-argila

Uma vez descarregado em uma caixa receptora, o OLUC é testado em lotes para que se verifique seus níveis de contaminação. A depender do resultado, é possível que o rerrefino não seja uma opção viável, como em casos em que o resíduo apresenta uma concentração de Cloro acima de 50 ppm. Tais testes são cruciais para assegurar que o processo rode com um certo nível de homogeneidade das cargas processadas. Uma vez comprovada a qualidade do resíduo, este passa por um peneiramento e uma filtração para que haja a retirada de partículas grosseiras que possam estar presentes no meio. A seguir, tem-se uma etapa de decantação na qual o OLUC é armazenado em um tanque por 24 horas a uma temperatura de 50 °C, para que se obtenha a separação de água livre e de impurezas insolúveis. A este conjunto de etapas do rerrefino dá-se o nome de “Recepção e Preparação para Processamento” (SINDIRREFINO, 2015) (LEITE, 2020).

Neste ponto do processo, o OLUC é pré-aquecido a 80 °C e então direcionado para desidratadores, para que se remova água, compostos orgânicos leves e compostos incondensáveis. A fase de desidratação é realizada em equipamentos com trocadores externos em circulação forçada a 180 °C. A água obtida pode ser descontaminada e empregada dentro da própria planta industrial. Já os demais compostos podem ser utilizados na geração de energia para o processo de rerrefino (SINDIRREFINO, 2015).

O resíduo desidratado é encaminhado então para a etapa de termo-craqueamento. Nela, ele é submetido a uma faixa de temperatura de 280 a 350 °C sob vácuo por cerca de quinze

minutos. Como consequência, tem-se a degradação dos aditivos presentes na carga em compostos incondensáveis e frações leves. As substâncias são retiradas e empregadas como combustível na planta. Trata-se de um procedimento importante do ponto de vista ambiental, uma vez que sua aplicação possibilita a redução de 50% no consumo de ácido sulfúrico e uma produção 40% menor de borra ácida residual (SINDIRREFINO, 2015) (LEITE, 2020).

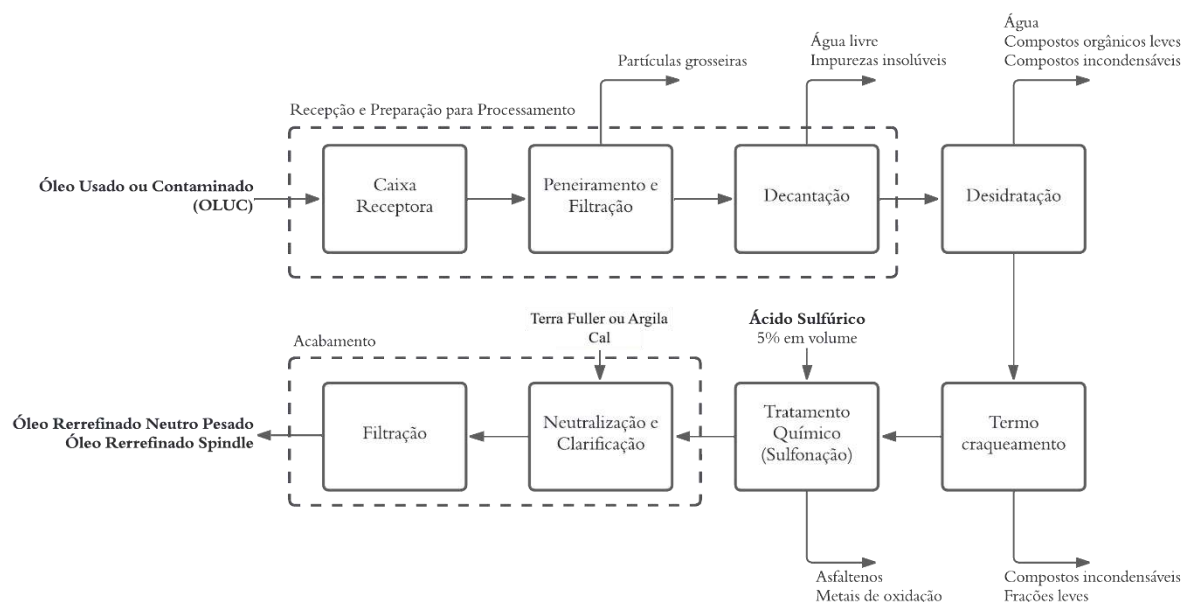
Em seguida tem-se a etapa de tratamento químico por sulfonação. Aqui é realizada a adição de ácido sulfúrico à carga como solvente, para que se obtenha o desasfaltamento e retirada de contaminantes. Antes de ser transferido para o tanque de sulfonação, o OLUC é resfriado a 35 °C em trocadores de calor. Emprega-se ácido sulfúrico concentrado a uma proporção de 5% e mantém-se o sistema em agitação por 45 minutos, o que causa a floculação de componentes indesejáveis como asfaltenos, metais produtos de oxidação, entre outros. Uma vez decorrido o tempo de reação, o material oxidado e os aditivos são segregados do óleo usado por meio de decantação. A essa massa decantada dá-se o nome de “borra ácida”, que é um resíduo poluente e considerado perigoso. Devido a sua natureza nociva, a borra deve ser lavada com água, neutralizada (com lama cal e cal virgem) e então desidratada, transformando-se em gesso que pode ser empregado como corretivo de solo. Por outro lado, a água neutralizada resultante deve ser enviada para tratamento na ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) da planta (SINDIRREFINO, 2015) (LEITE, 2020) (KHAN, 2023).

Terminada a etapa de tratamento químico, segue-se para a clarificação. Nesta, adiciona-se terra Fuller ou argila descorante ao sistema, que são adsorventes naturais graças ao seu grande número de poros e área superficial. A mistura óleo-argila é aquecida e tem-se a remoção de metais pesados, cor e outras impurezas do resíduo em tratamento. A separação dos compostos é concretizada na etapa seguinte, de filtração. Filtros-prensa são empregados com essa finalidade, e a “torta” gerada pode ser incorporada em tijolos, cerâmicas ou ainda na produção de cimento. Já a fração líquida contendo o óleo lubrificante sofre uma filtragem adicional em filtros de malhas mais finas, de modo a eliminar partículas remanescentes (SINDIRREFINO, 2015) (LEITE, 2020) (KHAN, 2023).

Obtém-se assim uma carga rerrefinada, que deve atender às especificações da ANP para que seja comercializada novamente como óleo básico. Esta técnica é uma das menos custosas para a reciclagem de OLUC, porém apresenta desvantagens frente às demais. Por exemplo, a remoção de metais pesados tende a ser incompleta, o rendimento de produto é relativamente baixo e concentrações altas de argilas são necessárias para ajustar adequadamente a cor do óleo em tratamento. Um outro ponto de atenção é a formação da borra ácida, que também deve ser

tratada de modo a evitar casos de poluição ambiental e acidentes de trabalho (KHAN, 2023). A Figura 2.13 ilustra o fluxo do método ácido-argila.

Figura 2.13 – Processo do método ácido-argila para rerrefino de OLUC.



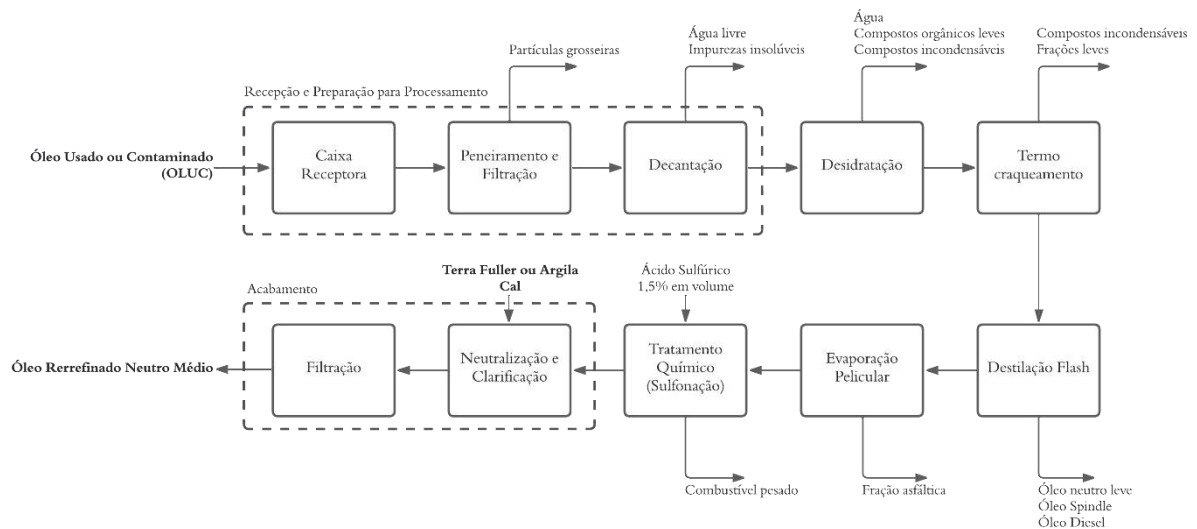
Fonte: Adaptado de SINDIRREFINO, 2015.

2.7.1.2 Método de evaporação por filme

No que diz respeito ao método de evaporação por filme, faz-se necessário executar uma etapa intermediária adicional que não integra o fluxo do método ácido-argila. Esta consiste em uma destilação flash, realizada em um sistema de vasos sob vácuo. São separadas frações leves: óleo neutro leve, óleo spindle e óleo diesel. A carga segue para um forno a 380 °C e então para evaporadores peliculares onde separa-se a sua fração asfáltica (composta por polímeros, metais, resinas, aditivos e compostos de carbono). Os óleos leve e spindle podem ser comercializados após separação, o óleo diesel pode ser empregado como fonte energética na própria planta de rerrefino e, por fim, a fração asfáltica pode ser convertida em produtos asfálticos (SINDIRREFINO, 2015).

Ao aplicar esta etapa extra na reciclagem do OLUC, promove-se um aumento de eficiência do processo, além da minimização da geração de resíduos. Passa-se a empregar também uma concentração menor de ácido sulfúrico: 1,5% em volume, ao invés de 5%. Uma ilustração deste método pode ser observada na Figura 2.14.

Figura 2.14 – Processo do método de evaporação por filme para rerrefino de OLUC.



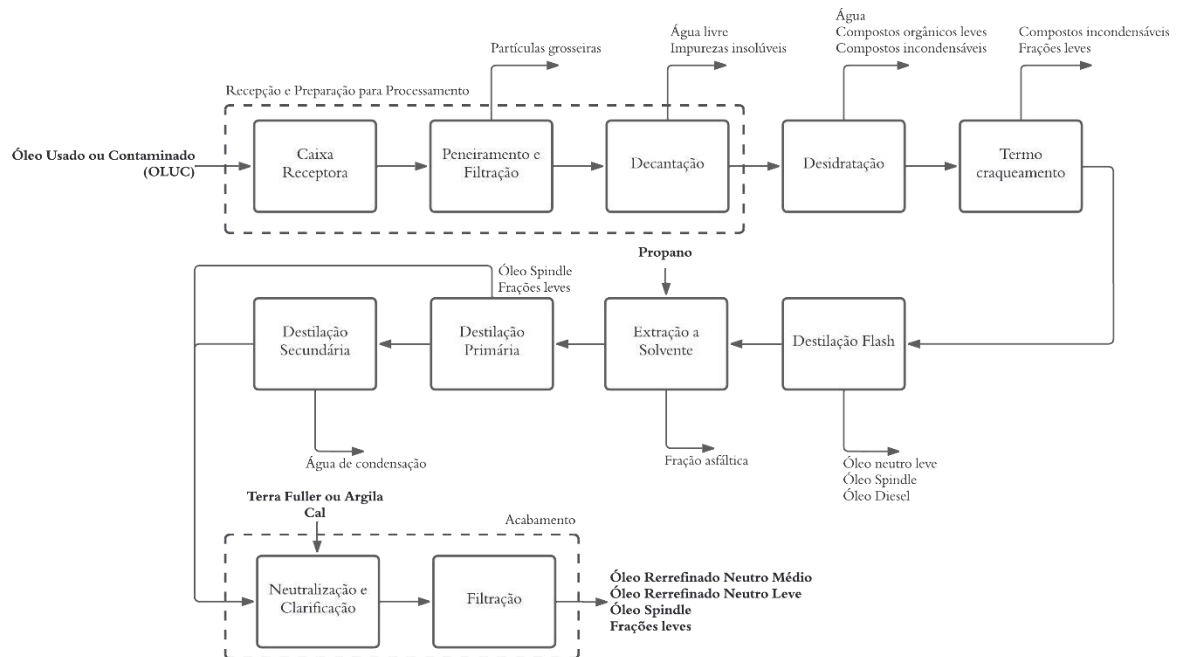
Fonte: Adaptado de SINDIRREFINO, 2015.

2.7.1.3 Método de extração por solvente

No método de extração por solvente, após a etapa de pré-tratamento térmico a carga recebe uma injeção de propano para que se provoque a redução da viscosidade do meio. A corrente de OLUC em tratamento é então direcionada para torres extratoras que operam a altas pressões (condição necessária para manter o solvente na fase líquida). Forma-se duas fases: uma contendo compostos asfálticos que não solubilizam no propano e outra de óleo e solvente. A mistura de óleo lubrificante e propano é aquecida e enviada para uma primeira torre de destilação de alta pressão, onde o solvente é vaporizado juntamente com frações mais leves do resíduo. Em seguida, após um novo aquecimento, a corrente segue para um destilador à baixa pressão para que se efetue a retirada do propano residual e da água de condensação presente na carga. Como produtos, obtém-se óleos neutros leve e médio (SINDIRREFINO, 2015).

Ao aplicar este método de rerrefino, dispensa-se a necessidade da etapa de tratamento químico por sulfonação, o que é benéfico uma vez que previne a geração de borra ácida. A extração por propano é considerado um método confiável, econômico e com um bom rendimento do produto (KHAN, 2023). Uma simplificação do fluxo deste processo pode ser observada na Figura 2.15.

Figura 2.15 – Processo do método de extração por solvente para rerrefino de OLUC.



Fonte: Adaptado de SINDIRREFINO, 2015.

2.7.1.4 Método de hidrotreatamento

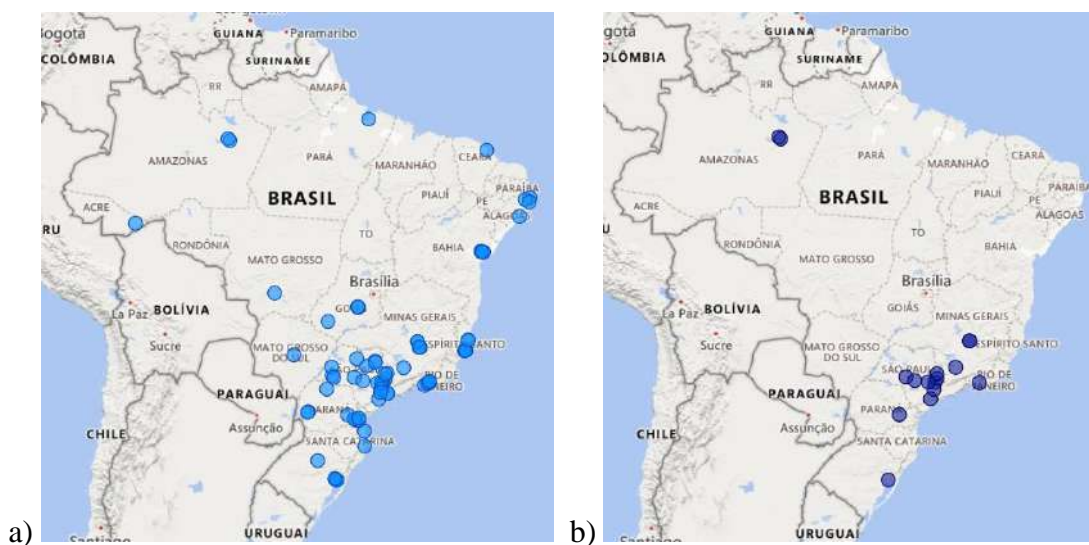
É possível ainda optar pelo método de hidrotreatamento. Neste fluxo também não se aplica a etapa de sulfonação: a carga passa pela evaporação pelicular e segue direto para a fase de acabamento, sem gerar resíduos ácidos. Uma vez finalizada essa seção do tratamento, adiciona-se um catalisador reagente com hidrogênio à carga resultante da filtragem. Ela passa então por reatores de leito catalítico, com controle de pressão e temperatura, onde reage com o gás hidrogênio. Promove-se assim a remoção de metais, enxofre e outras impurezas, possibilitando a geração de um óleo básico de qualidade superior (de Grupo II) (SINDIRREFINO, 2015).

2.7.2 Estrutura nacional de rerrefino

Através do painel dinâmico elaborado pela ANP sobre o mercado brasileiro de lubrificantes, é possível analisar o panorama atual da estrutura de rerrefino do país. Segundo dados da ferramenta, em 2023 cerca de 78% dos municípios brasileiros foram abrangidos por serviços de coleta de OLUC. A região de maior cobertura foi o Sul, com 95% das cidades contempladas, enquanto a de menor cobertura foi o Nordeste, com apenas 59%. Ainda segundo a ANP, existem 73 instalações (Figura 2.16 a) autorizadas a operar como base de coleta de

OLUC no Brasil, que são geridas pelos 29 agentes registrados para atuar como coletores. Já no que diz respeito ao rerrefino, são 16 as instalações (Figura 2.16 b) autorizadas a operar como locais de reciclagem de óleo lubrificante usado, geridas por 15 agentes registrados para exercer esse papel. Grande parte das plantas de rerrefino se concentram nas regiões Sul e Sudeste, apenas duas localizadas no AM fogem deste padrão (ANP, 2024).

Figuras 2.16 – Distribuição nacional de a) bases de coleta e de b) rerrefinarias de OLUC.



Fonte: ANP, 2024.

A empresa líder nacional no segmento de coleta e rerrefino de OLUC é a Lwart Soluções Ambientais Ltda. Sua planta de rerrefino (Figura 2.17) localizada em Lençóis Paulista – SP, é capaz de aplicar o método de hidrotratamento, o que faz com que a Lwart seja a única empresa da América Latina a produzir óleos rerrefinado básicos do Grupo II. Em 2023, a companhia foi responsável pelo processamento de 233 milhões de litros de OLUC, gerando 176 milhões de litros de óleo básico. Também em 2023, ela anunciou um investimento de R\$ 1 bilhão na expansão da sua estrutura industrial, o que deve aumentar em 50% sua capacidade de processamento de óleo usado. Estima-se que volume total chegará a 360 milhões de litros por ano, tornando-a segunda maior rerrefinaria do mundo (LWART, 2024).

Figura 2.17 – Planta de rerrefino de OLUC da Lwart Soluções Ambientais Ltda.

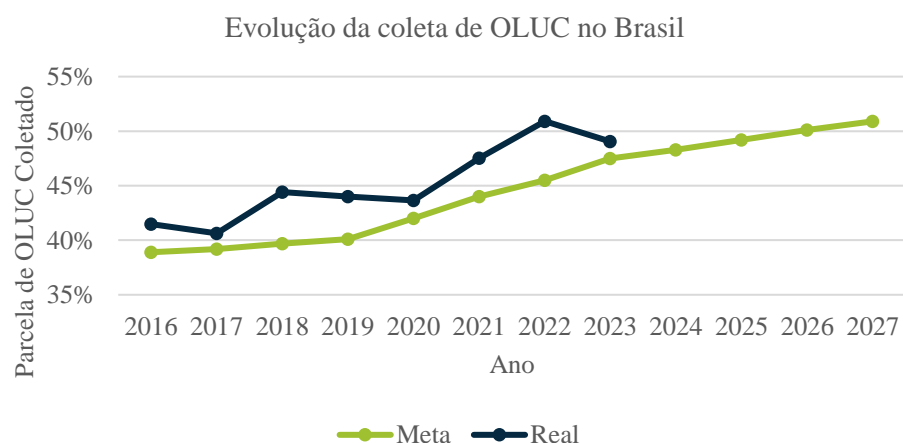


Fonte: Lwart Soluções Ambientais, 2024.

A meta brasileira de coleta de óleo lubrificante vigente em 2023 foi de 47,5% do total comercializado, salvo o volume dispensado de coleta, o que totalizaria aproximadamente 549.530 m³. O volume coletado, porém, foi superior ao esperado: 49,1% ou 567.431 m³ de OLUC. Cerca de 46% desse resultado se deu por coletas efetuadas pela Lwart e pela Petrolub Industrial de Lubrificantes Ltda (ANP, 2024).

Tanto a meta mencionada quanto as dos demais anos foram determinadas por portarias interministeriais do MME e do MMA. A determinação mais recente, publicada no segundo semestre de 2023, definiu os valores almejados para o período de 2024 a 2027 (MME/MMA nº 4/23). Como mostra a Figura 2.18, a meta continua a crescer gradativamente ao longo dos anos. O valor final até então, referente a 2027, projeta que 50,9% do óleo usado no Brasil seja coletado, marco que já chegou a ser alcançado anteriormente em 2022 (ANP, 2024).

Figura 2.18 – Evolução da coleta anual de OLUC no Brasil, visão meta vs. real.



Fonte: ANP, 2024 e MME/MMA, 2023.

2.8 DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA GESTÃO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES

Apesar da sua grande importância, a implementação de processos de logística reversa para OLUC no Brasil ainda enfrenta uma série de desafios. Isso pode ser constatado ao comparar a taxa de coleta deste tipo de resíduo no Brasil com a de países referência no assunto. De fato, dados publicados em um relatório encomendado pela Comissão Europeia atestam que, em 2018, quatro países da União Europeia (UE) direcionaram 100% do seu volume de OLUC para regeneração: Dinamarca, Grécia, Luxemburgo e Itália. Neste mesmo ano, outros treze países da UE regeneraram por meio de rerrefino pelo menos 50% do seu óleo usado, patamar alcançado pelo Brasil apenas em 2022 (STAHL, 2020). Tal cenário de atraso é causado principalmente por fatores geográficos, fiscais, regulatórios e culturais (DA CRUZ GONZAGA, 2023).

Primeiramente, tem-se que a geografia brasileira é vasta e com muitos pontos ainda considerados remotos, o que dificulta o transporte e a coleta de OLUC. Por mais que certas regiões sofram com uma menor cobertura de serviços de coleta, a dificuldade de acesso aos locais de geração do resíduo é algo ainda relevante em todo o país. Tal obstáculo está diretamente ligado ao fato de que o transporte de OLUC é majoritariamente feito por caminhões-tanque, tornando esta etapa vulnerável às condições da malha rodoviária brasileira. Uma pesquisa publicada pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) revela que cerca de 68% das nossas rodovias são consideradas regulares, ruins ou péssimas. Apenas 32% delas são classificadas como ótimas ou boas (CNT, 2024). Melhorias na pavimentação, sinalização e geometria das vias podem contribuir significativamente para conter esse problema, facilitando o acesso às áreas remotas e garantindo um transporte mais seguro e eficiente. Além disso, o investimento em outros modelos de deslocamento, como ferroviário e hidroviário, poderia ampliar ainda mais a disseminação da logística reversa de OLUC.

Embora existam legislações vigentes que definem os agentes e os procedimentos envolvidos na logística reversa de OLUC no Brasil, garantir que essas diretrizes sejam efetivamente cumpridas também tem se mostrado um grande desafio. A fiscalização, em grande parte, está sob responsabilidade do IBAMA, uma instituição que vem enfrentando severas restrições orçamentárias nos últimos anos. Em 2021, os gastos discricionários do órgão atingiram apenas 57% do que lhe foi alocado em 2008, um dado que evidencia a redução significativa da capacidade do IBAMA de investir em ações de fiscalização e outras atividades essenciais para a gestão ambiental (FREITAS, 2022). De fato, os cortes sistemáticos de orçamento prejudicam a implementação de programas de capacitação, a contratação de fiscais

e a aquisição de tecnologias necessárias para monitoramento. Para ajustar tal cenário, seria fundamental promover a recomposição do seu orçamento, além de promover parcerias com governos locais e entidades privadas. A implementação desta melhoria também impactaria outro tópico já destacado no trabalho, sobre a qualidade dos dados disponíveis sobre acidentes ambientais. Afinal de contas, com um orçamento mais robusto, o IBAMA teria melhores condições para aprimorar a coleta, organização e transparência das informações registradas no SIEMA.

Adicionalmente, o cenário regulatório da logística reversa no Brasil, embora completo, apresenta um alto nível de complexidade e sobreposição entre diferentes esferas governamentais. Empresas que atuam na cadeia de consumo de lubrificantes precisam atender a regulamentações federais, estaduais e municipais, além das orientações técnicas emitidas por órgãos como a ANP e o CONAMA. Isso pode gerar uma sobrecarga burocrática, já que diferentes etapas do processo exigem uma série de documentos, certificados e treinamentos, além de inspeções técnicas de veículos e equipamentos. Sabe-se que a rigidez das regulamentações é essencial, considerando o potencial de destruição que o OLUC representa quando descartado de forma inadequada. Assim, o foco deve ser na simplificação dos procedimentos (quando possível), na concentração de informações em plataformas de fácil acesso e na redução de redundâncias, sem que haja o comprometimento das diretrizes essenciais para a segurança ambiental. Com uma abordagem voltada para a desburocratização e uma maior integração das normas, seria possível garantir mais eficiência sem perder o rigor necessário para lidar com um resíduo tão perigoso.

Outro aspecto relevante é o fato de que pequenos geradores de OLUC, como oficinas mecânicas e empresas de manutenção de equipamentos, representam um desafio regulatório particular (ABREU, 2016). Muitas dessas entidades possuem infraestrutura limitada para garantir o descarte adequado do óleo lubrificante usado, seja por falta de conhecimento sobre as exigências legais ou por falta de recursos financeiros para implementar os procedimentos corretos. Por mais que a PNRS exija a responsabilidade compartilhada entre todos os agentes da cadeia, a fiscalização de pequenos geradores é particularmente difícil. Por esta razão, incentivar programas de educação ambiental e criar mecanismos mais acessíveis de coleta seriam soluções viáveis para aproximar esse público do conceito de logística reversa.

Por fim, é importante destacar que a falta de conscientização sobre a importância da logística reversa de OLUC não se restringe apenas a pequenos geradores comerciais, mas também se estende ao consumidor doméstico. Existe uma camada cultural no desafio da expansão da coleta e rerrefino no Brasil, associado ao conhecimento limitado da população

sobre o assunto. Muitos consumidores não sabem onde ou como devolver o óleo usado, o que torna o descarte inadequado uma prática comum. A exigência de pontos de coleta em locais onde óleos lubrificantes são geralmente vendidos (como em supermercados), pode ser uma estratégia eficaz para mitigar esse problema (DA CRUZ GONZAGA, 2016). Essa solução tornaria o descarte adequado mais prático e conveniente, incentivando maior adesão da sociedade ao processo de logística reversa. Sendo assim, direcionaríamos o Brasil para um cenário mais parecido com o de países que alcançaram o marco de 100% de regeneração do OLUC.

2.9 GESTÃO DE RISCOS

A gestão de riscos é um processo que envolve a identificação, avaliação e mitigação de riscos que podem impactar uma organização. O conceito se baseia na premissa de que, ao compreender os riscos potenciais, uma empresa pode implementar estratégias para minimizar suas consequências adversas. Seus principais elementos incluem a identificação de riscos, que abrange a detecção de ameaças e oportunidades; a avaliação de riscos, que analisa a probabilidade e o impacto dos riscos identificados; o tratamento de riscos, que envolve a implementação de medidas para gerenciar as ameaças; e o monitoramento e revisão, que garantem a atualização constante das estratégias de gestão (PRITCHARD, 2014).

A gestão eficaz de riscos é crucial para a proteção de ativos, uma vez que permite que as empresas identifiquem vulnerabilidades e implementem controles para evitar perdas financeiras. Além disso, proporciona uma base sólida para a tomada de decisões, permitindo que os gestores façam escolhas embasadas sobre investimentos e alocação de recursos. A sua ausência pode levar a consequências severas, como perdas financeiras substanciais, danos à reputação e até a falência da empresa. Eventos como desastres naturais, crises financeiras ou falhas operacionais, que poderiam ter sido mitigados com uma abordagem proativa, exemplificam as repercussões negativas da falta de gestão de riscos (PRITCHARD, 2014).

Adicionalmente, uma gestão de riscos bem-implementada não apenas protege os ativos, mas também contribui para a eficiência operacional. Quando os riscos são identificados e gerenciados de forma eficaz, as operações tendem a ser mais ágeis e menos propensas a interrupções. Isso se traduz em maior produtividade e em um ambiente de trabalho mais seguro, onde os colaboradores podem operar sem constantemente se preocupar com riscos desconhecidos. A relação entre uma gestão de riscos eficiente e a qualidade das decisões empresariais é igualmente significativa. As empresas que adotam uma abordagem estruturada

podem avaliar cenários com maior clareza, permitindo decisões mais assertivas e alinhadas com os objetivos estratégicos da organização (PRITCHARD, 2014).

A Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA, do inglês *Failure Mode and Effects Analysis*) é uma metodologia utilizada para identificar e avaliar potenciais modos de falha em um sistema, produto ou processo. O principal objetivo da FMEA é prevenir falhas antes que ocorram, permitindo que as organizações implementem ações corretivas e mitigadoras (SAKURADA, 2001).

O processo de aplicação da FMEA envolve várias etapas que devem ser seguidas de forma estruturada. Primeiramente, é necessário definir o escopo da análise, identificando o sistema ou processo a ser avaliado. Em seguida, a equipe responsável coleta informações sobre os critérios a serem analisados, que incluem: 1) Etapa, que se refere ao passo específico do processo que está sendo avaliado; 2) Função, que descreve o propósito da etapa em questão; 3) Modelo de falha, que são as maneiras pelas quais um componente ou sistema pode falhar; 4) Efeitos potenciais, que indicam como essas falhas impactariam o desempenho do sistema e seus usuários; 5) Classificação, que avalia a gravidade dos efeitos em uma escala de I a IV, onde I representa falhas de menor impacto e IV falhas críticas; 6) Causas potenciais, que identificam as razões subjacentes para cada modo de falha; e, finalmente, 7) Ações recomendadas, que sugerem medidas a serem implementadas para mitigar os riscos identificados (SAKURADA, 2001).

Assim, a FMEA se apresenta como uma ferramenta útil para a identificação e mitigação de riscos em diversos contextos, proporcionando uma abordagem proativa que visa melhorar a segurança e a eficiência operacional nas organizações. Ao adotar essa metodologia, as empresas não apenas aumentam a confiabilidade de seus processos, mas também promovem uma cultura de qualidade e prevenção que pode ter um impacto duradouro em sua performance e reputação (SAKURADA, 2001).

2.10 GESTÃO AMBIENTAL EMPRESARIAL

A gestão ambiental empresarial consiste em conjunto de práticas e políticas adotadas pelas organizações com o objetivo de minimizar seus impactos no meio ambiente. Essa abordagem visa administrar processos, produtos e serviços de modo a reduzir o consumo de recursos naturais, diminuir a geração de resíduos e poluentes e promover a preservação ambiental. Nos últimos anos, essa gestão tem ganhado crescente relevância, não só pela conscientização global sobre as questões ambientais, mas também pela necessidade de cumprir normas e regulamentações cada vez mais rigorosas. Além disso, empresas que adotam uma

postura proativa em relação ao meio ambiente tendem a se destacar no mercado, conquistando a confiança de consumidores e investidores (WELFORD, 2016).

Entre as práticas de gestão ambiental, destaca-se a adoção de políticas alinhadas ao conceito de *Environmental, Social, and Governance* (ESG). O ESG avalia o desempenho das empresas nos âmbitos ambiental, social e de governança, sendo um indicador de responsabilidade e sustentabilidade. A integração desses critérios à estratégia empresarial não apenas reforça o compromisso com a sustentabilidade, como também melhora a reputação da empresa perante investidores e consumidores, que cada vez mais valorizam organizações comprometidas com o futuro do planeta (SHEN, 2023).

Os benefícios da gestão ambiental empresarial são amplos e vão além da preservação ambiental. Um dos principais benefícios diretos é a redução de custos operacionais, especialmente no consumo de recursos naturais e na gestão de resíduos. Práticas sustentáveis também podem aumentar a eficiência operacional, reduzindo desperdícios e agilizando a produção. Outro aspecto relevante é a conformidade legal, já que empresas com uma gestão ambiental eficiente estão menos suscetíveis a sanções ou multas por descumprimento de normas. Indiretamente, a gestão ambiental contribui para a melhoria da reputação corporativa, uma vez que consumidores e investidores estão cada vez mais atentos à sustentabilidade. Empresas que adotam essas práticas são vistas como responsáveis e éticas, o que pode gerar maior fidelidade de clientes e atrair novos negócios (WELFORD, 2016).

2.11 O ESTUDO DE CASO COMO ABORDAGEM METODOLÓGICA

O estudo de caso é uma abordagem de pesquisa caracterizada por uma investigação empírica que segue uma lógica clara de planejamento, coleta e análise de dados. Ele pode abranger o estudo de um único ou de múltiplos casos, utilizando tanto métodos quantitativos quanto qualitativos. Comumente, essa metodologia é estruturada em torno de um número limitado de questões que buscam responder ao “como” ou “porquê” de um determinado fenômeno, proporcionando uma compreensão profunda e contextualizada (VENTURA, 2007).

Quando bem aplicado, este tipo de pesquisa segue uma estrutura organizada que facilita a compreensão detalhada do fenômeno em análise. O processo é geralmente dividido em quatro etapas principais: 1) a delimitação da unidade-caso, onde se define o objeto ou fenômeno a ser estudado; 2) a coleta de dados, que envolve a seleção das fontes de informação mais relevantes, seja por meio de entrevistas, observações ou documentos; 3) a análise e interpretação dos dados coletados, que visa identificar padrões, relações e insights significativos; e 4) a elaboração do relatório onde os resultados são consolidados e discutidos à luz dos objetivos iniciais

(VENTURA, 2007). Embora estudos de caso sejam flexíveis e adaptáveis, seguir essas etapas fornece um alicerce que ajuda a garantir a coerência e a profundidade da investigação.

Estudos de casos oferecem uma ampla gama de aplicações, sendo especialmente úteis para pesquisadores que precisam explorar em profundidade um aspecto específico de um problema dentro de um prazo limitado. Essa metodologia é particularmente eficaz quando o fenômeno investigado envolve múltiplos fatores interrelacionados que podem ser observados diretamente, mas para os quais não existem regras claras para determinar sua relevância. Entre seus principais benefícios estão a capacidade de estimular novas descobertas – graças à flexibilidade do seu planejamento –, e a abordagem holística que permite explorar diversas dimensões de um problema de forma integrada. Além disso, o estudo de caso simplifica os procedimentos de investigação, facilitando a execução de análises detalhadas e contribuindo para uma compreensão mais profunda do objeto estudado (VENTURA, 2007).

Apesar de suas vantagens, o método de estudo de caso apresenta algumas limitações relevantes. Uma das principais é a dificuldade de generalizar os resultados obtidos, uma vez que o estudo é profundamente contextualizado em um cenário específico, o que pode limitar a aplicabilidade de suas conclusões. Além disso, há o risco de o pesquisador desenvolver uma falsa certeza sobre suas conclusões, especialmente quando se apoia excessivamente em evidências que podem ser superficiais ou não representativas (VENTURA, 2007). De fato, o envolvimento direto com o caso pode levar a interpretações enviesadas, ou seja, influenciadas por percepções subjetivas. Por isso, é essencial que o investigador adote uma postura crítica e rigorosa na coleta e investigação dos dados, evitando confiar em evidências isoladas ou insuficientemente corroboradas.

2.12 FERRAMENTAS E METODOLOGIAS DE ANÁLISE

2.12.1 Criação de fluxogramas de processos

O *Bizagi Modeler* é uma ferramenta amplamente utilizada para modelagem de processos, oferecendo às organizações uma forma eficiente de criar, visualizar e documentar fluxos de trabalho. Gratuito e acessível, ele é uma opção adequada para o mapeamento de processos, identificando pontos de melhoria em atividades internas e otimizando a alocação de responsabilidade. A ferramenta proporciona uma visão clara e objetiva dos processos, facilitando a identificação de gargalos e a proposição de ajustes para melhorar a eficiência operacional (BIZAGI, 2024).

O *software* apresente uma integração com a notação *Business Process Model and Notation* (BPMN), que é o padrão internacional mais utilizado para a modelagem de processos de negócios. Através de uma representação gráfica padronizada, o BPMN permite a comunicação clara de processos complexos, tornando-os acessíveis tanto para equipes técnicas quanto para gestores. Essa abordagem facilita a análise de ineficiências e apoia decisões estratégicas com maior precisão (MICROSOFT, 2024).

2.12.2 Mapeamento de processos

A matriz *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers* (SIPOC) é uma ferramenta amplamente utilizada para mapear processos de negócios nos seus principais marcos. Seu objetivo é fornecer uma visão abrangente do fluxo de trabalho, desde os fornecedores de insumos até a entrega final ao cliente, facilitando o entendimento e a análise dos processos. Trata-se de uma boa escolha para descrever o funcionamento de um processo de maneira simples e estruturada, garantindo que todos os elementos essenciais sejam considerados e devidamente conectados.

A matriz SIPOC é dividida em cinco componentes. Os *suppliers* (fornecedores) são as partes responsáveis pelo fornecimento de insumos, materiais ou informações que entram no processo. Os *inputs* (entradas) referem-se aos insumos, materiais, ou dados que alimentam o processo e são necessários para a execução de suas atividades. O *process* (processo) é a descrição das atividades ou passos realizados para transformar as entradas em saídas. Os *outputs* (saídas) são os produtos, serviços ou informações que resultam da execução do processo. Por fim, os *customers* (clientes) são as partes que recebem os outputs, podendo ser clientes internos ou externos à organização (MIRO, 2024).

Essa abordagem permite não apenas entender as interdependências entre cada etapa do processo, mas também identificar pontos críticos e oportunidades de melhoria. A matriz SIPOC é, portanto, uma ferramenta fundamental para garantir que todos os elementos envolvidos em um processo sejam considerados de forma integrada, auxiliando na otimização e padronização de atividades.

2.12.3 Definição de papéis e responsabilidades

A matriz *Responsible, Accountable, Consulted, Informed* (RACI) é uma ferramenta eficaz para definir os papéis e responsabilidade dentro de um processo ou projeto. Seu principal objetivo é garantir que todos os envolvidos saibam exatamente o que é esperado de cada parte,

promovendo clareza na execução das tarefas e evitando sobreposição de atividades ou lacunas de responsabilidade. É algo útil em processos complexos, onde várias equipes e funções estão envolvidas.

A matriz RACI é estruturada em quatro categorias. O *responsible* (responsável) é a pessoa ou equipe encarregada de executar a tarefa ou atividade. Basicamente é quem garante que o trabalho seja realizado. Por outro lado, o *accountable* (aprovador) é a pessoa que tem a responsabilidade final pela atividade. Ela garante que o trabalho seja feito de acordo com os padrões e aprova os resultados antes de seguir para a próxima etapa. O *consulted* (consultado) se trata da parte que fornece informações ou orientações durante a execução da atividade. Por mais que sua contribuição seja ativa, ele não é responsável pela execução. O último agente envolvido é o *informed* (informado), que são as partes que devem ser mantidas atualizadas sobre o andamento ou os resultados da atividade, mas que não participam diretamente do processo (ATLASSIAN, 2024).

A matriz RACI é uma excelente escolha para organizações que buscam maior clareza na distribuição de responsabilidades. Ela ajuda a evitar mal-entendidos, promove uma comunicação eficiente e garante que cada tarefa tenha um dono claro e definido. Ao implementar a matriz RACI, as empresas conseguem melhorar a colaboração interna, reduzir conflitos e aumentar a eficiência no cumprimento dos objetivos do processo (ATLASSIAN, 2024).

3 METODOLOGIA

3.1 DELIMITAÇÃO DO CASO ESTUDADO

Como primeira etapa do trabalho, realizou-se a delimitação do caso estudado: o processo de gestão de OLUC da Empresa A, uma locadora de máquinas pesadas. Tal delimitação envolveu a caracterização da companhia em si e do seu modelo de negócios, além de uma análise dos insumos consumidos e dos resíduos gerados no processo. Esse entendimento inicial permitiu que se avaliassem as condições e o ambiente em que o foco da pesquisa se encontrava inserido.

3.2 COLETA DE DADOS

Na etapa de coleta de dados, o objetivo principal foi entender em profundidade as atividades nas quais os óleos lubrificantes são utilizados ao longo da operação da Empresa A. Para isso, realizou-se uma identificação detalhada de todos os pontos de aplicação desse

insumo, assim como dos procedimentos adotados para a gestão do resíduo gerado, garantindo uma visão completa do ciclo de uso e descarte.

O levantamento de dados foi realizado no segundo semestre de 2023, por meio de entrevistas exploratórias com colaboradores da Empresa A. Foram selecionados dois pontos focais em cada um dos três níveis organizacionais (estratégico, tático e operacional). No nível estratégico, participaram o CEO (*Chief Executive Officer*) e o Diretor de Planejamento; no nível tático, o Gerente de Pós-vendas e o Especialista de Peças; e, no nível operacional, um Técnico em Segurança do Trabalho e um Mecânico. A partir dessas entrevistas, foi possível obter informações detalhadas sobre todo o processo de gestão de OLUC.

Como etapa de preparação para as entrevistas, foram definidos critérios como a duração ideal, o meio de comunicação e o foco de cada conversa, conforme o nível organizacional dos entrevistados. Elaborou-se um roteiro específico para cada nível, apresentado no Apêndice A, contendo perguntas distintas para captar diferentes aspectos do processo em análise. O tempo estimado para cada entrevista foi de aproximadamente uma hora, e todos os encontros ocorreram de forma online.

No diálogo com os representantes do nível estratégico, o foco foi mapear o posicionamento da Empresa A em relação ao tema de estudo. Perguntou-se sobre os fatores que impulsionaram o recente interesse na implementação de iniciativas voltadas à sustentabilidade e explorou-se como seu planejamento estratégico está alinhado à gestão responsável de OLUC. Por fim, os entrevistados foram convidados a descrever o processo de gestão de óleo usado sob suas perspectivas, destacando possíveis melhorias que consideraram necessárias.

A entrevista com os representantes do nível tático abordou em maior profundidade as etapas do processo em estudo, bem como dificuldades técnicas enfrentadas pela empresa na sua execução adequada. Foram esses colaboradores que compartilharam as informações sobre os tipos de óleos lubrificantes utilizados nas máquinas da Empresa A e a projeção de uso de cada um, dados que auxiliaram a delimitação do caso. Buscou-se também compreender com eles as diretrizes definidas pela companhia para o processo de gestão de OLUC e como é feito o monitoramento da aplicação dos padrões estabelecidos.

Na entrevista com os colaboradores do nível operacional, participaram um técnico de segurança do trabalho e um mecânico. Solicitou-se que descrevessem em detalhes as etapas do processo de gestão do OLUC, com o objetivo de comparar os padrões estabelecidos pela empresa com a prática real no campo. Foram investigados casos específicos em que o mecânico enfrentou dificuldades para cumprir corretamente alguma etapa e como essas situações foram

contornadas. Também foram feitas perguntas sobre os treinamentos oferecidos ao time de mecânicos e sobre os procedimentos aplicados em situações de emergência.

Após a coleta de dados, foi possível elaborar o fluxo do processo atual de gestão de OLUC da Empresa A. Utilizando a ferramenta *Bizagi Modeler* e aplicando a notação BPMN, o processo foi desenhado com base nas informações obtidas. O documento foi, então, validado junto aos pontos focais do nível tático, a fim de assegurar que o modelo refletisse fielmente a realidade operacional.

3.3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Com base nos dados coletados, foram aplicadas diversas ferramentas de análise para interpretar o cenário atual de gestão de OLUC na Empresa A. O objetivo desta etapa foi identificar lacunas e oportunidades de melhoria no processo, assegurando que as mudanças propostas sejam fundamentadas por uma análise sólida e evitando impactos indesejados na operação quando elas forem implementadas.

Inicialmente, a matriz SIPOC foi utilizada para delinear uma visão macro do processo de gestão de OLUC. Com essa visão clara, pôde-se então proceder com uma análise de riscos operacionais, empregando a metodologia FMEA, que permitiu identificar possíveis falhas, suas causas e efeitos. A partir dessa análise, foram sugeridas medidas preventivas para mitigar os riscos identificados.

A definição de responsabilidades e atribuições também foi contemplada, por meio da construção de uma Matriz RACI, a fim de garantir que cada etapa do processo tenha clara a função de cada envolvido.

Por fim, consolidou-se o fluxo do novo processo proposto, novamente modelado com a notação BPMN no *Bizagi Modeler*, possibilitando uma comparação entre o fluxo atual e o proposto. A análise e interpretação dos dados forneceu os elementos necessários para o desenvolvimento de uma solução robusta e adaptada à realidade operacional da Empresa A.

4 RESULTADOS

4.1 DELIMITAÇÃO DO CASO ESTUDADO

4.1.1 Caracterização da Empresa A

Neste trabalho, estudou-se uma locadora de máquinas, equipamentos e caminhões que, por questões de confidencialidade, será referida como “Empresa A”. Fundada em 2021, a

empresa iniciou suas operações com foco em máquinas da linha amarela, empregadas principalmente nos setores de construção e pavimentação. Com o tempo, diversificou seu portfólio, incluindo também equipamentos da linha verde, utilizados no setor agrícola, além de veículos de transporte de carga. Apesar de ser uma companhia relativamente jovem, seu crescimento tem sido acelerado, e, em menos de dois anos, a Empresa A alcançou o marco de 1.000 ativos alugáveis em sua frota.

O principal propósito da Empresa A é “democratizar o acesso a máquinas e equipamentos de tecnologia avançada, contribuindo para o aumento da produtividade no país”. Nos materiais de divulgação, destaca-se o desejo de oferecer uma experiência de “locação sob medida”, personalizada de acordo com os desafios específicos de cada cliente. Entre seus diferenciais competitivos, são ressaltados as condições vantajosas de aquisição, o amplo alcance geográfico e a excelência no atendimento. A Empresa A atende a clientes de diversos setores econômicos, como energia, saneamento, agronegócio e mineração.

Sua sede está localizada no interior de São Paulo, mas a empresa dispõe de uma estrutura capaz de atender a todos os estados do Brasil. No período de execução deste estudo, no segundo semestre de 2023, a empresa não possuía pátios próprios para armazenamento de máquinas. Sua estrutura organizacional é dividida em cinco macro áreas: Planejamento, Gente & Gestão, Financeiro, Comercial e Pós-Vendas. Esta última é especialmente relevante para este trabalho, pois é responsável por acompanhar a entrega, o uso, a manutenção e a devolução das máquinas locadas. Além disso, a gestão de OLUC é feita por essa equipe.

4.1.2 Modelo de negócios da Empresa A

Compreender o modelo de negócio da Empresa A é fundamental para entender sua relação com o uso de óleos lubrificantes e a consequente geração de resíduos. Esse modelo é estruturado em cinco etapas (Figura 4.1): Aquisição, Desenho e Aplicação, Ciclo MAAS, Operação e Venda do Ativo.

A primeira etapa, Aquisição, refere-se à compra de ativos. Como parte de sua estratégia, a empresa prioriza a aquisição de equipamentos novos, equipados com tecnologia avançada.

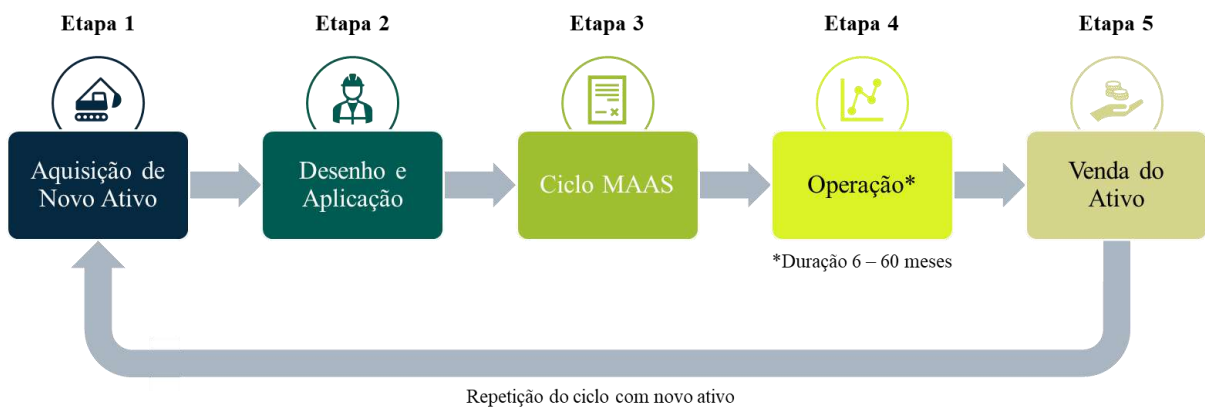
A segunda etapa, Desenho e Aplicação, envolve a análise das necessidades dos clientes, com o objetivo de oferecer soluções personalizadas. Nessa fase, são realizadas visitas de campo ao local de operação, e a partir dessas observações, é elaborada uma proposta comercial, listando as máquinas ideais para atender à demanda. A fase de Desenho e Aplicação se conclui com a entrega das máquinas ao cliente, após sua implantação técnica.

A terceira etapa, o Ciclo MAAS (acrônimo em inglês para "*Machine as a Service*" – máquina como serviço), corresponde à formalização do contrato de serviço, que costuma variar entre seis e sessenta meses. Durante esse período, a empresa oferece o serviço de otimização operacional, que consiste em recomendar boas práticas de uso das máquinas, maximizando o tempo de operação e garantindo sua utilização eficiente.

A quarta etapa, Operação, tende a ser a mais longa, uma vez que abrange o acompanhamento contínuo das máquinas locadas. Embora operadas por funcionários do cliente, os ativos são monitorados remotamente por analistas da Empresa A por meio de telemetria. A manutenção, seja preventiva ou corretiva, é de responsabilidade da locadora. A equipe técnica é acionada para realizar serviços como drenagem de filtros de combustível, troca de água do radiador e substituição de óleos lubrificantes. Diversos indicadores de saúde e desempenho são monitorados, e esses dados são utilizados para aprimorar o serviço de otimização operacional.

A última etapa, Venda do Ativo, ocorre quando a máquina atinge aproximadamente 5.000 horas de uso. Geralmente, a venda é realizada para o cliente que fez a última locação do equipamento.

Figura 4.1 – Modelo de negócio da Empresa A.



Fonte: Adaptado de Empresa A, 2023.

A Empresa A busca apresentar a locação de máquinas e caminhões como uma alternativa vantajosa à aquisição de equipamentos próprios. Um estudo realizado pela empresa aponta que, ao longo de cinco anos, o custo de aluguel de uma máquina pode ser até 22% menor do que o da compra. Essa economia está relacionada à eliminação de despesas com manutenção, ociosidade dos equipamentos, financiamentos e seguros. Além disso, ao contratar os serviços da Empresa A, os clientes têm acesso a equipamentos de alta qualidade, monitorados por uma equipe especializada, sem a necessidade de gerenciar as atividades de manutenção. Isso

simplifica as operações dos clientes, permitindo que eles concentrem seus esforços nas demandas principais de seus negócios. Os pilares desse modelo de negócios são a economia financeira e a facilidade de gestão, que agregam valor significativo ao mercado.

Em 2023, a liderança da Empresa A avaliou o cenário em que a organização está inserida e concluiu que a sustentabilidade deveria ganhar mais destaque nas suas operações. Durante essa análise, ficou claro que o mercado valoriza empresas que possuem certificações que comprovam seu compromisso com práticas transparentes e responsáveis. De fato, alguns clientes potenciais têm políticas internas que limitam a contratação de fornecedores a empresas que possuam selos como o Ecovadis ou a certificação de Empresa B. Por essa razão, a Empresa A passou a priorizar e implementar novas iniciativas focadas em ESG.

4.1.3 Insumos do processo

Os principais insumos utilizados no processo estudado são os óleos lubrificantes novos. Para simplificar a análise, foram considerados aqui apenas os produtos aplicados em ativos da linha amarela, que representam a maior parte da frota da Empresa A. A tabela 4.1 apresenta a relação desses produtos, detalhando o tipo de manutenção e o sistema em que cada um é utilizado. Vale destacar que apenas as manutenções realizadas até o limite de 5.000 horas de uso estão listadas, uma vez que, de acordo com o modelo de negócios da empresa, as máquinas são vendidas após atingir esse marco.

Tabela 4.1 – Óleos lubrificantes empregados nos ativos da Empresa A.

Óleo Lubrificante	Tipo de Revisão (horas de uso)	Sistema de Aplicação
Plus-50™ II	500	Motor diesel
Hy-Gard™	1.000	Trem de força: transmissão
Hy-Gard™	2.000	Trem de força: transmissão
Hy-Gard™	4.000	Trem de força: comandos de tração
GL-5	1.000	Caixa de giro
GL-5	2.000	Comandos finais
TORQ-GARD™ II	2.000	Motor diesel e sistemas hidráulicos
TORQ-GARD™ II	4.000	Sistemas hidráulicos
Hydraulic Oil 46	5.000	Sistemas hidráulicos

Fonte: Empresa A, 2023.

Para os cinco óleos lubrificantes listados, a Empresa A traçou uma projeção de volume de consumo (Tabelas 4.2 a 4.6), levando em consideração a máquina em que são utilizados e o tipo de manutenção em execução. Essas são informações úteis não apenas para dimensionar a quantidade de produto que deve ser adquirida em cada pedido ao fornecedor, mas também para

identificar possíveis desvios de material. Além disso, como o volume de óleo novo inserido nas máquinas tende a ser equivalente ao de OLUK retirado a cada troca, este estudo também permite estimar a quantidade de resíduo gerado pela empresa ao longo do tempo.

Tabela 4.2 – Consumo de Plus-50™ II por ativos da Empresa A.

Tipo de máquina	Modelo de máquina	Consumo de óleo (L)	
		Revisão 500 h	
Retroescavadeira	310L	13,0	
Escavadeira	130G	14,0	
Escavadeira	200G	20,0	
Escavadeira	210G	23,0	
Escavadeira	350G	28,0	
Escavadeira	470G	41,0	
Pá-Carregadeira	444G	17,5	
Pá-Carregadeira	524K	19,0	
Pá-Carregadeira	624K	19,0	
Pá-Carregadeira	644K	26,0	
Pá-Carregadeira	724K	28,0	
Motoniveladora	620G	26,0	
Motoniveladora	670G	28,0	
Motoniveladora	770G	28,0	
Trator de Esteira	700J	26,0	
Trator de Esteira	750J	26,0	
Trator de Esteira	850J	26,0	

Fonte: Empresa A, 2023.

Tabela 4.3 – Consumo de Hy-Gard™ por ativos da Empresa A.

Tipo de máquina	Modelo de máquina	Consumo de óleo (L)		
		Revisão 1000 h	Revisão 2000 h	Revisão 4000 h
Retroescavadeira	310L	24,0	18,0	-
Pá-Carregadeira	444G	-	63,0	-
Pá-Carregadeira	524K	-	56,0	-
Pá-Carregadeira	624K	-	64,0	-
Pá-Carregadeira	644K	-	70,0	-
Pá-Carregadeira	724K	-	70,0	-
Motoniveladora	620G	-	73,0	74,0
Motoniveladora	670G	-	73,0	74,0
Motoniveladora	770G	-	73,0	74,0
Trator de Esteira	700J	26,0	-	-
Trator de Esteira	750J	52,0	-	-
Trator de Esteira	850J	66,0	-	-

Fonte: Empresa A, 2023.

Tabela 4.4 – Consumo de GL-5 por ativos da Empresa A.

Tipo de máquina	Modelo de máquina	Consumo de óleo (L)	
		Revisão 1000 h	Revisão 2000 h
Escavadeira	130G	4,0	8,0
Escavadeira	200G	6,2	16,0
Escavadeira	210G	6,2	16,0
Escavadeira	350G	16,0	18,0
Escavadeira	470G	6,5	22,0

Fonte: Empresa A, 2023.

Tabela 4.5 – Consumo de TORQ-GARD™ II por ativos da Empresa A.

Tipo de máquina	Modelo de máquina	Consumo de óleo (L)	
		Revisão 2000 h	Revisão 4000 h
Retroescavadeira	310L	37,0	-
Pá-Carregadeira	444G	-	91,0
Pá-Carregadeira	524K	-	92,0
Pá-Carregadeira	624K	-	110,0
Pá-Carregadeira	644K	-	110,0
Pá-Carregadeira	724K	-	110,0
Motoniveladora	620G	-	53,0
Motoniveladora	670G	-	53,0
Motoniveladora	770G	-	53,0
Trator de Esteira	700J	116,0	-
Trator de Esteira	750J	212,0	-
Trator de Esteira	850J	212,0	-

Fonte: Empresa A, 2023.

Tabela 4.6 – Consumo de Hydraulic Oil 46 por ativos da Empresa A.

Tipo de máquina	Modelo de máquina	Consumo de óleo (L)
		Revisão 5000 h
Escavadeira	130G	69,0
Escavadeira	210G	135,0
Escavadeira	350G	180,0
Escavadeira	470G	310,0

Fonte: Empresa A, 2023.

De acordo com a classificação do GHS (Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos), dois dos óleos lubrificantes utilizados pela Empresa A na manutenção de suas máquinas da linha amarela são considerados perigosos: o Hy-Gard™ e o Hydraulic Oil 46.

O Hy-Gard™ é classificado como perigoso para o ambiente aquático em caráter crônico (categoria 3), o que indica que sua liberação no meio ambiente pode causar danos a longo prazo. Como medida de precaução, tanto o produto quanto sua embalagem original devem ser descartados em uma instalação aprovada para o tratamento de resíduos (JOHN DEERE, 2021).

Por sua vez, o Hydraulic Oil 46 representa um risco para quem o manuseia, sendo classificado como tóxico à reprodução (categoria 2). Ele é suspeito de prejudicar a fertilidade ou causar danos ao feto em caso de ingestão. Para manuseio seguro desse óleo, recomenda-se o uso de equipamentos de proteção individual (EPI), como óculos, luvas e vestimentas adequadas. Assim como o Hy-Gard™, o descarte do Hydraulic Oil 46 deve ser realizado em um local apropriado (IDEMITSU, 2021).

Em relação à composição dos lubrificantes, verificou-se que todos são bastante similares, diferenciando-se principalmente pelos aditivos específicos de cada um. Esses produtos são classificados como "óleos minerais altamente refinados com aditivos" e foram testados pelo método IP 346, a fim de verificar seu potencial carcinogênico. Nos testes realizados, os cinco óleos utilizados pela Empresa A apresentaram porcentagens de extrato de DMSO (Dimetilsulfóxido) abaixo do limite estabelecido, o que indica que não são considerados cancerígenos (JOHN DEERE, 2021) (IDEMITSU, 2021) (JOHN DEERE, 2019) (JOHN DEERE, 2020) (ANP, 2016).

Apesar de a maioria dos lubrificantes não ser classificada como perigosa, todos contêm aditivos com propriedades nocivas em sua composição. Esses aditivos estão presentes em baixas concentrações (até 3% p/p), o que é suficiente para desempenhar suas funções sem que suas características prejudiciais se manifestem no óleo final. A Tabela 4.7 apresenta a relação dos aditivos perigosos encontrados nos lubrificantes utilizados pela Empresa A.

Tabela 4.7 – Aditivos perigosos dos óleos lubrificantes empregados pela Empresa A.

Óleo lubrificante	Aditivo	Nº CAS
Plus-50™ II	Alquilamina	36878-20-3
Plus-50™ II	Poliolefina amida alcenoamina **	Não atribuído
Plus-50™ II	Alcoóis, etoxilados	68551-12-2
Plus-50™ II	Alquilaril sulfonato de cálcio **	Não atribuído
Hy-Gard™	Alquilaril sulfonato de cálcio	90194-27-7
Hy-Gard™	Dialquilditiofosfatos de zinco	4259-15-8
Hy-Gard™	Dialquilditiofosfatos de zinco	68649-42-3
Hy-Gard™	Éster boratado	1471314-23-4
Hy-Gard™	Amina etoxilada	61791-44-4
Hy-Gard™	Alquilaril sulfonato de cálcio	90194-27-7
GL-5	Dialquil polissulfeto	68937-96-2
GL-5	Fosfato de amina	91745-46-9
GL-5	Alquenil imidazolina	27136-73-8
TORQ-GARD™ II	Fenato de cálcio sulfurizado **	Não atribuído
TORQ-GARD™ II	Dialquilditiofosfatos de zinco	68784-31-6
TORQ-GARD™ II	Dialquilditiofosfatos de zinco	84605-29-8
TORQ-GARD™ II	Sulfonato de cálcio	70024-69-0
TORQ-GARD™ II	Alquilaril sulfonato de cálcio **	Não atribuído
Hydraulic Oil 46	Fosfato de tricresil	1330-78-5

Fonte: John Deere e Idemitsu, 2019 a 2021.

** Composto isento de polímeros.

A decomposição dos óleos lubrificantes utilizados pela Empresa A pode ocorrer quando os produtos são expostos a temperaturas extremas ou à luz solar intensa. Nessas condições, os compostos dos óleos podem liberar gases e vapores irritantes. No entanto, quando armazenados e utilizados adequadamente, os óleos mantêm suas características originais e, por essa razão, são considerados estáveis. É importante evitar a proximidade dos lubrificantes com chamas e faíscas devido ao risco de incêndio. Além disso, os óleos podem reagir de forma exotérmica ao entrar em contato com oxidantes fortes, como peróxidos, cloratos e nitratos. O Hydraulic Oil 46, especificamente, é incompatível com ácidos e bases fortes (IDEMITSU, 2021).

Quanto às informações ecológicas dos cinco óleos lubrificantes, foi confirmado que nenhum deles é rapidamente biodegradável. Todos contêm componentes que podem causar bioacumulação, como indicado pelos altos coeficientes de partição octanol/água ($\log P_{o/w} > 6$). Isso significa que, ao serem liberados no solo, esses produtos tendem a adsorver nas suas partículas e se tornam menos móveis. Da mesma forma, ao entrar em contato com organismos aquáticos, os óleos podem causar incrustações físicas, levando a efeitos prejudiciais ou até fatais para a vida aquática (COSTA, 2023).

O contato frequente com os óleos utilizados pela Empresa A pode causar irritações na pele, incluindo a formação de pústulas e manchas escuras. Em caso de contato, é essencial

remover roupas contaminadas e lavar a área afetada com água e sabão. Se os olhos forem expostos, deve-se lavá-los imediatamente com abundante água e remover lentes de contato, se estiverem sendo usadas. Em situações de ingestão de grandes quantidades desses óleos, a vítima pode apresentar sintomas como náuseas, vômitos e diarreia. Nestes casos, é fundamental procurar atendimento médico (JOHN DEERE, 2021).

Todos os óleos lubrificantes são inflamáveis, e é importante saber como extinguir incêndios envolvendo esses produtos. O uso de espuma, água pulverizada ou nevoeiro é adequado para esses casos. Para pequenos incêndios, pode-se utilizar pó químico seco, dióxido de carbono, areia ou terra. O uso de jatos d'água não é recomendado, pois pode espalhar o material inflamável e agravar a situação (IDEMITSU, 2021).

Para prevenir derramamentos de lubrificante, é ideal realizar as trocas de óleo em locais equipados com sistemas de contenção, como drenos, valas ou barreiras de areia ou terra. Além disso, o manuseio dos óleos deve ocorrer em pisos impermeáveis sempre que possível. Se um derramamento ocorrer, o líquido deve ser contido imediatamente com materiais absorventes. Além de ser prejudicial ao meio ambiente, os óleos podem tornar as superfícies escorregadias, aumentando o risco de acidentes adicionais (JOHN DEERE, 2021).

Além dos óleos lubrificantes, a Empresa A também utiliza como insumos EPIs essenciais para a segurança de seus funcionários durante a gestão de OLUC (Tabela 4.8). Os equipamentos são projetados para minimizar o risco de exposição a substâncias nocivas e garantir a proteção adequada durante as atividades de manutenção e manejo dos óleos lubrificantes.

Tabela 4.8 – EPIs fornecidos pela Empresa A.

Item	Quantidade
Par de luvas impermeáveis	02
Par de calçados impermeáveis com solado de borracha	01
Avental de proteção	01
Óculos de proteção	01

Fonte: Elaboração própria, 2024.

4.1.4 Resíduos do processo

Nesta seção, a análise tem como foco o principal resíduo gerado em decorrência do uso de óleos lubrificantes: o OLUC. Escolheu-se por excluir da caracterização outros itens que aumentariam a complexidade do estudo, como embalagens usadas de lubrificantes ou materiais contaminados.

Os óleos lubrificantes, em sua forma usada ou contaminada, são classificados como substâncias perigosas com riscos para o meio aquático, enquadrando-se na classe de risco 9, que abrange substâncias e artigos perigosos diversos. Devido ao baixo risco geral associado a esse resíduo, as embalagens para seu armazenamento e transporte são do grupo III.

A periculosidade do OLUC está diretamente relacionada à sua composição. Embora seja composto principalmente por óleo básico, o OLUC também pode conter ácidos orgânicos, HAPs e dioxinas. Além disso, pode apresentar metais pesados como cádmio, níquel, chumbo, mercúrio, cromo e cobre, que têm potencial carcinogênico (SINDIRREFINO, 2015).

O contato com a pele e os olhos deve ser evitado através do uso de EPIs. Caso ocorra contato com a pele, a área afetada deve ser lavada com água e sabão. Se o OLUC entrar em contato com os olhos, eles devem ser lavados abundantemente com água. Embora o OLUC tenha baixa pressão de vapor e, portanto, ofereça um risco reduzido de inalação, a exposição aos vapores pode causar danos ao trato respiratório. Em tais casos, a vítima deve ser levada para um ambiente arejado (SINDIRREFINO, 2015).

Embora o OLUC seja combustível, o risco de incêndio é baixo sob temperaturas normais. O resíduo pode se incendiar apenas quando em contato direto com fontes de calor. Em caso de incêndio envolvendo OLUC, deve-se usar espuma para extinguir as chamas e água em forma de neblina para resfriar a área. Assim como para óleos lubrificantes novos, não se deve usar jatos d'água, pois podem espalhar o material incendiado (SINDIRREFINO, 2015).

Para pequenos vazamentos de OLUC, recomenda-se aplicar areia, terra ou outro material absorvente sobre o líquido derramado. É ideal estabelecer diques de contenção ao redor da área afetada para evitar a propagação do derramamento e o escoamento para corpos d'água. Como não existem agentes neutralizantes para óleo usado, a prevenção e o manejo cuidadoso dos derramamentos são essenciais (SINDIRREFINO, 2015).

4.2 COLETA DE DADOS

A partir da coleta de dados, ficou evidente que a única atividade da Empresa A que gera OLUC é a manutenção de suas máquinas. Este fato serve como base para a análise dos resultados apresentados a seguir. A fim de organizar as informações de forma clara e objetiva, esta seção foi dividida em três tópicos principais: os direcionamentos estratégicos da empresa em relação à gestão de OLUC, a descrição detalhada do processo de gestão deste resíduo e, por fim, os desafios identificados na execução dessas práticas.

4.2.1 Direcionadores estratégicos

Durante as entrevistas com os representantes do nível estratégico da Empresa A, ficou claro que o interesse em implementar novas iniciativas de sustentabilidade está fundamentado em três principais motivadores: ético, mercadológico e de redução de riscos.

O primeiro é de natureza ética, baseado na responsabilidade da empresa de assegurar que todas as suas operações sejam conduzidas em conformidade com os princípios morais estabelecidos desde sua fundação. A cultura organizacional da Empresa A valoriza o conceito de “fazer o certo, sem atalhos”, refletido na prioridade dada à segurança dos funcionários e à preservação ambiental. Para reforçar esses valores, têm sido realizadas diversas sessões de conscientização sobre segurança no trabalho e responsabilidade ambiental para todos os níveis hierárquicos. Os entrevistados destacaram que, se algum dia essas discussões deixarem de ser uma prioridade, a empresa terá perdido sua essência.

O segundo motivador está relacionado ao posicionamento mercadológico e ao crescimento sustentável do negócio. A Empresa A acredita que seu compromisso com os três pilares da sustentabilidade — ambiental, social e de governança — pode ser um diferencial competitivo. As empresas cada vez mais buscam fornecedores comprometidos com esses princípios, pois associam tais práticas a maior eficiência e responsabilidade corporativa. Além disso, ao adotar essa estratégia, a empresa espera atrair clientes com valores alinhados, o que pode favorecer a construção de relacionamentos duradouros, menos suscetíveis a rupturas por divergências culturais ou éticas.

Por fim, o terceiro ponto envolve a redução de riscos regulatórios e de reputação. A implementação de iniciativas sustentáveis diminui a probabilidade da Empresa A enfrentar problemas legais ou ser alvo de críticas públicas por práticas comerciais inadequadas ou impactos ambientais negativos. A longo prazo, espera-se que essa postura fortaleça a marca da empresa, melhorando sua imagem junto a clientes, investidores e parceiros de negócios.

Na época do estudo, o posicionamento da Empresa A em relação à sustentabilidade já contava com alguns direcionadores importantes. Um deles é a inclusão de indicadores de ESG nas metas corporativas a partir de 2024. A seleção desses indicadores será baseada nos requisitos necessários para a obtenção de duas certificações: o Selo Ecovadis e a certificação de Empresa B. Além disso, há um plano de melhorar os processos de gestão de todos os resíduos gerados pelas atividades da empresa.

4.2.2 Gestão de OLUC na Empresa A

Cada mecânico contratado pela Empresa A é designado a acompanhar uma quantidade específica de ativos, localizados em diferentes obras de clientes. Eles são responsáveis por realizar todas as atividades de manutenção das máquinas, incluindo a troca de óleo lubrificante. Após cada troca, o OLUC gerado é armazenado em áreas designadas pelo cliente que, no processo atual, é o responsável pelo seu descarte. Para viabilizar o deslocamento até locais de difícil acesso, os mecânicos possuem veículos de pequeno porte (geralmente furgões), onde transportam seus equipamentos de trabalho. Além disso, todos recebem um kit de EPIs (Tabela 4.8) logo após a contratação e participam de treinamentos de segurança do trabalho, onde aprendem a utilizar esses EPIs e a como agir em casos de emergência.

Quando convocado para uma manutenção, o mecânico deve, em primeiro lugar, avaliar se há necessidade de trocar o óleo lubrificante da máquina. Existem diferentes tipos de trocas realizadas em sistemas distintos conforme o tempo de uso da máquina e que requerem o uso de produtos específicos. A maioria dos ativos da empresa são fabricados pela John Deere e, por isso, a preferência é pelo uso de lubrificantes da mesma marca. Uma vez decidido que a troca de óleo será feita, o mecânico abre uma Ordem de Serviço (OS) no sistema da empresa através de um tablet fornecido a cada funcionário, o que permite a rastreabilidade dos dados das manutenções. A OS deve incluir detalhes como data, hora, local da manutenção, tipo e volume de óleo utilizado. Ao final da atividade, tanto o mecânico quanto um representante do cliente assinam eletronicamente o documento.

Antes de iniciar a troca de óleo, o mecânico precisa garantir que está em posse de todos os EPIs necessários. O kit padrão dos colaboradores é distribuído pela Empresa A via remessa expressa para os diferentes estados onde atuam. A entrega desses equipamentos é acompanhada por um certificado de recebimento, garantindo que os mecânicos estão equipados adequadamente. Caso o mecânico não possua algum EPI no momento da troca de óleo, recomenda-se solicitar o item a um funcionário do cliente ou, se isso não for possível, registrar o ocorrido na OS, encerrá-la e retornar ao local quando estiver devidamente equipado.

Após garantir a posse dos EPIs, o mecânico analisa as condições do ambiente para avaliar se a troca de óleo pode ser realizada de forma segura. Embora não exista uma lista formal de critérios, recomenda-se atenção a fatores críticos como pisos não impermeáveis, tonéis de OLUC mal armazenados ou riscos de incêndio. Para mitigar essas situações, os mecânicos podem solicitar materiais e apoio dos funcionários do cliente. Se as não-

conformidades não puderem ser resolvidas, o mecânico deve documentar o problema na OS, encerrá-la e voltar ao local posteriormente.

A troca de óleo é então realizada, e, se bem-sucedida, o OLUC é transferido para o local de armazenamento designado pelo cliente, que será responsável por endereçar o resíduo para o rerrefinamento. Em caso de problemas durante a troca, o mecânico deve tomar medidas de emergência e contatar os técnicos de segurança da Empresa A. Em ambas as situações, o encerramento da OS marca a conclusão do processo.

No que diz respeito a não-conformidades, a diretriz oficial da empresa estabelece que os mecânicos devem ser capazes de identificá-las rapidamente e de tomar medidas seguras e eficientes para mitigá-las. Caso isso não seja possível, recomenda-se o contato imediato com o time de Segurança do Trabalho para solicitar auxílio. Devido à infraestrutura variável dos locais de obras dos clientes, ajustes são frequentemente necessários tanto nas áreas de troca de óleo quanto no armazenamento do OLUC. No entanto, a ausência de registros detalhados sobre esses ajustes torna impossível garantir que a gestão do OLUC esteja sendo executado de forma consistente com as normas da Empresa A.

Para garantir o alinhamento dos mecânicos com essas diretrizes, eles participam de treinamentos regulares, organizados pelos técnicos de segurança da Empresa A. Esses treinamentos são realizados durante a integração dos novos funcionários e, posteriormente, a cada seis meses, sempre de forma online. Quando é detectada a falta de conformidade com os procedimentos, são ministrados treinamentos adicionais para reforçar a importância das regras estabelecidas.

4.2.3 Desafios associados à gestão de OLUC

As entrevistas revelaram diversos desafios relacionados a gestão de OLUC na Empresa A. Um deles foi a falta de recursos e treinamento suficientes para que os mecânicos possam contornar todos os cenários de não conformidade. Frequentemente, as obras onde as máquinas estão localizadas apresentam infraestrutura inadequada, como pisos não impermeáveis e ausência de materiais essenciais para o manejo seguro do OLUC, como lonas e tonéis. Nessas situações, os mecânicos acabam dependendo da disponibilidade de ajuda de terceiros ou precisam improvisar soluções, o que compromete o cumprimento rigoroso das diretrizes da empresa. A inclusão de mais itens de proteção individual e coletiva no kit padrão enviado aos mecânicos poderia ser uma forma de aumentar a autonomia deles para mitigar esses desafios.

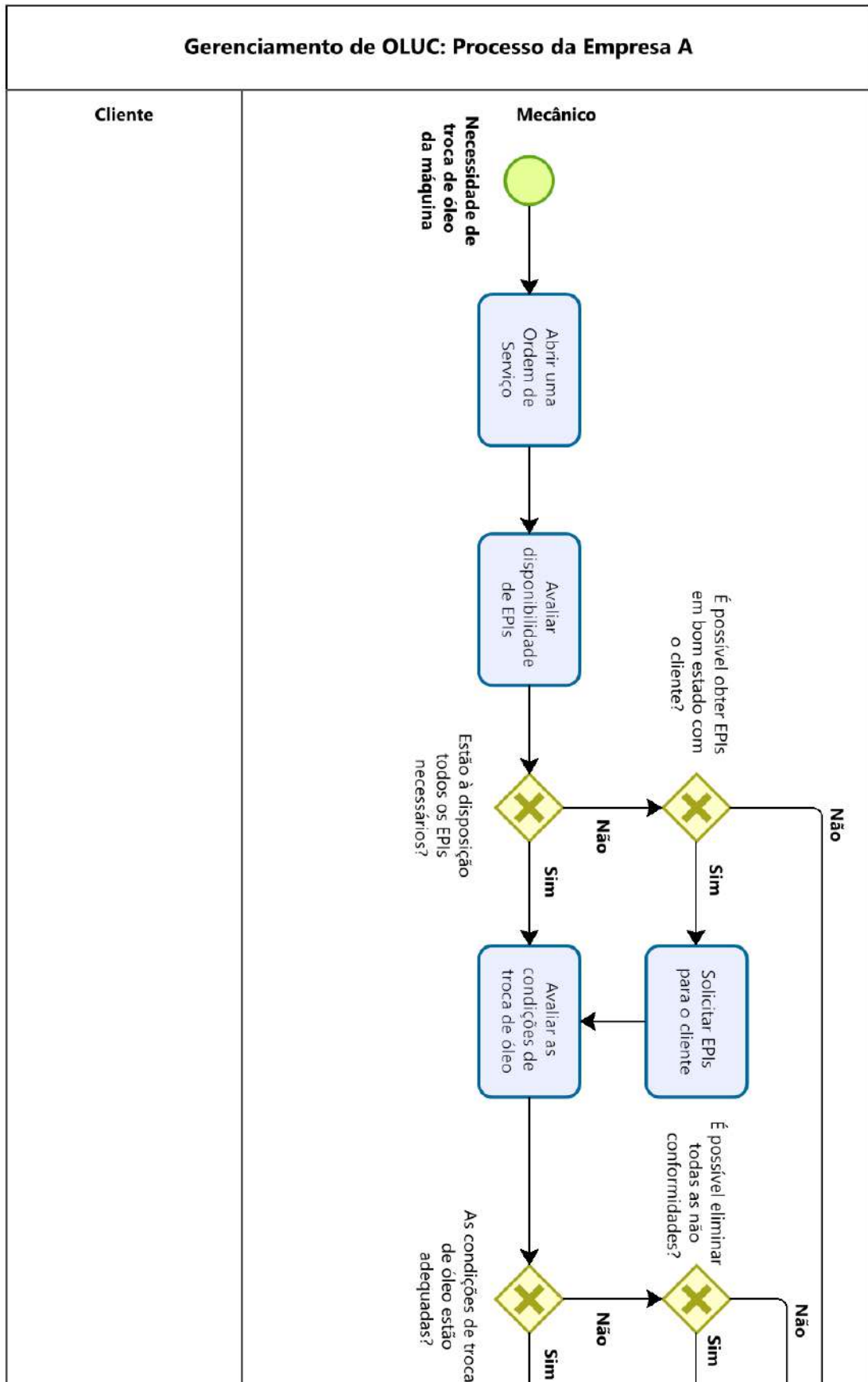
Outro ponto crítico é que a Empresa A não tem controle direto sobre o destino final do OLUC gerado nas manutenções. Atualmente, essa responsabilidade recai sobre os clientes, que

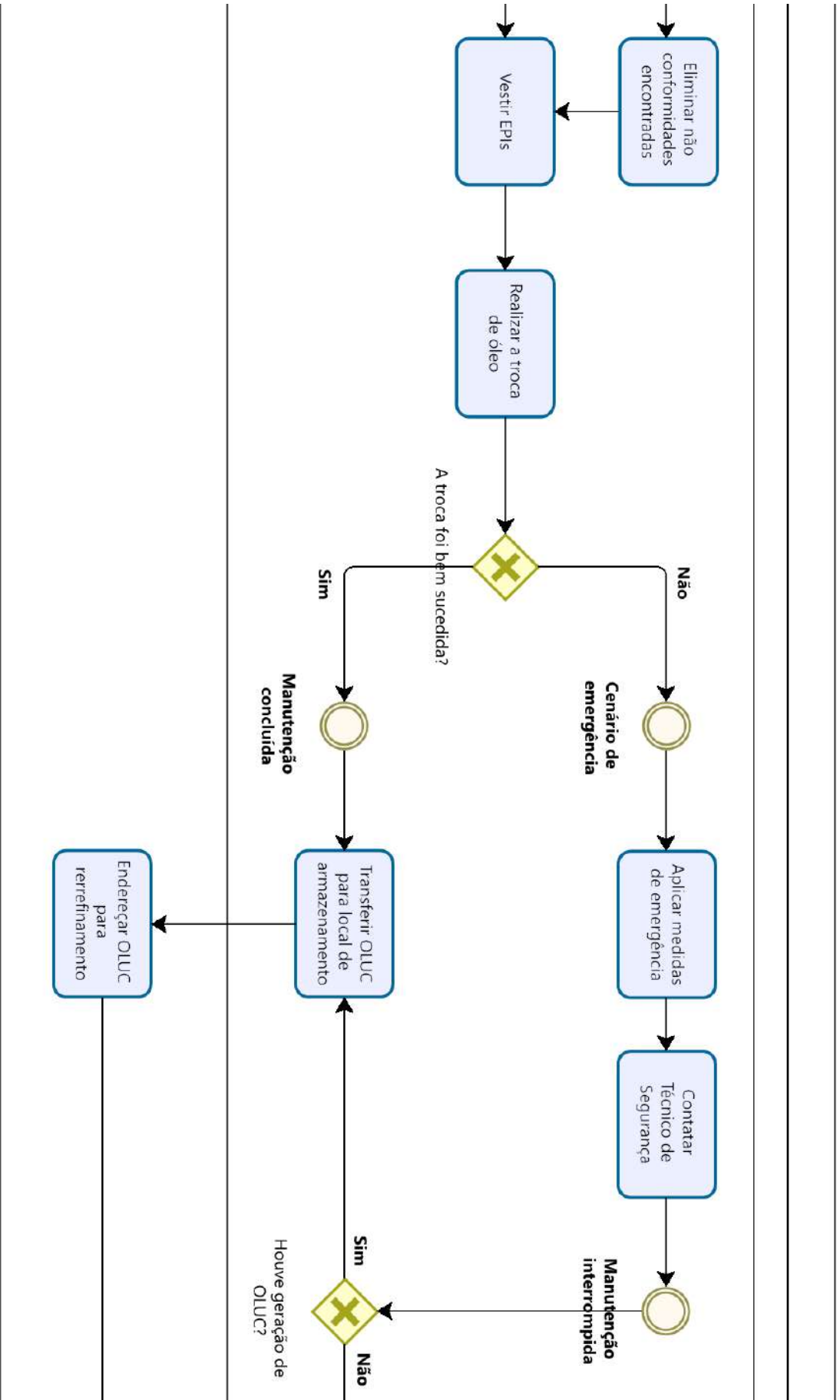
providenciam o armazenamento e descarte do óleo. Isso impede a empresa de assegurar que o resíduo está sendo direcionado para rerrefinamento. Os entrevistados indicaram que a inclusão da logística reversa no fluxo de gestão de OLUC seria fundamental para garantir um tratamento adequado. Aspectos como definição de coletores, frequência de coleta e formas de controle precisariam ser formalizados para que a empresa pudesse assumir esse controle.

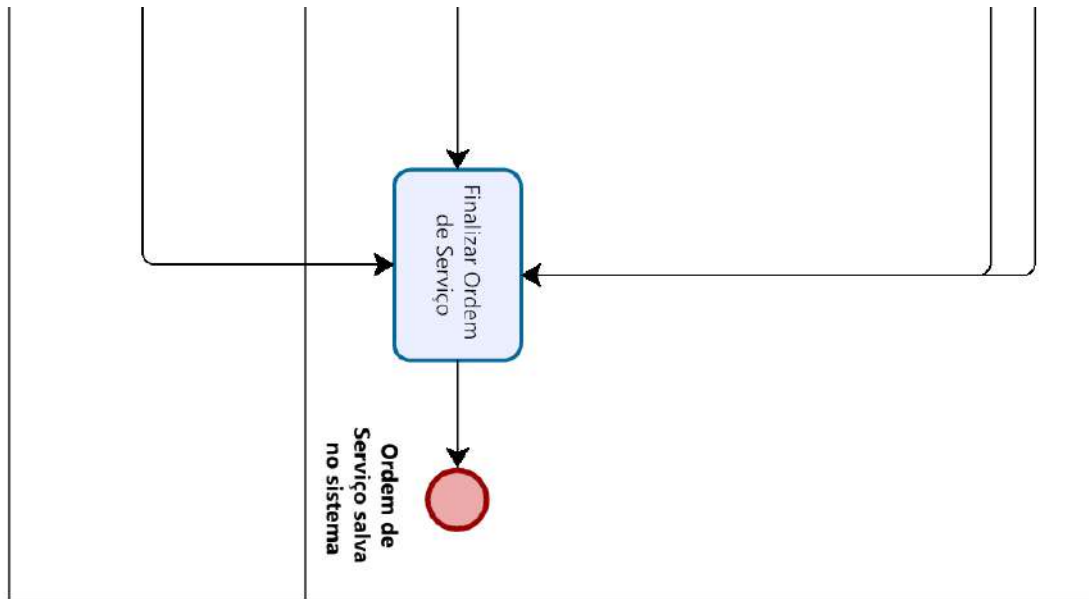
O time tático, por sua vez, consegue monitorar alguns aspectos importantes do processo. Há um controle eficaz sobre a entrega de EPIs aos mecânicos e sobre sua participação nos treinamentos de segurança. No entanto, faltam indicadores detalhados sobre a operação, como o volume exato de OLUC gerado em cada manutenção, o que limita a visibilidade sobre o consumo de óleos e descarte do resíduo. Essa ausência de dados mais precisos impede a empresa de ter uma visão clara do impacto das suas operações e de planejar melhorias com base em informações concretas.

Com base em todas as informações coletadas, foi possível mapear o fluxo do processo de gestão de OLUC da Empresa A (Figura 4.2), levando em consideração essas dificuldades e os pontos de melhoria identificados.

Figura 4.2 – Processo de gestão de OLC da Empresa A.







Fonte: Elaboração própria, 2024.

4.3 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS

As atividades executadas na etapa de análise e interpretação de dados deste trabalho geraram uma série de visões que permitiram amadurecer gradualmente a proposta de um novo processo de gestão de OLUC para a Empresa A.

4.3.1 Matriz SIPOC

Na visão geral do processo de gestão de OLUC da Empresa A (Figura 4.4), tem-se que o primeiro elemento-chave consiste na troca de óleo das máquinas. Esta é uma atividade essencial que depende do fornecimento de insumos pela companhia ao mecânico responsável. Além de lubrificante novo e equipamentos de segurança (individuais e coletivos), a empresa é responsável por treinar seus mecânicos tanto no procedimento padrão de troca de óleo quanto nas práticas de segurança ocupacional. Após a conclusão da troca, as saídas esperadas são a máquina devidamente revisada e o OLUC extraído. O cliente da empresa se beneficia diretamente ao receber a máquina pronta para uso, enquanto o resíduo gerado passa a ser de responsabilidade da Empresa A.

Outro marco fundamental do processo é o destino adequado do OLUC gerado. A proposta inclui a incorporação da logística reversa como parte obrigatória do procedimento, o que exige a contratação de uma empresa coletora devidamente registrada e autorizada pela ANP. Essa empresa deve ser capaz de atuar nas regiões onde a Empresa A opera e garantir que o óleo

recolhido será enviado para rerrefino. O mecânico terá a responsabilidade de garantir que o OLUC seja devidamente armazenado e de sinalizar que ele pode ser coletado. Como resultado desta etapa, além do recolhimento do resíduo, obtém-se um comprovante de coleta, conforme padrão estabelecido pela ANP (Figura 4.3), onde a Empresa A é identificada como a geradora do resíduo.

Figura 4.3 – Certificado padrão de coleta de OLUC.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP	Em atendimento à Resolução ANP nº 943 de 5/10/23, documento obrigatório para a coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado a partir de 01/10/99 - "Convênio ICMS 38/00".	Certificamos que os produtos se encontram devidamente acondicionados para suportar os riscos de transporte, carregamento, descarregamento e transbordo, conforme legislação em vigor, nº ONU 3082 nº risco 90, classe ou subclasse risco 9.	LOGOMARCA COLETOR
() 1ª VIA GERADOR () 2ª VIA FIXA/COLETOR () 3ª VIA RECICLADOR			
DADOS DA COLETORA Nome: Endereço: Autorização ANP nº _____		CERTIFICADO DE COLETA DE ÓLEO USADO OU CONTAMINADO nº ____ Local: UF: Data: / /	
Substância que apresenta risco para o meio ambiente, líquida, NE. Óleo lubrificante usado e ou contaminado grupo embalagem: III	Óleo automotivo	LITROS	
	Óleo Industrial	LITROS	
Declaramos haver coletado o volume de óleo lubrificante usado ou contaminado, conforme discriminado ao lado, do gerador abaixo identificado.	Outros	LITROS	
	Soma	LITROS	
RAZÃO SOCIAL			
RUA (nome, nº etc.)			
BAIRRO	CIDADE	UF	
CEP	CNPJ Nº		
FONE	E-MAIL		
VEÍCULO PLACA			
_____, Nome, Assinatura do Gerador (Detentor)		_____, Nome, Assinatura do Coletor	
Nº da Autorização para Impressão de Documentos Fiscais (AIDF):			

Fonte: ANP, 2023.

A criação de OS nos tablets fornecidos pela Empresa A também é um elemento essencial na gestão eficiente do OLUC. O mecânico deve registrar todas as informações relevantes de cada manutenção no sistema, garantindo a rastreabilidade e o controle dos processos.

Por fim, em situações de emergência, é crucial a implementação do plano de contenção de danos desenvolvido pela Empresa A e ensinado aos seus mecânicos. EPIs e EPCs (Equipamentos de Proteção Coletiva) fornecidos pela empresa são os principais insumos nesta etapa, assegurando que os danos sejam minimizados de forma eficaz. Esse procedimento beneficia tanto o cliente, garantindo a segurança da operação, quanto o ambiente, ao prevenir contaminações.

Figura 4.4 – Matriz SIPOC do processo proposto.

	FORNECEDORES (Suppliers)	ENTRADAS (Inputs)	PROCESSOS (Processes)	SAÍDAS (Outputs)	CLIENTES (Clients)
Cenário usual	Empresa A	Óleo lubrificante novo	Troca de óleo lubrificante	Máquina revisada	Cliente
		EPIs		OLUC	Empresa A
		EPCs		-	-
		Procedimento de troca de óleo		-	-
		Conceitos de segurança ocupacional		-	-
Cenário de emergência	Mecânico	OLUC	Coleta do OLUC	OLUC coletado	Empresa coletora de OLUC
		Agenda de coleta do OLUC		Certificado de coleta emitido	Empresa A
		Tablet		Registro de dados sobre a manutenção da máquina	Empresa A
	Empresa A	Dados sobre a manutenção da máquina	Criação de ordem de serviço		
	Mecânico				
Cenário de emergência	Empresa A	EPIs	Implementação do plano de contenção de danos	Danos contidos	Cliente
		EPCs		Ambiente afetado	
		Plano de contenção de danos		-	

Fonte: Elaboração própria, 2024.

4.3.2 Análise de riscos

A análise de riscos do processo ideal de gestão de OLUC identificou 19 potenciais riscos, organizados em quatro macro etapas: troca de óleo lubrificante, armazenamento de OLUC, coleta de OLUC e acompanhamento do processo. Os efeitos potenciais de cada modelo de falha foram classificados de I a IV, de acordo com sua criticidade.

Na primeira macro etapa, sobre a troca de óleo lubrificante, foram identificados nove riscos principais: derramamento de óleo no solo ou em corpos d'água, risco de incêndio no local da troca, mal-estar do mecânico (como dificuldade para respirar, dores de cabeça ou inflamações pulmonares), irritação ocular, lesões cutâneas (pústulas e pontos negros), reações exotérmicas com oxidantes fortes, problemas de desempenho da máquina após a troca, além da possível falta de insumos para a execução da troca.

No armazenamento do OLUC, seis riscos foram identificados: ausência de um reservatório adequado, vazamento do resíduo para o solo ou corpos d'água, risco de incêndio

no local de armazenamento, entrada de grandes volumes de água no reservatório e uso indevido do reservatório vazio.

A coleta de OLUC apresenta um risco específico: a falta de volume mínimo necessário para a coleta ser realizada, o que pode gerar problemas de logística e gastos desnecessários com deslocamento até o local de coleta.

Por sua vez, no que diz respeito ao acompanhamento do processo, três riscos de falta de visibilidade foram identificados: sobre o volume de óleo usado e de OLUC gerado, sobre a ocorrência de emergências e sobre o acesso dos mecânicos aos insumos necessários.

Ao analisar a natureza dos riscos que constituem esta relação, conclui-se que estes não serão completamente eliminados no processo de gestão de óleo proposto. As ações recomendadas deverão ser aplicadas com caráter preventivo. A relação completa se encontra no Apêndice B e os detalhes sobre como melhor aplicar as ações recomendadas devem ser devidamente ensinados para os mecânicos nos treinamentos organizados pelos técnicos em segurança do trabalho.

Durante a análise, identificou-se os materiais necessários para que os mecânicos estejam aptos a executar o processo de maneira segura (Tabela 4.9). Dentre os itens listados tem-se EPIs, EPCs e equipamentos utilizados na prevenção e na mitigação emergências. Assim como no processo atual, a responsabilidade de prover tais objetos aos mecânicos é da Empresa A. Por outro lado, aos mecânicos compete o dever de mantê-los em bom estado e de sinalizar ao técnico em segurança do trabalho sempre que alguns dos itens sob seus cuidados precisarem ser repostos ou substituídos.

Tabela 4.9 – Materiais a serem fornecidos pela Empresa A no processo proposto.

Item	Quantidade
Par de luvas de PVC de cano longo	02
Par de botas de PVC	02
Máscara semifacial com filtro contra vapores orgânicos	02
Óculos de proteção de ampla visão	02
Macacão de algodão	02
Lona impermeável	02
Bacia plástica de contenção – 20 L	03
Bombona plástica – 200 L	01
Etiquetas de identificação de OLUC	10
Saco de areia – 20 Kg	02
Extintor de espuma mecânica – 10 L	01
Sabonete líquido – 5 L	01

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Outro ponto crítico identificado é a necessidade de uma análise contínua e crítica dos cenários pelos mecânicos, especialmente em casos de não conformidade. A prioridade deve ser a eliminação completa das não conformidades, seguida pela adequação temporária do ambiente. Por exemplo, caso o local de troca de óleo não disponha de um piso impermeável, o mecânico deve avaliar se é possível realizar o serviço em outro local. Caso contrário, a utilização de uma lona impermeável será necessária para conter possíveis derramamentos.

Em situações emergenciais, como incêndios ou contato direto com OLUC, é imprescindível o acesso a fontes de água no local de trabalho, uma vez que os mecânicos não têm capacidade de transportar grandes volumes de água. A água é necessária tanto para resfriamento após um incêndio quanto para lavagem de pele e olhos em caso de contaminação. Sugere-se que os mecânicos identifiquem essas fontes antes de iniciar qualquer atividade de manutenção.

A análise também abordou casos em que o OLUC armazenado pode ser contaminado por grandes quantidades de água. Se isso ocorrer, a recomendação é que o resíduo seja depositado em bombonas plásticas disponibilizadas pela Empresa A e devidamente identificadas com etiquetas. A empresa coletora, então, deverá ser informada para instalar um separador de água-óleo no local e realizar a correção necessária.

Para garantir a padronização e o acompanhamento do processo de gestão de OLUC, foram desenvolvidos cinco checklists específicos (Apêndice C), focados nos principais aspectos da gestão: disponibilidade de equipamentos, condições da troca de óleo, armazenamento do OLUC, medidas emergenciais e coleta do resíduo. Esses checklists podem ser incorporados ao sistema de OS da Empresa A, centralizando a coleta de dados em um único local, facilitando o monitoramento e o controle dos indicadores de desempenho.

4.3.3 Matriz RACI

Ao elaborar a matriz RACI (Figura 4.5) para o processo proposto, algumas características importantes foram identificadas. Primeiramente, as atividades diretamente ligadas à execução do processo recaem sobre três agentes principais: o mecânico, o técnico de segurança do trabalho e a empresa coletora de OLUC. Esses agentes têm papéis centrais de responsabilidade na execução do processo. Já os demais envolvidos atuam em funções de apoio, sendo designados para aprovar determinadas atividades, serem consultados para decisões específicas ou simplesmente informados sobre o progresso do processo.

No nível tático, os responsáveis têm uma função mais voltada ao acompanhamento de indicadores de desempenho relacionados a gestão de OLUC, garantindo que o processo atenda

as diretrizes de controle e qualidade. Esses indicadores devem ser validados e aprovados pelos agentes do nível estratégico, que possuem a responsabilidade de definir essas diretrizes e tomar decisões mais amplas.

Um ponto relevante do processo ideal é a eliminação completa da responsabilidade do cliente da Empresa A nas atividades ligadas ao OLUC. Dessa forma, o controle e a execução do processo passam a ser inteiramente de responsabilidade da companhia, garantindo um nível mais alto de segurança e conformidade na gestão do resíduo.

Figura 4.5 – Matriz RACI do processo de gestão de OLUc proposto.

Etapa	Atividade	Agentes Envolvidos						
		Mecânico	Téc. Secur. do Trabalho	Coletora de OLUc	Time Tático	Time Estratégico		
Gestão	Comprar e distribuir equipamentos	I	R	-	A	C		
Gestão	Treinar mecânicos	I	R	-	A	C		
Gestão	Acompanhar indicadores relevantes	I	C	-	R	A		
Preparação	Abri r uma Ordem de Serviço	R	I	-	-	-		
Preparação	Avaliar a disponibilidade dos equipamentos	R	I	-	-	-		
Preparação	Preencher checklist 1	R	I	-	-	-		
Preparação	Avaliar as condições de troca de óleo	R	I	-	-	-		
Preparação	Preencher checklist 2	R	I	-	-	-		
Preparação	Avaliar as condições de armazenamento de OLUc	R	I	-	-	-		
Preparação	Preencher checklist 3	R	I	-	-	-		
Preparação	Aplicar a mitigação de não-conformidades	R	I	-	-	-		
Cenário de emergência	Aplicar medidas de emergência	R	I	-	-	-		
Cenário de emergência	Preencher checklist 4	R	I	-	-	-		
Troca de Óleo Lubrificante	Trocar óleo lubrificante	R	I	-	-	-		
Troca de Óleo Lubrificante	Transferir o OLUc para o local de armazenamento	R	I	-	-	-		
Troca de Óleo Lubrificante	Preencher checklist 5	R	I	-	-	-		
Troca de Óleo Lubrificante	Finalizar a Ordem de Serviço	R	I	-	-	-		
Pos-Troca	Analisar a Ordem de Serviço	I	R	-	C	-		
Pos-Troca	Armazenar dados sobre o processo executado	-	R	-	I	-		
Pos-Troca	Agendar a coleta do OLUc	-	R	-	I	-		
Pos-Troca	Coletar OLUc	I	A	R	I	-		
Pos-Troca	Gerar o Certificado de Coleta	I	I	R	I	-		
Pos-Troca	Cumprir as exigências legais de transporte de OLUc	I	I	R	I	-		
Pos-Troca	Endeçar o OLUc para refinamento	I	I	R	-	-		

Fonte: Elaboração própria, 2024.

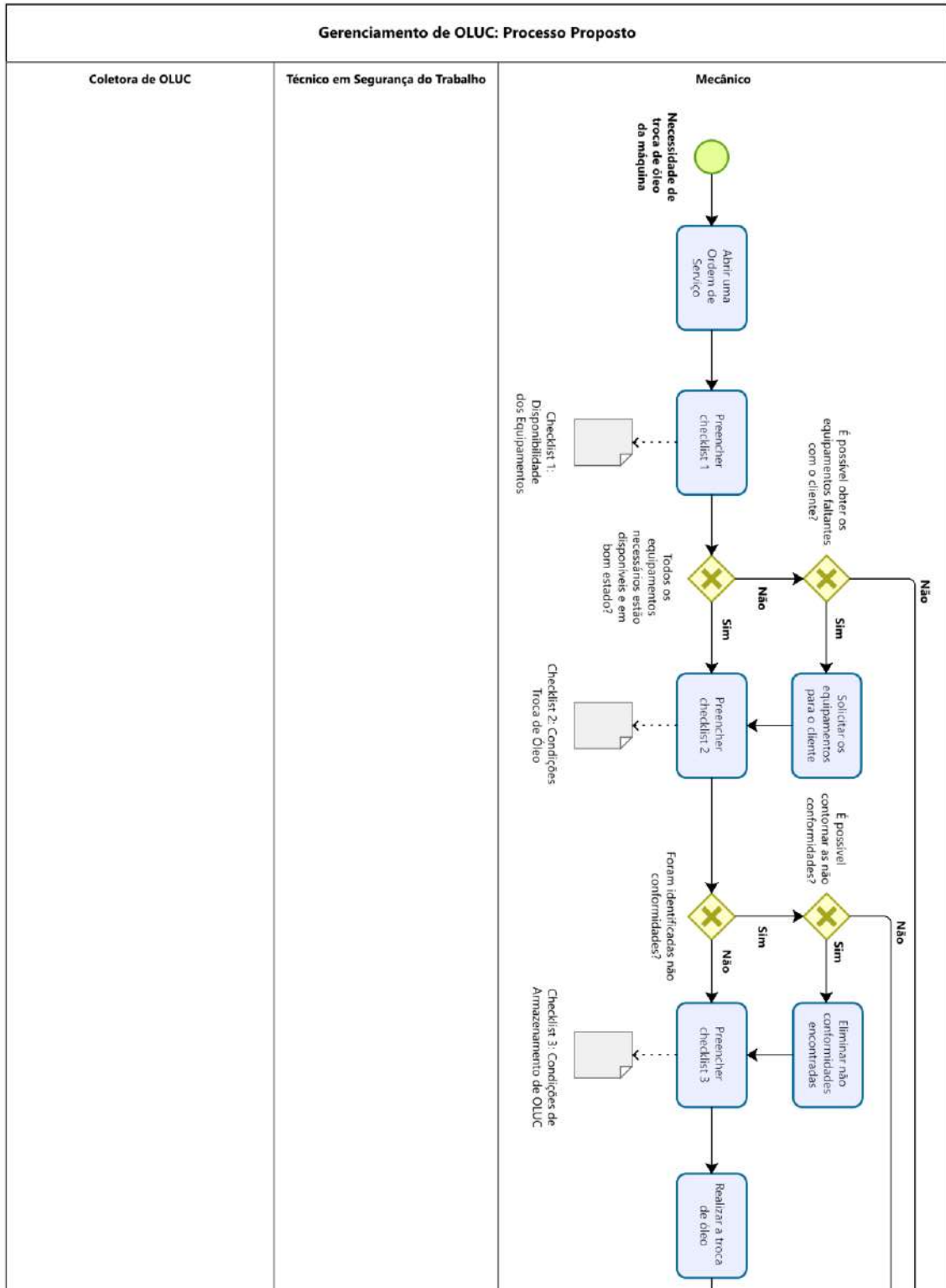
4.3.4 Processo de gestão proposto

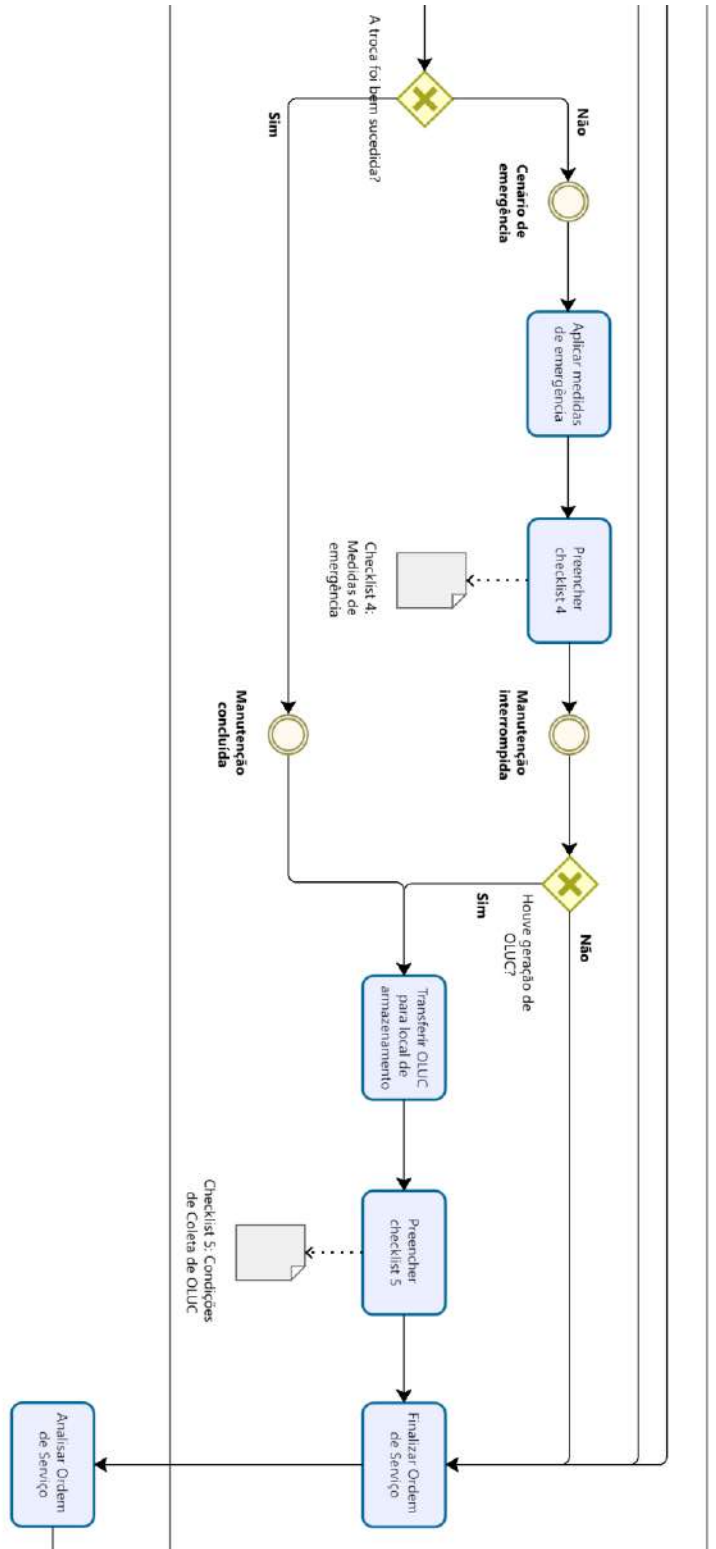
Por fim, com base nas informações coletadas ao longo do estudo, foi desenvolvido o fluxograma do processo proposto para a gestão de OLUC da Empresa A (Figura 4.6). Esse processo apresenta um escopo significativamente mais abrangente em comparação ao atual: enquanto o fluxo vigente se encerra com o salvamento da OS no sistema, o processo proposto se estende até o direcionamento do resíduo para rerrefino e o armazenamento das informações geradas ao longo da execução.

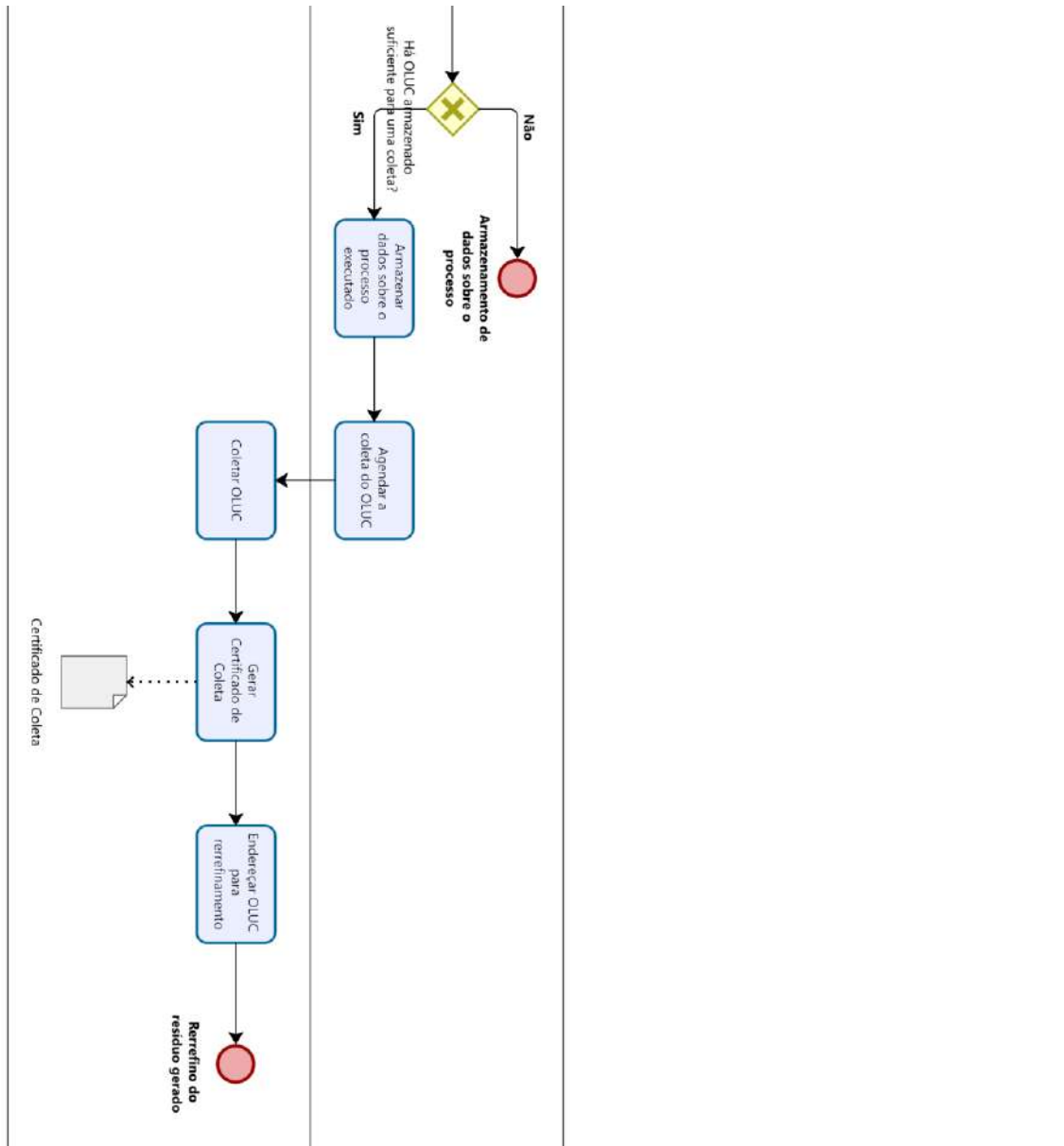
O novo fluxo é mais robusto e detalhado, com etapas bem definidas. Ele incorpora o preenchimento sistemático de cada um dos checklists desenvolvidos com base na análise de riscos e determina em qual momento será emitido o certificado de coleta de OLUC, que assegura a rastreabilidade do resíduo. O processo minimiza ao máximo a dependência de recursos do cliente. No entanto, devido à impossibilidade de transporte de grandes volumes de água no veículo do mecânico, o uso da água disponível no local da obra ainda é necessário para emergências.

Além disso, as responsabilidades dos três principais agentes envolvidos no processo, conforme definidos na matriz RACI, estão claramente distribuídas nas raias do fluxograma. Ao implementar o processo desenhado, a Empresa A passa a viabilizar a execução cadeia de logística reversa de OLUC, garantindo que todo o óleo usado gerado nas manutenções das suas máquinas seja devidamente descartado de forma correta.

Figura 4.6 – Proposta de processo de gestão de OLUC da Empresa A.







Fonte: Elaboração própria, 2024.

5 CONCLUSÕES

Através da análise dos materiais estudados, ficou evidente a gravidade dos impactos potenciais dos óleos lubrificantes e do OLUC. Quando mal geridos, esses compostos podem causar sérios danos ambientais, contaminando grandes volumes de água com pequenas quantidades de óleo e desequilibrando ecossistemas por longos períodos. Além disso, tanto o óleo novo quanto o usado apresentam riscos à saúde humana e animal. Isso reforça a importância de um acompanhamento rigoroso no manuseio, armazenamento e descarte adequado, visando minimizar os riscos associados.

O estudo realizado se aprofundou também na extensa lista de normas e regulamentações que regem o tema de gestão de óleos lubrificantes atualmente em vigor no Brasil. Desde os textos mais amplos, como a Lei nº 12.305/10 que define os papéis dos agentes envolvidos no ciclo de vida do óleo lubrificante, até outros mais detalhados como a NBR 15.481/24 que fornece em detalhes uma lista com as exigências necessárias para se transportar OLUC. Atestou-se que ferramentas como essas estabelecem diretrizes claras sobre a forma correta de lidar com tais substâncias e sobre a responsabilidade dos órgãos competentes sobre atividades de fiscalização, definição e acompanhamento de metas e aplicação de sanções em casos de não cumprimento de regras.

Além disso, identificou-se os principais desafios enfrentados para a implementação de processos de logística reversa de OLUC. A dificuldade de acesso a pontos de coleta e a fiscalização ineficaz, por exemplo, ainda são barreiras significativas. Adicionalmente, a baixa qualidade dos dados sobre acidentes ambientais compromete a identificação de padrões e o planejamento de ações corretivas. A complexidade das diretrizes brasileiras, aliada à dificuldade de monitorar pequenos geradores também são responsáveis por agravar o cenário. Soma-se a isso a baixa conscientização pública sobre o tema, o que dificulta a adoção ampla de práticas corretas de descarte e manejo de resíduos.

Dois dos pontos de melhoria identificados no processo de gestão de OLUC da Empresa A se destacam frente aos demais. Primeiramente, há uma falta de padronização nas medidas de correção de não conformidades, o que permite que os mecânicos tomem decisões baseadas em preferências pessoais, em vez de critérios técnicos de segurança, saúde e meio ambiente. Outro ponto crítico é que a responsabilidade pelo descarte do OLUC é dos clientes, o que expõe a empresa ao risco de não poder garantir o tratamento adequado dos resíduos gerados após a manutenção das máquinas.

A partir do diagnóstico realizado, foi proposto um novo processo de gestão que incorpora o conceito de logística reversa. Tanto o escopo quanto a sequência das etapas foram claramente definidos, assim como os papéis e responsabilidades dos agentes envolvidos. Os ajustes consideraram os riscos associados à manutenção das máquinas da Empresa A e incluíram a adição de novos itens ao kit de equipamentos dos mecânicos assim como a de checklists para acompanhamento. A definição das responsabilidades foi formalizada por meio de uma matriz RACI e a das etapas do processo por meio de um fluxograma mais robusto e detalhado. Tal proposta foi desenhada de forma que se pudesse reduzir a dependência dos clientes e assegurar que os mecânicos da companhia consigam armazenar e encaminhar adequadamente o OLUC para coleta.

Como próximos passos, sugere-se a implementação do processo proposto, utilizando uma abordagem de gestão da mudança para garantir uma transição suave. Além disso, a Empresa A pode expandir o escopo da gestão de resíduos com um estudo voltado às embalagens de óleos lubrificantes, que também necessitam de soluções adequadas de descarte. A empresa pode ainda considerar a criação de indicadores de desempenho para monitorar o processo de logística reversa e avaliar que tipos de ações de conscientização pode promover com seus clientes.

6 REFERÊNCIAS

BRUYNINCKX, Hans et al. *Global Resources Outlook 2024: Bend the trend-Pathways to a liveable planet as resource use spikes*. 2024.

PETRONAS Lubricants International (PLI). *A brief history of lubricants and their applications in industry and human life*. 2023. Disponível em: <https://industrialsolution.pli-petronas.com/PETIndSol-Article-1.pdf>. Acesso em 13 de jun. de 2024.

NOWAK, Paulina; KUCHARSKA, Karolina; KAMIŃSKI, Marian. Ecological and health effects of lubricant oils emitted into the environment. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 16, p. 3002, 2019.

DAHIR, Abdi; PELTIER, Elian. “This Is Unforgivable”: Anger Mounts Over Mauritius Oil Spill. **The New York Times**, 2020. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2020/08/14/world/africa/mauritius-oil-spill.html>. Acesso em 13 de jun. de 2024.

DEGNARAIN, Nishan. 47 Whales Now Confirmed Dead in Mauritius Amid International Condemnation of Global Shipping. **Forbes**, 2020. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/nishandegnarain/2020/08/31/international-condemnation-of-global-shipping-grows-as-47-whales-confirmed-dead-in-mauritius/#5604547379a8>. Acesso em 13 de jun. de 2024.

LAURETTE, Bruneau; VALAYDEN, Rama; STEELE, Melita; TAKADA, Hisayo. Mauritius one year after oil disaster. **Greenpeace**, 2021. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/international/story/49085/mauritius-worst-environmental-disaster-one-year-on>. Acesso em: 13 de jun. de 2024.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

Agência Nacional de Petróleo (ANP). *Painel Dinâmico do Mercado Brasileiro de Lubrificantes*. 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYTc3ODcyNjUtYTY3Yi00YWQ5LTkwMmQtMDdIZTYwYjQxNzY3IiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9&pageName=ReportSection443b4b9f7bd1048e10ed&pageName=ReportSectionad0c2465bd96c9bc63d9>. Acesso em: 19 de ago. de 2024.

Brasil. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 de ago. de 2010.

Brasil. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 de jan. de 2022.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Sistema Nacional de Emergências Ambientais (SIEMA). Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/siema/>. Acesso em: 10 de set. de 2024.

Comitê PA-BB. Plano de Área da Baía da Babitonga. 2018. Disponível em: https://portosaofrancisco.com.br/public/uploads/pdfs/programas_ambientais/7_plano_area.pdf. Acesso em 10 de set. de 2024.

G1 SC. Pescadores recebem indenização de R\$ 65 mi por dano ambiental em 2008. 2014. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2014/07/pescadores-recebem-indenizacao-de-r-65-mi-por-dano-ambiental-em-2008.html>. Acesso em: 10 de set. de 2024.

G1 Triângulo Mineiro. Carreta com óleo lubrificante pega fogo e BR-262 é interditada em Araxá. 2016. Disponível em: <https://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2016/07/carreta-com-oleo-lubrificante-pega-fogo-e-br-262-e-interditada-em-araxa.html>. Acesso em: 10 de set. de 2024.

G1. Vazamento de óleo contamina rio que abastece cidade no Paraná. 2011. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2011/02/vazamento-de-oleo-contamina-rio-que-abastece-cidade-no-parana.html>. Acesso em 11 de set. de 2024.

Agência Estadual de Notícias do Paraná (AEN). Relatório do acidente em Cascavel. 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR ISO 14.040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009.

SPEIGHT, James G.; EXALL, Douglas I. **Refining used lubricating oils**. Boca Raton: CRC Press, 2014.

Instituto Jogue Limpo. O que fazemos – OLUC. 2024. Disponível em: <https://joguelimpo.org.br/institucional/oluc.php>. Acesso em: 12 de set. de 2024.

Micro Lube. Importance Of Industrial Lubricants in Variety of Sectors. 2024. Disponível em: <https://www.micro-lube.com/importance-of-industrial-lubricants-in-variety-of-sectors/>. Acesso em: 22 de jun. de 2024.

Agência Nacional de Petróleo (ANP). **Resolução nº 804/2019, de 23 de dezembro de 2019**. Dispõe sobre os critérios para obtenção do registro de graxas e óleos lubrificantes e as responsabilidades e obrigações dos detentores de registro, produtores e importadores. 2019. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-804-2019>. Acesso em: 23 de jun. de 2024.

Agência Nacional de Petróleo (ANP). **Resolução nº 911/2022, de 18 de novembro de 2022**. Dispõe sobre as especificações dos óleos básicos e suas regras de comercialização. 2022. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-911-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-dos-oleos-basicos-e-suas-regras-de-comercializacao?origin=instituicao>. Acesso em: 23 de jun. de 2024.

Agência Nacional de Petróleo (ANP). **Relatório Técnico nº 2/2016/SBQ/CPT – DF. Panorama dos Óleos Básicos no Brasil**. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt->

br/assuntos/consultas-e-audiencias-publicas/consulta-
previa/2015/arquivos/relatorio_tecnico.pdf. Acesso em: 24 de jun. de 2024.

NETO, A; GURGEL, A. DEQ370: Refino de petróleo e petroquímica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química. 2008. Disponível em:
http://www.nupeg.ufrn.br/downloads/deq0370/Curso_de_Refino_de_Petroleo_e_Petroquimica.pdf. Acesso em: 24 de jun. de 2024.

ENGEOIL. Lubrificantes Sintéticos. 2024. Disponível em:
[https://manutencao.engeoil.com.br/portal/pt/kb/articles/lubrificantes-sinteticos#:~:text=Polialfaolefinas%20\(PAO\),-As%20polialfaolefinas%20\(PAO&text=Os%20PAOs%20t%C3%AAm%20um%20alto,mesmo%20sendo%20considerados%20n%C3%A3o%20t%C3%B3xicos..](https://manutencao.engeoil.com.br/portal/pt/kb/articles/lubrificantes-sinteticos#:~:text=Polialfaolefinas%20(PAO),-As%20polialfaolefinas%20(PAO&text=Os%20PAOs%20t%C3%AAm%20um%20alto,mesmo%20sendo%20considerados%20n%C3%A3o%20t%C3%B3xicos..) Acesso em: 27 de jun de 2024.

Noria Corporation. Lubricant Additives: A Practical Guide. 2020. Disponível em:
<https://www.machinerylubrication.com/Read/31107/oil-lubricant-additives>. Acesso em: 10 de jul. de 2024.

RUDNICK, Leslie R. **Lubricant additives: chemistry and applications**. CRC press, 2009.

CRUZ, Jéssica de Brito Marques; VASCONCÉLOS, Rafaela Verçosa; GONZAGA, Giordano Bruno Medeiros. INIBIDORES DE CORROSÃO METÁLICA EM COLUNAS DE PERFURAÇÃO. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 4, n. 1, p. 159-159, 2017.

GALIANO-ROTH, Angela S.; PRENDERGAST, David K.; CAREY, James T. **Óleo lubrificante, e, Métodos para misturar um óleo lubrificante e para obter proteção favorável contra micro corrosão**. Titular: EXXONMOBIL Research and Engineering Company. Procurador: Momsen, Leonardos & CIA. PI0611111-4 A2. Depósito: 6 jun. 2006. Concessão: 9 nov. 2010.

LOBO, Marcos Thadeu. Número básico em lubrificantes: Você sabe o que é? **Portal Lubes**, Editora ONZE. 2017 Disponível em: <https://portallubes.com.br/2017/07/numero-basico-em-lubrificantes/>. Acesso em: 21 de jul. de 2024.

MATHURA, Sandra. Antiwear Additives: Types, Mechanisms, and Applications. **Precision Lubrication**, 2023. Disponível em: <https://precisionlubrication.com/lubricants/antiwear-additives/>. Acesso em: 22 de jul. de 2024.

REN, Chenfei et al. Antifoaming agent for lubricating oil: Preparation, mechanism and application. **Molecules**, v. 28, n. 7, p. 3152, 2023.

Agência Nacional de Petróleo (ANP). **Registro de Produtos**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/qualidade-de-produtos/registro-de-produtos>. Acesso em: 6 de jul. de 2024.

Agência Nacional de Petróleo (ANP). **Painel Dinâmico de Registro de Óleos e Graxas Lubrificantes**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de->

conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/painel-dinamico-de-registro-de-oleos-e-graxas-lubrificantes. Acesso em: 6 de jul. de 2024.

GRESHAM, Robert M.; TOTTEN, George E. **Lubrication and Maintenance of Industrial Machinery: Best Practices and Reliability**. CRC press, 2008.

SPEIGHT, James G. **The chemistry and technology of petroleum**. CRC press, 2006.

PINHEIRO, Carolina T.; QUINA, Margarida J.; GANDO-FERREIRA, Licínio M. Management of waste lubricant oil in Europe: A circular economy approach. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 51, n. 18, p. 2015-2050, 2020.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Ficha de Informação Toxicológica: Bifenilas Policloradas (PCBs). 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/PCBs-Bifenilas-policloradas.pdf>. Acesso em 4 de ago. de 2024.

FORTES, António Gonçalves; SANTANA, Mussa Alfândega. Gestão de óleo lubrificante usado e suas embalagens na cidade de Nampula–Moçambique. **Revista Tecnia**, v. 7, n. 1, 2022.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 362 de 23 de junho de 2005. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de jun. de 2005.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 450 de 6 de março de 2012. Altera os arts. 9º, 16, 19, 20, 21 e 22, e acrescenta o art. 24-A à Resolução nº 362, de 23 de junho de 2005, do CONAMA, que dispõe sobre recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 de mar. de 2012.

LEITE, David Lucas Gomes et al. Estudo e análise do processo de rerrefino de óleo lubrificante usado. 2020.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 14.725: Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Aspectos gerais do Sistema Globalmente Harmonizado (GHS), classificação, FDS e rotulagem de produtos químicos**. Rio de Janeiro, 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 16.725: Resíduo químico perigoso – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Ficha com dados de segurança de resíduos (FDSR) e rotulagem**. Rio de Janeiro, 2023.

BRASIL. **Decreto nº 96.044, de 18 de maio de 1988. Aprova o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de mai. de 1988.

Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). **Resolução nº 5.998, de 3 de novembro de 2022. Atualiza o Regulamento para o Transporte Rodoviários de Produtos Perigosos,**

aprova suas Instruções Complementares, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 de nov. de 2022.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 13.221: Transporte terrestre de produtos perigosos – Resíduos.** Rio de Janeiro, 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15.481: Transporte rodoviário de produtos perigosos – Lista de verificação com requisitos operacionais referentes à saúde, segurança, meio ambiente e qualidade.** Rio de Janeiro, 2024.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Manual de procedimentos para fiscalização das atividades relacionadas a óleos lubrificantes usados ou contaminados: Resolução Conama nº 362/2005.** Brasília, 2008.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 7.500: Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos.** Rio de Janeiro, 2023.

KLENERT, D. et al. The economics of waste oil recycling in the EU. **Journal of Environmental Economics and Policy**, p. 1-22, 2024.

KHAN, Aftab Hasnat; BATOOL, Nadia; AZIZ, Abdul. Recovery of base oil from used oil through solvent extraction followed by adsorption: a review. **Environmental Protection Research**, p. 319-340, 2023.

Sindicato Nacional da Indústria do Refino de Óleos Minerais (SINDIRREFINO). Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados: Guia de Fiscalização. São Paulo, 2015. Disponível em: https://www.mprs.mp.br/media/areas/ambiente/arquivos/oleos_lubrificantes/guia_de_fiscalizacao.pdf. Acesso em: 19 de ago. de 2024.

Lwart Soluções Ambientais. Relatório de Sustentabilidade 2023. Lençóis Paulista – SP. 2024. Disponível em: <https://relatorios.lwart.com.br/relatorio-de-sustentabilidade-de-2023.pdf>. Acesso em 9 de set. de 2024.

Ministério de Minas e Energia (MME); Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). **Portaria Interministerial nº 4, de 28 de Dezembro de 2023.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 de dez. de 2023.

STAHL, H.; MERZ, C. Study to Support the Commission in Gathering Structured Information and Defining of Reporting Obligations on Waste Oils and Other Hazardous Waste. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020.

DA CRUZ GONZAGA, Neide et al. Logística reversa de óleos lubrificantes no Brasil: um ensaio acerca de seus avanços, perspectivas e desafios. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 16, n. 6, p. 3359-3377, 2023.

Confederação Nacional do Transporte (CNT). **Boletins Técnicos.** Maio de 2024. Disponível em: <https://cnt.org.br/boletins>. Acesso em: 8 de set. de 2024.

FREITAS, C. R.; CARVALHO, R. A.; OVIEDO, A. O. Financiamento da Gestão Ambiental no Brasil: Uma Avaliação a Partir do Orçamento Público Federal (2005–2022). **Instituto Socioambiental: São Paulo, Brasil**, 2022.

ABREU, Lucas Araújo. A logística reversa e a política nacional dos resíduos sólidos: um panorama da realidade brasileira. 2016.

PRITCHARD, Carl L. et al. **Risk management: concepts and guidance**. Auerbach Publications, 2014.

SAKURADA, Eduardo Yuji et al. As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos. 2001.

WELFORD, Richard. **Corporate environmental management 1: Systems and strategies**. Routledge, 2016.

SHEN, Yating. ESG and firm performance: A literature review. **BCP Business & Management**, v. 46, p. 283-288, 2023.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.

BIZAGI. **Bizagi Modeler**. 2024. Disponível em: <https://www.bizagi.com/pt/plataforma/modeler>. Acesso em 8 de out. de 2024.

MICROSOFT. **Visualize claramente os processos de negócios**. 2024. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/visio/business-process-modeling-notation#:~:text=de%20sua%20organiza%C3%A7%C3%A3o,-,O%20que%20%C3%A9%20o%20Modelo%20e%20Nota%C3%A7%C3%A3o%20de%20Processos%20de,e%20identificar%20%C3%A1reas%20de%20melhoria..> Acesso em: 8 de out. de 2024.

MIRO. **Modelo de Matriz SIPOC**. Disponível em: <https://miro.com/pt/modelos/matriz-sipoc/>. Acesso em: 8 de out. de 2024.

ATLASSIAN. **How to use RACI charts for project management**. 2024. Disponível em: <https://www.atlassian.com/br/work-management/project-management/raci-chart>. Acesso em: 8 de out. de 2024.

John Deere. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: JD Hy-Gard. 2021.

Idemitsu. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: John Deere Hydraulic Oil 46, Bulk. 2021.

John Deere. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: JD GL-5 85W-140. 2019.

John Deere. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: JD Plus 50 II 15W-40. 2020.

John Deere. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico: JD Torq-Gard 15W-40. 2021.

Agência Nacional de Petróleo (ANP). **Relatório Técnico nº 2/2016/SBQ/CPT – DF. Panorama dos Óleo Básicos no Brasil. Projeto: Revisão das Portarias ANP nº 129/99 e nº 130/99.** 2016.

COSTA, Rayla Kelly Magalhães et al. The reconciliation between the experimental and calculated octanol-water partition coefficient of 1, 2-dipalmitoyl-sn-glycero-3-phosphatidylcholine using atomistic molecular dynamics: an open question. **Journal of Biomolecular Structure and Dynamics**, v. 41, n. 21, p. 11510-11517, 2023.

Agência Nacional de Petróleo (ANP). **Resolução nº 943/2023, de 5 de outubro de 2023.** Regulamenta a autorização para o exercício da atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado. 2023. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-943-2023-regulamenta-a-autorizacao-para-o-exercicio-da-atividade-de-coleta-de-oleo-lubrificante-usado-ou-contaminado?origin=instituicao>. Acesso em: 17 de set. de 2024.

APÊNDICE A – Roteiro de entrevista com os pontos focais da Empresa A.

1. Introdução

Inicie a conversa com uma breve apresentação do entrevistador e esclareça o objetivo da entrevista.

Contexto: Recentes análises indicaram a oportunidade de otimizar o processo de gestão do OLUC gerado pela Empresa A. Para definir o cenário ideal de operação, é fundamental mapear a versão atual por meio de entrevistas exploratórias. Com essas informações, será possível delinear os próximos passos para a implementação das melhorias necessárias.

2. Investigação do processo

Em seguida, faça as seguintes perguntas para os entrevistados de acordo com o nível hierárquico dos seus cargos.

a. Nível estratégico

- Quais foram os principais motivadores do interesse da empresa na implementação de iniciativas relacionadas a sustentabilidade?
- No planejamento estratégico atual da organização foram definidas metas relacionadas a esse tema?
- De que forma a padronização do processo de gestão de OLUC se alinha com a visão estratégica da organização?
- Descreva o processo de gestão de OLUC do ponto de vista estratégico, e quais melhorias você enxerga para ele.

b. Nível tático

- Quais são os procedimentos padrão adotados na Empresa A para manuseio, armazenamento e descarte de OLUC?
- De que maneira a eficiência operacional do processo de gestão deste tipo de resíduo é monitorada?
- Quais são os principais desafios enfrentados na busca pela execução deste processo de forma adequada?
- Como e com que frequência a equipe operacional é treinada para lidar diretamente com OLUC?
- Quais melhorias você enxerga para o processo?

c. Nível operacional

- Descreva os procedimentos aplicados na coleta, armazenamento e manuseio de OLUC.
- Como e com que frequência o time de mecânicos é treinado para lidar de maneira segura com OLUC?
- Que melhorias você enxerga para o processo?

3. Encerramento

Revise as informações coletadas e verifique se há necessidade de realizar perguntas adicionais. Caso não haja, agradeça ao entrevistado pelo tempo e participação, reforçando que você estará à disposição para receber qualquer informação adicional posteriormente, caso necessário, por meio de mensagens.

APÊNDICE B – Matriz de risco da gestão de OLUC da Empresa A.

ETAPA	FUNÇÃO	MODELO DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	CLASS.	CAUSAS POTENCIAIS	AÇÕES RECOMENDADAS
Troca de óleo lubrificante	Garantir o bom funcionamento das máquinas	Derramamento de óleo para o solo	Bioacumulação de óleo nas partículas do solo	IV	Uso de local com piso não impermeável	Buscar local adequado para a realização da troca de óleo
					Uso de local não cercado por calhas de contenção	Cobrir o local de troca de óleo com uma lona impermeável
			Aumento do risco de acidentes ocupacionais	III	Transbordo do recipiente de coleta	Cercar o local com material absorvente
						Conter o volume derramado com material absorvente
						Usar um ou mais recipientes de coleta que somem uma capacidade acima da necessária
						Notificar ao téc. em seg. do trabalho a ocorrência da contaminação

ETAPA	FUNÇÃO	MODELO DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	CLASS.	CAUSAS POTENCIAIS	AÇÕES RECOMENDADAS
Troca de óleo lubrificante	Garantir o bom funcionamento das máquinas	Derramamento de óleo para um corpo d' água	Bioacumulação de óleo nos organismos aquáticos	IV	Uso de local com piso não impermeável	<p>Buscar local adequado para a realização da troca de óleo</p> <p>Cobrir o local de troca de óleo com uma lona impermeável</p>
			Causar efeitos tóxicos prolongados ao ambiente aquático	IV	Uso de local não cercado por calhas de contenção	<p>Cercar o local com material absorvente</p> <p>Contar o volume derramado com material absorvente</p>
			Comprometimento da oxigenação do corpo aquático	III	Transbordo do recipiente de coleta	<p>Usar um ou mais recipientes de coleta que somem uma capacidade acima da necessária</p> <p>Notificar ao téc. em seg. do trabalho a ocorrência da contaminação</p>

ETAPA	FUNÇÃO	MODELO DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	CLASS.	CAUSAS POTENCIAIS	AÇÕES RECOMENDADAS
Troca de óleo lubrificante	Garantir o bom funcionamento das máquinas	Ocorrência de incêndio	Geração de grande quantidade de particulados (fuligem)	II	Uso de local próximo a fontes de calor ou de faíscas	Usar extintor de espuma para controle das chamas
			Liberação de componentes nocivos na atmosfera	II		Usar água em forma de neblina para resfriar o local
			Causar queimaduras ou outros ferimentos ao mecânico	III		Notificar ao téc. em seg. do trabalho a ocorrência do incêndio
						Buscar atendimento médico

ETAPA	FUNÇÃO	MODELO DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	CLASS.	CAUSAS POTENCIAIS	AÇÕES RECOMENDADAS
Troca de óleo lubrificante	Garantir o bom funcionamento das máquinas	Mecânico com irritação nos olhos	Danos ao sistema ocular	III	Contato prolongado dos olhos com vapores	Lavar os olhos abundantemente com água
		Formação de pústulas e pontos negros na pele do mecânico	Lesões e cicatrizes na pele	III	Contato prolongado da pele com o óleo	Lavar a pele com água e sabonete após cada contato
		Mecânico com dificuldade de respirar, dores de cabeça e inflamação dos pulmões	Danos ao trato respiratório	III	Uso de local pouco arejado Inalação prolongada de vapores	Uso de máscara semifacial com filtro contra vapores orgânicos Remover vítima para local arejado
					Uso de local pouco arejado	Uso de óculos de proteção de ampla visão
					Desenvolvimento de uma dermatose ocupacional	Usar luvas e roupa de proteção Lavar EPIs ao fim do dia de trabalho

ETAPA	FUNÇÃO	MODELO DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	CLASS.	CAUSAS POTENCIAIS	AÇÕES RECOMENDADAS
Troca de óleo lubrificante	Garantir o bom funcionamento das máquinas	Ocorrência de reação exotérmica entre o óleo e um oxidante forte	Danos à saúde ou integridade física do mecânico	III	Mistura do óleo com oxidantes fortes	Controlar a reação e descartar adequadamente os resíduos gerados
						Buscar atendimento médico
		Equipamento apresenta problemas de desempenho após troca de óleo	Inviabilização da realização da troca de óleo	III	Uso do óleo incorreto	Realizar nova troca de óleo
						Realizar substituição da máquina perdida
Falta dos insumos necessários para realização da troca de óleo	Danos à saúde ou integridade física do mecânico	III	Falha no processo de distribuição dos insumos	Buscar insumos necessários com o cliente ou em obras adjacentes		
				Solicitar novos insumos ao téc. em seg. do trabalho		
			Inviabilização da realização da troca de óleo	III	Falha em levar os insumos para o local	Suspender a manutenção e voltar ao local de obra em outra ocasião

ETAPA	FUNÇÃO	MODELO DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	CLASS.	CAUSAS POTENCIAIS	AÇÕES RECOMENDADAS
Armazen. de OLUCC	Garantir que as características originais do OLUCC sejam preservadas	Falta de reservatório	Inviabilização de armazenamento	III	Falha de comunicação entre o téc. em seg. do trabalho e o cliente	Empregar um reservatório reserva fornecido pela Empresa A
		Derramamento de OLUCC para o solo	Bioacumulação de OLUCC nas partículas do solo	IV	Uso de local com piso não impermeável	Buscar local alternativo para o armazenamento de OLUCC
					Uso de local não cercado por calhas de contenção	Verificar regularmente a presença de furos e rachaduras no reservatório
					Corrosão do reservatório de armazenamento	Conter o volume derramado com material absorvente

ETAPA	FUNÇÃO	MODELO DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	CLASS.	CAUSAS POTENCIAIS	AÇÕES RECOMENDADAS
Armazen. de OLUCC	Garantir que as características originais do OLUCC sejam preservadas	Derramamento de OLUCC para um corpo d'água	Bioacumulação de OLUCC nos organismos aquáticos	IV	Uso de local com piso não impermeável	Buscar local alternativo para o armazenamento de OLUCC
			Ocasional efeitos tóxicos prolongados ao ambiente aquático	IV	Uso de local não cercado por calhas de contenção	Verificar regularmente a presença de furos e rachaduras no reservatório de OLUCC
			Comprometimento da oxigenação do corpo aquático	IV	Corrosão do reservatório de armazenamento	Contar o volume derramado com material absorvente

ETAPA	FUNÇÃO	MODELO DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	CLASS.	CAUSAS POTENCIAIS	AÇÕES RECOMENDADAS
Armazen. de OLUUC	Garantir que as características originais do OLUUC sejam preservadas	Ocorrência de incêndio	Liberação de componentes nocivos na atmosfera	II	Uso de local próximo a fontes de calor ou de faíscas	Usar extintor de espuma para extinção das chamas
			Ocasionar queimaduras ou outros ferimentos ao mecânico	III		Usar água em forma de neblina para resfriar o local
						Notificar ao téc. em seg. do trabalho a ocorrência do incêndio
						Buscar atendimento médico

ETAPA	FUNÇÃO	MODELO DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	CLASS.	CAUSAS POTENCIAIS	AÇÕES RECOMENDADAS	
Armazen. de OLUCC	Garantir que as características originais do OLUCC sejam preservadas	Entrada de grande volume de água no reservatório	Inviabilização do envio do OLUCC para rerrefino	II	Uso de local a céu aberto	Buscar local alternativo para o armazenamento de OLUCC	
		Uso do reservatório de OLUCC vazio para outros fins	Ocorrência de reações exotérmicas entre o óleo e outras substâncias		Descuido com a vedação do reservatório	Cobrir o reservatório com uma lona impermeável	
		III	Falta de identificação do conteúdo do reservatório	Fixar um rótulo de identificação ao reservatório			Transferir volume contaminado para um separador de água e óleo

ETAPA	FUNÇÃO	MODELO DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	CLASS.	CAUSAS POTENCIAIS	AÇÕES RECOMENDADAS
Coleta de OLUCC	Garantir o encaminhamento do resíduo para a etapa de rerrefino	Falta de volume suficiente para a coleta	Gasto desnecessário com deslocamento até o local de coleta	I	Falha de comunicação entre o mecânico e o téc. em seg. do trabalho	Controlar volume de OLUCC gerado em cada local de obra através das OS
					Falha de comunicação entre o téc. em seg. do trabalho e a empresa coletora	
Acompanh. do processo	Garantir que o processo ocorra adequadamente e que haja o registro de informações relevantes	Falta de visibilidade sobre o volume de óleo utilizado e de OLUCC gerado	Dificuldade de organização da compra de óleo	I	Reporte de volumes incorretos nas OS	Investigar casos excepcionais de consumo de óleo e de geração de OLUCC
						Exigir o reporte dos volumes em cada OS
						Realizar comparação entre volumes registrados nas OS e descritos nos certif. de coleta
			Dificuldade de controle sobre o destino do OLUCC gerado	II	Falta de reporte de volumes nas OS	

ETAPA	FUNÇÃO	MODELO DE FALHA	EFEITOS POTENCIAIS	CLASS.	CAUSAS POTENCIAIS	AÇÕES RECOMENDADAS
Acompanh. do processo	Garantir que o processo ocorra adequadamente e que haja o registro de informações relevantes	Falta de visibilidade sobre ocorrência de emergências	Dificuldade de controle dos danos gerados	IV	Falha de comunicação entre o mecânico e o téc. em seg. do trabalho	Exigir o reporte de emergências nas OS
			Dificuldade de prestação de suporte ao mecânico	IV		
		Falta de visibilidade sobre acesso dos mecânicos aos insumos necessários	Dificuldade de organização da compra de novos insumos	II	Falha de comunicação entre o mecânico e o téc. em seg. do trabalho	Exigir o reporte em caso de necessidade de novos insumos
			Dificuldade de prestação de suporte ao mecânico	II		

APÊNDICE C – Ferramentas de avaliação das condições de trabalho no processo proposto.

Lista de Avaliação das Condições de Trabalho

1. Disponibilidade dos equipamentos

Verificação	Sim	Não
EPIs – Equipamentos de Proteção Individual		
Possui à disposição pelo menos uma unidade dos seguintes equipamentos?	-	-
Par de botas de PVC		
Máscara semifacial com filtro contra vapores orgânicos		
Óculos de proteção de ampla visão		
Macacão de proteção		
Estão todos limpos e em bom estado?		
Equipamentos de Prevenção de Emergências		
Possui à disposição pelo menos uma unidade dos seguintes equipamentos?	-	-
Lona impermeável		
Bacia plástica de contenção – 20 L		
Bombona plástica – 20 L		
Etiquetas de identificação de OLUC		
Estão todos limpos e em bom estado?		
Equipamentos de Mitigação de Emergências		
Possui à disposição pelo menos uma unidade dos seguintes equipamentos?	-	-
Saco de areia – 20 Kg		
Extintor de espuma mecânica – 10 L		
Sabonete líquido – 5 L		
Estão todos em bom estado?		

2. Condições de troca de óleo

Verificação	Sim	Não
Local de Troca de Óleo Lubrificante		
O local possui piso impermeável?		
Em caso negativo:	-	-
É possível utilizar outro local que não apresente esta não conformidade?		
É possível executar a tarefa em segurança sobre uma lona impermeável?		
O local é cercado por calhas de contenção?		
Em caso negativo:	-	-
É possível utilizar outro local que não apresente esta não conformidade?		
É possível cerca o local com areia?		
O local é arejado e espaçoso?		
Em caso negativo:	-	-
É possível utilizar outro local que não apresente esta não-conformidade?		
O local fica distante de fontes de calor e faíscas?		
Em caso negativo:	-	-
É possível utilizar outro local que não apresente esta não-conformidade?		
Há alguma fonte de água próxima ao local?		

3. Condições de armazenamento de OLUC

Verificação	Sim	Não
Local de Troca de Óleo Lubrificante		
O local possui piso impermeável?		
Em caso negativo:	-	-
É possível utilizar outro local que não apresente esta não conformidade?		
É possível forrar uma lona sob o recipiente de armazenamento?		
O local é cercado por calhas de contenção?		
Em caso negativo:	-	-
É possível utilizar outro local que não apresente esta não conformidade?		
É possível cerca o local com areia?		
O local é arejado e espaçoso?		
Em caso negativo:	-	-
É possível utilizar outro local que não apresente esta não-conformidade?		
O local fica distante de fontes de calor e faíscas?		
Em caso negativo:	-	-
É possível utilizar outro local que não apresente esta não-conformidade?		
O local é coberto?		
Em caso negativo:	-	-
É possível utilizar outro local que não apresente esta não-conformidade?		
É possível cobrir o recipiente com um material impermeável?		
Recipiente de Armazenamento		
Há disponível um recipiente de armazenamento?		
O recipiente disponível se encontra em bom estado?		
O recipiente disponível é feito de plástico ou metal?		
O recipiente disponível está devidamente identificado?		
O recipiente possui espaço suficiente para comportar o volume de OLUC que será gerado?		
Caso não esteja vazio, o conteúdo do recipiente parece estar livre de contaminações (grandes volumes de água ou outras substâncias)?	-	-

4. Medidas de emergência

Verificação	Sim	Não
Casos de Derramamento para Solo		
O volume derramado foi coberto com areia?		
O técnico em segurança do trabalho foi notificado?		
Casos de Mal-Estar de Indivíduos Próximos		
A vítima foi removida para local adequado?		
O técnico em segurança do trabalho foi notificado?		
Casos de Irritação Ocular		
Os olhos foram lavados abundantemente com água?		
O técnico em segurança do trabalho foi notificado?		
Casos de Contato Prolongado com a Pele		
O local afetado foi lavado com água e sabonete?		
O técnico em segurança do trabalho foi notificado?		
Casos de Reação entre Óleo Lubrificante/OLUC e Oxidantes Fortes		
A reação foi devidamente controlada?		

Os resíduos gerados foram corretamente descartados?		
Houve feridos?		
Em caso positivo:		
Os feridos foram encaminhados para atendimento médico?		
O técnico em segurança do trabalho foi notificado?		
Casos de Incêndio		
As chamas foram controladas com o extintor de espuma mecânica?		
Após controle das chamas, a temperatura do local foi reduzida com o uso de água?		
Houve feridos?		
Em caso positivo:		
Os feridos foram encaminhados para atendimento médico?		
O técnico em segurança do trabalho foi notificado?		

5. Condições de coleta de OLUC

Verificação	Sim	Não
Condições de Coleta		
Qual foi o volume de óleo lubrificante usado (aproximadamente)?		
Qual foi o volume de OLUC gerado (aproximadamente)?		
O volume de OLUC armazenado é suficiente para uma coleta (mínimo de 20 L)?		
É necessário solicitar a instalação de um separador de água óleo?		