



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

FRANCISCO GLESON DOS SANTOS MOREIRA

**PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS DE
ÓLEOS LUBRIFICANTES POR MEIO DO MÉTODO *TRAVELLING SALESMAN*
*PROBLEM***

FORTALEZA-CEARÁ
2023

FRANCISCO GLESON DOS SANTOS MOREIRA

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS DE
ÓLEOS LUBRIFICANTES POR MEIO DO MÉTODO *TRAVELLING SALESMAN*
PROBLEM

Tese de Doutorado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Hidráulica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Clécio Fontelles Thomaz

FORTALEZA-CEARÁ
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M837p Moreira, Francisco Gleson dos Santos.
Proposta de otimização de logística reversa de embalagens de óleos lubrificantes por meio do método Travelling Salesman Problem / Francisco Gleson dos Santos Moreira. – 2023.
217 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota .
Coorientação: Prof. Dr. Antônio Clécio Fontelles Thomaz.
1. Fluxo reverso. 2. Resíduos sólidos perigosos. 3. Analytic Hierarchy Process (AHP). 4. Clusterização. I. Título.

FRANCISCO GLESON DOS SANTOS MOREIRA

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS DE
ÓLEOS LUBRIFICANTES POR MEIO DO MÉTODO *TRAVELLING SALESMAN*
PROBLEM

Tese de Doutorado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Hidráulica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Aprovada em: 27/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio Clécio Fontelles Thomaz (Coorientador)
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Profª. Dra. Marisete Dantas Aquino
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Profª. Dra. Maria Josicleide Felipe Guedes
Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)

Ao meu pai, Vicente Luciano Moreira, e à minha mãe, Hermínia dos Santos Moreira, que sempre se dedicaram para que seus filhos tivessem acesso à educação.

À minha esposa, Priscilla Barbosa de Araújo Moreira, por todo amor e dedicação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por todas as maravilhas e bênçãos que tem proporcionado em minha existência.

Aos meus pais, Vicente e Hermínia, por toda dedicação, compreensão, orações e esforços diários para que eu alcance todos os meus sonhos.

Aos meus irmãos e irmãs, Euricélio, Robério, Nalva, Prescila, Inácia, Luciano, Cristina e Vanessa, que sempre torceram e me incentivaram. E, em especial, a minha irmã Maria (Dorys) por todo apoio, incentivo e dedicação.

À minha esposa, Priscilla Barbosa, por todo carinho, dedicação, incentivo e cuidado diário. Sempre foi meu refúgio, minha fortaleza, e esteve presente em cada passo dessa jornada. Jamais conseguiria se você não estivesse ao meu lado.

A Cássio Sales, meu grande amigo, pelo exemplo de persistência e determinação, e por toda atenção e incentivo.

A Osmar e Helenice, pelo incentivo, carinho, dedicação e por me acolherem como um filho.

A todos os amigos do Pós-DEHA, em especial João Dehon e Iara Duarte, pela parceria e por dividirem comigo essa jornada, alegrias, angústias e vitórias.

Aos meus orientadores, Prof. Suetônio e Prof. Clécio, por todo o apoio, disponibilidade, compreensão, carinho, ensinamentos e por terem contribuído imensamente para o meu amadurecimento acadêmico e profissional.

À banca examinadora, Profa. Marisete, Prof. Adeildo e Profa. Josicleide, pela amizade, pelas excelentes contribuições científicas e direcionamento acadêmico e profissional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.

- Theodore Roosevelt

RESUMO

O operador logístico reverso nacional das embalagens de óleo lubrificante (Instituto Jogue Limpo) tem apresentado limitações quanto a sua abrangência, efetuando prioritariamente o recolhimento desse material somente em postos autorizados e concessionários de veículos, deixando às margens do sistema de coleta inúmeros outros geradores. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo propor a otimização do fluxo reverso desses invólucros, no município de Juazeiro do Norte – CE, por meio da aplicação do Método *Travelling Salesman Problem* (TSP). Nesse sentido, inicialmente foi realizado diagnóstico da situação atual de destinação das embalagens e o mapeamento de pontos geradores desses materiais. Realizou-se ainda a seleção de área prioritária para implantação de Ponto de Entrega Voluntária (PEV) através do método multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP). A área selecionada pela AHP foi definida como ponto de partida para o sistema de recolhimento porta-a-porta de embalagens. Além disso, foram definidos três cenários para as simulações das rotas otimizadas (aplicação do método TSP) para as coletas itinerantes: cenário (i) – coleta única em todos os pontos geradores; cenário (ii) – clusterização dos geradores em dois agrupamentos, dividindo assim o município em duas regiões distintas de recolhimento; e, cenário (iii) - clusterização dos pontos mapeados em um número ideal de agrupamentos. Os resultados demonstraram que aproximadamente 51,0% dos empreendimentos realizam manutenção e/ou substituição de óleo somente em motocicletas, sendo estes, em sua grande maioria, empresas de âmbito familiar. Semanalmente são geradas e descartadas, em média, mais de 5.000 unidades de embalagens. Porém, em torno de 19,0% desses estabelecimentos ainda destinam os invólucros como resíduo comum. Quanto à escolha da área para a implantação do PEV, foi selecionado um imóvel com distância média aos pontos geradores de aproximadamente 1.890,3 m. Já o cenário (i) apresentou a menor rota otimizada, com extensão de 55.234,8 m, seguido do cenário (ii) cujo aumento na extensão total do trajeto foi de 0,35%.

Palavras-chave: fluxo reverso, resíduos sólidos perigosos, *Analytic Hierarchy Process* (AHP), clusterização.

ABSTRACT

The national reverse logistics operator for lubricating oil packaging (Instituto Jogo Limpo) has been limited in terms of its scope, primarily collecting this material only at authorized service stations and vehicle dealerships, leaving countless other generators on the margins of the collection system. Therefore, the present study aimed to propose the optimization of the reverse flow of these envelopes, in the municipality of Juazeiro do Norte - CE, through the application of the Traveling Salesman Problem Method (TSP). In this sense, a diagnosis was initially made of the current situation of packaging disposal and the mapping of generating points for these materials. A priority area was also selected for the implementation of the Voluntary Delivery Point (PEV) using the multicriteria Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The area selected by AHP was defined as the starting point for the door-to-door package collection system. In addition, three scenarios were defined for the simulations of the optimized routes (application of the TSP method) for itinerant collections: scenario (i) – single collection at all generating points; scenario (ii) – clustering of generators into two groups, thus dividing the municipality into two distinct collection regions; and, scenario (iii) - clustering of mapped points in an ideal number of clusters. The results showed that approximately 51.0% of the enterprises perform maintenance and/or oil replacement only on motorcycles, most of which are family businesses. On average, more than 5,000 packaging units are generated and discarded weekly. However, around 19.0% of these establishments still dispose of the wrappers in the common trash. As for the choice of the area for the deployment of the PEV, a property with an average distance of approximately 1,890.3 m from the generating points was selected. Scenario (i) presented the smallest optimized route, with a length of 55,234.8 m, followed by scenario (ii) whose increase in the total length of the path was 0.35%.

Keywords: reverse flow, hazardous solid waste, Analytic Hierarchy Process (AHP), clustering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma simplificado dos fluxos direto e reverso.....	29
Figura 2 - Mapa de localização das operações do Instituto Jogue Limpo no ano de 2021*	47
Figura 3 - Representação de estrutura hierárquica no método AHP	49
Figura 4 - Representação de um grafo $G = (V, A)$	54
Figura 5 - Ilustração da heurística nearest neighbor algorithm	59
Figura 6 - Exemplo de aplicação da heurística nearest insertion	61
Figura 7 - Exemplo de aplicação da heurística cheapest insertion	62
Figura 8 - Ilustração da heurística 2-Opt	62
Figura 9 - Fluxograma simplificado das etapas metodológicas desenvolvidas nesta pesquisa	64
Figura 10 - Mapa de localização do município de Juazeiro do Norte-CE.....	66
Figura 11 - Localização das áreas favoráveis à instalação de ecopontos no município de Juazeiro do Norte-CE.....	75
Figura 12 - Fluxograma de aplicação do algoritmo Travelling Salesman Problem - TSP.....	76
Figura 13 - Sede do Instituto Jogue Limpo em Fortaleza, Ceará	79
Figura 14 - Sede do Instituto Jogue Limpo em Fortaleza – CE	83
Figura 15 - Número de funcionários em prestadores de serviços de troca de óleo (com e sem revenda) em Juazeiro do Norte – CE, 2021	91
Figura 16 - Tipos de veículos atendidos nos estabelecimentos entrevistados em Juazeiro do Norte - CE, 2021.....	92
Figura 17 - Tipo de serviço prestado pelos empreendimentos em termos de troca de óleo ou revenda e troca do lubrificante em Juazeiro do Norte - CE, 2021.....	93
Figura 18 - Tempo em que as empresas atuam no mercado em Juazeiro do Norte - CE, 2021	94
Figura 19 - Conhecimento sobre Política Nacional de Resíduos Sólidos e Logística Reversa em Juazeiro do Norte - CE, 2021	95
Figura 20 - Quantidade de veículos que realizam serviço de troca de óleo lubrificante por empresa por semana em Juazeiro do Norte - CE, 2021	97
Figura 21 - Há orientação do comerciante ou distribuidor quanto ao correto manuseio do óleo?	98
Figura 22 - Forma de armazenamento do óleo usado nos estabelecimentos em Juazeiro do Norte - CE, 2021.....	99

Figura 23 - Exemplos de formas de armazenamento do OLUC em tambores e em área geral do estabelecimento em Juazeiro do Norte – CE, 2021	100
Figura 24 - Situações de derramamento de óleo em Juazeiro do Norte - CE, 2021	101
Figura 25 - Outras formas de armazenamento do OLUC em Juazeiro do Norte – CE, 2021	102
Figura 26 - Armazenamento do óleo usado em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento, inclusive resíduos comuns em Juazeiro do Norte – CE, 2021	103
Figura 27 - Armazenamento do óleo usado em tambores em Juazeiro do Norte – CE, 2021	104
Figura 28 - Destinação do óleo lubrificante usado armazenado nos estabelecimentos em Juazeiro do Norte – CE, 2021	105
Figura 29 - Quantidade de embalagens de óleo lubrificante geradas nos estabelecimentos por estabelecimento por semana (em unidades) em Juazeiro do Norte – CE, 2021	110
Figura 30 - Óleo comercializado a granel em Juazeiro do Norte – CE, 2021	111
Figura 31 - Informações sobre o gerenciamento de embalagens nos estabelecimentos em Juazeiro do Norte – CE, 2021	112
Figura 32 - Destinação dada às embalagens de óleo lubrificante em Juazeiro do Norte – CE, 2021	113
Figura 33 - Formas de recolhimento das embalagens de óleo lubrificante nos empreendimentos pelos catadores em Juazeiro do Norte – CE, 2021	114
Figura 34 - Questionamentos referentes ao licenciamento e fiscalização dos empreendimentos em Juazeiro do Norte – CE, 2021	117
Figura 35 - Disposição a armazenar e a entregar voluntariamente as embalagens usadas de óleos lubrificantes em um PEV em Juazeiro do Norte – CE, 2021	121
Figura 36 - Maior distância que os entrevistados estariam dispostos a percorrer para devolver as embalagens nos PEVs em Juazeiro do Norte – CE, 2021	122
Figura 37 - Disposição a armazenar e a entregar voluntariamente as embalagens usadas de óleos lubrificantes em sistema de coleta porta-a-porta em Juazeiro do Norte – CE, 2021	123
Figura 38 - Tempo máximo para armazenamento das embalagens nos estabelecimentos em caso de coleta itinerante em Juazeiro do Norte – CE, 2021	124
Figura 39 - Melhor alternativa para devolução das embalagens entre o Ponto de Entrega Voluntária (PEV) e a coleta porta-a-porta (CPP) em Juazeiro do Norte – CE, 2021	125
Figura 40 - Número de funcionários em estabelecimentos que somente comercializam óleo lubrificante em Juazeiro do Norte – CE, 2021	127

Figura 41 - Tempo em que as empresas atuam no mercado em Juazeiro do Norte - CE, 2021	128
Figura 42 - Quantidade de óleo lubrificante vendida pelos estabelecimentos (somente revenda) por mês em Juazeiro do Norte – CE, 2021	129
Figura 43 - Maior distância que os entrevistados estariam dispostos a percorrer para devolver as embalagens nos PEVs em Juazeiro do Norte – CE, 2021	132
Figura 44 - Tempo máximo para armazenamento das embalagens nos estabelecimentos em caso de coleta itinerante em Juazeiro do Norte – CE, 2021	133
Figura 45 - Melhor alternativa para devolução das embalagens entre o Ponto de Entrega Voluntária (PEV) e a coleta porta-a-porta (CPP) em Juazeiro do Norte – CE, 2021.....	134
Figura 46 - Representação da estrutura hierárquica para avaliação e seleção de área para instalação de ecoponto no município de Juazeiro do Norte-CE.....	137
Figura 47 - Resumo da aplicação do método AHP no software SuperDecisions®	141
Figura 48 - Distribuição dos Pontos Individuais de Coleta nos cluster K2-G1 e K2-G2 no cenário (ii). Juazeiro do Norte – CE.....	145
Figura 49 - Número ótimo de clusters para o conjunto de dados	146
Figura 50 - Resumo dos resultados para seleção do número ótimo de clusters conforme Charrad et al. (2014).....	147
Figura 51 - Representação das distribuições dos PICs nos seis clusters gerados para o cenário (iii)	149
Figura 52 - Matrizes de distâncias calculadas para o cenário (iii): (a) cluster K6-G2; (b) cluster K6-G4	151
Figura 53 - Ilustração da rota otimizada para o cenário (i)	156
Figura 54 - Ilustração das rotas otimizadas para o cenário (ii).....	156
Figura 55 - Ilustração das rotas otimizadas para o cenário (iii).....	157

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese das atribuições dos diferentes membros da cadeia de suprimento	36
Quadro 2 - Instrumentos para implantação e operacionalização de sistemas de logística reversa	38
Quadro 3 - Etapas de implantação do sistema de logística reversa de embalagens de óleo lubrificante.....	40
Quadro 4 - Síntese das responsabilidades dos diversos agentes no sistema de logística reversa de embalagens de óleo lubrificante	41
Quadro 5 - Metas estruturantes para implantação do sistema de logística reversa de embalagens plásticas de óleo lubrificante no Estado do Ceará	43
Quadro 6 - Histórico de atuação do Instituto Jogue Limpo.....	44
Quadro 7 - A escala fundamental dos números absolutos.....	50
Quadro 8 - Especificação dos questionários aplicados na pesquisa	69
Quadro 9 - Sequência de entrevistas/aplicação dos questionários da pesquisa.....	72
Quadro 10 - Dados da entrevista com o representante do Instituto Jogue Limpo em Fortaleza, Ceará.....	80
Quadro 11 - Dados das entrevistas com os Órgãos Estadual e Municipal de Meio Ambiente	85
Quadro 12 - Resumo dos questionamentos das entrevistas com comerciantes (somente revenda - autopeças e motopeças) não cadastrados no Instituto Jogue Limpo em Juazeiro do Norte – CE, 2021	129
Quadro 13 - Distribuição dos dados clusterizados para $K = 2$ - Cenário (ii)	143
Quadro 14 - Distribuição dos dados clusterizados para $K=6$ - Cenário (iii)	148
Quadro 15 - Rotas de coletas otimizadas para cada um dos clusters dos cenários (i), (ii) e (iii)	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelo de matriz de comparação par a par	50
Tabela 2 - Valores do Índice de Consistência Aleatória (RI).....	53
Tabela 3 - Evolução da frota de veículos automotores entre os anos de 2013 e 2019	68
Tabela 4 - Dados das áreas propostas para implantação de ecopontos no município de Juazeiro do Norte-CE.....	136
Tabela 5 - Matriz de julgamento dos critérios	138
Tabela 6 - Matriz normalizada de julgamento dos critérios e Vetor Prioridade dos critérios	138
Tabela 7 - Resultados da análise de consistência do julgamento dos critérios	138
Tabela 8 - Matriz de julgamento das alternativas com relação ao critério “Distância média aos pontos geradores (m)”	139
Tabela 9 - Matriz de julgamento das alternativas com relação ao critério “Vias de acesso” .	139
Tabela 10 - Matriz de julgamento das alternativas com relação ao critério “Distância a núcleo habitacional (m)”	140
Tabela 11 - Matriz prioridade das alternativas, Vetor Prioridade dos critérios e ranking das alternativas.....	140
Tabela 12 - Matrizes de distâncias geradas a partir dos dados do mapeamento dos pontos geradores de embalagens de óleos lubrificantes.....	150
Tabela 13 - Extensões das rotas calculadas por diferentes heurísticas na resolução do algoritmo TSP	152
Tabela 14 - Resumo das extensões das rotas para cada cluster e para cada cenário	153

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AMAJU	Autarquia Municipal de Juazeiro do Norte
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASW	<i>Average Silhouette Width</i>
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CE	Estado do Ceará
CGIRS Cariri	Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Cariri
CI	Índice de Consistência
CNC	Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CR	Razão de Consistência
D.O.U	Diário Oficial da União
EOL	Embalagens de Óleo Lubrificante
FECOMBUSTÍVEIS	Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e Lubrificantes
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
g	Gramas
GEE	Gases de Efeito Estufa
HAP	Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares
IJL	Instituto Jogue Limpo
LAC	Licença Ambiental por Adesão e Compromisso
LO	Licença de Operação
LR	Logística Reversa
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
OL	Óleos Lubrificantes
OLUC	Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PIC	Pontos Individuais de Coleta
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP	Polipropileno
PPD	Potencial Poluidor-Degradador
RCC	Resíduos da Construção Civil
RI	Índice de Consistência Aleatória
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SEMATUR	Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo
SINDICOM	Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes
SINDILUB	e Sindicato Interestadual do Comércio de Lubrificantes
SindiTRR	Sindicato Nacional do Comércio Transportador-Revendedor-Retalhista de Combustíveis
SIMEPETRO	Sindicato Interestadual das Indústrias Misturadoras e Envasilhadoras de Produtos Derivados de Petróleo
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
TI	Tecnologia da Informação
TSP	<i>Travelling Salesman Problem</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	19
1.1	OBJETIVOS	21
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	21
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	22
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	Óleo lubrificante e suas embalagens	23
2.2	Logística reversa	26
2.2.1	<i>Definição</i>	26
2.2.2	<i>Fluxo reverso</i>	28
2.2.3	<i>Fatores para adoção da logística reversa</i>	30
2.2.4	<i>Benefícios da implantação da logística reversa</i>	32
2.2.5	<i>Desafios e dificuldades para a implantação da logística reversa</i>	33
2.2.6	<i>Aspectos legais e institucionais da logística reversa</i>	34
2.3	Acordo setorial firmado em âmbito nacional	39
2.4	Termo de compromisso assinado no Estado do Ceará	42
2.5	Instituto Jogue Limpo	43
2.6	Método Analytic Hierarchy Process (AHP)	48
2.7	O Problema do Caixeiro Viajante (<i>The Traveling Salesman Problem</i>)	53
2.7.1	<i>Formulação matemática do TSP</i>	56
2.7.2	<i>Métodos heurísticos</i>	57
3	METODOLOGIA	64
3.1	Descrição da área de estudo	64
3.2	Frota de veículos no município de Juazeiro do Norte	67
3.3	Classificação da pesquisa	68
3.4	Elaboração dos questionários	69
3.5	Tamanho da amostra e método de coleta das informações	70
3.6	Definição/seleção de área prioritária para implantação de ponto de entrega voluntária no município	72
3.7	Otimização da rota de coleta porta-a-porta das embalagens de óleo lubrificante	76

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
4.1	Questionário aplicado ao Instituto Jogue Limpo	79
4.2	Questionário aplicado aos Órgãos Ambientais	85
4.2.1	<i>Perspectiva de implantação do aterro sanitário consorciado na Região Metropolitana do Cariri</i>	89
4.2.2	<i>Exigência de licenciamento ambiental para estabelecimentos que realizam serviços de substituição do óleo lubrificante usado</i>	90
4.3	Questionário aplicado aos prestadores de serviço de troca de óleo (com e sem revenda) não cadastrados no Instituto Jogue Limpo	91
4.3.1	<i>Perfil geral dos estabelecimentos</i>	91
4.3.2	<i>Gerenciamento de óleo lubrificante nos estabelecimentos</i>	96
4.4	Gerenciamento de embalagens de óleos lubrificantes nos estabelecimentos	109
4.4.1	<i>Aspectos relacionados ao licenciamento e fiscalização dos empreendimentos</i>	117
4.4.2	<i>Aspectos relacionados à implantação de um sistema de logística reversa para as embalagens usadas de óleos lubrificantes</i>	120
4.5	Questionário aplicado aos comerciantes (somente revenda) não cadastrados no Instituto Jogue Limpo	126
4.5.1	<i>Perfil geral dos estabelecimentos</i>	126
4.5.2	<i>Aspectos relacionados à implantação de um sistema de logística reversa para as embalagens usadas de óleos lubrificantes</i>	131
4.6	Desafios à implantação da logística reversa	134
4.7	Seleção de área para implantação de ecoponto	135
4.7.1	<i>Julgamento dos critérios</i>	137
4.7.2	<i>Julgamento das alternativas</i>	139
4.7.3	<i>Ranqueamento das alternativas</i>	140
4.8	Clusterização	143
4.8.1	<i>Clusterização cenário (ii)</i>	143
4.8.2	<i>Clusterização cenário (iii)</i>	146
4.9	Matrizes de distâncias	150
4.10	Simulação das rotas otimizadas - Algoritmo TSP	152

5 CONCLUSÕES	161
5.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	162
REFERÊNCIAS	164
APÊNDICES	190

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Entre os anos de 2013 e 2019, a frota de veículos automotores aumentou 21,86% no Brasil e 27,24% no Estado do Ceará (BRASIL, 2020b). Esse crescimento, ao longo dos anos, demanda serviços de reparo e manutenção que tem como consequência a geração de resíduos líquidos e sólidos, entre eles, o óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC) e as embalagens de óleo lubrificante (EOL). Esses resíduos, quando manejados e dispostos de forma inadequada, possuem elevado potencial de poluição ambiental, podendo oferecer riscos de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, do solo e do ar (devido a queima, por exemplo).

Nesse sentido, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010), preconiza que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens são obrigados a estruturar e implementar sistemas de Logística Reversa (LR), mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos.

Os óleos lubrificantes (OL) estão entre os produtos que possuem melhor estruturação da cadeia reversa (SCHUELTER; FERNANDES; TAGLIALENHA, 2016). Esse fato pode estar associado ao estabelecimento de legislação específica e sua consolidação ao longo do tempo, a exemplo da Resolução CONAMA nº 009 (BRASIL, 1993) revogada pela CONAMA nº 362 (BRASIL, 2005), e esta alterada pela CONAMA nº 450 (BRASIL, 2012a). Ressalta-se que a CONAMA nº 362 (BRASIL, 2005) dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.

Diferentemente do OLUC, a obrigatoriedade de proceder a coleta e a destinação final ambientalmente adequada das embalagens de óleo lubrificante está pautada somente na PNRS, o que torna esse processo incipiente no âmbito da gestão de resíduos sólidos. Nesse contexto, no ano de 2012, foi assinado entre o Ministério do Meio Ambiente e os representantes de empresas fabricantes ou importadoras de óleo lubrificante, o Acordo Setorial para implantação do Sistema de Logística Reversa de Embalagens Plásticas desse resíduo. Trata-se do primeiro sistema de LR instituído nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (SINIR, 2020).

Diante disso, o Instituto Jogue Limpo (IJL), associação de empresas fabricantes ou importadoras de óleo lubrificante, foi designado como entidade gestora da LR dos recipientes

de OL em todo o país, sendo responsável por proceder a coleta e destinação ambientalmente adequada das embalagens. Conforme dados do Instituto Jogue Limpo (2019), no Brasil, na área de atuação do IJL, foram comercializadas, em 2019, aproximadamente, 19.668 t de embalagens de OL, das quais 25,6% foram coletadas pela entidade. Já no Estado do Ceará foram 462 t de embalagens plásticas comercializadas e, aproximadamente, 26,4% foram recolhidas.

Nesse contexto, embora o IJL atenda 183 municípios cearenses, com um total de 1.160 pontos geradores cadastrados, aproximadamente 76,5% dos municípios apresentaram coleta zero no ano de 2019 (IJL, 2019). Esse fato não é condizente com a realidade, tendo em vista que a frota de veículos está presente em todos os municípios cearenses e, portanto, necessitam de manutenções periódicas, o que implica troca de óleo e geração de resíduos plásticos. Assim, as embalagens, ao não serem coletadas pelo Instituto, principalmente nos municípios de pequeno porte, podem estar sendo destinadas inadequadamente, o que agrava os problemas ambientais.

Apesar de importante iniciativa, estratégias de marketing supervalorizam o Programa Jogue Limpo, criando uma falsa impressão de que essa cadeia produtiva cumpre plenamente seus deveres frente às disposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos, conforme Lei Federal 12.305/2010 (MARTINS et al., 2020). Esse quadro demonstra a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que visem a melhoria do processo de LR de embalagens de óleo lubrificante, a fim de elevar sua abrangência e eficiência. Nesse contexto, foi observado que na literatura técnica os estudos sobre OLUC e EOL ainda são escassos e concentram-se apenas em identificar o gerenciamento e a destinação desses resíduos, não apresentando propostas para melhoria/otimização do processo de logística reversa.

Nesse sentido, Müller, Presrlak e Bertolini (2016) realizaram um diagnóstico de resíduos gerados em uma oficina mecânica em Cascavel - PR, analisando os tipos, as formas de armazenamento, a periodicidade de geração e a destinação final. Já Pacheco, Finger e Sousa (2016), por meio de um estudo de caso, analisaram as práticas e controles aplicados à logística reversa de óleo lubrificante em uma empresa prestadora de serviços de instalação de motores estacionários em Porto Alegre - RS. E Tsambe et al. (2017) avaliaram o estágio atual do sistema de gerenciamento do Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado (OLUC), discutiram a legislação vigente para o setor e as tecnologias usadas para o reaproveitamento do OLUC. No entanto, Demajorovic e Sencovici (2015), diferentemente das demais pesquisas, realizaram 16 entrevistas com representantes da cadeia direta e discutiram os principais desafios e

perspectivas para a implantação da logística reversa do óleo lubrificante e suas embalagens no Brasil.

Em contrapartida, nos últimos anos pesquisadores têm utilizado metodologias e modelos para melhoria do processo logístico reverso de diferentes tipos de resíduos. Silva (2015) utilizou a metodologia multicritério “Análise Envoltória de Dados (DEA)” na otimização de um modelo de logística reversa de pneus inservíveis para Fortaleza-CE. Feitosa (2016) empregou “Programação Linear” para otimização da Logística Reversa de medicamentos vencidos e em desuso no município de Fortaleza-CE. Silva (2018) utilizou o método multicritério “*Analytic Hierarchy Process (AHP)*” para desenvolver um modelo de logística reversa para embalagens vazias de agrotóxico na bacia hidrográfica do Jaguaribe-CE. Meneses (2018) propôs um modelo de otimização baseado em “Programação Linear Inteira Mista” para fornecer apoio às decisões estratégicas relacionadas ao planejamento da logística reversa de pneus inservíveis no contexto brasileiro.

No entanto, não foi verificada na literatura estudos que abordem o método *Travelling Salesman Problem (TSP)* aplicado ao processo logístico reverso de resíduos sólidos, o que demonstra ser uma área ainda pouco explorada e que necessita de investigações para seu aprofundamento. Diante disso, esta pesquisa tem a proposta de aprimorar o processo de fluxo reverso de embalagens de óleo lubrificante por meio da aplicação do método TSP para otimização de rotas de coleta itinerante de EOL e do uso do método multicritério *Analytic Hierarchy Process (AHP)* visando a definição de área prioritária para alocação de Ponto de Entrega Voluntária (PEV), tendo como campo de estudo o município de Juazeiro do Norte - CE.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Propor a otimização do fluxo reverso de invólucros de embalagens de óleos lubrificantes no município de Juazeiro do Norte-CE por meio da aplicação do Método *Travelling Salesman Problem*.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar diagnóstico da situação atual do sistema de logística reversa de embalagens de óleos lubrificantes no município de Juazeiro do Norte-CE.
- Identificar os desafios à implantação do sistema de logística reversa das embalagens de óleos lubrificantes no município.
- Selecionar a melhor localização para implantação de ponto de entrega voluntária de embalagens de óleos lubrificantes.
- Determinar rotas ótimas de coletas de embalagens de óleos lubrificantes para maior eficiência e redução de custos de transporte.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Óleo lubrificante e suas embalagens

O crescimento considerável da indústria automobilística nos últimos anos tem impulsionado o progresso de diversas outras, a exemplo das produtoras de óleo de motor (ESFE et al., 2019). Os óleos são os fluidos mais utilizados para lubrificação e resfriamento (GOODARZI et al., 2019), em quase todos os veículos e máquinas. Esses produtos desempenham um duplo papel na transferência de calor e na redução de atrito, diminuindo o calor gerado nos motores de combustão interna (MOHAMMED et al., 2013). Segundo Vazquez-Duhalt (1989), após os processos de refino de petróleo, vários produtos, principalmente combustíveis e óleos base lubrificantes, são obtidos. Os óleos básicos são misturas muito complexas de hidrocarbonetos. Para Yoshiie et al. (2012), esses óleos são produtos de hidrocarbonetos de alta qualidade e alto valor agregado, com um número uniforme de carbonos e estruturas moleculares.

O principal ingrediente do óleo lubrificante é o óleo base, que é refinado a partir de petróleo bruto ou sintetizado em laboratório. O produto base é misturado com aditivos para aumentar a capacidade do óleo de atuar como uma camada entre as superfícies de contato (MOHAMMED et al., 2013). Conforme Vazquez-Duhalt (1989), a composição química dos óleos lubrificantes, como em todos os outros produtos derivados do petróleo, varia com a fonte de petróleo bruto, o processo de refino e os aditivos presentes. A tecnologia usada na fabricação dos diferentes óleos lubrificantes é específica para cada empresa comercial. Além disso, o tipo e a quantidade de aditivos são determinados por utilização futura e por patente comercial.

Normalmente, os óleos lubrificantes têm uma vida útil limitada. Seu desempenho se deteriora à medida que os aditivos se degradam ou se contaminam. Durante a operação do motor, a temperatura do óleo aumenta, causando degradação e alterações nas propriedades importantes como densidade, viscosidade, etc. Independentemente dessas variações em suas características, fragmentos de metal (decorrentes dos desgastes de peças) também são depositados no fluido. Assim, com o passar do tempo, esse líquido perde suas propriedades funcionais e embora a filtragem em linha e/ou suplementos de aditivos possam prolongar sua vida útil, eventualmente os lubrificantes degradam a um ponto em que devem ser substituídos (GRAZIANO; DANIELS, 1995; SALEM; SALEM; BABAEI, 2015; AKBIYIK; KAHRAMAN; TANER, 2022).

Este material substituído é classificado como resíduo sólido perigoso em virtude de sua toxicidade (PACHECO; FINGER; SOUZA, 2016). De acordo com Vazquez-duhalt (1989), o óleo de motor usado é um produto poluente muito perigoso. Contém Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares (HAP) e altos níveis de metais pesados. Os HAP são bem conhecidos por sua alta carcinogenicidade. Quantidades consideráveis de metais pesados, como Pb, Zn, Cu, Cr, Ni e Cd, estão contidas no óleo usado do cárter; esses metais são altamente tóxicos para os organismos e, conforme Kanokkantapong et al. (2009), para o meio ambiente.

Além disso, um litro de óleo usado é suficiente para contaminar um milhão de litros de água e o óleo derramado no solo afeta a sua fertilidade (LEI; WU, 2011; CHAN; CHAN; JAIN, 2012). Dificuldades também surgem durante o tratamento da água, pois o óleo não é facilmente removido pelos métodos de tratamento convencionais (KANOKKANTAPONG et al., 2009), uma vez que esse fluido é hidrofóbico e apresenta uma afinidade muito baixa com a água (CHENG et al., 2019). Dessa forma, o gerenciamento adequado de óleo usado em todas as etapas do uso (geração, coleta, processamento e uso final) se torna essencial para minimizar possíveis impactos adversos (EL-FADEL; KHOURY, 2001).

Os óleos lubrificantes usados ou contaminados (OLUC) representam um risco de contaminação ambiental, sendo classificados como resíduos perigosos (Classe I) segundo a norma brasileira NBR 10.004/2004. Assim, as embalagens plásticas desses produtos são classificadas de forma similar e devem ter destinação ambientalmente adequada (BRASIL, 2011; JOBERT JR.; SILVA; MARQUES, 2015). Nesse contexto, essa periculosidade induz a conscientização de que o descarte como resíduo comum é uma prática que deve ser abolida, pela possibilidade de causar danos ao meio ambiente e à saúde pública (FIESP, 2007).

As embalagens de óleos lubrificantes são feitas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) (BRASIL, 2011), que é a segunda resina mais reciclada no mundo. Além do PEAD (corpo da embalagem), faz parte da embalagem plástica sua tampa, que é formada pelo polímero sintético polipropileno (PP) (FIESP, 2007). Esses materiais não se decompõem rapidamente, a exemplo de materiais orgânicos, e ocupam muito espaço, por isso são hostis ao meio ambiente (PAYDAR; OLFATI, 2018).

Segundo Wu e Lei (2011), mais de 3 bilhões de embalagens de óleo de motor de PEAD são usados todos os anos nos Estados Unidos, representando cerca de 150.000 toneladas de invólucros anualmente; e muitos outros também são produzidos em diversos países. Em média, cada recipiente descartado é contaminado com cerca de 20 g de óleo de motor, presente

como líquido a granel e como revestimento do interior do invólucro. Esse óleo residual não é apenas um contaminante ambiental em si; mas também tipicamente impede a reutilização dos recipientes para outros fins. De fato, a maioria dos programas de reciclagem de plástico não aceita recipientes vazios de óleo de motor.

De acordo com FIESP (2007), os postos de combustíveis, concessionárias de veículos, áreas de manutenção de empresas, aeroportos, reparação automotiva, entre outros, geram diariamente embalagens plásticas e baldes metálicos usados, contendo pequena quantidade de óleo e aditivos aderidos em suas paredes. Essas embalagens plásticas são, em sua grande maioria, descartadas como resíduo comum, pois a presença do óleo residual dificulta o processo de reciclagem convencional do plástico, causando deformidade e odor de óleo queimado na peça final.

As embalagens de óleo de motor são tipicamente de PEAD, que se presta bem à reciclagem se estiver suficientemente limpo. Tradicionalmente, é difícil reciclar plástico contaminado com óleo. A remoção desse líquido do plástico tem sido difícil, cara e propensa a criar subprodutos de resíduos adicionais (SMITH et al., 1998). Apesar das dificuldades, os processos de reciclagem se inserem como alternativa ambientalmente adequada (MARTINS et al., 2015). No Brasil as empresas utilizam como matéria-prima o material plástico contaminado e, por conseguinte, incluem em seus processos etapas de lavagem e secagem, com consumo de grandes quantidades de água e energia, além do aumento significativo do volume de efluentes a ser tratado (MARTINS et al., 2016).

Por outro lado, são várias as formas de tratamento e disposição final que podem ser aplicadas às embalagens plásticas usadas contendo óleos lubrificantes. Entre as principais podem ser citadas: a reciclagem, a incineração para fins de recuperação energética, o coprocessamento ou a disposição final em aterros (FIESP, 2007). No entanto, segundo Lei e Wu (2011), eliminar o despejo de plásticos contaminados com óleo de motor em aterros sanitários tem sido o objetivo de quase todos os governos municipais. Nesse sentido, a reciclagem desses materiais não apenas os remove do fluxo de resíduos, mas também tem o benefício adicional de impedir que os vazamentos das embalagens contaminem outros materiais recicláveis.

Cabe salientar que dificuldades em relação à obtenção e à segregação de insumo útil de boa qualidade e a falta de incentivo fiscal à reciclagem estão entre os principais impeditivos para que a reciclagem de resíduos plásticos pós-consumo se torne um negócio

rentável e para que, conseqüentemente, aconteça o crescimento desse mercado (MARTINS et al., 2020). No entanto, de acordo com Silva, Damasceno e Kawamoto Júnior (2017), o fato de haver atualmente inovação em embalagens ambientalmente sustentáveis não é suficiente se não houver, acima de tudo, uma política de gestão de resíduos que garanta o rastreamento das embalagens ao longo da cadeia de consumo e o retorno pós-consumo. Essa gestão só é possível a partir do envolvimento dos responsáveis pela cadeia de suprimentos que hoje é chamada de logística reversa.

2.2 Logística reversa

2.2.1 Definição

A reutilização de produtos e materiais não é um fenômeno novo. Corretores de sucata de metal, reciclagem de papel usado e sistemas de depósito para garrafas de refrigerantes são exemplos que existem há muito tempo. Nesses casos, a recuperação dos produtos usados é economicamente mais atraente do que o descarte (FLEISCHMANN et al., 1997). Diante disso, a logística reversa vem despertando particular interesse para a comunidade acadêmica e também para a indústria desde 1982. Atualmente, observa-se um interesse crescente do conceito, devido ao fato de que o modelo de “economia linear” de “tomar, fazer, consumir, descartar” tornou-se obsoleto (KOSACKA-OLEJNIK; WERNER-LEWANDOWSKA, 2020).

O potencial da logística reversa é hoje amplamente reconhecido e passou a fazer parte das agendas ambientais de governos e empresas (GUARNIERI; SILVA; VIEIRA, 2020). À medida que os governos de vários países aumentam seu apoio à LR, mais e mais fabricantes estão percebendo que esse fluxo pode trazer riqueza para os negócios por meio da redução de custos operacionais e criação de uma imagem verde (SONG; MA; CHEN, 2021).

Um sistema de logística inversa integra uma cadeia de suprimento que foi redesenhada para gerenciar o fluxo de produtos ou peças destinadas para acondicionamento, reciclagem ou eliminação, e para utilizar os recursos de forma eficaz (DOWLATSHAHI, 2000). O objetivo da logística reversa é recuperar seu valor, aumentar o uso de recursos, minimizar a poluição e alcançar o desenvolvimento humano e ambiental coordenado e sustentável, tratamento e reciclagem de produtos ou embalagens não qualificados e outros resíduos (WU, 2022).

A logística reversa pode então ser definida como o gerenciamento do fluxo de produtos, materiais e/ou resíduos desde o ponto de consumo (o cliente ou o consumidor final) até a origem (o fabricante) (THÜRER et al., 2019). Assim, de acordo com Rogers e Tibben-Lembke (2001), a LR pode ser definida como o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e econômico de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas do ponto de consumo ao ponto de origem com o objetivo de recuperar ou criar valor ou promover o descarte adequado.

Em outras palavras, a LR refere-se à gestão de todo fluxo contrário ao canal de distribuição convencional, com a intenção de promover a revalorização dos produtos, a fim de facilitar sua reinserção no mercado, seu descarte adequado ou seu reuso (MOTA et al., 2015). A logística reversa tem por princípio o resgate de bens materiais que seriam lançados sem qualquer cuidado na natureza, trazendo-os de volta à cadeia de distribuição das empresas (BERNARDO et al., 2015) e contribuindo para viabilizar a revalorização dos produtos obsoletos (GALVÃO; BRENZAN; OLIVEIRA, 2016).

Tratar sobre logística reversa significa, assim, pensar nas operações logísticas debruçando-se na preservação das riquezas naturais enquanto matérias-primas não renováveis e no meio ambiente quanto à absorção de resíduos, sem desconsiderar a viabilidade econômica, hegemônica num sistema capitalista (FONTES; MORAES, 2015). Acredita-se que a logística reversa seja uma das etapas mais importantes para a economia circular e o desenvolvimento sustentável (YU; SOLVANG, 2018). Dowlatshahi (2000) descreve que por meio da LR, os objetivos do desenvolvimento sustentável podem ser alcançados e, portanto, a conservação do meio ambiente e a obtenção de lucros são complementares.

Já Yu e Solvang (2018) relatam que, por outro lado, atividades de recuperação e operações inadequadas podem reduzir os benefícios econômicos e, ao mesmo tempo, impor grandes riscos ambientais aos trabalhadores e residentes locais. Assim, para melhorar a sustentabilidade, não apenas os benefícios econômicos, mas também as demais dimensões do desenvolvimento sustentável devem ser levadas em consideração na tomada de decisão das atividades de logística reversa.

Portanto, o setor de logística precisa mudar o modo tradicional de desenvolvimento e deve tentar alcançar o desenvolvimento sustentável, equalizando a logística reversa com a logística direta e nivelando os benefícios ambientais com os benefícios econômicos (SUN, 2017). Nesse sentido, a LR deve ser tratada como outro negócio, com metas, objetivos, recursos

de TI, individuais, além de pessoal específico e responsável pela execução e desenvolvimento. Mesmo assim, muitas empresas ainda não implementam devido a dificuldades ou até mesmo por desinteresse (BUONO; DIAS; BRAGA JÚNIOR, 2017).

2.2.2 *Fluxo reverso*

Em contraste com a logística direta, que trata do fluxo de bens e serviços do ponto de origem ao ponto de consumo, a logística reversa refere-se a princípios e práticas para gerenciar o fluxo de estoque excedente na forma de material, bens ou equipamentos de volta através da cadeia de suprimentos (para reutilização, revenda, reciclagem ou descarte) (ANGELUS; ÖZER, 2021).

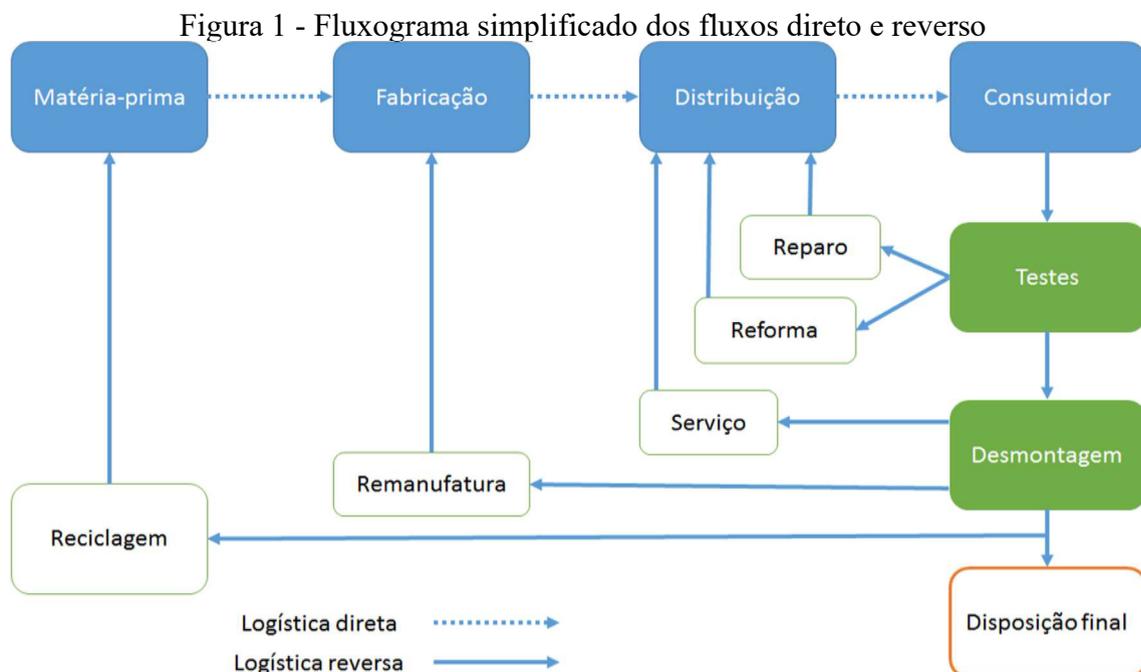
Segundo Tibben-Lembke (2002), à medida que esse fluxo reverso chega, a empresa deve determinar o que fazer com cada item (como deve ser “descartado”). Para fazer isso, a empresa precisa primeiro identificar o que é cada item (muitos produtos devolvidos não têm embalagem original), determinar sua condição, descobrir se esse item pode ser vendido como novo ou enviado de volta a um fornecedor ou não, e depois decidir para onde o item deve ser enviado (vendido para um corretor, reciclado ou aterrado).

Nesse contexto, a logística reversa inclui todas as atividades associadas à coleta, inspeção, reprocessamento, redistribuição e descarte de itens após a venda original (SERRATO; RYAN; GAYTÁN, 2007). Conforme descrito por Akdoğan e Coşkun (2012), as práticas de logística reversa podem ser classificadas como:

- a) Reutilização direta: os produtos devolvidos podem ser reutilizados sem nenhum processo de transformação, mas com uma leve limpeza e reparo limitado. Exemplos: meios de transporte, paletes, recipientes, garrafas, caixas, etc.
- b) Reparação: os produtos são devolvidos pelo consumidor/usuário ao fabricante, e posteriormente os recebem de volta em funcionamento. Nesse sentido, o produtor corrige ou substitui as peças quebradas, se necessário. Essa prática requer um esforço limitado e, geralmente, os produtos reparados têm menor qualidade que os produtos novos.
- c) Recondicionamento: os produtos devolvidos são conduzidos a um nível de qualidade especificado. O produto é desmontado em módulos e após a inspeção desses, são consertados ou substituídos. Após o processo, a qualidade do item é substancialmente melhorada.

- d) Remanufatura: os produtos devolvidos são cuidadosamente inspecionados, desmontados e as peças quebradas ou desatualizadas são substituídas por novas. O objetivo, no final do processo, é elevar os padrões de qualidade comparáveis a itens novos.
- e) Canibalização: o objetivo é recuperar partes limitadas de produtos usados que são reutilizados em outras atividades de logística reversa, tais como reparação, reforma e remanufatura. Não existe um padrão de qualidade rigoroso para essa prática, depende do processo em que as peças serão reutilizadas.
- f) Reciclagem: nesse processo, os materiais são utilizados na produção de novas peças, portanto, a identidade e a funcionalidade dos itens devolvidos são perdidas.
- g) Incineração e aterro: incinerar ou aterrar os produtos retornados deve ser considerada a última alternativa devido à capacidade limitada dos depósitos de rejeitos.

Na Figura 1 é apresentado um fluxograma simplificado dos fluxos direto e reverso em uma cadeia de suprimentos.



Fonte: Adaptado de Zarbakhshnia et al. (2020).

Segundo Fontes e Moraes (2015), a logística reversa está diretamente envolvida com processos de redução, reúso e reciclagem, tentando minimizar, o quanto possível, a

quantidade de rejeitos a ser disposta em aterros sanitários. A LR preza pelo trabalho de retorno da estrutura física dos produtos ou de suas embalagens, associada a um fluxo informacional permanente em que as empresas e consumidores estejam comprometidos em criar canais de seleção, reúso e reciclagem dos materiais após o seu consumo.

Nesse contexto, a LR é responsabilidade conjunta de produtores e consumidores de minimizar a geração de resíduos por meio de reutilização, remanufatura, reciclagem e descarte adequado de itens indesejados, a fim de aumentar a capacidade de absorção e regeneração do planeta, contribuindo para questões de sustentabilidade e economia circular (BOUZON; GOVINDAN; RODRIGUEZ, 2015). Nesse caso, o esgotamento de recursos, as preocupações ambientais, os custos crescentes do aterro e as políticas substanciais de retorno dos varejistas levaram à crescente importância atribuída à LR pelos produtores e seus *stakeholders* em todo o mundo (BOUZON et al., 2016).

2.2.3 Fatores para adoção da logística reversa

As motivações para implantação da LR por parte das empresas estão, em geral, fundamentadas em três eixos: ambiental, financeiro e legal (COUTO; LANGE, 2017). Apesar da logística reversa poder influenciar drasticamente as finanças da empresa e as relações com os clientes, muitas vezes é negligenciada e o valor estratégico menosprezado (AUTRY; DAUGHERTY; GLENN, 2001).

Contudo, pode-se atribuir significativa importância às legislações ambientais, pois são úteis em induzir a sociedade, de modo geral, na mudança para comportamento ambientalmente responsável (GALVÃO; BRENZAN; OLIVEIRA, 2016). A legislação existente tem impulsionado o desenvolvimento da LR, tanto na Europa como no Brasil, levando os setores produtivos a rever os ciclos de vida de seus produtos e a estruturar seus sistemas de logística reversa. Esse tipo de motivação, em geral, pode levar à operacionalização cooperada entre diferentes elos da cadeia produtiva (COUTO; LANGE, 2017).

Para Schuelter, Fernandes e Taglialha (2016), as organizações, motivadas por questões ambientais, vêm se tornando obrigadas pelas legislações atuais a gerenciar o fluxo reverso de seus produtos. Dessa forma, assim como os pesquisadores da área, o mercado atual vem dando cada vez mais importância para a logística reversa, principalmente por ter se transformado em uma área estratégica. Já Tibben-Lembke (1998) afirma que embora a

motivação regulatória para a logística reversa permaneça presente e possa aumentar, o fator que continuará motivando muitos sistemas de LR será o benefício econômico que poderá ser obtido.

Conforme Phochanikorn, Tan e Chen (2020), regulamentos ambientais rigorosos e reduções dramáticas nos recursos de matéria-prima impulsionaram as necessidades de adoção de LR em vários setores. Embora algumas empresas percebam a LR como uma ferramenta potencial para aumentar a competitividade e tenham-na implementado em suas cadeias de suprimentos, muitas ainda focam apenas na cadeia de suprimentos direta, que é a principal unidade de geração de receita.

Segundo Govindan e Bouzon (2018), identificar e compreender as razões para a implementação da LR é um passo importante para obter competitividade. Assim, os autores destacam como principais fatores: (i) a pressão regulatória; (ii) consumismo verde (preocupação ambiental dos consumidores); (iii) viabilidade econômica (as empresas não realizarão práticas de devolução de produtos, a menos que a LR possa melhorar a eficiência econômica); (iv) pressão de cidadania corporativa; (v) recuperação de valor (a LR permite recuperar o valor de peças de reposição); (vi) marketing verde; (vii) cooperação e integração com parceiros da cadeia de suprimentos; (viii) vantagem competitiva; (ix) satisfação do cliente; (x) sustentabilidade a longo prazo; (xi) redução no consumo de matéria-prima e custo de disposição de resíduos; (xii) design ecológico; (xiii) consciência e comprometimento da alta gerência; (xiv) pressões dos concorrentes para adotar iniciativas verdes; (xv) qualificação e suporte de parceiros de negócios; entre outros.

Dowlatsahi (2000) descreve como fatores importantes à implementação eficaz dos sistemas de logística inversa: (i) preferência por processos de fabricação já consolidados, elimina a necessidade de desenvolver métodos de produção inteiramente novos [o que implica redução de custos]; (ii) realização de análise de custo-benefício; (iii) estabelecimento de uma gestão eficaz e de procedimentos organizacionais para lidar com as exigências da logística reversa; (iv) integração da LR com os sistemas de transportes existentes; e, (v) as embalagens utilizadas na LR devem ser menos caras, fácil de manusear e ambientalmente amigável. Além disso, o efetivo estabelecimento da logística reversa depende de dois fatores: incremento das atividades de pesquisa e inovação tecnológica e a criação de um mercado para produtos reciclados (SCHUELTER; FERNANDES; TAGLIALENHA, 2016).

Já para Nikolaou, Evangelinos e Allan (2013) as motivações para a aplicação de práticas de logística reversa pelas empresas podem ser divididas em duas categorias: proativa

ou reativa. (i) A proativa está relacionada ao planejamento estratégico da organização. Nesse sentido, entre os benefícios esperados estão: a melhoria do desempenho ambiental; a economia de custos; a vantagem competitiva; entre outros. (ii) Já o fator reativo decorre da necessidade de atender aos requisitos legais que são estabelecidos pelo poder público. Assim, Jabbour (2014) considera que a adoção dessas práticas ocorre somente porque as empresas reagem a problemas ambientais gerados por suas atividades, que tiveram como consequências multas e outras penalidades. Diante disso, sua implantação é geralmente vista como custo extra, como redutora de potencial competitivo e como um problema legal.

Ao aderirem a uma gestão ambiental proativa, as organizações podem aproveitar-se de oportunidades *win-win*, em que tanto o desempenho corporativo quanto o desempenho ambiental são incrementados (JABBOUR, 2014).

2.2.4 Benefícios da implantação da logística reversa

Destaca-se que a logística reversa está se tornando um elemento estratégico, uma vez que ao adotá-la a empresa demonstra preocupação com o meio ambiente e com a sustentabilidade, tornando ações nesse sentido uma fonte de lucratividade direta e indireta para a organização (FIGUEIRA; BURI, 2017). Uma gestão eficaz da logística reversa pode resultar em economia nas áreas de manutenção de estoques, transporte e custos, além de proporcionar a satisfação dos clientes (FERNANDES et al., 2018). Em suma, clientes mais dedicados e conscientes do “tornar-se verde” podem obrigar as empresas a aumentar seus esforços de recuperação/reciclagem de materiais (CHEN et al., 2019).

Nesse contexto, Daleaste, Francisco e Winck (2016) relatam que em uma sociedade cada vez mais consciente da relação entre ações empresariais e impactos ambientais, práticas como a da logística reversa melhoram a imagem das organizações, impactando na participação de mercado. Assim, a implantação de um sistema de LR, quando acompanhada de inovação em produtos e processos, pode gerar novas fontes de receita, compensando, muitas vezes, o custo com o investimento inicial feito.

Dessa forma, a LR não só permitirá a redução de custos, mas também uma maior vantagem competitiva e melhoria da imagem da empresa (MATHIYAZHAGAN et al., 2021). Fernandes et al. (2018), ao realizarem uma pesquisa bibliográfica sobre as formas de mensuração do desempenho da logística reversa, citam que as principais vantagens esperadas

com a adoção dessa prática são: gerar benefícios financeiros/econômico; melhorar a satisfação dos clientes; gerar vantagem competitiva; melhorar a imagem da empresa; promover a redução dos resíduos; proteger o meio ambiente; reutilizar materiais reciclados; atender a legislação; entre outros.

Para Hammes et al. (2020) a LR pode trazer vários benefícios para a empresa que a implementa. Além da observância das leis ambientais e das pressões por parte dos clientes, os benefícios econômicos também podem ser significativos quando o fluxo de reversão é bem gerenciado. Nesse sentido, é importante que um sistema de avaliação de desempenho seja implementado, com o intuito de conhecer melhor o fluxo invertido e encontrar as áreas que precisam ser aprimoradas.

A exploração e o desenvolvimento das práticas de logística reversa integradas geram novas capacidades estratégicas competitivas para tirar proveito das oportunidades que o mercado sinaliza como a melhoria da imagem e da reputação; redução das ameaças associadas com as restrições econômicas, seja pela escassez de recursos, elevação dos custos de extração ou em antecipação às regulamentações ambientais mais severas e restrições comerciais. Nesse contexto, a logística reversa, além de ser usada como estratégia empresarial, é importante para que sejam preservados a vida e os recursos escassos (GALVÃO; BREZZAN; OLIVEIRA, 2016; SANTOS; MARCHESINI, 2018).

2.2.5 Desafios e dificuldades para a implantação da logística reversa

Existem vários fatores críticos ligados à implementação das práticas de LR (MANGLA; GOVINDAN; LUTHRA, 2016). O resultado é que a logística reversa de produtos oferece muitos desafios e oportunidades não presentes na logística direta (TIBBEN-LEMBKE; ROGERS, 2002). O maior conhecimento sobre as possibilidades de reaproveitamento de resíduos pós-consumo, no entanto, ainda não superou totalmente a desconfiança de gestores empresariais quanto às oportunidades que se apresentam com a logística reversa (DEMAJOROVIC; MIGLIANO, 2013).

Nesse sentido, Govindan e Bouzon (2018) identificaram como principais barreiras à implementação da logística reversa: (i) a falta de habilidades técnicas (falta de treinamento e baixo nível de conhecimento técnico); (ii) ausência de capital inicial; (iii) baixo envolvimento da alta gerência; (iv) falta de padrões de sistemas de TI; (v) falta de conhecimento sobre

tributação em produtos devolvidos; (vi) falta de leis específicas (políticas de suporte); (vii) dificuldades com os membros da cadeia de suprimentos; (viii) baixa importância da LR em relação a outras questões; (ix) previsão e planejamento limitados; (x) falta de incentivos legais; (xi) políticas da empresa contra a LR; (xii) falta de tecnologias mais recentes; (xiii) questões de tecnologia e pesquisa e desenvolvimento relacionadas à recuperação de produtos; (xiv) falta de sistema de gerenciamento de desempenho adequado; (xv) qualidade inconsistente dos produtos; entre outros. Para Dowlatshahi (2000) os clientes geralmente esperam uma qualidade consistente de um fabricante, independentemente da natureza do produto. Má qualidade dos remanufaturados podem afetar adversamente a reputação de uma empresa e as suas vendas globais.

Já Naseem, Yan e Xian (2021) mencionam como principais dificuldades: (i) a falta de comprometimento da alta administração; (ii) a cultura organizacional ruim; (iii) a maior preocupação com a logística direta; (iv) a ausência de infraestrutura para armazenamento e transporte; (v) a falta de infraestrutura tecnológica para adoção da LR; (vi) a ausência de coordenação com o cliente/consumidor; (vii) a falta de integração e a baixa qualidade do serviço; (viii) as políticas de devolução ruins; (ix) a ausência de políticas governamentais para LR; (x) o maior custo de adoção de LR; (xi) a falta de fundos para gestão de devolução de produtos; (xii) as despesas de coleta de produtos usados; e, (xiii) a previsão e o planejamento limitados em LR.

Por outro lado, durante a adoção da LR, não é possível enfrentar ou eliminar todas essas barreiras inicialmente; portanto, os tomadores de decisão devem identificar qual barreira é um grande impedimento para a implementação da logística reversa. Assim, de uma perspectiva prática, é relevante considerar as barreiras mais importantes e que podem ser controladas e gerenciadas pelas empresas (BOUZON et al., 2016).

2.2.6 Aspectos legais e institucionais da logística reversa

Até 2010, a gestão dos produtos pós-consumo e embalagens não contava com nenhum instrumento legal, no âmbito nacional, que disciplinasse e uniformizasse as obrigatoriedades e os procedimentos a serem adotados (COUTO; LANGE, 2017). Porém, mesmo reconhecendo que a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) pode ser

considerada um avanço da legislação brasileira relacionada à gestão de resíduos, em seus 10 anos de existência, poucas ações foram implementadas (VIEIRA et al., 2020).

Conforme a PNRS, Lei Federal N° 12.305 (BRASIL, 2010), a logística reversa configura-se como um:

instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

A PNRS (BRASIL, 2010) estabelece também o conceito de Responsabilidade Compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Esse princípio consiste no:

conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

Este princípio abrange todos os atores envolvidos em alguma cadeia produtiva, responsabilizando-os pela gestão de resíduos e pela adoção de modelos circulares (GUARNIERI; CERQUEIRA-STREIT; BATISTA, 2020).

Quando a logística reversa de um determinado produto envolve um grande número de atores nas diversas fases de seu ciclo de vida, cada um com expectativas distintas, ela não pode ser pensada sem serem considerados o engajamento e a interação entre todos eles (MENDONÇA et al., 2017). Para que o sistema logístico reverso tenha resultado eficaz, é necessário que haja conhecimento e comprometimento de todos os componentes da cadeia, desde o produtor até o consumidor final, ou seja, é necessário que se tenha responsabilidade compartilhada entre todos os envolvidos na cadeia de suprimento (SCHUELTER; FERNANDES; TAGLIALENHA, 2016).

A PNRS (BRASIL, 2010) estabelece que:

são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de (i) agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso; (ii) pilhas e baterias; (iii) pneus; (iv) óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; (v) lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; (vi) produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Assim, conforme a PNRS (BRASIL, 2010), cabe aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes dos produtos e embalagens anteriormente descritos, tomar todas as medidas necessárias para assegurar a implementação e operacionalização do sistema de logística reversa sob seu encargo. Entre as medidas adotadas, esses atores podem implantar procedimentos de compra de produtos ou embalagens usados e/ou disponibilizar postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis.

No âmbito da responsabilidade compartilhada, as atribuições de cada ente participante da cadeia de suprimento são elencadas na PNRS e estão sintetizadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Síntese das atribuições dos diferentes membros da cadeia de suprimento

Ator da cadeia de suprimento	Atribuições
Consumidores	Devem efetuar a devolução após o uso, aos comerciantes ou distribuidores, dos produtos e das embalagens alvos de logística reversa conforme a PNRS.
Comerciantes e distribuidores*	Devem efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores dos produtos e embalagens reunidos ou devolvidos.
Fabricantes e os importadores*	Devem proceder a destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens reunidos ou devolvidos, sendo o rejeito encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada.

*Devem manter atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente e a outras autoridades informações completas sobre a realização das ações sob sua responsabilidade. Fonte: Lei Federal Nº 12.305 (BRASIL, 2010).

Segundo Mendonça et al. (2017), embora expressamente prevista na Lei Federal nº 12.305/2010, para que se torne efetivo o princípio da responsabilidade compartilhada é necessário um eficaz sistema de fiscalização por parte do Poder Público junto às indústrias e ao comércio. De acordo com os autores, há uma indefinição acerca da limitação da responsabilidade de cada agente envolvido na cadeia produtiva, e isso muito preocupa o setor empresarial e varejista. Aguarda-se uma forma eficaz de determinar a dosagem de responsabilidade no decorrer da cadeia, a fim de delimitar quais os principais responsáveis.

Azevedo (2015) descreve que o consumidor é visto como peça chave no sistema de logística reversa, pois tem um importante papel na utilização e na forma de descarte de

materiais. Assim, a questão da responsabilidade do consumidor deve ir além do estímulo às iniciativas de reciclagem, reúso e reaproveitamento. Diante disso, cabe ao Estado, nos âmbitos federal, estadual e municipal, estabelecer sanções específicas para a disposição incorreta dos resíduos e exercer fiscalização ostensiva neste propósito.

Nesse contexto, a PNRS (BRASIL, 2010) destaca que na elaboração do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos deve constar os meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito local, da implementação e operacionalização dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos e dos sistemas de logística reversa.

O Decreto Federal nº 6.514 (BRASIL, 2008), que dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece que estarão sujeitos a multa no valor de R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) a R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões de reais) quem: (i) descumprir obrigação prevista no sistema de logística reversa implementado nos termos do disposto na PNRS, em conformidade com as responsabilidades específicas estabelecidas para o referido sistema; e, (ii) deixar de atualizar e disponibilizar ao órgão municipal competente e a outras autoridades informações completas sobre a execução das ações do sistema de logística reversa sobre sua responsabilidade.

Além disso, o Decreto Federal nº 6.514 (BRASIL, 2008) versa que os consumidores que descumprirem as obrigações previstas nos sistemas de logística reversa e de coleta seletiva ficarão sujeitos à penalidade de advertência. No caso de reincidência, poderá ser aplicada a penalidade de multa no valor de R\$ 50,00 (cinquenta reais) a R\$ 500,00 (quinhentos reais). No entanto, a multa poderá ser convertida em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente.

Por outro lado, a PNRS dedicou especial atenção à logística reversa e definiu três diferentes instrumentos que poderão ser usados para a sua implantação (SINIR, 2020), assim, conforme o Decreto Federal nº 10.936 (BRASIL, 2022a), que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os sistemas de LR podem ser implementados e operacionalizados por meio de acordos setoriais, regulamentos expedidos pelo Poder Público ou termos de compromisso. No Quadro 2 é apresentada uma síntese desses dispositivos legais.

Quadro 2 - Instrumentos para implantação e operacionalização de sistemas de logística reversa

Instrumento	Descrição
Acordo setorial	<ul style="list-style-type: none"> ● Ato de natureza contratual, firmado entre o Poder Público e os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto. ● O procedimento para implantação da logística reversa por meio desse instrumento observará apresentação de proposta formal pelos fabricantes, pelos importadores, pelos distribuidores ou pelos comerciantes ao Ministério do Meio Ambiente. ● A proposta será submetida a consulta pública.
Regulamento	<ul style="list-style-type: none"> ● A logística reversa poderá ser implantada diretamente por regulamento, veiculado por decreto editado pelo Poder Executivo. ● A proposta será submetida a consulta pública. ● Os fabricantes, os importadores, os distribuidores e os comerciantes deverão apresentar estudo de viabilidade técnica e econômica do sistema de logística reversa objeto do regulamento, de forma a contribuir para o aprimoramento da proposta. ● Porém, esse estudo não vincula a decisão final do Ministério do Meio Ambiente e a ausência de seu envio, no prazo estabelecido, não obsta a continuidade do procedimento ou a edição do regulamento.
Termos de compromisso (TC)	<ul style="list-style-type: none"> ● O Poder Público poderá firmar TC com os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando o estabelecimento de sistema de logística reversa. ● Nas hipóteses em que não houver, na mesma área de abrangência, acordo setorial ou regulamento específico; ou, para o estabelecimento de compromissos e metas mais exigentes que os previstos em acordo setorial ou regulamento. ● Os sistemas de logística reversa estabelecidos por TC não serão precedidos de consulta pública.

Fonte: Decreto Federal nº 10.936 (BRASIL, 2022a).

Segundo a PNRS (BRASIL, 2010), os acordos setoriais ou termos de compromisso podem ter abrangência nacional, regional, estadual ou municipal. No entanto, os acordos e termos firmados em âmbito nacional têm prevalência sobre os firmados em âmbito regional ou

estadual, e estes sobre os firmados em âmbito municipal. Além disso, os acordos estabelecidos com menor abrangência geográfica, podem ampliar, mas não abrandar, as medidas de proteção ambiental constantes nos acordos setoriais e termos de compromisso fixados com maior abrangência geográfica.

De modo geral, por permitir grande participação dos atores envolvidos na responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o acordo setorial tem sido o instrumento preferencial escolhido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) para a implantação da logística reversa (SINIR, 2020). No entanto, Azevedo (2015) pondera que foi perdida a oportunidade de estabelecimento da responsabilidade legal pelo ciclo de vida do produto. A responsabilidade fica fragilizada quando sua determinação se dá por eventual acordo de vontades. Isto se explica pelo fato de que os acordos setoriais iniciados pelo Poder Executivo tiveram início por meio de chamamento público dos interessados pelo MMA.

2.3 Acordo setorial firmado em âmbito nacional

O Acordo Setorial para implantação do Sistema de Logística Reversa de Embalagens Plásticas de Óleo Lubrificante foi assinado no dia 19 de dezembro de 2012 e teve seu extrato publicado no Diário Oficial da União (D.O.U) em 07 de fevereiro de 2013. Trata-se do primeiro sistema de logística reversa instituído nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (SINIR, 2020).

Esse documento foi assinado pelos representantes das seguintes entidades: Ministério do Meio Ambiente, Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes (SINDICOM), Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo (CNC), Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e Lubrificantes (FECOMBUSTÍVEIS), Sindicato Interestadual das Indústrias Misturadoras e Envasilhadoras de Produtos Derivados de Petróleo (SIMEPETRO), Sindicato Nacional do Comércio Transportador-Revendedor-Retalhista de Combustíveis (SindiTRR) e Sindicato Interestadual do Comércio de Lubrificantes (SINDILUB).

Conforme o Acordo Setorial (BRASIL, 2012b), os fabricantes, importadores, comerciantes atacadistas e comerciantes varejistas de óleo lubrificante envasado estabeleceriam um sistema de logística reversa de embalagens plásticas usadas de óleos lubrificantes, composto

de pontos de recebimento, centrais de recebimento e unidades de recebimento itinerante, que seria implantado em etapas, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Etapas de implantação do sistema de logística reversa de embalagens de óleo lubrificante

Etapa	Descrição
Etapa 1	<ul style="list-style-type: none"> ● Implantação do sistema nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste (excluídos os estados do Piauí e do Maranhão). ● Nesta etapa o sistema deveria cobrir 70% dos municípios até 2014 e 100% dos municípios das unidades federativas abrangidas, até o final de 2016. ● Assegurar a destinação final ambientalmente adequada das embalagens plásticas usadas de óleos lubrificantes de um litro ou menos, disponibilizadas pelos postos de serviços e concessionárias de veículos.
Etapa 2 ^{1,2}	<ul style="list-style-type: none"> ● Implantação do sistema nas Regiões Centro-Oeste e Norte, além dos estados do Maranhão e Piauí. ● Assegurar a destinação final ambientalmente adequada das embalagens plásticas usadas de óleos lubrificantes de um litro ou menos, disponibilizadas pelos postos de serviços e concessionárias de veículos.
Etapa 3 ^{1,2}	<ul style="list-style-type: none"> ● Expansão do sistema para os demais segmentos de comercialização, assegurando a destinação final ambientalmente adequada das embalagens plásticas usadas de óleos lubrificantes de um litro ou menos, disponibilizadas pelos postos de serviços e concessionárias de veículos.

¹Não foi estabelecido prazo. ²Essas etapas estão condicionadas à realização de estudos a serem contratados, patrocinados e coordenados pelos fabricantes e importadores. O estudo deverá determinar a modelagem de logística mais eficiente a ser implantada, assim como o respectivo cronograma de implantação. Fonte: Adaptado do Acordo Setorial para a implantação de sistema de logística reversa de embalagens plásticas usadas de lubrificantes (BRASIL, 2012b).

Cabe destacar que esse instrumento não se aplica aos resíduos óleo lubrificante usado ou contaminado, às embalagens e recipientes metálicos, bem como a outros produtos fabricados e comercializados com a finalidade de entrar em contato com óleos lubrificantes, no decorrer de seus respectivos ciclos de vida, tais como estopas e filtros, dentre outros materiais (BRASIL, 2012b).

As responsabilidades de cada agente integrante desse sistema de logística reversa são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Síntese das responsabilidades dos diversos agentes no sistema de logística reversa de embalagens de óleo lubrificante

Agente da cadeia reversa	Responsabilidade
Consumidor (pessoa física)	Deve devolver a embalagem usada aos canais de comercialização onde foi adquirida, preferencialmente.
Rede de revenda e demais comerciantes varejistas	Devem receber as embalagens entregues pelo consumidor e armazená-las de forma adequada, em conjunto com aquelas geradas em seu próprio estabelecimento, disponibilizando-as para o Sistema de Recebimento ou encaminhando-as diretamente às Centrais de Recebimento do fabricante. Devem drenar, garantir a segregação dos demais resíduos, e armazenar as embalagens plásticas de óleo lubrificante que receber.
Comerciantes atacadistas	Devem receber as embalagens de seus clientes revendedores ou consumidores e armazená-las de forma adequada, em conjunto com aquelas embalagens geradas em seu próprio estabelecimento, disponibilizando-as para o serviço de Recebimento ou encaminhando-as diretamente as Centrais de Recebimento do fabricante.
Fabricantes e importadores	Devem manter o sistema de logística reversa de embalagens plásticas de óleo lubrificantes usadas operando, recebendo-as dos comerciantes atacadistas e varejistas, assegurando a destinação ambientalmente correta dessas embalagens. Devem disponibilizar e manter um sistema informatizado, devidamente atualizado, bem como, prestar outras informações ao sistema declaratório do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR). Devem inserir no rótulo da embalagem de óleo lubrificante informações definidas pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), entre elas a importância de sua devolução no estabelecimento do comerciante que a vendeu. Não podem reutilizar as embalagens para outros fins, face à toxicidade do produto, e alertar aos comerciantes atacadistas e varejistas para os perigos de seu descarte não ambientalmente adequado.

Fonte: Adaptado de Brasil (2012b) e IJL (2018).

Conforme o Acordo Setorial (BRASIL, 2012b), os Comerciantes Varejistas e/ou os Atacadistas podem contratar outra empresa destinadora para as embalagens usadas de óleo lubrificante armazenadas em seus pontos de recebimento, no caso de não utilização das unidades de recebimento itinerante ou das centrais de recebimento disponibilizadas pelos fabricantes, importadores e/ou comerciantes atacadistas. Nesse cenário, esses empreendimentos serão diretamente responsáveis por encaminhar ao órgão ambiental competente, anualmente, ou disponibilizar eletronicamente, os relatórios contendo informações sobre o peso total das embalagens plásticas de óleos lubrificantes recebidas e encaminhadas para reciclagem ou destinação ambientalmente adequada, bem como os dados do destinador contratado.

2.4 Termo de compromisso assinado no Estado do Ceará

Em novembro de 2013, o Estado do Ceará, por intermédio da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), assinou o Termo de Compromisso para implantação de sistema de logística reversa de embalagens plásticas usadas de óleos lubrificantes. As entidades signatárias do documento foram o Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes (SINDICOM), o Sindicato Interestadual das Indústrias Misturadoras e Envasilhadoras de Produtos Derivados de Petróleo (SIMEPETRO), o Sindicato Nacional do Comércio Transportador-Revendedor-Retalhista de Combustíveis (SindiTRR), o Sindicato Interestadual do Comércio de Lubrificantes (SINDILUB) e o Sindicato do Comércio Varejista de Derivados de Petróleo do Estado do Ceará (Sindipostos).

No termo de compromisso (CEARÁ, 2013) foram definidas metas estruturantes para o atendimento ao comércio varejista, aos postos de serviço e concessionárias de veículos, e ao comércio atacadista, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 - Metas estruturantes para implantação do sistema de logística reversa de embalagens plásticas de óleo lubrificante no Estado do Ceará

Ano	Meta estruturante*
2013	Iniciar o programa na região metropolitana de Fortaleza
2014	Contemplar 25% dos municípios do Estado
2015	Contemplar 50% dos municípios do Estado
2016	Contemplar 100% dos municípios do Estado

*As metas estruturantes seriam utilizadas como referência enquanto o Sistema Nacional de Informações Resíduos Sólidos (SINIR) não definisse metas de balanço de massa. Fonte: Ceará (2013).

Cabe destacar que entre as obrigações do Estado está o monitoramento da efetivação do sistema junto às entidades signatárias e aos órgãos ambientais competentes, realizando reuniões, no mínimo anuais, para avaliação e implantação de medidas de suporte (CEARÁ, 2013). Assim, o termo de compromisso deve ser reavaliado anualmente, podendo sofrer modificações por termo aditivo.

2.5 Instituto Jogue Limpo

Dado que a LR não é a atividade principal de uma empresa, uma das decisões mais importantes a serem tomadas por qualquer produtor é terceirizar ou não essas funções para um provedor de logística reversa. A gestão dos retornos é complicada pelas incertezas substanciais associadas ao tempo, volume e condição dos materiais devolvidos (SERRATO; RYAN; GAYTÁN, 2007). Com a concorrência global e a instabilidade nos cenários atuais do mercado, as empresas não podem se dar ao luxo de desviar muito de seu objetivo final. Portanto, a maioria das organizações prefere terceirizar alguns dos serviços que não são vitais para seu desempenho fundamental. A logística reversa é um desses serviços (LI et al., 2018).

Nesse contexto, o Programa Jogue Limpo iniciou suas operações em 2005, no estado do Rio Grande do Sul, a partir de uma demanda do órgão ambiental local e iniciativa dos fabricantes associados ao Sindicom. O sistema opera no Brasil desde antes da PNRS e, no ano da promulgação da legislação, já estava presente também no Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina e na cidade de São Paulo (IJL, 2019; 2020).

No ano de 2014 foi aprovado no Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) a criação do Instituto Jogue Limpo com a função de realizar a gestão do sistema de logística reversa das embalagens plásticas de óleo lubrificante usadas, conforme acordo setorial assinado em 2012 (IJL, 2019). Portanto, trata-se de uma associação de empresas fabricantes ou importadoras de óleo lubrificante. Essa instituição não detém o monopólio sobre a devolução das embalagens, havendo nas áreas onde atua outras empresas que também realizam a coleta das embalagens nos pontos geradores (IJL, 2018).

No Quadro 6 é apresentado um resumo do histórico de atuação do Instituto Jogue Limpo em âmbito nacional.

Quadro 6 - Histórico de atuação do Instituto Jogue Limpo

Ano	Atividades
2005	<ul style="list-style-type: none"> • Início das operações no Rio Grande do Sul, como Programa Jogue Limpo, iniciativa dos fabricantes associados do Sindicom.
2009	<ul style="list-style-type: none"> • Início das operações no Paraná.
2010	<ul style="list-style-type: none"> • Início das operações em Santa Catarina, Rio de Janeiro e São Paulo Capital. • Agosto – promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – lei 12.305/2010.
2012	<ul style="list-style-type: none"> • Dezembro – Assinatura do acordo setorial com o Ministério do Meio Ambiente (MMA). • Termos de compromissos assinados com os estados de SP, RJ, MG e PR.
2013	<ul style="list-style-type: none"> • Termos de compromissos assinados com os estados do CE, RN, PB e DF.
2014	<ul style="list-style-type: none"> • Setembro – Criação do Instituto Jogue Limpo aprovada no CADE. • Novembro – Estatuto e Regimento Interno registrados e CNPJ liberado. • Termos de compromissos assinados com os estados da BA, AL, ES e PE. • Regiões Sul, Sudeste e Nordeste (com 14 estados) e DF: 70% das cidades atendidas
2015	<ul style="list-style-type: none"> • Operação plena com a marca de 400 milhões de embalagens recicladas desde 2005.

Ano	Atividades
2016	<ul style="list-style-type: none"> ● Completada a expansão geográfica do sistema com 4.213 cidades atendidas em 14 estados + Distrito Federal. ● Superada a meta do Acordo Setorial do destino ambiental correto de 4.400 toneladas de plásticos – 4.455 toneladas de plástico com destinação ambientalmente correta.
2017	<ul style="list-style-type: none"> ● Iniciada a expansão com operação no estado do MS. ● Renovação dos Termos de Compromisso com os estados de SP e ES. ● Ultrapassada a marca de 600 milhões de embalagens recicladas desde 2005.
2018	<ul style="list-style-type: none"> ● Expansão para o Mato Grosso em 13 cidades e atendimento a todas as cidades do estado do MS. ● Operação de OLUC no ES.* ● Inauguração de 103 PEVs, concluído o ano com 112 PEVs em operação. ● Superada a meta do ano de destinação ambientalmente correta de 4.647 toneladas de plásticos – 4.674 toneladas de plástico com destinação ambientalmente correta. ● Ultrapassada a marca de 700 milhões de embalagens recicladas desde 2005.
2019	<ul style="list-style-type: none"> ● Expansão para os Estados de Amazonas e Roraima. ● Assinado o 1º contrato para realizar a logística reversa do OLUC com a empresa Eternal para região Norte do país. ● Contratação de logística reversa de OLUC nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. ● Inauguração de 65 PEVs, chegando ao final do ano com 177 PEVs em operação. ● Destinadas 4.790 toneladas de plástico de forma ambientalmente correta. Sendo 98,5% deste total com destino à reciclagem. Peso de plástico destinado 1,8% acima da meta do ano e 4,3% a mais que ano anterior. ● Ultrapassada a marca de 800 milhões de embalagens destinadas de forma ambientalmente corretas desde 2005.
2020	<ul style="list-style-type: none"> ● Expansão no estado do Mato Grosso para atendimento a mais duas cidades – totalizando 15, com Sorriso e Santo Antonio do Leverger. ● Expansão no estado de Roraima para atendimento a mais duas cidades. Mantida a capital Boa Vista, mais Pacaraima e Cantá. ● Celebração dos 15 anos de existência e operação do sistema Jogue Limpo. ● Inauguração de 44 PEVS, chegando ao final do ano com 222 PEVs em operação.

Ano	Atividades
	<ul style="list-style-type: none"> ● Destinadas 4.556 toneladas de plástico de forma ambientalmente correta, o equivalente a 20,2% do total colocado no mercado de varejo pelos fabricantes e importadores; 98% do total do ano destinados à reciclagem. ● Ultrapassada a marca de 900 milhões de embalagens destinadas de forma ambientalmente correta desde 2005. ● Atendidos 4.315 municípios. ● Assinatura de mais um Termo de Compromisso com o estado do Mato Grosso do Sul – totalizando 13 Termos de Compromisso do sistema com as unidades da federação. ● Mantido o crescimento da gestão da logística reversa de OLUC nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste, Centro-oeste e Sul.
2021	<ul style="list-style-type: none"> ● Expansão da abrangência geográfica para o estado de Goiás – atendimento de 13 cidades, incluindo a capital, Goiânia. ● Inauguração de mais 45 PEVs, chegando ao final do ano com 267 PEVs em operação. ● Destinadas 4.926 toneladas de plástico de forma ambientalmente correta. 22,7% do total colocado no mercado de varejo pelos fabricantes e importadores foi recuperado pelo sistema; 97% do total destinado no ano foi para a reciclagem. ● Certificação Selo Verde do Instituto Chico Mendes – 7º ano consecutivo. ● Ultrapassada a marca de 995 milhões de embalagens destinadas de forma ambientalmente correta desde 2005. ● Atendidos 4.335 municípios. ● Realização de 29 Coletas por Campanha em municípios com menos de 20.000 habitantes. ● Mantido o crescimento da gestão de logística reversa de OLUC nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste, Centro-oeste e Sul.

*O Instituto obteve do Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) a não oposição para iniciar ações no sentido de realizar a gestão da logística reversa de óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC) em nome de seus associados. Assim, começou a realizar uma operação teste no estado do Espírito Santo. Fonte: Adaptado de IJL (2019; 2021a).

Na Figura 2 é ilustrado o mapa da área de atuação do Instituto Jogue Limpo no Brasil no ano de 2021.

Figura 2 - Mapa de localização das operações do Instituto Jogue Limpo no ano de 2021*



*O sistema está disponível em 4.335 municípios de 19 estados, mais o Distrito Federal. Fonte: IJL (2021a).

De acordo com o IJL (2019), o sistema é estruturado e disponibilizado gratuitamente pelos fabricantes e importadores associados. A prioridade é a reciclagem, o tratamento adequado das embalagens recebidas e a destinação ambientalmente correta, transformando-as em insumo industrial. Para isso, o IJL contrata empresas operadoras logísticas nos estados onde atua. Essas empresas são responsáveis por realizar o cadastro de geradores, coleta e recebimento das embalagens, administração das centrais de armazenagem e beneficiamento do material. Nesse contexto, conforme o IJL (2021a), o sistema de LR é constituído por 6 operadores logísticos, 23 centrais de processamento e uma frota de 82 caminhões que efetuam atividades de roteirizações. Assim, o recebimento das embalagens dos geradores ocorre por meio de visitas itinerantes ou de entregas diretamente nas centrais ou nos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) disponibilizados pelo o IJL.

Cabe salientar que toda a frota de caminhões é equipada com sistema de monitoramento que permite o acompanhamento de rotas e informações do peso do plástico recebido nos pontos geradores cadastrados. As informações do peso são transmitidas em tempo real ao website do sistema. No ato do recebimento de embalagens é entregue um comprovante

ao gerador, que poderá ser exigido pelo órgão ambiental durante o processo de licenciamento. As visitas do Sistema de Recebimento Itinerante são realizadas de forma programada e periódica aos geradores cadastrados (IJL, 2018, 2019).

Nas centrais de recebimento as embalagens são drenadas, em alguns casos segregadas por cor, prensadas ou trituradas, acondicionadas e encaminhadas às recicladoras credenciadas. Na recicladora, se for necessário, o material é triturado. Depois de submetido a processo de descontaminação do óleo lubrificante residual, é transformado em matéria-prima para novas embalagens e outros produtos plásticos, retornando à cadeia de produção (IJL, 2019).

2.6 Método *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

Os métodos de decisão multicritério ajudam os tomadores de decisão a realizarem deliberações únicas ou em grupo. Essas metodologias envolvem um conjunto incomensurável de critérios quantitativos e qualitativos para avaliar um conjunto de alternativas (ISHIZAKA; SIRAJ; NEMERY, 2016). Os métodos de análise multicritério são usados principalmente para estruturar um problema de decisão complexo (MKUNA; BAIYEGUNHI; ADAMUS, 2020).

Ao contrário de outros modelos, o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um modelo eficaz que ajuda a lidar com a tomada de decisões complexas, muitas vezes irreversíveis, reduzindo essas deliberações a uma série de comparações aos pares e, em seguida, sintetizando os resultados (SAADI; AHMAD; HUSSAIN, 2017; MKUNA; BAIYEGUNHI; ADAMUS, 2020). Para Mkuna, Baiyegunhi e Adamus (2020) o AHP difere de outros métodos multicritérios em vários aspectos, pois apresenta a estrutura do problema de forma hierárquica, com o objetivo geral no topo da hierarquia e os critérios, subcritérios e alternativas de decisão estão em níveis descendentes dessa estrutura.

O AHP foi desenvolvido por Thomas L. Saaty entre 1971-1975 enquanto estava na Wharton School (Universidade da Pensilvânia, Filadélfia) (SAATY, 1987). Atualmente, o AHP é uma técnica amplamente utilizada (ISHIZAKA; SIRAJ; NEMERY, 2016) e estudada (HO; MA, 2018). Por exemplo, Bhatti e Hanjra (2019) utilizaram o *Analytical Hierarchy Process* para avaliar a prioridade da localização de portos na China. Enquanto, Annas, Erhan e Sulaeman (2020) realizaram simulação de custo de logística reversa e verde usando o AHP. Já Zhang et al. (2021) empregaram o AHP no cálculo de pesos globais de critérios, utilizados como

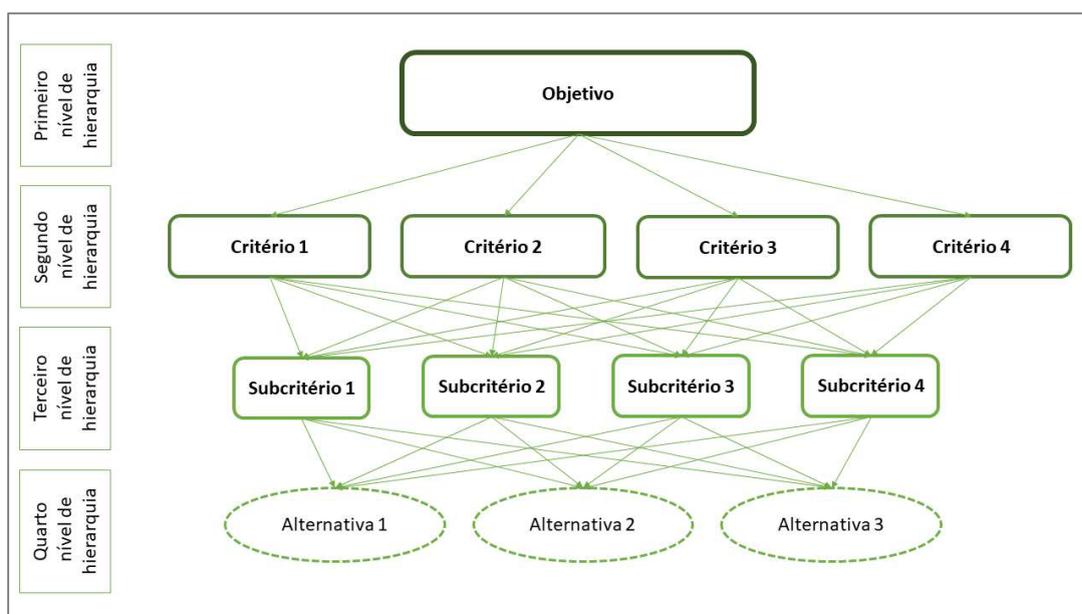
parâmetros na seleção de provedores de logística reversa. E Souza et al. (2022) aplicaram o método AHP no desenvolvimento de uma ferramenta de análise do desempenho de logística verde, inclusive utilizando indicadores de logística reversa.

O método AHP consiste em duas abordagens fundamentais para resolver problemas: a abordagem dedutiva que se concentra nas partes e a abordagem sistêmica que se concentra no sistema inteiro (SAADI; AHMAD; HUSSAIN, 2017). Ao usar o AHP para modelar um problema, é necessária uma estrutura hierárquica ou de rede para representar esse problema e realizar comparações de pares a fim de estabelecer relações dentro dessa estrutura (SAATY, 1987). Para tomar uma decisão de forma organizada a fim de gerar prioridades, é necessário decompor a decisão nas etapas a seguir (SAATY, 2008):

- a) ETAPA 1: Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento procurado.
- b) ETAPA 2: Estruturar a hierarquia de decisão do topo com o objetivo da decisão, depois os objetivos de uma perspectiva ampla, passando pelos níveis intermediários (critérios dos quais dependem os elementos subsequentes) até o nível mais baixo (que geralmente é um conjunto de alternativas).

O primeiro passo é desenvolver uma representação gráfica do problema em termos de objetivo geral, critérios, subcritérios e alternativas (MISHRA; CHATTERJEE, 2018), conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Representação de estrutura hierárquica no método AHP



Fonte: adaptado de Saaty (1977).

Organizar os objetivos, atributos, questões e partes interessadas em uma hierarquia serve a dois propósitos. Ele fornece uma visão geral das relações complexas inerentes à situação; e ajuda o tomador de decisão a avaliar se as questões em cada nível são da mesma ordem de grandeza, para que ele possa comparar esses elementos homogêneos com precisão (SAATY, 1990).

- c) ETAPA 3: Construir um conjunto de matrizes de comparação aos pares, conforme modelo apresentado na Tabela 1. Cada elemento em um nível superior é usado para comparar os elementos no nível imediatamente abaixo em relação a ele.

Tabela 1 - Modelo de matriz de comparação par a par

	*A1	*A2	*A3	*A4	*A5
*A1	1	W_1	W_2	W_3	W_4
*A2	$1/W_1$	1	W_5	W_6	W_7
*A3	$1/W_2$	$1/W_5$	1	W_8	W_9
*A4	$1/W_3$	$1/W_6$	$1/W_8$	1	W_{10}
*A5	$1/W_4$	$1/W_7$	$1/W_9$	$1/W_{10}$	1
Somatório dos pesos	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5

Legenda: *Aⁿ*: indica os critérios, subcritérios ou alternativas. W_n : indica o peso atribuído no julgamento de cada par de critérios/subcritérios/alternativas. Fonte: Adaptado de Jayasena, Mallawaarachchi e Silva (2020).

A normalização da matriz é realizada dividindo o valor (peso) de cada elemento (critérios/subcritérios/alternativas) pela soma de cada coluna da matriz de comparação (JAYASENA; MALLAWAARACHCHI; SILVA, 2020).

Os pesos atribuídos nas comparações pareadas são baseados na escala fundamental de números absolutos Quadro 7. Esses pesos da escala indicam quantas vezes mais importante ou dominante um elemento é sobre outro em relação ao critério ou propriedade com relação ao qual são comparados (SAATY, 2008).

Quadro 7 - A escala fundamental dos números absolutos

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Dois atividades contribuem igualmente para o objetivo

Intensidade de importância	Definição	Explicação
2	Fraco ou leve	
3	Importância moderada	A experiência e o julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação a outra
4	Mais moderado	
5	Forte importância	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em detrimento de outra
6	Mais forte	
7	Importância muito forte ou demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida em relação a outra; seu domínio demonstrado na prática
8	Muito, muito forte	
9	Extrema importância	A evidência que favorece uma atividade em detrimento de outra é da mais alta ordem de afirmação possível
Recíprocos	Se a atividade i tiver um dos números diferentes de zero acima atribuídos a ela quando comparado com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparado com i	Uma suposição razoável
1.1–1.9	Se as atividades estiverem muito próximas	Pode ser difícil atribuir o melhor valor, mas quando comparado com outras atividades contrastantes, o tamanho dos pequenos números não seria muito perceptível, mas ainda pode indicar a importância relativa das atividades.

Fonte: adaptado de Saaty (2008).

- d) ETAPA 4: Utilizar as prioridades obtidas nas comparações para ponderar as prioridades no nível imediatamente abaixo. Fazer isso para cada elemento. Em seguida, para cada elemento do nível abaixo, adicionar seus valores ponderados e obter sua prioridade geral ou global. Continuar este processo de pesagem e adição até que as prioridades finais das alternativas no nível mais baixo sejam obtidas.

Em resumo, conforme Mkuna, Baiyegunhi e Adamus (2020), o significado e as preferências dos vários elementos de decisão estão ligados em pares com referência ao elemento que está imediatamente acima na hierarquia. Com base nessas comparações, as prioridades locais e globais são comparadas. As prioridades locais determinam a importância relativa dos elementos de decisão em cada nível da estrutura hierárquica. Constituem uma base para o cálculo das prioridades globais, que representam a participação de cada elemento de decisão dos diversos níveis no cumprimento do objetivo principal. A alternativa com maior valor de prioridade é considerada a melhor e recomendada para implementação na prática.

No entanto, depois de determinar a comparação de pares, é necessária uma verificação de consistência das matrizes (SAADI; AHMAD; HUSSAIN, 2017). A equação (1) é utilizada para o cálculo da Razão de Consistência (CR) (SAATY, 1987; PANDE et al., 2021):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

Onde:

CR - Razão de Consistência

CI - Índice de Consistência

RI - Índice de Consistência Aleatória

Quanto ao Índice de Consistência (CI), este é obtido por meio da equação (2):

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (2)$$

Onde :

λ_{max} - autovalor máximo derivado da matriz de comparação (MISHRA; CHATTERJEE, 2018)

n - número de elementos (dimensão da matriz)

Já o Índice de Consistência Aleatória (RI) é o resultado de uma extensa experimentação em grandes amostras de conjuntos de dados (PANCHAL; SHRIVASTAVA, 2021). Comparações aleatórias aos pares foram simuladas para produzir índices aleatórios médios para matrizes de tamanhos diferentes (SAADI; AHMAD; HUSSAIN, 2017). Os valores de RI estão elencados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores do Índice de Consistência Aleatória (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Legenda: n - dimensão da matriz. Fonte: Adaptado de Saaty (1987).

Em geral, um valor menor de CR corresponde a uma melhor consistência da matriz de julgamento. Se o valor de CR for menor que 0,1, a matriz de julgamento satisfaz o teste de consistência. Por outro lado, se o valor de CR for maior que 0,1, não há consistência, e a matriz de julgamento deve ser devidamente ajustada e analisada novamente (SAATY, 1987; XIE et al., 2022), ou seja, os pesos devem ser reatribuídos na matriz de comparação (PANCHAL; SHRIVASTAVA, 2021).

2.7 O Problema do Caixeiro Viajante (*The Traveling Salesman Problem*)

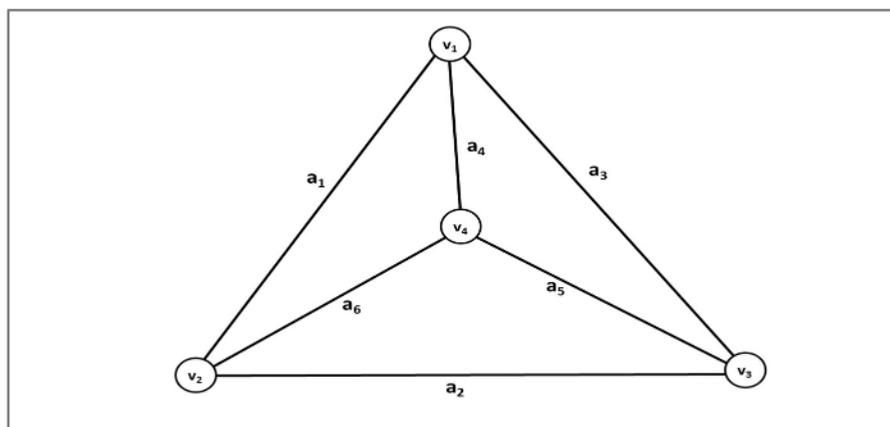
Nas últimas décadas, o setor de transportes tem feito um enorme esforço para melhorar a eficiência de suas operações. Algoritmos desenvolvidos na comunidade de pesquisa operacional para problemas de planejamento operacional de transporte, principalmente os de roteamento de veículos, têm contribuído consideravelmente na redução do número de quilômetros percorridos desnecessariamente (DEFRYN; SÖRENSEN, 2018).

Nesse contexto, o *Traveling Salesman Problem* (TSP) ou Problema do Caixeiro Viajante é um dos assuntos de otimização combinatória mais conhecidos e intensivamente estudados (ZIA; CAKI; SEKER, 2018; BABEL, 2020), e, ao mesmo tempo, um dos mais desafiadores (ABREU; OLIVEIRA; LACERDA, 2015). Isso se deve ao fato de que o TSP tem uma aplicabilidade extremamente ampla na prática (SUN; KARWAN; DIABY, 2018).

Os domínios de aplicação do TSP são numerosos, tais como problemas de roteamento de veículos, logística de transporte de mercadorias e de pessoas, programação de companhias aéreas, confecção de circuitos impressos, redes de comunicação urbana (minimizar a quantidade de cabos utilizados), sequência de serviços a serem executados em uma máquina, cristalografia (em que um detector mede a intensidade dos raios-X refletidos em um material a partir de diversas posições), sequenciamento de DNA, e de forma mais geral, em áreas de ciências geoespaciais e Sistema de Informação Geográfica (SIG) e em todos os tipos de problemas de programação (ABREU; OLIVEIRA; LACERDA, 2015; KRARI; AHIOD; BENANI, 2018; ZIA; CAKIR; SEKER, 2018; WANG; REMMEL, 2018; MADANI; BATTI; KARWAN, 2021).

Do ponto de vista da teoria dos grafos, o problema pode ser representado por: seja $G = (V, A)$ um grafo (ex. Figura 4) onde V é um conjunto de n vértices. A é um conjunto de arcos ou arestas, e seja $D = (d_{ij})$ uma matriz de distância (ou custo) associada a A . O TSP consiste em determinar um circuito de distância mínima passando por cada vértice uma única vez. Tal circuito é conhecido como circuito (ou ciclo) hamiltoniano (LAPORTE, 1992; EZUGWU; ADEWUMI, 2017; HUANG; SHEN; YOU, 2021).

Figura 4 - Representação de um grafo $G = (V, A)$



Legenda: $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ e $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6\}$. Fonte: Autoria própria (2023).

Para Saji e Barkatou (2021), formalmente o TSP pode ser definido como a busca pelo menor ciclo hamiltoniano de grafo completamente conexo em um espaço euclidiano d -dimensional, cujos nós representam cidades, arestas definem caminhos e comprimentos de arestas constituem a distância do caminho. Nesse contexto, encontrar a solução ótima do TSP significa encontrar o caminho mais curto que conecta todos os nós do grafo. Em resumo, a rota

definida deve passar por cada ponto apenas uma vez antes de retornar ao ponto de partida original.

A formulação do TSP é simples, mas resolvê-la pode ser bastante difícil (BOJAN, 2021). Nesse sentido, a solução desse problema manteve as pessoas ocupadas por décadas (BURGER; SUB; SCHUTTER, 2018). O desafio é manter os custos de viagem tão baixos quanto possível. Apesar da simplicidade fenomenal de sua formulação, trata-se de um problema NP-difícil em otimização combinatória (SAJI; BARKATOU, 2021). Um problema dessa natureza não pode ser resolvido exatamente em tempo polinomial, especialmente se o número de pontos em seu espaço de solução for muito grande (BOJAN, 2021).

Conforme Bodin et al. (1983), a classe de todos os problemas para os quais se sabe que existem algoritmos limitados polinomialmente é denotada por P. Problemas na classe P geralmente podem ser resolvidos com ótima eficiência. Em contraste com a classe P, há uma grande classe de problemas combinatórios e de rede para os quais nenhum algoritmo limitado polinomialmente foi encontrado. Os problemas desta classe são chamados de “NP-difíceis”.

Para Casanova (2017), a solução mais direta para resolver o TSP é, sem dúvida, experimentar todas as permutações (combinações ordenadas) e ver qual delas é a menor (usando uma “busca de força bruta”). O tempo de execução é um fator polinomial de ordem $O((n-1)!)$, ou seja, o fatorial do número de cidades. Dessa forma, esta solução torna-se impraticável para apenas 21 cidades, pois teria que ser feito $20!$ (2 432 902 008 176 640 000) avaliações, quase dois trilhões e meio de permutações. Mesmo para um computador essa tarefa seria muito complicada e demorada. Assim, conforme SILVA et al. (2017), métodos de força bruta, de um modo geral, são considerados impraticáveis para problemas desse tipo, levando os pesquisadores a buscar formas alternativas para resolvê-los.

Existem algoritmos exatos e heurísticos desenvolvidos para encontrar a solução ótima para o TSP, ou seja, para encontrar o passeio de comprimento mínimo (BOJAN, 2021). No entanto, não há registro de nenhum algoritmo eficiente que tenha sido capaz de resolver o TSP geral obtendo solução concorrente de ótima qualidade e em um tempo de execução relativamente baixo (EZUGWU; ADEWUMI, 2017). Para um TSP, o tamanho da solução viável aumenta exponencialmente com o crescimento do número de cidades. Portanto, quando o tamanho do problema é muito grande, é difícil encontrar uma solução ótima ou mesmo subótima. Assim, o algoritmo exato é inadequado para resolvê-lo devido ao seu custo de tempo

exponencial (ZHANG et al., 2022). Dessa forma, nos últimos tempos, esses algoritmos não são usados (BOJAN, 2021).

2.7.1 *Formulação matemática do TSP*

O problema foi introduzido pela primeira vez em 1859 por William Rowan Hamilton (KRARI; AHIOD; BENANI, 2018). No entanto, conforme Madani, Batta e Karwan (2021), foi considerado de forma matemática somente na década de 1930 por Merrill Flood, que estava interessado em resolver um problema de roteamento de ônibus escolar. Mais tarde, nas décadas de 1950 e 1960, tornou-se popular especialmente depois que a RAND Corporation na Califórnia propôs prêmios para resolvê-lo. George Dantzig, Delbert Fulkerson e Selmer Johnson fizeram contribuições significativas na investigação deste problema, modelando-o como um programa inteiro e desenvolvendo um algoritmo de solução.

Nesse contexto, a formulação do problema TSP, de acordo com Dantzig, Fulkerson e Johnson (1954), pode ser descrita conforme as equações de 3 a 6. Segundo Guerra et al. (2016), formalmente, a proposta desses autores para o TSP é uma das mais aceitas pela comunidade acadêmica.

$$Z = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} \quad \forall i, j \in N, x_{ij} = \{0,1\} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall i, j \in S, i \neq j, \forall S \subset N, S \neq \emptyset \quad (6)$$

Onde :

n - indica o número de cidades (pontos ou nós) pertencentes ao conjunto $N = \{1, 2, \dots, n\}$;

d_{ij} - representa a distância ou “custo” de ir do nó i ao nó j e é definida por uma matriz de distâncias $D = [d_{ij}]_{n \times n}$;

x_{ij} - variável de decisão. Assume o valor 1 se a distância do nó i ao nó j for percorrida, e o valor 0 em caso contrário. Essa variável binária x_{ij} garante que apenas os caminhos percorridos sejam levados em consideração para o cálculo da distância total.

S - indica qualquer subconjunto de $N \setminus \{0\}$.

Para calcular o melhor ou o perto do melhor passeio em termos de distância, algumas hipóteses e restrições são impostas antes de iniciar a viagem (AL-GAPHARI; AL-AMRY; AL-NUZAILI, 2021). Nesse sentido, a equação (3) é a função objetivo que minimiza a soma de todas as distâncias percorridas do nó i ao nó j . Já as equações (4) e (5) garantem que cada ponto seja visitado apenas uma vez. Assim, cada cidade pode ser alcançada a partir de apenas uma anterior, ou seja, da cidade i é possível ir para uma única cidade j e sair por um único caminho. A Eq. (6) impede a formação de sub-rotas (GUERRA et al. 2016; MEKAMCHA et al., 2019; HUANG; SHEN; YOU, 2021).

O TSP foi modelado como um grafo completamente conectado em um espaço euclidiano d -dimensional, onde os vértices do grafo representam cidades, as arestas do grafo representam caminhos e o comprimento das arestas representa a distância entre cidades adjacentes (AL-GAPHARI; AL-AMRY; AL-NUZAILI, 2021). Nesse contexto, Saji e Barkatou (2021) descrevem que para o caso bidimensional a distância euclidiana de quaisquer duas cidades c_i e $c_j \in C$ é dada por (equação 7):

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (7)$$

Onde:

(x_i, y_i) e (x_j, y_j) denotam respectivamente as coordenadas das cidades c_i e c_j .

Para os autores, um TSP é definido como simétrico se e somente se o custo da viagem entre quaisquer duas cidades do passeio for o mesmo em ambas as direções, ou seja, $d_{ij} = d_{ji} \forall i, j \in 1, \dots, n$. Caso contrário, se este último conjunto de igualdades não for satisfeito para pelo menos um par (i, j) , denota-se o problema como TSP assimétrico (ATSP).

2.7.2 Métodos heurísticos

O TSP tem sido intensamente estudado, e muitos algoritmos de solução foram desenvolvidos para resolver este problema (SUN et al., 2021), existindo várias abordagens na literatura sobre o assunto (MADANI; BATTA; KARWAN, 2021). Devido à dificuldade do TSP, muitos procedimentos heurísticos foram elaborados (BODIN et al., 1983) e têm recebido atenção crescente nos últimos anos (GHIANI et al., 2020). Em termos de qualidade e

velocidade, resolver o problema usando algoritmos heurísticos ou metaheurísticos é mais viável (ISMAIL, 2019), razão pela qual esses continuam sendo os métodos preferidos e frequentemente recomendados (ZHANG et al., 2022).

Logicamente, o tempo gasto por um método exato para encontrar a solução ótima de um problema difícil, se tal método existe, é de uma ordem de grandeza muito maior que a da heurística (podendo ser tão grande em muitos casos que é inaplicável) (CASANOVA, 2017). Ao contrário dos algoritmos exatos, os solucionadores heurísticos podem fornecer boas soluções ou soluções quase ótimas em relação ao equilíbrio tempo/desempenho, ou seja, em um tempo relativamente baixo (EZUGWU; ADEWUMI, 2017; ROKBANI et al., 2021). Esses algoritmos são projetados com base no conhecimento do problema específico (informações) e na experiência intuitiva para fornecer soluções viáveis (BODIN et al., 1983; HUANG; SHEN; YOU; 2021; SAJI; BARKATOU, 2021).

Segundo Ismail (2019), existem três tipos de métodos heurísticos, sendo eles, (i) construtivo, (ii) de melhoria e (iii) composto. O construtivo parte da construção de uma solução passo a passo, com base em um conjunto de regras previamente definidas. Existem vários algoritmos heurísticos construtivos populares no domínio combinatório, como *nearest neighbor algorithm*, *nearest insertion*, *farthest insertion*, *cheapest insertion*, etc. Já as heurísticas de melhoria partem de uma solução viável e a aprimoram aplicando pequenas mudanças sucessivas. Existem diversos algoritmos populares como 2-opt, 3-opt, k-opt, etc. Enquanto isso, (iii) a heurística composta tem fases construtivas e de melhoria. Normalmente, a fase de melhoria será realizada após a fase construtiva. Assim, o composto geralmente é construído a partir de uma combinação de construção e melhoria, como *nearest neighbor-2opt*, *nearest neighbor-3opt*, etc.

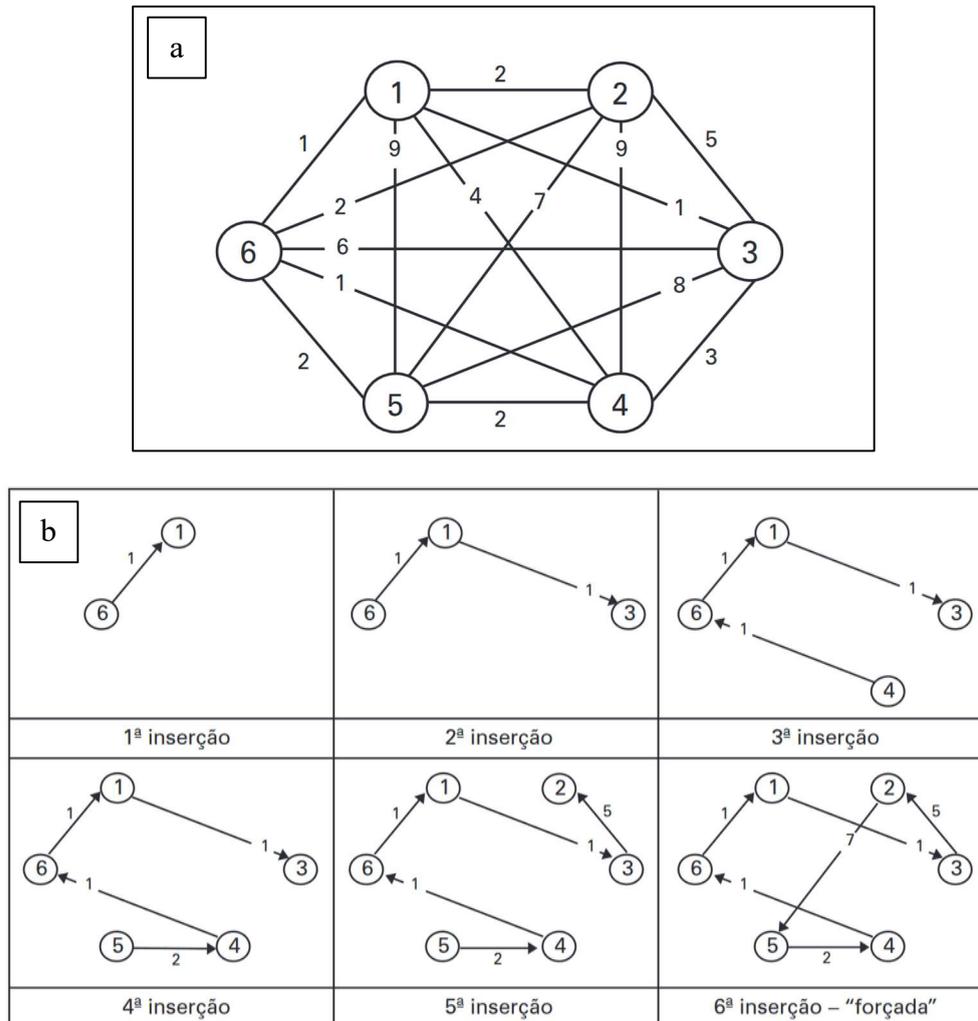
O *nearest neighbor algorithm* (heurística do vizinho mais próximo) é uma das heurísticas construtivas mais comuns, simples e intuitiva usadas para resolver o TSP (CASANOVA, 2017; STANĚK et al., 2019). O percurso é construído com base na distância entre os pontos (MORO et al., 2018). Segundo descrito em Halim e Ismail (2019), o algoritmo inicia o passeio selecionando uma cidade aleatória e adiciona a cidade não visitada mais próxima à última cidade do passeio até que todas sejam visitadas.

Os passos do algoritmo são os seguintes (ROSENKRANTZ; STEARNS; LEWIS, 1977; HALIM E ISMAIL, 2019):

- Selecione uma cidade aleatória (ou nó), n , e a defina como cidade inicial, n_0 .
- Selecione a cidade não visitada mais próxima.
- Marcar a cidade visitada atual como visitada.
- Se existir uma cidade não visitada, vá para a etapa 2.
- Repita a etapa 2 até que todos os nós estejam contidos no caminho. Em seguida, junte o primeiro e o último nós.

Na Figura 5a é apresentado um exemplo de um grafo, cujas arestas indicam o “custo da viagem”. Já na Figura 5b é ilustrado um exemplo de aplicação da heurística *nearest neighbor* para o grafo apresentado na Figura 5a.

Figura 5 - Ilustração da heurística *nearest neighbor algorithm*



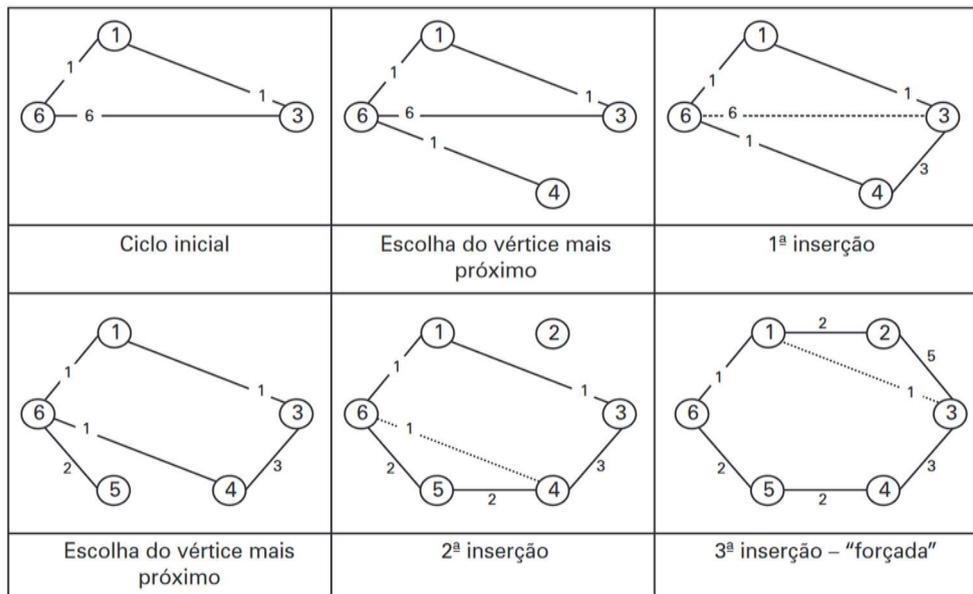
Legenda: (a) Grafo cujas arestas indicam a distância entre os pontos; (b) aplicação da heurística *nearest neighbor algorithm*. Fonte: Goldbarg e Luna (2005)

Ainda quanto aos métodos construtivos, normalmente, as heurísticas de inserção partem de uma sub-rota inicial (um ciclo normalmente de comprimento 3) e vão selecionando e inserindo vértices ainda não incluídos na solução até completar um ciclo. Alguns dos critérios mais utilizados para a seleção dos vértices a serem acrescentados a sub-rota são (GOLDBARG; LUNA, 2005):

- a) *Nearest insertion* (inserção do vértice mais próximo);
- b) *Farthest insertion* (inserção do vértice mais distante);
- c) *Cheapest insertion* (inserção do vértice que conduz ao ciclo mais barato ou inserção mais barata);
- d) *Arbitrary insertion* (inserção aleatória).

De acordo com Silva et al. (2013), o algoritmo *nearest insertion* (Figura 6) é uma heurística que possui um processo onde três níveis de decisão são envolvidos: (i) decisão de um ciclo inicial onde está contido o vértice de origem (O) e o vértice k mais próximo do vértice (O), (ii) a escolha do vértice a ser inserido na solução tal que a distância entre o vértice k e todos os vértices que estão na rota seja mínima e (iii) a posição de inserção desse novo vértice na solução, que é dada através do par de vértices i e j que pertencem à solução, ligando k, tal que $\text{custo}(i, k) + \text{custo}(k, j) - \text{custo}(i, j)$, seja mínimo.

Na Figura 6 é apresentado um exemplo de aplicação da heurística *nearest insertion* para o grafo ilustrado na Figura 5a.

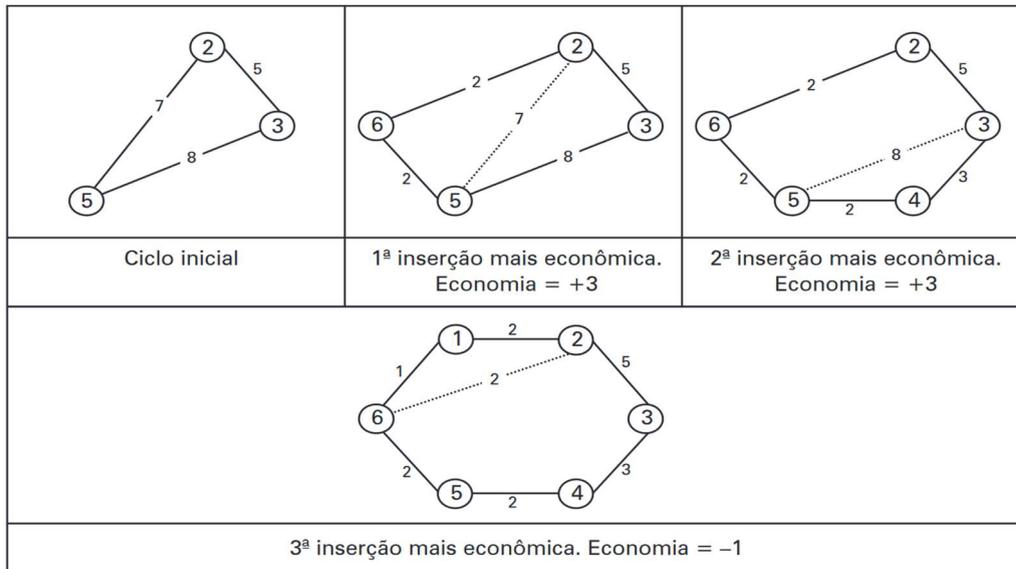
Figura 6 - Exemplo de aplicação da heurística *nearest insertion*

Fonte: Goldberg e Luna (2005)

O *farthest insertion* é idêntica à heurística *nearest insertion*, exceto no passo 2 onde se escolhe a cidade k não pertencente ao ciclo, mais distante de qualquer cidade do ciclo (BENEVIDES et al., 2012). Conforme Silva et al. (2013), o algoritmo inicia com uma sub-rote que contém um vértice de origem e um vértice k mais distante do vértice de origem, para cada vértice que não esteja na rota, é escolhido o vértice k , tal que a distância entre esse vértice e todos os vértices que estão na rota seja máxima. O local de inserção do vértice k na sub-rote é dada pelo par de vértices (i, j) que pertencem a sub-rote, ligando ao vértice k , tal que $\text{custo}(i, k) + \text{custo}(k, j) - \text{custo}(i, j)$, seja mínimo.

Já a heurística *cheapest insertion* é bem conhecida no contexto TSP. Um pequeno passeio é ampliado passo a passo até conter todos os vértices. Em particular, entre todos os vértices não visitados e todas as posições de inserção possíveis, a mais barata é escolhida em cada passo (STANĚK et al., 2019). Silva et al. (2013) descrevem que o algoritmo consiste em construir uma rota passo a passo, partindo de uma rota inicial e adicionar a cada passo, o vértice ainda não visitado entre a ligação dos vértices já visitados, cujo custo de inserção seja mais barato: $\text{custo}(i, k) + \text{custo}(k, j) - \text{custo}(i, j)$, seja mínimo, onde i e j são os vértices já visitados e k o vértice a ser inserido na solução final.

Na Figura 7 está ilustrado um exemplo de aplicação da heurística *cheapest insertion* para o grafo mostrado na Figura 5a.

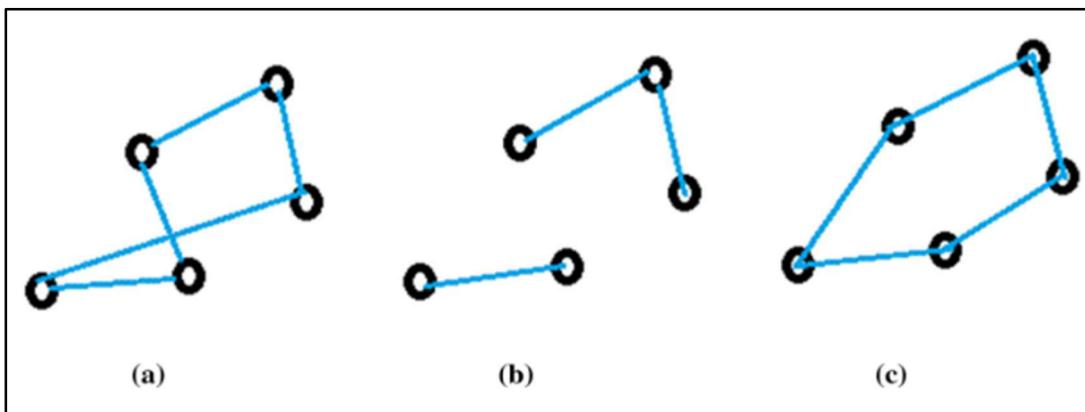
Figura 7 - Exemplo de aplicação da heurística *cheapest insertion*

Fonte: Goldberg e Luna (2005)

Já a heurística *arbitrary insertion*, basicamente, difere das variantes *nearest* na escolha da cidade K a ser adicionada na rota que, neste caso, é simplesmente escolhida aleatoriamente entre todas aquelas que ainda não estão no roteiro. A rota inicial começa com duas cidades maximamente distantes (HAHSLER; HORNIK, 2007; PIMENTEL, 2011).

Quanto ao K -opt, este é um algoritmo de busca heurística local que consiste em remover para cada nó do grafo K conexões, reconectá-las em outras posições e então avaliar a nova proposição em termos de comprimento de caminho e validar a mais curta como solução. As variantes K -opt mais populares e conhecidas são 2-Opt (Figura 8) e 3-Opt (ROKBANI et al., 2021).

Figura 8 - Ilustração da heurística 2-Opt



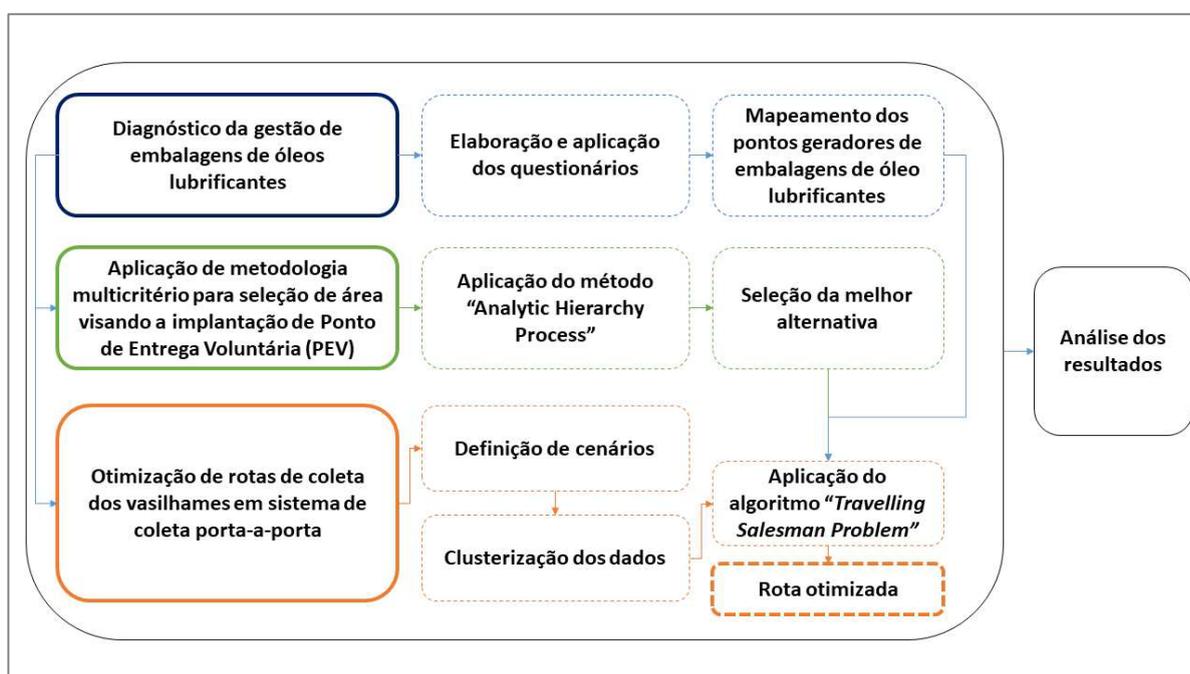
Legenda: (a) possível rota; (b) configuração obtida após a remoção de duas arestas; (c) nova rota obtida após novas conexões de arestas com uma nova configuração. Fonte: Rokbani et al. (2021)

Segundo Hougardy, Zaiser e Zhong (2020), ao começar com uma rota arbitrária, a heurística 2-Opt substitui repetidamente duas arestas da rota por duas outras, desde que isso produza um itinerário mais curto. A heurística 2-Opt para quando nenhuma melhoria adicional pode ser feita dessa maneira. Um passeio que a heurística 2-Opt não pode melhorar é chamado de 2-ótimo.

3 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida neste trabalho encontra-se estruturada conforme fluxograma simplificado ilustrado na Figura 9. Nesse contexto, inicialmente foi realizado o diagnóstico da gestão das embalagens de óleos lubrificantes no âmbito do município de Juazeiro do Norte-CE. Posteriormente, procedeu-se com a seleção de área prioritária para implantação de Ponto de Entrega Voluntária (PEV) e em sequência a otimização de rota para recolhimento porta-a-porta dos invólucros.

Figura 9 - Fluxograma simplificado das etapas metodológicas desenvolvidas nesta pesquisa



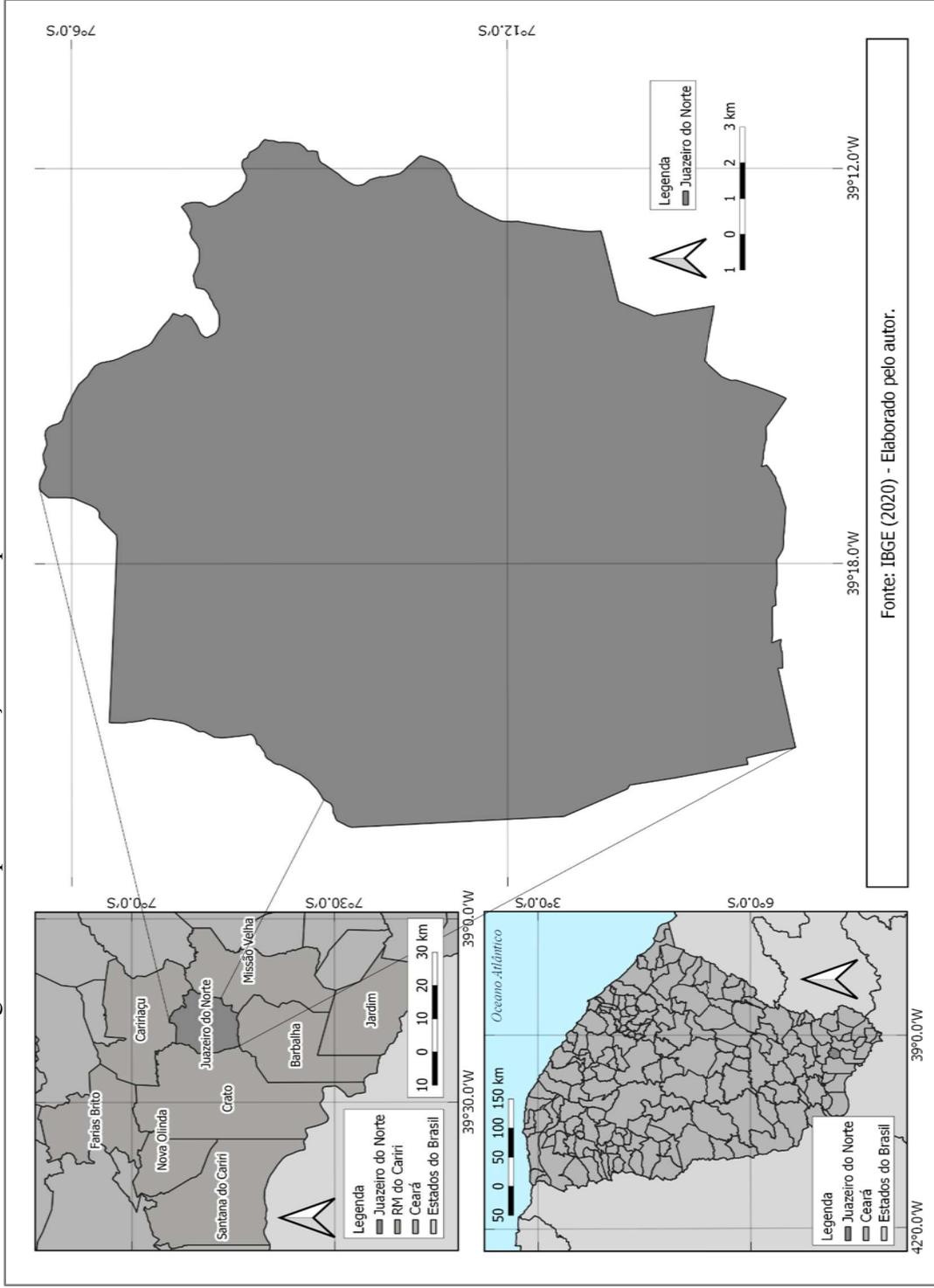
Fonte: Autoria própria (2023).

3.1 Descrição da área de estudo

O município de Juazeiro do Norte (Figura 10) está localizado na mesorregião sul do Estado do Ceará, sob as coordenadas geográficas 7° 12' 47" latitude sul e 39° 18' 55" oeste de Greenwich. Possui uma área territorial de 248,8 km², altitude de 377,3 m e distante 396 km, em linha reta, da Capital Fortaleza (IPECE, 2017). O clima é classificado como tropical quente semiárido e tropical quente semiárido brando, com período chuvoso compreendido entre os

meses de janeiro a maio, pluviosidade média de 925,1 mm/ano e temperatura média entre 24 e 26 °C (IPECE, 2021).

Figura 10 - Mapa de localização do município de Juazeiro do Norte-CE



Tem uma população estimada em 276.264 habitantes e densidade demográfica de 1.004,45 hab/km² (IBGE, 2020). A divisão territorial do município consiste na Sede (Juazeiro do Norte) e dois distritos denominados de Marrocos e Padre Cícero (IPECE, 2021). Esse ente federativo está inserido na Região Metropolitana do Cariri (RMC), criada pela Lei Complementar Estadual nº 78 de 26 de junho de 2009 (CEARÁ, 2009). A RMC é constituída pelo agrupamento dos municípios de Juazeiro do Norte, Crato, Barbalha, Jardim, Missão Velha, Caririaçu, Farias Brito, Nova Olinda e Santana do Cariri para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum.

Juazeiro do Norte se destaca com o maior PIB e população da região, esboçando um centro de referência para diversos municípios circunvizinhos (BRULE, 2020). A cidade apresenta constante crescimento demográfico, espacial, econômico e social (FRANCA, 2016). Com pouco mais de um século de história, Juazeiro do Norte figura hoje como uma das principais cidades do Ceará (CASTRO, 2011).

Diferentemente dos seus vizinhos, Juazeiro do Norte possui um parque industrial mais diversificado, seu comércio é dinâmico, devido principalmente às romarias associadas à figura do Padre Cícero, que trazem para o município um elevado número de pessoas (SANTOS; LIMA JÚNIOR, 2013). A cidade desponta como a maior concentração urbana do sertão cearense e uma das maiores do sertão nordestino. Excetuando-se a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Juazeiro do Norte representa uma das principais centralidades do Estado e ocupa, assim como a cidade de Sobral, o posto de capital regional (QUEIROZ, 2013).

O município possui posição estratégica no Nordeste brasileiro, fator que contribui para o seu dinamismo econômico. A cidade está localizada a, aproximadamente, 600 km de distância das capitais nordestinas, à exceção de Salvador e São Luís (NASCIMENTO; ALVES; CHACON, 2014). Está entre as cidades que mais crescem no interior do Nordeste. Diante disso, a sua área de influência socioeconômica ultrapassa os limites estaduais e caracteriza-se como uma cidade média em crescente desenvolvimento (LIMA; RIBEIRO, 2012).

3.2 Frota de veículos no município de Juazeiro do Norte

A frota de veículos automotores tem aumentado com o passar dos anos. Entre os anos de 2013 e 2019 (Tabela 3), no município de Juazeiro do Norte houve um acréscimo de 28,96%. Portanto, maior que os observados no Brasil e no estado do Ceará.

Tabela 3 - Evolução da frota de veículos automotores entre os anos de 2013 e 2019

Frota de veículos automotores ¹			
Período ²	Brasil	Ceará	Juazeiro do Norte
2013	79.719.555	2.350.035	87.769
2014	84.650.208	2.558.678	95.034
2015	88.495.042	2.737.032	102.078
2016	91.547.810	2.864.455	107.651
2017	94.645.852	2.977.673	112.684
2018	98.152.656	3.097.995	118.268
2019	102.017.981	3.229.765	123.544
Aumento (%) entre 2013 e 2019	21,86%	27,24%	28,96%

¹Os dados do Denatran incluem a quantidade de veículos totais (automotores e não automotores, a exemplo de bonde (propulsão elétrica), reboque, semirreboque, sidecar, chassi plataforma e outros); ²dados referentes ao mês de dezembro de cada ano. Fonte: Brasil (2020b)

O fato de Juazeiro do Norte ser um polo regional de educação, comércio, indústria e turismo religioso, com intenso tráfego de veículos de vários municípios do Ceará e estados circunvizinhos, aliado ao aumento da frota de veículos automotores ao longo dos anos, acarreta uma maior demanda por serviços de manutenção e troca de óleo na cidade e, conseqüentemente, influencia a quantidade de embalagens de óleo lubrificante que necessitam de destinação ambientalmente adequada.

É válido ressaltar que os resíduos sólidos urbanos do município são dispostos em um lixão e, portanto, ocasiona severos impactos negativos ao meio ambiente. Nesse sentido, o provável cenário no município é que as embalagens não coletadas pelo operador logístico reverso tenham como destino essa área. Essa conjuntura reforça a importância de uma logística reversa mais abrangente e eficiente para as embalagens de óleos lubrificantes, tendo em vista caracterizar-se como um resíduo perigoso.

3.3 Classificação da pesquisa

A presente pesquisa, quanto aos objetivos, é classificada como descritiva. Para

Prodanov e Freitas (2013) nas pesquisas descritivas, os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que o pesquisador interfira sobre eles, ou seja, os fenômenos do mundo físico e humano são estudados, mas não são manipulados pelo investigador. Conforme Gil (2002), uma das características mais significativas desse tipo de pesquisa é a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, como o questionário e a observação sistemática.

Quanto aos procedimentos técnicos, caracteriza-se como: (i) pesquisa bibliográfica: quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, boletins, monografias, dissertações, teses, etc., com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa; (ii) levantamento: esse tipo de pesquisa ocorre quando envolve a interrogação direta de indivíduos cujo comportamento deseja-se conhecer através de algum tipo de questionário. Em geral, procede-se à solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado para, em seguida, mediante análise quantitativa, obter-se as conclusões correspondentes aos dados coletados (GIL, 2002; PRODANOV; FREITAS, 2013).

3.4 Elaboração dos questionários

Nesta pesquisa foram elaborados cinco modelos de questionários (Apêndice I a V), os quais foram aplicados aos diferentes entes participantes da cadeia logística de óleos lubrificantes e suas embalagens, bem como aos órgãos do Poder Público responsáveis pelo licenciamento e fiscalização dessas atividades, conforme apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 - Especificação dos questionários aplicados na pesquisa

Apêndice	Tipo de questionários	Especificação
I	Instituto Jogue Limpo (IJL)	----
II	Órgãos ambientais	Estadual e Municipal
III	Estabelecimentos participantes do Programa de Coleta do IJL	----
IV	Prestadores de serviços de troca de óleo (com e sem revenda) ¹	Oficinas mecânicas (grande, médio e pequeno)

Apêndice	Tipo de questionários	Especificação
		porte); concessionárias; postos especializados em troca de óleo; etc.
V	Comerciantes (somente revenda)	Autopeças e Motopeças

¹Exceto empreendimentos que já participam do Programa de Coleta do Instituto Jogue Limpo. Fonte: Autoria própria (2023).

Por meio dos questionários almejou-se compreender o cenário atual de destinação e disposição dos óleos lubrificantes e suas embalagens, gerados pelos mais variados estabelecimentos, no município de Juazeiro do Norte. Além disso, buscou-se verificar o grau de compreensão, a respeito do processo de LR, dos indivíduos que estão na ponta da cadeia logística e que, portanto, são fundamentais para uma melhor implantação e eficiência do fluxo reverso.

Cabe salientar que a aplicação dos questionários ocorreu por etapas, tentando-se priorizar a sequência apresentada no Quadro 8. Além disso, como o Instituto Jogue Limpo foi constituído a partir da associação de empresas fabricantes ou importadoras de óleo lubrificante, não foi priorizado, nesta pesquisa, entrevistas com essas entidades individualmente.

3.5 Tamanho da amostra e método de coleta das informações

Quanto ao tamanho da amostra, inicialmente a pesquisa tinha como objetivo a obtenção do cadastro dos empreendimentos que participam do Programa Jogue Limpo em Juazeiro do Norte-CE, bem como consultar o órgão ambiental municipal e obter a lista dos estabelecimentos que possuem licenciamento.

Nesse sentido, em setembro de 2020 (ainda no período de pandemia do Covid-19 - fim do isolamento) foi realizada a entrevista com o representante/responsável pela operação do Instituto Jogue Limpo no Estado do Ceará. Nesta ocasião foi solicitado o cadastro dos estabelecimentos comerciais. No entanto, o colaborador informou que não estaria autorizado a repassar essas informações. Diante disso, entre fevereiro e março de 2021, antes da aplicação dos questionários (Apêndices III, IV e V) tentou-se contato, por meio do e-mail disponível no site oficial, com a sede da Instituição localizada no Rio de Janeiro-RJ. No conteúdo da mensagem solicitou-se a lista dos empreendimentos, bem como a possibilidade de responder

ao questionário (Apêndice I). Inicialmente a Organização retornou o e-mail e informou que o encaminhou ao diretor executivo. Porém, após diversas outras tentativas de contato, não houve mais respostas por parte do IJL.

Já com relação a Autarquia Municipal de Meio Ambiente (AMAJU), após a entrevista em novembro de 2020, indagou-se sobre o cadastro de oficinas e similares que dispunham de licenciamento ambiental junto ao Órgão. Como resposta, a Instituição afirmou que há cadastro geral com todos os estabelecimentos que dispõem de licença no município, porém este não é segregado por categorias tais como clínicas, oficinas, loteamentos, galvanoplastia, fábricas de calçados, etc. Esses empreendimentos são listados de acordo com a razão social, número de CNPJ (Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica), endereço, tipo e período da licença emitida, etc. A ausência de categorização dificulta identificar por meio do cadastro, e com precisão, a quantidade de estabelecimento de um determinado gênero, tendo em vista que nem sempre a razão social de uma empresa indica a (ou fornece indícios da) atividade desenvolvida por ela.

Diante dessas dificuldades e sabendo que muitas empresas, principalmente aquelas de pequeno porte e/ou familiar, não possuem qualquer inscrição nos órgãos públicos, utilizou-se nesta pesquisa a metodologia de identificação dos estabelecimentos *in loco*. Nesse sentido, definiu-se a coleta de dados por bairros do município. Assim, inicialmente eram percorridas as vias principais de cada porção territorial e ao identificar um empreendimento, apresentava-se a proposta do estudo aos responsáveis e indagava-os sobre o seu interesse em participar. Posteriormente, era solicitado a indicação e localização de outros estabelecimentos similares naquela região/bairro, os quais seriam visitados em seguida.

A aplicação dessa metodologia foi necessária para mapear a maior quantidade possível de estabelecimentos geradores dos resíduos em estudo, uma vez que não se dispunha de dados oficiais e/ou precisos sobre o número exato de empreendimentos dessa natureza no município. Dessa forma, não havia elementos que comprovassem o tamanho da população e, portanto, a amostragem estatística tornou-se prejudicada.

Entre o período de 10 de março de 2021 a 07 de maio de 2021 foram visitados 241 empreendimentos (oficinas, concessionárias, postos especializados em troca de óleo, autopeças e motopeças), dos quais 223 aceitaram contribuir com a pesquisa. A sequência de aplicação dos questionários ocorreu conforme está apresentada no Quadro 9.

Quadro 9 - Sequência de entrevistas/aplicação dos questionários da pesquisa

Tipo de questionário aplicado	Período da aplicação dos questionários/entrevistas	Quantidade de questionários aplicados
Instituto Jogue Limpo (IJL)	setembro de 2020	1
Órgãos ambientais: <ul style="list-style-type: none"> ● Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE); ● Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU). 	<ul style="list-style-type: none"> ● SEMACE - outubro de 2020 ● AMAJU - novembro de 2020 	1 (SEMACE) 1 (AMAJU)
Estabelecimentos participantes do Programa de Coleta do IJL	Não foram identificados estabelecimentos que participam do Programa no município	0
Prestadores de serviços de troca de óleo (com e sem revenda): <ul style="list-style-type: none"> ● Oficinas mecânicas (grande, médio e pequeno porte); ● Concessionárias; ● Postos especializados em troca de óleo, etc. 	10 de março de 2021 a 07 de maio de 2021	203
Comerciantes (somente revenda) <ul style="list-style-type: none"> ● Autopeças e Motopeças 	10 de março de 2021 a 07 de maio de 2021	20

Fonte: Autoria própria (2023).

Cabe salientar que todos os estabelecimentos comerciais identificados e entrevistados foram georreferenciados por meio da utilização do aparelho GPS Garmin eTrex 30x. Esse procedimento foi necessário para aplicar o método *Travelling Salesman Problem - TSP* na determinação da menor rota e, portanto, menor custo para coleta porta-a-porta das embalagens de óleos lubrificantes.

3.6 Definição/seleção de área prioritária para implantação de ponto de entrega voluntária no município

A Gestão Municipal de Juazeiro do Norte informou o interesse em implantar ecopontos (ou PEVs - Pontos de Entrega Voluntária) em áreas da municipalidade visando o recebimento de Resíduos da Construção Civil (RCC), resíduos de poda, pneus inservíveis,

eletrônicos e recicláveis secos. Dessa forma, esses equipamentos poderão ser utilizados também para recebimento de Embalagens de Óleos Lubrificantes (EOL), bem como configurar-se como ponto de apoio e depósito de embalagens de óleos lubrificantes em um sistema de coleta porta-a-porta. Esse sistema de recolhimento *in loco* poderá ser operado tanto por empresas especializadas quanto por cooperativas ou associações de catadores capacitadas, a fim de proporcionar maior eficiência na logística reversa de embalagens usadas de óleos lubrificantes.

Nesse contexto, inicialmente a Gestão Municipal indicou 6 áreas favoráveis à instalação desses equipamentos, conforme ilustrado na Figura 11, cujos recursos financeiros ainda estão sendo viabilizados. Diante disso, tendo em vista a necessidade de definição da ordem de prioridade para construção desses equipamentos e considerando como referência os pontos de geradores de EOL no município, neste estudo foi aplicada a análise multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para ranqueamento das alternativas.

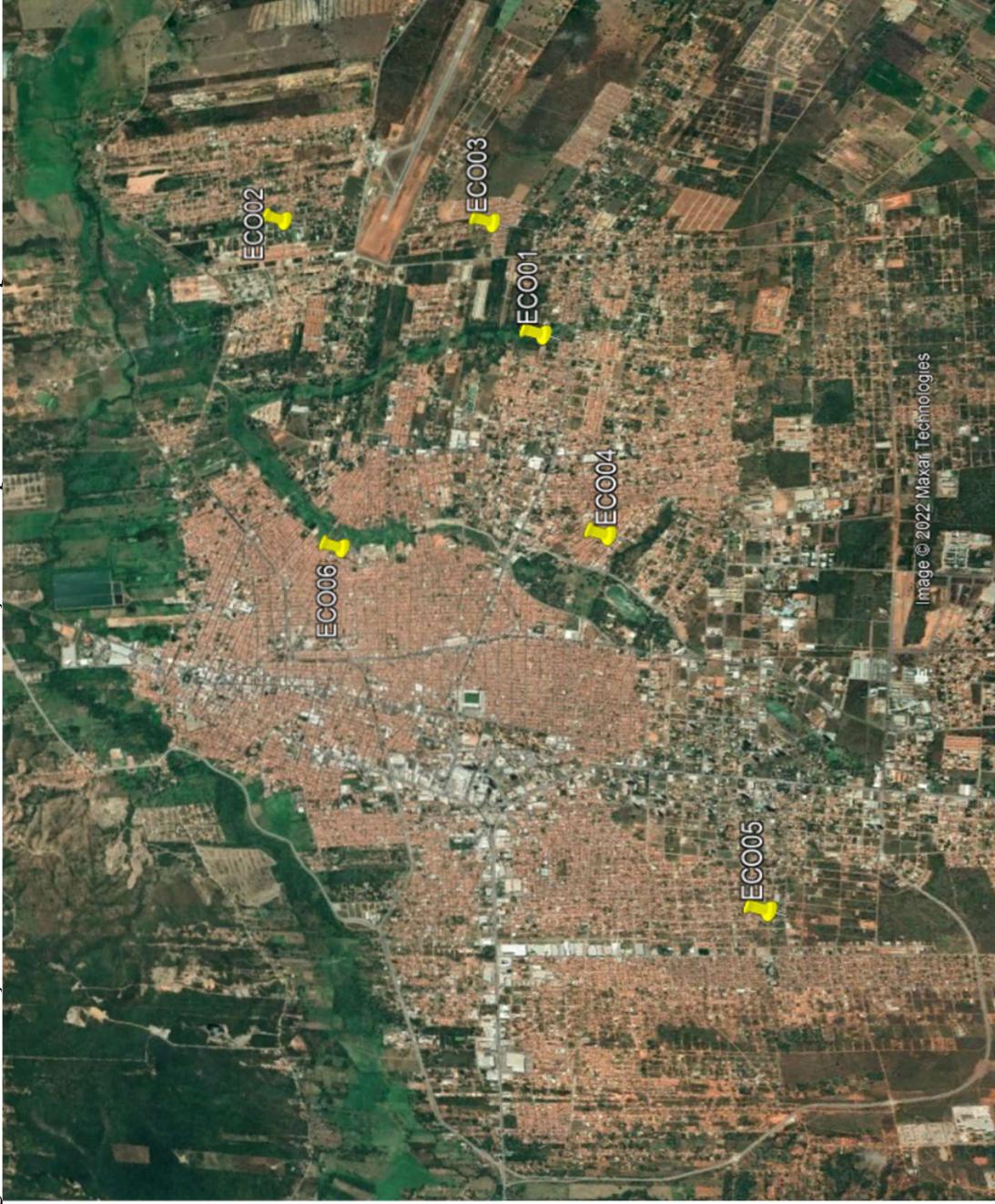
Cabe salientar que na literatura são relatados diversos métodos de apoio a tomada de decisão, a exemplo do *Elimination and Choice Expressing Reality* (ELECTRE) (ROY, 1996), *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations* (PROMETHEE) (BRANS; VINCKE, 1985), *Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique* (MACBETH) (BANA E COSTA; VANSNICK, 1995), entre outros. No entanto, a metodologia AHP foi escolhida nesta pesquisa devido a sua elevada eficiência, a sua ampla aplicabilidade no meio científico e empresarial, a facilidade de compreensão do processo de cálculo e a disponibilidade de *softwares* de livre acesso (os quais podem auxiliar os tomadores de decisões nas mais diversas áreas).

Os critérios (i) distância média aos pontos geradores de EOL (desejável uma maior proximidade aos estabelecimentos), (ii) vias de acesso à área (favorável aquelas com melhores condições de trafegabilidade) e (iii) distância a núcleo habitacional (desejável maior afastamento de residências) foram utilizados para fins de comparação das seis alternativas (ECO01, ECO02, ECO03, ECO04, ECO05 e ECO06 - conforme Figura 11).

Em resumo, as etapas seguidas na realização da análise foram: (i) construção da estrutura hierárquica; (ii) julgamentos de cada critério com relação aos demais (atribuições dos pesos; normalização dos dados; obtenção do vetor prioridade; análise de consistência); (iii) julgamento das alternativas com relação a cada critério (atribuições dos pesos; normalização dos dados; obtenção do vetor prioridade; análise de consistência); e, (iv) ranqueamento das alternativas (tomada de decisão).

Os cálculos da análise AHP foram realizados por meio de algoritmo escrito em editor de planilha eletrônica (Excel) e confirmados por meio do *software* SuperDecisions® (versão 2.10). Cabe ressaltar que a alternativa melhor classificada na análise AHP foi considerada como ponto inicial (ou ponto de partida) para fins de cálculo das rotas otimizadas de recolhimento porta-a-porta dos invólucros de lubrificante automotivo no município.

Figura 11 - Localização das áreas favoráveis à instalação de ecopontos no município de Juazeiro do Norte-CE



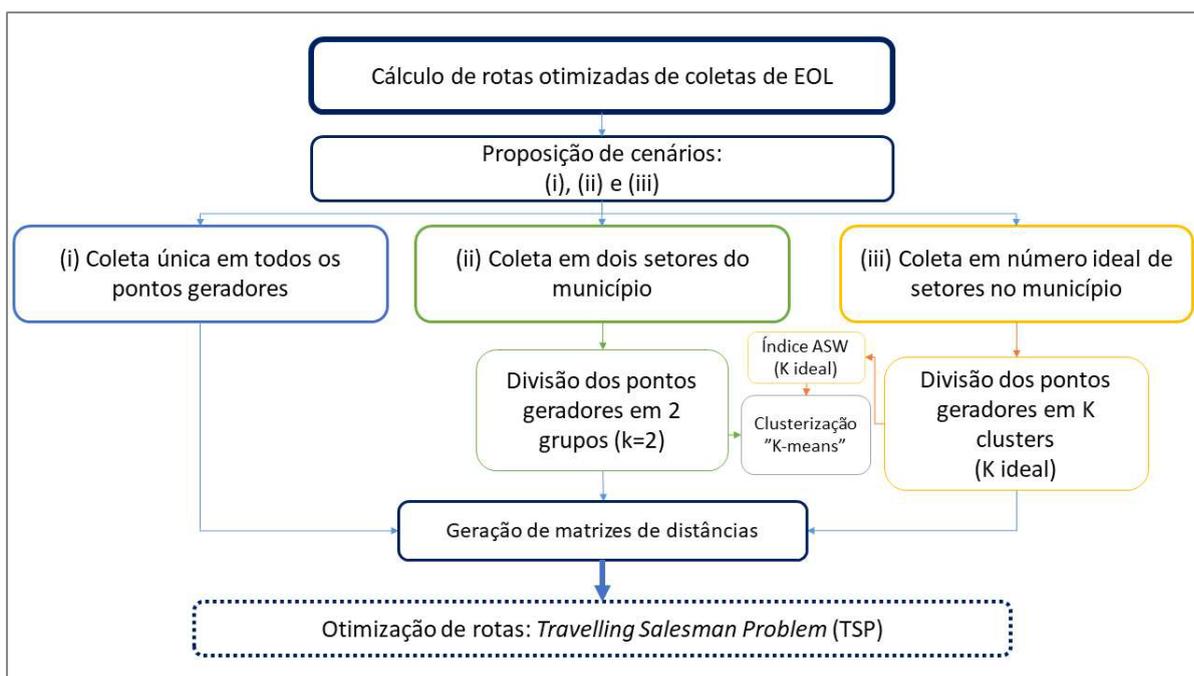
Legenda: ECO0"n" - áreas favoráveis à instalação de ecopontos (ou PEVs) no município. Fonte: Adaptado de Google Earth (2022) elaborado pelo autor (2023).

3.7 Otimização da rota de coleta porta-a-porta das embalagens de óleo lubrificante

Neste tópico abordam-se os aspectos metodológicos utilizados para otimizar os processos de gestão da logística de coleta dos invólucros de óleos veiculares nos pontos geradores situados no município de Juazeiro do Norte, os quais foram devidamente mapeados neste trabalho. Por outro lado, ressalta-se que o presente estudo não foca nos detalhes matemáticos envolvidos nos algoritmos que serão descritos.

A otimização de rotas de coletas (sistema de coleta porta-a-porta) das embalagens foi realizada por meio do algoritmo *Travelling Salesman Problem* - TSP. Nesse contexto, foram definidos três cenários (Figura 12): (i) coleta em rota única para todos os estabelecimentos; (ii) coleta, em rotas distintas, em dois setores (áreas) do município; e, (iii) coleta, em rotas distintas, em um número ideal de setores no município.

Figura 12 - Fluxograma de aplicação do algoritmo *Travelling Salesman Problem* - TSP



Legenda: ASW - *Average Silhouette Width*; K - número de *clusters*

Fonte: Autoria própria (2023).

Para geração de setores no município, cenários (ii) e (iii), foi realizada a divisão dos pontos geradores em grupos (*clusters*) por meio da técnica clusterização (*clustering*) K-means. A clusterização foi efetuada a partir dos dados georreferenciados (coordenadas geográficas) dos estabelecimentos estudados. Segundo Lengyel e Botta-Dukát (2019) a clusterização é o método

de agrupar objetos semelhantes a fim de simplificar a estrutura de um conjunto de dados. Trata-se de uma ferramenta exploratória comum para reconhecimento de padrões em grandes amostras em vários campos da ciência. Nesse contexto, conforme Govender e Sivakumar (2020), o objetivo da análise de *cluster* é identificar grupos de objetos semelhantes, onde objetos em um *cluster* são mais semelhantes entre si do que objetos em *clusters* diferentes.

No algoritmo K-means, em resumo, matematicamente as observações são alocadas a um determinado *cluster* de forma a minimizar a soma das distâncias euclidianas entre as observações dentro de um *cluster* e o centróide desse *cluster* (CERVO; ANZANELLO, 2015). Cada dado irá pertencer ao grupo em que o centróide está mais próximo. O algoritmo irá iterativamente posicioná-los de forma que a distância entre as amostras e os centróides seja mínima (MARTINS et al., 2021).

Especificamente para o cenário (iii), o número ótimo de *clusters* (K ideal) foi obtido por meio da análise do *Average Silhouette Width* (ASW). O *Average Silhouette Width* (ASW) é um índice de validação de *cluster* amplamente utilizado para estimar o número ideal de agrupamentos (*clusters*) (ROUSSEEUW, 1987; BATOOL; HENNIG, 2021).

Após a obtenção de todos os agrupamentos necessários às simulações dos cenários, foram geradas matrizes de distâncias euclidianas (simétricas) para cada um dos *clusters* e para todos os cenários. Essas matrizes foram elaboradas a partir dos dados georreferenciados dos pontos geradores. Por meio dessas informações foram calculadas as rotas otimizadas utilizando o algoritmo TSP.

Cabe salientar que o ponto inicial das rotas consistiu na área previamente indicada pela Gestão Municipal e selecionada pelo método AHP para implantação de um Ponto de Entrega Voluntária (PEV) ou ecoponto no município.

Os algoritmos de clusterização K-means (KASSAMBARA, 2017), do *Average Silhouette Width* (ASW) (KASSAMBARA, 2017) e do *Travelling Salesman Problem* (TSP), este conforme Hahsler e Hornik (2007), foram executados por meio do *software* (linguagem de programação) R (versão 4.2.1) com auxílio do *software RStudio* (versão 2022.07.0+548). Os pacotes (*packages*) utilizados no R foram, respectivamente, “*Cluster*”, “*factorextra*” e “*TSP*”. Para Voicu et al. (2020) a flexibilidade e os amplos campos de aplicação tornaram o ambiente de programação R uma escolha popular em um grande número de áreas.

Cabe salientar que para cada um dos cenários e, portanto, para todos os *clusters* foram realizadas simulações de rotas otimizadas por meio das heurísticas “*Nearest neighbor*

algorithm”, “*Repetitive nearest neighbor algorithm*”, “*Nearest insertion*”, “*Farthest insertion*”, “*Cheapest insertion*”, “*Arbitrary insertion*” e “*2-Opt improvement heuristic*”, inclusas no pacote “TSP”. A rota que apresentou menor extensão em cada cenário foi selecionada como rota ótima.

Ressalta-se ainda que, após a aplicação da clusterização dos dados e cálculo das rotas otimizadas, foram gerados mapas dos dados previamente georreferenciados, por meio do uso do *software* livre QGIS versão 3.10.7., os quais são apresentados ao longo deste estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão apresentados e discutidos os resultados obtidos por meio dos dados coletados em campo junto ao operador logístico (IJL), aos órgãos ambientais estadual e municipal, bem como aos estabelecimentos geradores de óleos lubrificantes e seus invólucros. Além disso, será realizada a definição de área prioritária para alocação de ponto de entrega voluntária e simulação de rotas otimizadas para coleta de embalagens em sistema de recolhimento porta-a-porta.

4.1 Questionário aplicado ao Instituto Jogue Limpo

Em setembro de 2020 foi realizada visita à sede do Instituto Jogue Limpo (Figura 13) no município de Fortaleza, Ceará. Nessa ocasião, procedeu-se a entrevista com o representante da Instituição por meio da aplicação de um questionário semiestruturado (Apêndice I). Os dados estão elencados no Quadro 10.

Figura 13 - Sede do Instituto Jogue Limpo em Fortaleza, Ceará



Fonte: Autoria própria (2023).

Quadro 10 - Dados da entrevista com o representante do Instituto Jogue Limpo em Fortaleza, Ceará

Questionamentos	Representante do Instituto Jogue Limpo
1 - Tempo em que a empresa atua no mercado?	No município de Fortaleza, desde o ano 2014.
2 - Há capacitação contínua dos funcionários?	Sim. Geralmente anual.
3 - A empresa é licenciada pelos órgãos ambientais?	Sim. Pelo Órgão Estadual - Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). A empresa também dispõe de outras licenças exigidas em âmbito municipal, como o alvará de funcionamento, por exemplo.
4 - A empresa possui PGRS?	Sim.
5 - A empresa já foi ou é fiscalizada por órgãos ambientais?	Sim. Geralmente uma vez no ano.
6 - No âmbito da logística reversa, como ocorre a identificação e o primeiro contato com os pontos geradores de embalagens de óleo lubrificante em cada município?	A identificação inicial de postos de combustíveis é realizada por meio do site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Já o reconhecimento das oficinas ocorre por meio de sites de busca, a exemplo do Google. O primeiro contato é geralmente efetivado por ligações telefônicas.
7 - Há algum critério para seleção/escolha desses pontos geradores?	É necessário que o empreendimento esteja legalmente constituído, com inscrição na Receita Federal - Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ), disponha de alvará de funcionamento, etc.
8 - Há alguma contrapartida desses geradores para operacionalização do sistema?	Não. O serviço é gratuito.
9 - Há algum tipo de resistência inicial em participar do programa de logística reversa?	É raro que ocorra algum tipo de resistência. Normalmente, aqueles empreendimentos que resistem, vendem o material de forma clandestina sem nenhuma garantia de destinação correta.
10 - Quando da aceitação por parte do estabelecimento, há algum tipo de treinamento ou orientação a respeito do correto manuseio e armazenamento das	O IJL disponibiliza um tambor de 200L e sacos plásticos para armazenamento das embalagens no interior dos estabelecimentos. Em geral, orienta-se que esses equipamentos

Questionamentos	Representante do Instituto Jogue Limpo
embalagens?	fiquem localizados próximos às áreas de troca de óleo.
11 - Há a necessidade de drenagem das embalagens antes do recolhimento pelo Instituto?	O IJL não exige que essa atividade seja realizada nos pontos geradores, já que o Instituto executa a drenagem das embalagens na própria sede/galpão (Figura 14a).
12 - Há algum programa de formação contínua para os estabelecimentos já participantes?	Ocorre uma vez por ano, sendo realizado diretamente no Sindipostos no município de Fortaleza.
13 - Qual a frequência das coletas itinerantes em cada município?	Conforme a demanda, ocorre no mínimo uma vez no mês nos municípios que têm estabelecimentos cadastrados.
14 - Como é realizada a divulgação e comunicação do período de coleta aos geradores?	Como a coleta é realizada periodicamente, tenta-se sempre efetuar a rota a cada 30 dias. Porém, não há comunicação prévia via ligação telefônica.
15 - Como é feita a rota de coleta itinerante? (município por município; por região do Estado)	A rota é efetivada por região do Estado.
16 - Como são transportadas as embalagens no caminhão? (soltas, prensadas, outras forma)	As embalagens são armazenadas nos sacos plásticos disponibilizados. Porém, sem redução do volume por meio de prensas.
17 - Como é feito o armazenamento das embalagens no depósito da instituição?	As embalagens são drenadas (Figura 14a), prensadas (Figura 14b) e enfardadas (Figura 14c).
18 - Há segregação entre os diferentes tipos de plástico? Quais tipos de plásticos?	Sim. Os tipos segregados são geralmente PEAD (embalagens de óleos lubrificantes), PVC (embalagens de aditivos), PET (embalagens de OL, porém é raro) e PP (tampas das embalagens).
19 - Há algum processo de descontaminação das embalagens antes de encaminhá-las à destinação final? Como é feito?	Não. Há somente a drenagem do óleo remanescente, a qual é realizada por meio de uma “escorredeira”.
20 - Qual a destinação dessas embalagens?	Todas as embalagens são encaminhadas para uma empresa de reciclagem.

Questionamentos	Representante do Instituto Jogue Limpo
21 - Caso sejam encaminhadas para a reciclagem, como é o processo? E quais produtos são gerados?	Geralmente ocorre a lavagem, trituração e derretimento do material. Os produtos gerados são caixas para armazenamento de água, tubos plásticos (esgoto e água), baldes, bombonas, etc.
22 - O Instituto vende essas embalagens? Caso venda, qual o tipo de material com maior valor agregado?	O material é vendido, sendo que o PEAD tem o maior valor agregado.
23 - Com base nos relatórios do Instituto, mesmo com toda abrangência do programa de coleta das embalagens no Estado, existem vários pontos geradores com “Coleta Zero”, o que justifica isso?	Os estabelecimentos não realizam serviços de troca de óleo em determinado período ou deixam de ofertar esse serviço.
24 - O Instituto disponibilizou alguns Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) no município de Fortaleza-CE, qual foi o critério de escolha para alocação desses equipamentos?	Um desses PEVs está situado próximo à central do IJL. Já outros foram inseridos em locais com reduzidos percentuais de coleta, visando incentivar a entrega voluntária. E outros foram implementados em grandes centros automotivos.
25 - Houve algum processo de divulgação e conscientização direcionada aos pontos geradores localizados nas circunvizinhanças desses PEVs?	Sim. A divulgação foi realizada por meio de panfletagem e divulgação no site do IJL.
26 - Há algum plano ou programa de expansão dos pontos de entrega voluntária para todos os municípios do Estado?	No momento o foco será a cidade de Fortaleza. Devido a pandemia do COVID-19, o plano de expansão para outros municípios teve que ser adiado, pois os custos de implantação são elevados.
27 - Quais são os maiores desafios para implantação do processo de logística reversa de embalagens usadas de óleo lubrificante no Ceará? No Brasil?	Entre as maiores dificuldades estão: (i) a falta de informação, pois não são todos os geradores que têm conhecimento dos impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada desse material; e, (ii) a ausência de fiscalização nos pontos geradores, principalmente nas oficinas de menor porte, etc.
28 - Há a possibilidade de o Instituto Jogue Limpo incentivar a participação de Associação de catadores na coleta das embalagens a fim de elevar a eficiência do	Até o momento não há perspectiva.

Questionamentos	Representante do Instituto Jogue Limpo
sistema?	
<p>29 - Como forma de aprimorar o sistema, seria possível que o Instituto identificasse, em cada região do Estado, empresas de reciclagem aptas a receber e processar as embalagens, ao invés de transportá-las até Fortaleza para proceder a destinação final?</p>	<p>As maiores dificuldades seriam a segregação do material <i>in loco</i>, uma vez que vários geradores não têm consciência e acabam colocando outros tipos de materiais (estopas, filtros de óleo, embalagens de alimentos, etc.) dentro dos sacos de armazenamento das embalagens.</p> <p>Além disso, outro impasse seria a identificação de empresas licenciadas e que tenham capacidade técnica para proceder a reciclagem de forma ambientalmente adequada.</p>

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 14 - Sede do Instituto Jogue Limpo em Fortaleza – CE



Legenda: (a) drenagem das embalagens de óleos lubrificantes; (b) prensa hidráulica utilizada para redução do volume das embalagens; (c) material prensado/compactado; e, (d) veículo utilizado para coleta itinerante. Fonte: Autoria própria (2023).

Com base nos dados apresentados no Quadro 10, alguns pontos podem ser elencados quanto ao modelo logístico adotado pelo IJL: (i) a identificação dos empreendimentos é realizada por meio eletrônico (sites) e posteriormente ocorre o contato telefônico; (ii) há a necessidade do empreendimento estar constituído legalmente, dispor de CNPJ [um entrave é que muitos estabelecimentos de pequeno porte são de âmbito familiar e não dispõem de qualquer regularização perante os órgãos públicos]; (iii) o serviço é gratuito; (iv) as rotas de coleta ocorrem geralmente a cada 30 dias; (v) a rota é definida por região do Estado; e, (vi) os materiais são transportados sem redução de volume.

Com relação a este último item, Martins et al. (2015) e Martins et al. (2020) argumentam que o sistema de transporte das embalagens pós-consumo pelo IJL apresenta entraves associados. O veículo (Figura 14d) com rota definida, ao sair dos pontos de geração, precisa, geralmente, interromper a coleta e retornar toda vez que o volume do compartimento de carga (baú) é preenchido, mesmo considerando que este suportaria carga mássica muito superior. Esse entrave logístico poderia ser solucionado com a fragmentação/compactação das embalagens nos pontos de revenda.

Outro fator a destacar refere-se aos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), os quais estão sendo implementados somente na cidade Fortaleza, não havendo expectativa de expansão para os demais municípios do Estado. Além disso, foram elencadas dificuldades referentes à ausência de conhecimento (informações) sobre os impactos ambientais da destinação inadequada e a ausência de fiscalização, principalmente, nos pequenos geradores.

Cabe salientar que conforme o IJL (2021a), o acordo setorial assinado com o Ministério do Meio Ambiente em dezembro de 2012 tinha metas válidas até 2016. De 2017 em diante foram propostas a cada ano, às organizações participantes, metas crescentes de coleta. Essa prática tem sido adotada até que se assine um novo acordo setorial ou um aditivo ao acordo original.

Segundo o IJL, durante todo o ano de 2021, houve tratativas para oficializar um aditivo ao acordo setorial visando a implantação das etapas 2 e 3 (Quadro 3). Porém, não houve sucesso. Cabe salientar que apenas na Etapa 3 está prevista a expansão do sistema para os demais segmentos de comercialização, incluindo oficinas mecânicas, super trocas de óleo, centros automotivos e lojas de autopeças. Atualmente, esses segmentos são atendidos, de forma restrita, somente por meio dos PEVs. Nesse sentido, até 2021 foram disponibilizados no município de Fortaleza cerca de 14 locais para entrega voluntária dos invólucros. Além disso,

o Instituto enfatiza que não detém o monopólio sobre a devolução das embalagens; há, nas áreas onde atua, outras empresas que também realizam a coleta nos pontos geradores.

Nesse contexto, os aspectos descritos apontam para necessidade de desenvolvimento e implantação de um sistema logístico reverso de embalagens de óleo lubrificante mais amplo/abrangente. Esse modelo deve considerar a inclusão de todos os pontos geradores, independente do porte do empreendimento, a fim de minimizar a destinação inadequada desses resíduos. Assim, o desenvolvimento de rotas otimizadas de coleta porta-a-porta, a instalação dos PEVs e a execução de um programa permanente de educação e conscientização, aliados a um programa efetivo de fiscalização, podem ser fatores decisivos para a eficiência desse sistema.

4.2 Questionário aplicado aos Órgãos Ambientais

No mês de outubro de 2020 foi realizada a entrevista com o representante da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) e, em novembro de 2020, com o representante da Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU). Ambas as entrevistas ocorreram por meio da aplicação de um questionário semiestruturado (Apêndice II). Os resultados estão apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 - Dados das entrevistas com os Órgãos Estadual e Municipal de Meio Ambiente

Questionamentos	SEMACE ¹	AMAJU ²
(i) Como a instituição tem aplicado o que dispõe a Política Nacional de Resíduos Sólidos a respeito da logística reversa?	Tem aplicado muito. Por meio dos processos de licenciamento ambiental impõe aos empreendedores que gerenciem os resíduos submetidos à logística reversa, através do envio de relatórios de automonitoramento periódicos.	Tem sido aplicado de forma regular. Tem exigido dos empreendimentos licenciados junto ao Órgão que apresentem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRSs); nesses planos é cobrada a execução da logística reversa.
(ii) Há campanhas frequentes de conscientização e/ou fiscalização?	Sim. No entanto, o maior foco está nas questões ligadas aos agrotóxicos. Porém, no âmbito do sistema Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA)/SEMACE existem	Sim. São realizadas visitas aos empreendimentos para acompanhar a execução dos PGRSs; nessa ocasião são efetuadas orientações a respeito do cumprimento da

Questionamentos	SEMACE ¹	AMAJU ²
	grupos técnicos que tratam da logística reversa de outros resíduos como eletrônicos, pneus, pilhas e baterias.	PNRS.
(iii) Para quais tipos de resíduos existe uma maior cobrança quanto a implantação do sistema de logística reversa?	<ul style="list-style-type: none"> - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; - pneus; - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens [inclusive com termo de compromisso firmado em 2013 no Estado para a LR dessas embalagens]; - produtos eletroeletrônicos e seus componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - agrotóxicos; - pneus; - pilhas e baterias; - produtos eletroeletrônicos; - bombonas de produtos químicos.
(iv) Como é feito o acompanhamento de empreendimentos que aderiram a programas de logística reversa, a exemplo do Instituto Jogue Limpo?	<p>É realizado por meio da solicitação de relatórios. A frequência exigida depende de fatores analisados pelo setor de monitoramento, variando de mensal a semestral.</p> <p>Além disso, são realizadas fiscalizações, uma vez que todos os meses existem atendimentos de ocorrências relativas à temática.</p>	Ocorre através da solicitação de relatórios trimestrais, nos quais deve constar a comprovação da destinação dos resíduos por meio de recibos e notas fiscais, bem como são efetuadas fiscalizações/inspeções semestrais nesses estabelecimentos.
(v) Quais as maiores dificuldades e desafios quanto a implantação de sistemas de logística reversa no Estado ou Município?	<ul style="list-style-type: none"> - a ausência de políticas específicas de LR em âmbito estadual ou municipal; - ausência de diálogo entre o Poder Público e setor empresarial; - ausência de programas de educação ambiental e divulgação da Logística Reversa; - carência de corpo técnico. 	<ul style="list-style-type: none"> - resistência dos diversos entes da cadeia logística em assumir a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; - ausência de diálogo entre o Poder Público e setor empresarial; - ausência de programas de educação ambiental e divulgação da Logística Reversa.
(vi) O Estado/Município dispõe de uma política de resíduos sólidos ou de leis específicas que tratam sobre a logística reversa?	Sim. Lei Nº 16.032, de 20/06/2016 (DOE 22/06/2016).	Não. São aplicadas no município a Política Estadual de Resíduos Sólidos e a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
(vii) O Estado/Município licencia empreendimentos que geram óleo lubrificante	Sim. São exigidas as licenças prévia, de instalação e de	Sim. Exige-se a Licença de Operação (LO).

Questionamentos	SEMACE ¹	AMAJU ²
usado e suas embalagens?	operação ou a Licença Ambiental por Adesão e Compromisso - LAC.	
(viii) O Estado/Município licencia e fiscaliza empreendimentos que utilizam o óleo lubrificante usado em alguma etapa de seu ciclo produtivo?	Sim. A exemplo de postos de combustíveis, lavagem de veículos e empreendimentos industriais que utilizam esse produto em todas as fases do processo produtivo.	Não.
(ix) O Estado/Município licencia e fiscaliza empreendimentos que utilizam embalagens de óleo em processo de reciclagem ou coprocessamento ?	Sim. Exemplo: fábricas de cimento.	Sim. Exemplo: indústrias de reciclagem e empresas de incineração.
(x) Quais são as exigências ambientais para esses empreendimentos?	As exigências concentram-se no plano de gerenciamento de resíduos, através do envio periódico ao Órgão de relatórios de gerenciamento, Relatório de Acompanhamento e Monitoramento Ambiental (RAMA) com frequência anual.	No caso da reciclagem exige-se a descontaminação das embalagens.
(xi) Há possibilidade de o poder público incentivar a participação de cooperativas no processo logístico de embalagens de óleos lubrificantes?	Sim, por meio da criação de programas que incentivem tais iniciativas. Atualmente, por exemplo, o Governo do Ceará, através da SEMA/SEMACE, está implementando o Programa Bolsa Catador. Além disso, pode-se fomentar a criação de galpões organizados que permitam às cooperativas a separação, armazenamento e entrega desses materiais às empresas responsáveis. Nesse sentido, já existem políticas em processo de implementação no contexto dos aterros sanitários regionalizados que visam	Sim. Porém, não há no momento projetos nessa perspectiva ² .

Questionamentos	SEMACE ¹	AMAJU ²
	incluir as cooperativas, inclusive no tocante aos fluxos da cadeia de valores da logística reversa.	

Legenda: ¹Superintendência Estadual do Meio Ambiente; ² Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte. ²A atual Gestão Municipal, que assumiu o governo em 2021, tem incentivado e organizado as associações de catadores para que possam ser parte integrante de um sistema amplo de gerenciamento de resíduos sólidos no município, visando a implantação e consolidação de políticas intituladas “pré-aterro”, as quais têm por objetivo o desvio de todos materiais passíveis de reaproveitamento e reciclagem, encaminhando, portanto, para a disposição final somente os rejeitos. Fonte: Autoria própria (2023).

Dentre os pontos elencados no Quadro 11 pode-se destacar a ausência de uma Política de Resíduos Sólidos para o município. Esse fato pode limitar o planejamento e a definição de estratégias para implantação de uma logística reversa abrangente e eficiente, uma vez que não há o estabelecimento de objetivos, diretrizes e instrumentos com foco na resolução das problemáticas locais no que se refere a gestão de resíduos.

Além disso, cabe salientar que o município de Juazeiro do Norte pouco avançou quanto ao gerenciamento adequado de resíduos sólidos urbanos (RSU), haja vista que ainda faz uso de um lixão para disposição desses materiais. Por outro lado, há a perspectiva de implantação de um aterro sanitário consorciado na Região Metropolitana do Cariri, a qual Juazeiro do Norte está incluído. Esse fato pode tornar-se um agente indutor de políticas voltadas ao gerenciamento integrado dos resíduos sólidos. Nesse sentido, tendo em vista que o valor pago pelo depósito de resíduos é mensurado em toneladas, isso deve impulsionar a implantação de programas de coleta seletiva e de logística reversa em âmbito municipal, a fim de reduzir a quantidade de materiais encaminhados ao aterro sanitário e, portanto, os custos com a disposição final dos rejeitos.

Em linhas gerais e em outra perspectiva, pode-se observar por meio do Quadro 11 que tanto na esfera municipal quanto na estadual a exigibilidade da implantação da logística reversa ocorre no âmbito do licenciamento ambiental, sendo o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) o instrumento utilizado para garantir a destinação correta dos resíduos sujeitos ao fluxo reverso.

4.2.1 Perspectiva de implantação do aterro sanitário consorciado na Região Metropolitana do Cariri

Conforme COMARES (2023), o Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Cariri (CGIRS Cariri) foi constituído no ano de 2008 visando, principalmente, a implantação de solução compartilhada para destinação final dos resíduos sólidos urbanos gerados nos nove municípios da RMC e no município de Altaneira. Contudo, somente em dezembro de 2022 foi realizada licitação na modalidade concorrência pública (leilão), na sede da B3 S.A., cujo objeto foi a concessão de serviços públicos de manejo de RSU pelo prazo de 30 anos. Esse projeto foi estruturado pela CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, com recursos do Fundo de Apoio à Estruturação de Projetos de Concessão e Parceria Público-Privada - PPP (FEP CAIXA).

A operação do sistema será efetuada pelo consórcio formado pelas empresas AEGEA e ENGEP Ambiental, vencedor da licitação (CEARÁ, 2022). De acordo com o cronograma de execução previsto nos Estudos de Engenharia, Logística e Afins (COMARES, 2022), a empresa concessionária deverá implantar um aterro sanitário regional até o final do quarto ano de concessão para a disposição final dos rejeitos. No entanto, já a partir do segundo ano de concessão, os RSU deverão ser destinados a um aterro sanitário privado.

Cabe salientar que embora Juazeiro do Norte seja integrante do Consórcio, o município não foi incluído no escopo da concessão. Esse fato se deve a publicação da Lei Municipal nº 5293, de 16 de maio de 2022, pela qual autoriza o Poder Executivo a delegar (por meio do CGIRS Cariri) a concessão dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos. Porém, essa norma estabelece que os serviços serão prestados de forma gratuita a todos os usuários.

Esse dispositivo legal está incompatível com a Lei Federal nº 14.026 (BRASIL, 2020a), a qual dispõe que os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio da remuneração pela cobrança dos serviços prestados. Assim, na hipótese de regime de concessão, as tarifas e preços públicos serão arrecadados pelo prestador diretamente do usuário. Nesse contexto, o município de Juazeiro do Norte só poderá participar efetivamente do objeto da concessão do CGIRS Cariri quando sanar essa inconsistência legal.

4.2.2 Exigência de licenciamento ambiental para estabelecimentos que realizam serviços de substituição do óleo lubrificante usado

Conforme a Lei Complementar Federal nº 140 (BRASIL, 2011) e a Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA) nº 007 (CEARÁ, 2019), os municípios são responsáveis pelo licenciamento ambiental de atividades que causem ou possam causar impacto ambiental de âmbito local, a exemplo de oficinas mecânicas com troca de óleo, cujo Potencial Poluidor-Degradador (PPD) é classificado como baixo. Já os postos de combustíveis são especificados com PPD alto (impacto regional) e devem ser licenciados pelo Órgão Estadual.

Quanto a quantidade de oficinas mecânicas e postos especializados em troca de óleo, somente nesta pesquisa foram identificados 203 empreendimentos em Juazeiro do Norte. Nesse sentido, nota-se o papel que o município deveria desempenhar na regulação dessas atividades, por meio do processo de licenciamento ambiental, a fim de reduzir o impacto decorrente do gerenciamento inadequado do OLUC e suas embalagens. Já de acordo com dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (BRASIL, 2021) existem 90 postos de combustíveis no município de Juazeiro do Norte. Porém, não são todos os estabelecimentos dessa natureza que realizam serviços de substituição de OLUC.

Não obstante, em 16 de junho de 2021 foi sancionada a Lei Municipal nº 5.159 (JUAZEIRO DO NORTE, 2021) que trata sobre a classificação de atividades de baixo risco para fins de dispensa da exigência do Alvará de Licença para Localização e demais licenciamentos municipais, tais como, Licenças Ambientais e Sanitária, para instalação e funcionamento de atividades econômicas de natureza comercial, industrial ou de prestação de serviços. Diante disso, dentre as atividades isentas de licenciamento ambiental estão a manutenção e reparação de motocicletas e motonetas, e os serviços de manutenção e reparação mecânica de veículos automotores. Salienta-se que esse dispositivo legal está em conformidade com a Lei Federal nº 13.874 (BRASIL, 2019) que instituiu a Declaração de Direitos de Liberdade Econômica no país.

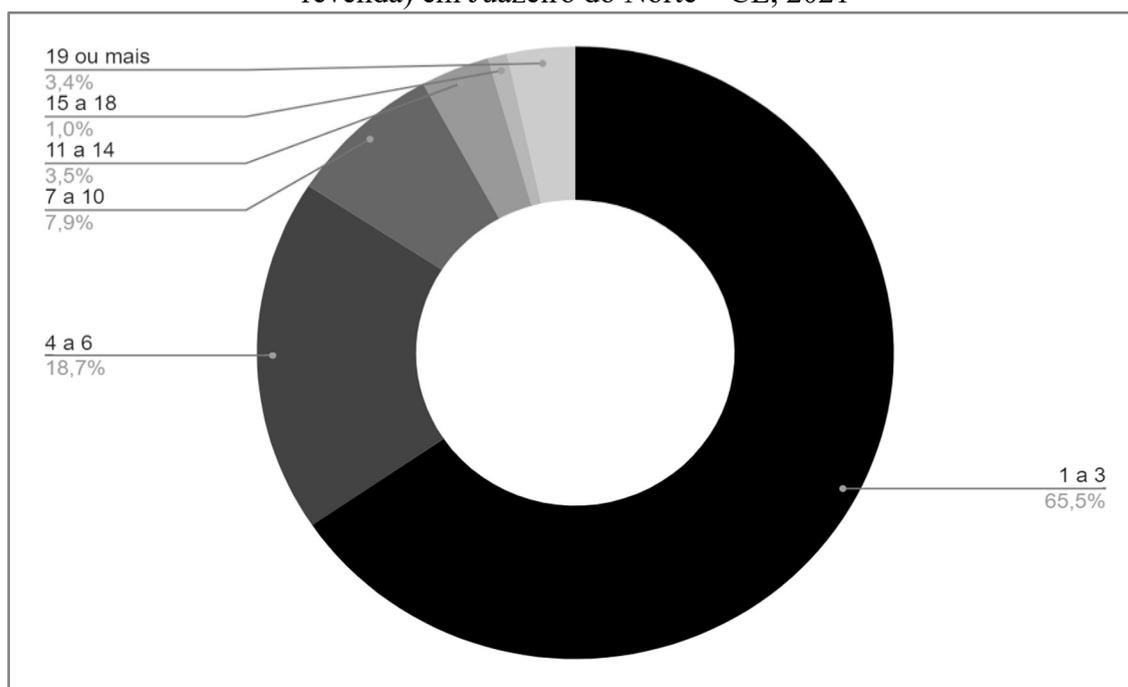
4.3 Questionário aplicado aos prestadores de serviço de troca de óleo (com e sem revenda) não cadastrados no Instituto Jogue Limpo

4.3.1 Perfil geral dos estabelecimentos

Entre março e maio de 2021 foram realizadas 203 entrevistas (Apêndice IV) com prestadores de serviços de troca de óleo (com e sem revenda), a exemplo de oficinas mecânicas, concessionárias e postos especializados em troca de óleo. A partir dos dados obtidos pode-se verificar o perfil desses estabelecimentos no município de Juazeiro do Norte-CE.

Nesse sentido, na Figura 15 é apresentado o número de funcionários/colaboradores que desenvolvem atividades laborais nesses empreendimentos.

Figura 15 - Número de funcionários em prestadores de serviços de troca de óleo (com e sem revenda) em Juazeiro do Norte – CE, 2021



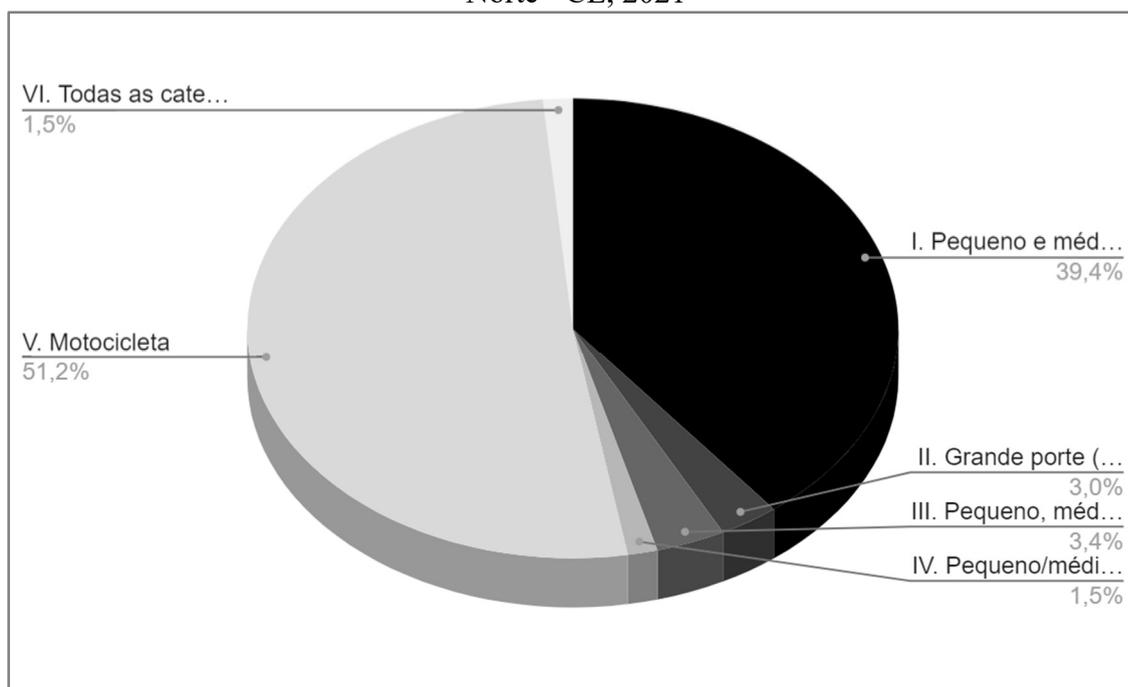
Fonte: Autoria própria (2023).

Pode-se observar por meio da Figura 15 que a grande maioria dos estabelecimentos entrevistados possuem até 3 colaboradores, o que representa 65,5% do total. Esse quadro pode demonstrar o maior desenvolvimento dessas atividades em âmbito familiar, em que muitas vezes a mão de obra é realizada por membros do núcleo doméstico, a exemplo de pais, filhos e irmãos. Por outro lado, 92,1% dos empreendimentos possuem até 10 colaboradores e somente 3,4% dispõem de mais de 19 funcionários.

Conforme DIEESE (2020), os estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços com até 9 colaboradores são classificados como microempresa. Enquanto os empreendimentos, dessa natureza, com 10 a 49 trabalhadores são designados como pequenas empresas. Nesse sentido, dos 203 prestadores de serviços estudados, 91,6% possuem até 9 colaboradores (microempresa) e os outros 8,4% têm entre 10 e 43 funcionários (pequena empresa). Lima e Viana (2016) relatam que tradicionalmente este tipo de atividade caracteriza-se como um negócio familiar, portanto, muitas oficinas mecânicas são de pequeno porte, ou seja, micro ou pequena empresa.

Na Figura 16 são ilustrados os tipos de veículos atendidos nos estabelecimentos que participaram da pesquisa.

Figura 16 - Tipos de veículos atendidos nos estabelecimentos entrevistados em Juazeiro do Norte - CE, 2021



Legenda: **I** - Veículos de pequeno e médio porte; **II** - Veículos de grande porte (caminhões, ônibus e etc.); **III** - Veículos de pequeno, médio e grande porte; **IV** - Veículos de pequeno/médio porte e motocicleta; **V** - Motocicleta (motocicleta e motoneta); e, **VI** - Todas as categorias. Fonte: Autoria própria (2023).

Nota-se por meio da Figura 16 que 51,2% dos empreendimentos realizam manutenção e/ou substituição de óleo somente em motocicletas. Essa categoria, que nesta pesquisa inclui ciclomotor, motoneta e motocicleta, corresponde a aproximadamente 56,3% da frota de veículos automotores do município, conforme dados do Denatran (BRASIL, 2020b).

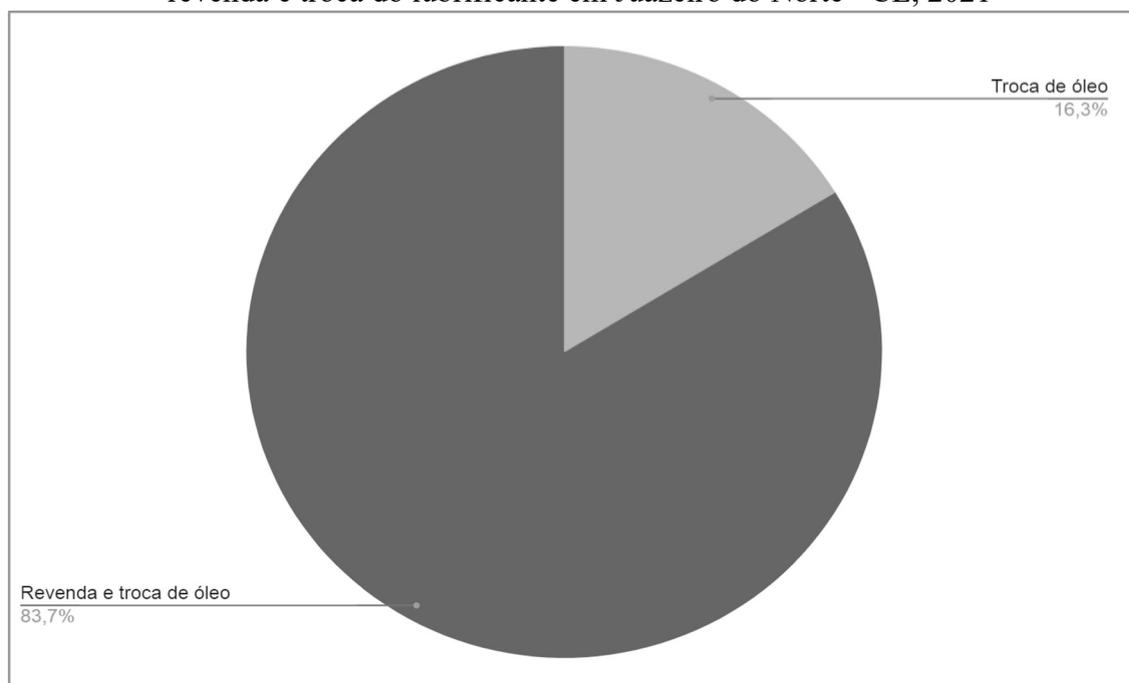
Essa elevada quantidade de máquinas, conseqüentemente, demanda um maior número de estabelecimentos para conserto/manutenção e troca de OLUC.

Por outro lado, os estabelecimentos que atendem a categoria “veículos de pequeno e médio porte”, a exemplo de automóveis, caminhonetes e caminhonetes, correspondem a 39,4% (Figura 16). Esses tipos de veículos representam aproximadamente 41,3% da frota de Juazeiro do Norte-CE (BRASIL, 2020b). Já 3% dos empreendimentos realizam serviços somente em “veículos de grande porte” tais como caminhões, ônibus e etc., os quais representam 2,4% do total registrado no município (BRASIL, 2020b).

Cabe salientar ainda que todas essas empresas não atendem somente veículos advindos do município em estudo, pois sendo este um polo regional de educação, comércio, indústria e turismo religioso, há demanda de serviços tanto de cidades quanto de estados circunvizinhos.

Quanto ao tipo de serviço prestado pelos empreendimentos alvo da pesquisa, na Figura 17 são mostrados os percentuais de empresas que (i) realizam somente a troca de óleo, ou seja, o produto é adquirido de comércios (autopeças e motopeças); e, (ii) aquelas que comercializam a mercadoria e realizam a troca do lubrificante no estabelecimento.

Figura 17 - Tipo de serviço prestado pelos empreendimentos em termos de troca de óleo ou revenda e troca do lubrificante em Juazeiro do Norte - CE, 2021

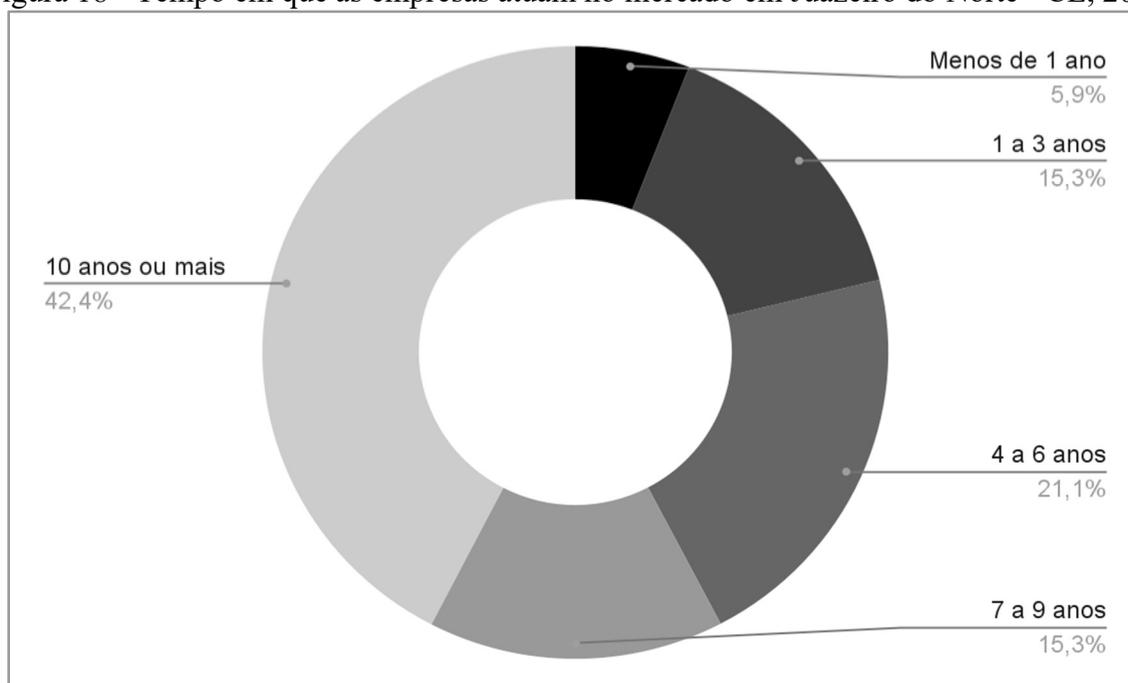


Fonte: Autoria própria (2023).

Os estabelecimentos que realizam somente troca de óleo (16,3%) podem caracterizar-se como consumidores finais do óleo lubrificante. Dessa forma, considerando o conceito de fluxo reverso, as embalagens deveriam ser encaminhadas ao comércio onde foram adquiridas. Já as empresas que revendem e realizam a troca do OLUC (83,7%) consistem tanto de comércio quanto de consumidor final. Assim, estas seriam responsáveis pelo recebimento das embalagens (em caso de venda para clientes externos) e pela devolução das EOLs aos distribuidores/fabricantes.

Com relação ao tempo em que as empresas atuam no mercado, pode-se verificar por meio da Figura 18 que mais de 40,0% operam há 10 anos ou mais. Mais de 15,0% operam entre 7 e 9 anos. E pouco mais de 21,0% funciona entre menos de 1 e até 3 anos.

Figura 18 - Tempo em que as empresas atuam no mercado em Juazeiro do Norte - CE, 2021



Fonte: Autoria própria (2023).

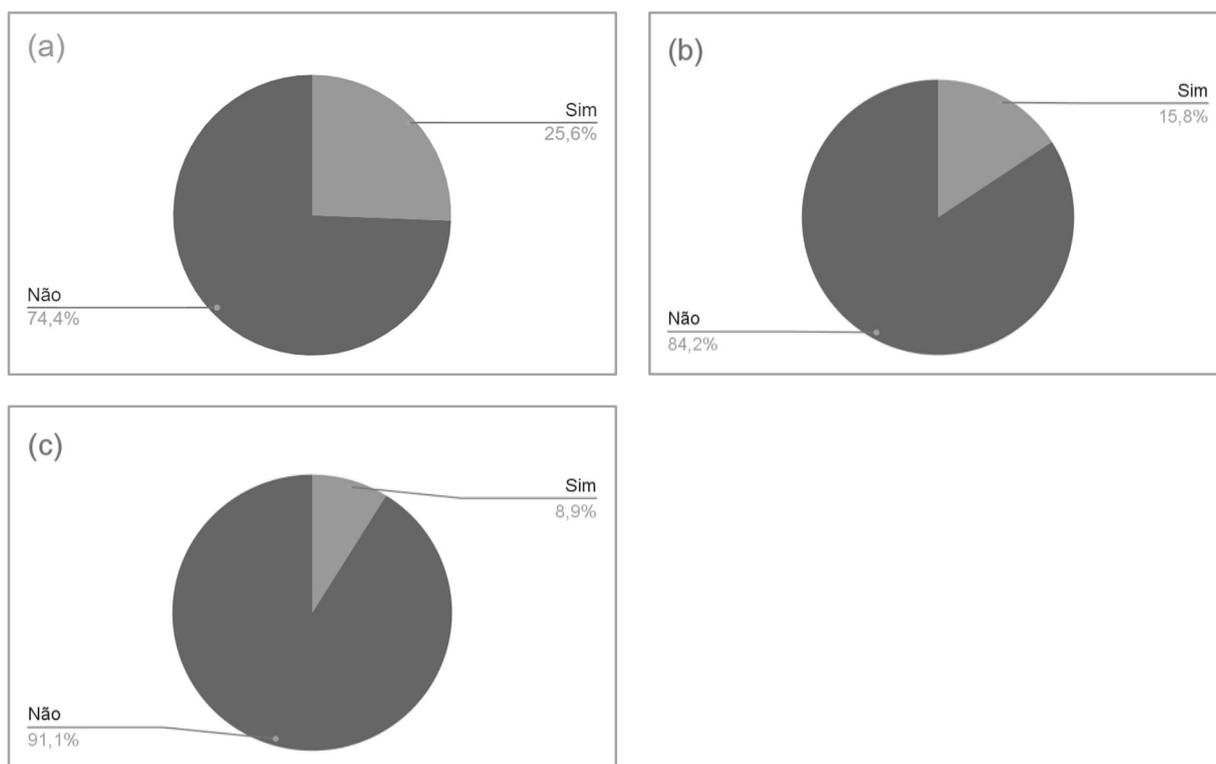
Verifica-se que o funcionamento da grande maioria desses estabelecimentos coincide com os debates sobre gestão integrada de resíduos sólidos e logística reversa à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010). Nesse sentido, o cenário atual que se esperava seria de avanços consideráveis quanto à gestão dos resíduos gerados por esses estabelecimentos ao longo dos últimos anos.

Nessa concepção, 62,6% dos entrevistados responderam que há capacitação contínua dos funcionários, o que representa uma perspectiva promissora quando se almeja

implementar mecanismos de divulgação e educação ambiental quanto a gestão e logística reversa dos resíduos sólidos gerados nesses empreendimentos. Por outro lado, os outros 37,4% informaram que não participam de cursos ou palestras devido a ausência de tempo e interesse, tendo em vista que são autossuficientes em termos de conhecimento na área de mecânica. Esse posicionamento pode estabelecer barreiras e dificultar avanços na temática em estudo.

Quando indagados se tinham conhecimento sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, somente 25,6% afirmaram que sim (Figura 19a). Já sobre logística reversa, o percentual afirmativo foi de 15,8% (Figura 19b) e a respeito da responsabilidade do empreendimento no processo de LR somente 8,9% informaram ter ciência do assunto (Figura 19c).

Figura 19 - Conhecimento sobre Política Nacional de Resíduos Sólidos e Logística Reversa em Juazeiro do Norte - CE, 2021



Legenda: (a) a Política Nacional de Resíduos Sólidos; (b) a logística reversa; e, (c) a responsabilidade do estabelecimento no processo de logística reversa. Fonte: Autoria própria (2023).

Fato semelhante foi observado por Nascimento et al. (2014), que aplicaram questionários em 35 postos de combustíveis no município de Campina Grande, Paraíba. Os autores observaram que 57,1% dos entrevistados afirmaram possuir nenhum conhecimento ou ter conhecimento insuficiente sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o tema logística

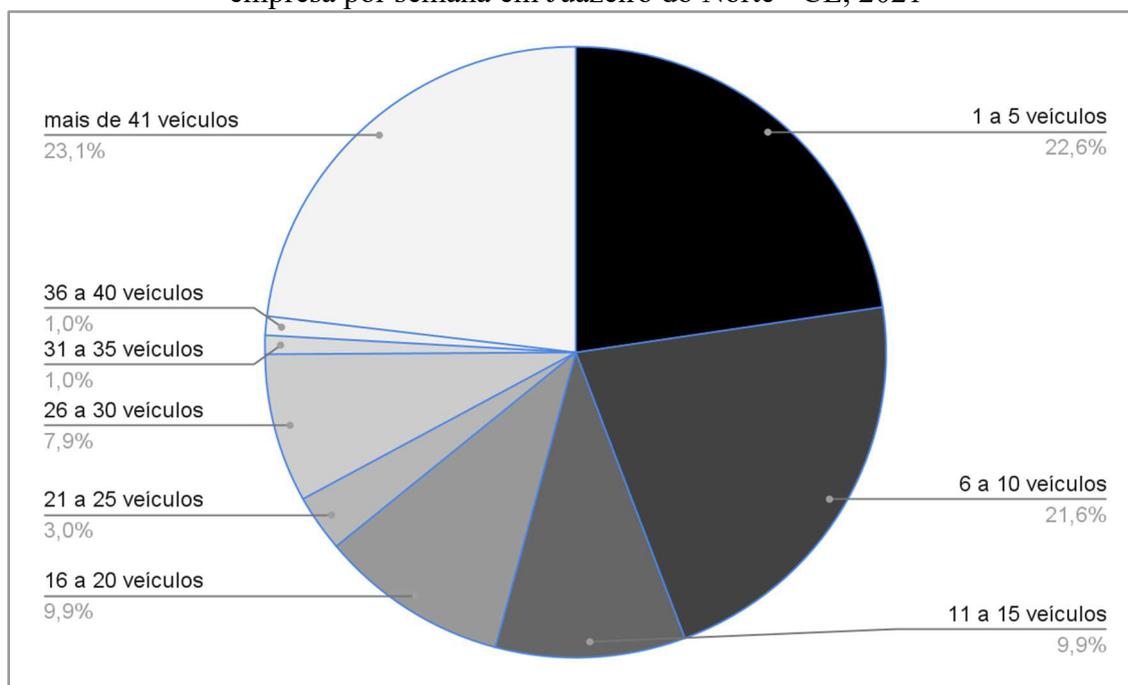
reversa.

Analisando os dados apresentados neste estudo, verifica-se que embora 62,6% dos entrevistados tenham relatado que os colaboradores participam continuamente de capacitações, aparentemente esses treinamentos, cursos e/ou palestras são realizadas apenas para repasse de informações sobre questões mecânicas de veículos automotores. Assim, apesar da PNRS ter sido sancionada em 2010 e o acordo setorial assinado em 2012, a difusão de informações a respeito do processo logístico reverso de embalagens de óleos lubrificantes pouco avançou nos últimos 10 anos. Isto posto, observa-se que esse conhecimento não tem alcançado a ponta da cadeia logística (autopeças, motopeças, oficinas mecânicas, etc.), a quem compete a decisão sobre a destinação dos resíduos gerados nos estabelecimentos.

4.3.2 Gerenciamento de óleo lubrificante nos estabelecimentos

O óleo lubrificante usado ou contaminado é um resíduo perigoso e, por isso, deve ser corretamente manuseado, armazenado e destinado para evitar os vários problemas ambientais que podem surgir da sua disposição incorreta (TSAMBE et al., 2017). Nesse contexto, analisando os serviços prestados nos empreendimentos alvo desta pesquisa, na Figura 20 é ilustrada a quantidade de veículos que realizam troca de óleo por estabelecimento por semana.

Figura 20 - Quantidade de veículos que realizam serviço de troca de óleo lubrificante por empresa por semana em Juazeiro do Norte - CE, 2021



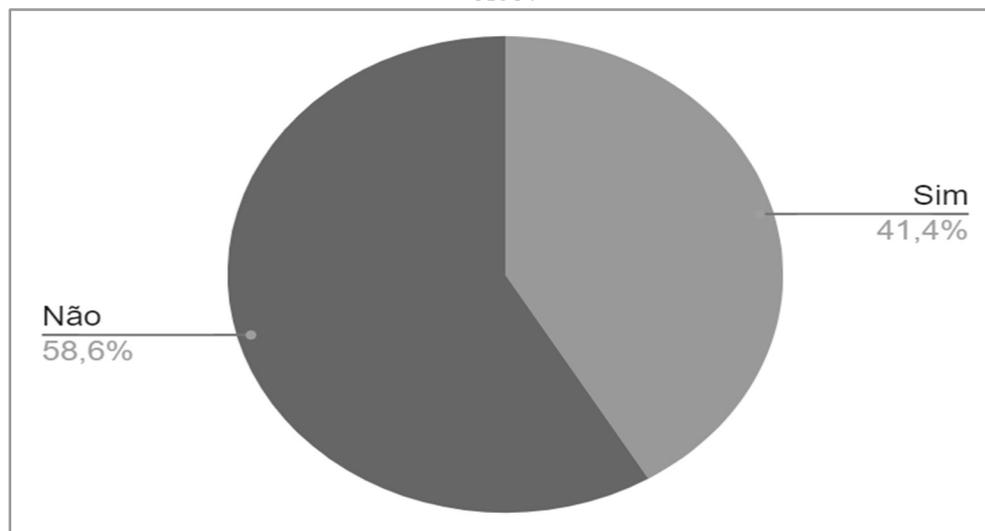
Fonte: Autoria própria (2023).

Nota-se por meio da Figura 20 que 54,1% dos estabelecimentos realizam semanalmente serviços de substituição de lubrificante em até 15 veículos, ao passo que em torno de 23,0% atendem mais de 41 veículos. Entre estas últimas, aproximadamente 83,0% correspondem a empreendimentos destinados exclusivamente a motocicletas. Isso pode ser explicado devido a maior quantidade dessas máquinas em circulação no município, quando comparado às outras categorias, bem como ao período de troca de óleo do motor que geralmente ocorre entre 1.000 e 1.500 km percorridos. Enquanto em veículos de pequeno e de médio porte, conforme descrito por Muniz e Braga (2015) e Zhang, Jin e Cao (2016), esse processo acontece entre 5.000 e 10.000 km. Já os veículos pesados (de grande porte) têm maior quilometragem para substituição do OLUC (15.000 km).

Percebe-se que embora a quantidade de veículos atendida seja variável entre os estabelecimentos entrevistados, a demanda por esses serviços é bastante significativa. Esse fato implica diretamente na geração de embalagens usadas, as quais devem ter também uma destinação ambientalmente adequada.

Quando questionados se os distribuidores ou comerciantes repassam orientações quanto ao correto manuseio do óleo usado após a retirada dos veículos, 58,6% dos entrevistados afirmaram que não (Figura 21).

Figura 21 - Há orientação do comerciante ou distribuidor quanto ao correto manuseio do óleo?

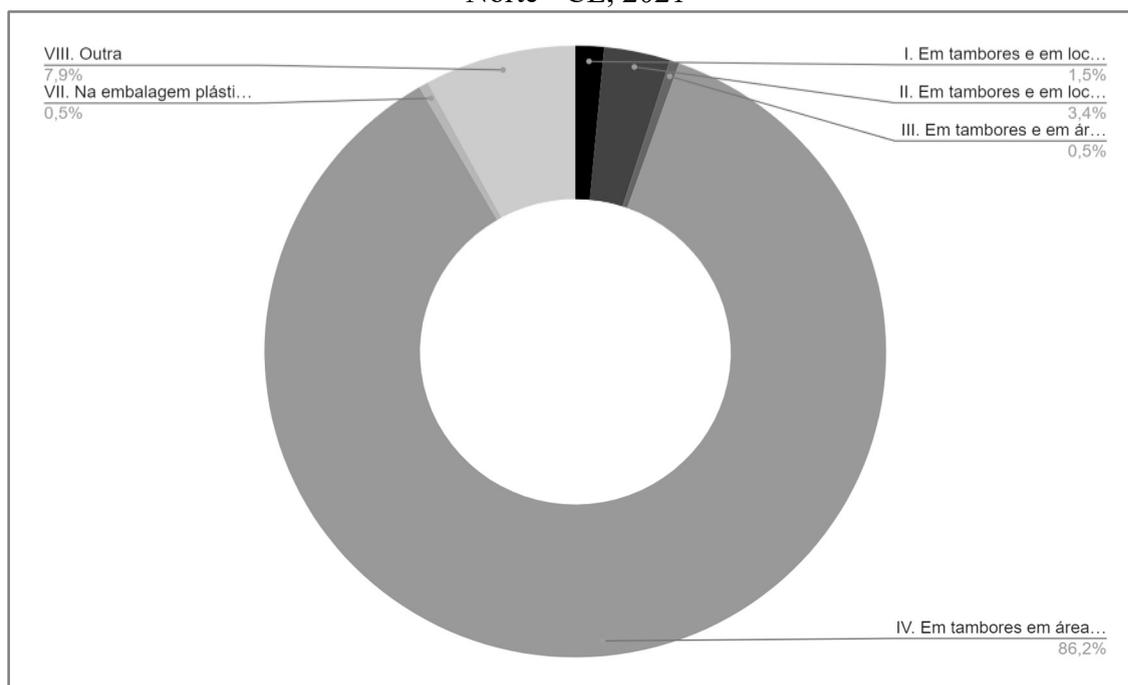


Fonte: Autoria própria (2023). Juazeiro do Norte - CE, 2021.

Esse cenário é preocupante tendo em vista que a ausência de informações pode incentivar práticas inadequadas quanto à destinação do OLUC por parte dos estabelecimentos. Nessa vertente, Mattosinho, Moraes e Santos (2013) estudaram a logística reversa de óleos lubrificantes no município de Paulo Afonso, Bahia. Para isso foram realizadas entrevistas em 35 empresas que só comercializavam o produto (sem serviço de troca). Os responsáveis por esses empreendimentos relataram que não havia nenhum tipo de trabalho ou programa [para repasse de informações] direcionado aos profissionais das oficinas que prestam serviço de troca de óleo lubrificante.

Nessa perspectiva, ao analisar a forma de armazenamento do OLUC nos estabelecimentos (Figura 22), verifica-se que 86,2% das empresas utilizam tambores de 200 L e alocam esses reservatórios em qualquer área do imóvel, de forma a não ocasionar transtornos a movimentação dos funcionários e clientes, bem como facilite a logística entre a retirada do óleo usado dos veículos e sua disposição no recipiente.

Figura 22 - Forma de armazenamento do óleo usado nos estabelecimentos em Juazeiro do Norte - CE, 2021



Legenda: **I** - Em tambores e em local específico exclusivo para esse resíduo; **II** - Em tambores e em local específico exclusivo para resíduos contaminados com óleo lubrificante (estopas, filtros de óleo, etc.); **III** - Em tambores e em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento, inclusive resíduos comuns; **IV** - Em tambores em área geral do estabelecimento; **V** - Na embalagem plástica/invólucro e em local específico exclusivo para esse resíduo; **VI** - Na embalagem plástica/invólucro e em local específico exclusivo para resíduos contaminados com óleo lubrificante (estopas, filtros de óleo, etc.); **VII** - Na embalagem plástica/invólucro e em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento, inclusive resíduos comuns; e, **VIII** - Outra. Fonte: Autoria própria (2023).

Porém, salienta-se que na maioria dos casos esse local não é adequado (Figura 23a,b,c,d), tendo em vista não haver mecanismos para conter o espalhamento do OLUK em situações de derramamento, a exemplo de barreiras físicas, canaletas coletoras, pisos impermeabilizados, etc.

Figura 23 - Exemplos de formas de armazenamento do OLUC em tambores e em área geral do estabelecimento em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Legenda: (a)(b)(c)(d) áreas sem barreiras para contenção de possíveis derramamentos de óleo. Fonte: Autoria própria (2023).

Dessa forma, em situações rotineiras e/ou acidentais (Figura 24a,b,c,d), o líquido pode: (i) escoar livremente sobre o piso e ocasionar a contaminação de outros materiais; (ii) alcançar a rede coletora interna de efluentes sanitários, inclusive durante a lavagem dos pisos dos estabelecimentos; e, (iii) atingir áreas abertas internas ou externas dos empreendimentos e, em períodos de precipitação, ser drenado para outras regiões, ampliando assim a zona de contaminação.

Figura 24 - Situações de derramamento de óleo em Juazeiro do Norte - CE, 2021



Legenda: (a)(b)(c) escoamento de óleo em área externa do empreendimento; e, (d) escoamento em área interna do estabelecimento. Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme apresentado na Figura 22, 7,9% dos empreendimentos apresentam outra forma de armazenamento, a exemplo de tambor de 1.000 L (Figura 25a), de tambor plástico de até 50 L (Figura 25b), de caixa d'água (Figura 25c) e de tambor de 200 L situado no passeio (Figura 25d). Com relação a esse último, há o risco iminente de derramamento do óleo usado no solo e seu escoamento para outras regiões.

Figura 25 - Outras formas de armazenamento do OLUC em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Legenda: (a) tambor de 1.000 L; (b) tambor plástico de até 50 L; (c) caixa d'água; e, (d) tambor de 200 L situado no passeio. Fonte: Autoria própria (2023).

Com relação ao armazenamento do óleo usado em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento (Figura 22), inclusive resíduos comuns, observa-se que 0,5% utilizam tambores de 200 L (Figura 26a) e outros 0,5% usam a própria embalagem plástica do OL (Figura 26b).

Figura 26 - Armazenamento do óleo usado em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento, inclusive resíduos comuns em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Legenda: (a) tambor de 200 L; (b) embalagem plástica do OL. Fonte: Autoria própria (2023).

Essa prática também é condenável do ponto de vista de gerenciamento de resíduos, tendo em vista que qualquer derramamento de óleo pode contaminar outros tipos de materiais, dificultando ou impossibilitando o processamento da fração reciclável, bem como promovendo a intensificação da degradação ambiental quando esses resíduos são dispostos inadequadamente em lixões.

Porém, somente 1,5% das empresas (Figura 22) armazenam o óleo usado em tambores e dispõem de local exclusivo para alocação desses reservatórios (Figura 27a). Enquanto 3,4% dos empreendimentos (Figura 22) também utilizam tambores, todavia os mesmos são posicionados em local específico exclusivo para resíduos contaminados com óleo lubrificante (estopas, filtros de óleo, etc.) (Figura 27b). Essas soluções são importantes para melhor contenção de possíveis derramamentos de óleo e, conseqüentemente, minimizar a ocorrência de impactos ambientais adversos.

Figura 27 - Armazenamento do óleo usado em tambores em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Legenda: (a) local exclusivo para alocação desses reservatórios; (b) local específico exclusivo para resíduos contaminados com óleo lubrificante (estopas, filtros de óleo, etc.). Fonte: Autoria própria (2023).

Silva et al. (2014) pesquisaram sobre a geração, o armazenamento, a coleta, o transporte, o tratamento e disposição final dos resíduos de óleos lubrificantes e de suas embalagens gerados por meio das atividades desenvolvidas em oficinas mecânicas da cidade de Pombal, Paraíba. Nesse sentido, foram investigados 10 empreendimentos no município. Os autores verificaram que, quanto à forma de armazenamento do OLUC, 80% utilizam tambores, 10% baldes e 10% tanques.

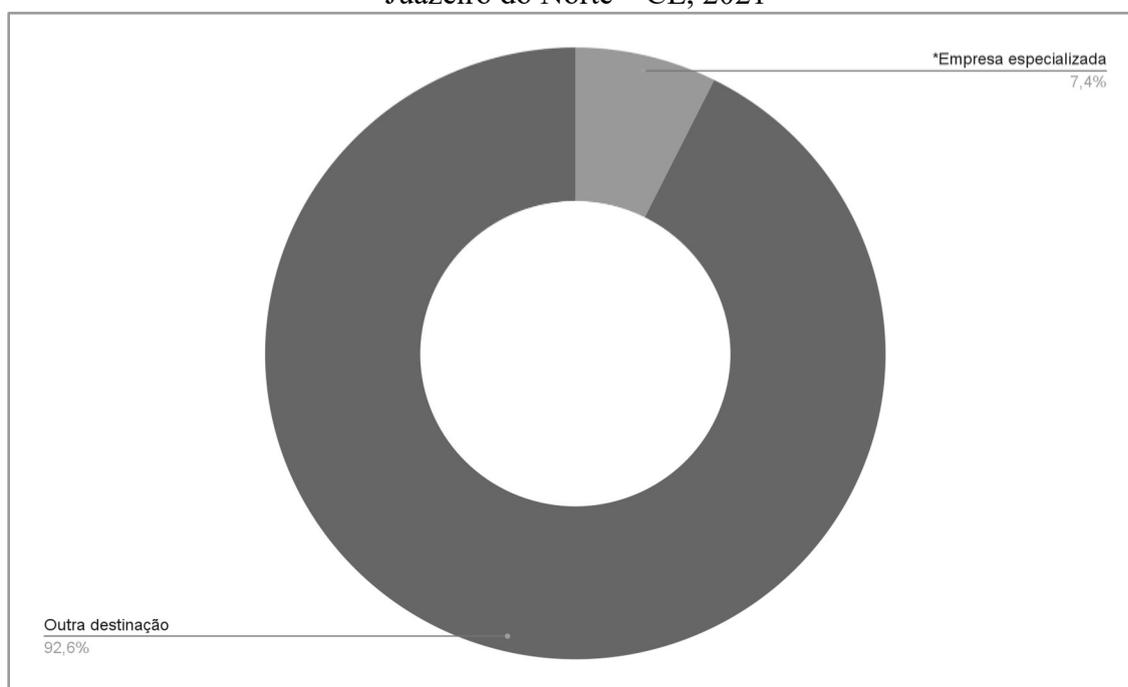
Muniz e Braga (2015) analisaram o gerenciamento de OLUC e suas embalagens em uma empresa de logística que atua na Região Norte do País, a qual dispõe de uma frota com 417 veículos. Os autores observaram que todo o OLUC utilizado no empreendimento é armazenado em tambores, no entanto, não há bacia de contenção, o que é essencial, pois evitaria que o óleo usado se espalhasse em caso de rompimento ou acidente na colocação ou retirada do resíduo dos recipientes.

Já Almeida et al. (2018) estudaram a gestão ambiental do Óleo Lubrificante Usado e/ou Contaminado (OLUC) no município de Altamira, Pará. Para isso foram realizadas entrevistas em 11 estabelecimentos que realizam o serviço de substituição do óleo usado (empresas de transporte, oficinas mecânicas e concessionárias de veículos). Assim, considerando o processo de acondicionamento executado pelas empresas, foi verificado que são utilizados 03 tipos de recipientes. Em 73% dos estabelecimentos o acondicionamento ocorre com a utilização de tambor plástico com capacidade de 200 L; em 18% observou-se o uso de tambor metálico de 200 L; e, em 9% o acondicionamento é realizado com “contêiner” de 1.000 L. Observou-se que no local de acondicionamento, apesar da área utilizada ser

impermeabilizada, em nenhum dos estabelecimentos foi constatada a presença de bacia de contenção, conforme preconiza a norma NBR 12.235 (ABNT, 1992) que dispõe sobre o armazenamento de resíduos sólidos perigosos.

Quanto a destinação do OLUC gerado nos estabelecimentos, a presente pesquisa elencou cinco possíveis rotas: (i) entregue a um ponto de coleta autorizado pelos órgãos ambientais; (ii) empresa especializada recolhe (credenciada nos órgãos ambientais); (iii) armazenado no estabelecimento e entregue ao comerciante ou distribuidor; (iv) descartado como resíduo comum (residencial); e, (v) outra destinação. Na Figura 28 é ilustrado o resultado dessa investigação.

Figura 28 - Destinação do óleo lubrificante usado armazenado nos estabelecimentos em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Legenda: *Empresa especializada recolhe (credenciada nos órgãos ambientais). Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme pode ser visualizado na Figura 28, as empresas apontaram somente duas das rotas elencadas por esta pesquisa. Nesse sentido, 7,4% afirmaram que empresas especializadas e credenciadas nos órgãos ambientais recolhem o OLUC. Esse fato pode estar relacionado à exigência de comprovação da destinação dos resíduos no âmbito do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) e atendimento à legislação específica quando os empreendimentos estão licenciados no órgão ambiental.

Por outro lado, a grande maioria dos estabelecimentos, 92,6% indicaram que o

OLUC tem outra destinação (Figura 28). Nessa categoria foram citados: (i) a doação e/ou venda do OLUC para terceiros, porém não sabem informar o destino/a utilização (46,7%); (ii) venda do OLUC para fábricas de fundição de alumínio (28,8%); (iii) venda do óleo para fábricas de pré-moldados (9,0%); (iv) venda do OLUC para reciclagem (7,1%); (v) venda do OLUC para fábricas de calçados (4,2%); (vi) venda ou doação para tratamento de madeira na construção civil visando proteção contra cupim (1,9%); (vii) venda para fábrica de asfalto (0,9%); e, (viii) outras destinações, tais como venda para fabricação de mármore, de vela e/ou de brocas (1,4%).

Para Lima e Viana (2016) as grandes oficinas geralmente destinam os seus resíduos de maneira correta, mas o problema está situado principalmente nas menores oficinas, já que muitas vezes a preocupação ambiental destes negócios é praticamente inexistente. De acordo com dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (BRASIL, 2022b), no ano de 2021, 1.559.832.130 L de óleos lubrificantes foram comercializados no País, dos quais 565.790.862 L foram coletados. Esse volume de OLUC recolhido e destinado adequadamente corresponde a somente 36,27% do total. Já na Região Nordeste, foram vendidos 196.339.558 L de OL e recolhidos 82.977.233 L (42,26%).

Verde, Scalize e Arruda (2015) analisaram o gerenciamento do óleo lubrificante usado e suas embalagens em 10 empreendimentos (entre postos de combustíveis e oficinas mecânicas) no município de Inhumas, Goiás. Quanto ao OLUC, foi verificado que 40,0% dos estabelecimentos destinam o fluido à reciclagem, enquanto os outros 60,0% comercializam esse resíduo com terceiros e cujas principais utilizações são: (i) como combustível nos fornos de fundição de alumínio; (ii) para lubrificação de motosserras; e/ou, (iii) no tratamento de madeiras para construção de cercas em propriedades rurais.

Já Silva, Oliveira e Silva (2019) apresentaram um diagnóstico da gestão dos resíduos e efluentes gerados em 5 postos de combustíveis do município de Araguatins, Tocantins. No que concerne à destinação do óleo usado, em 20,0% dos postos é feita a coleta por empresa especializada, em 40,0% o OLUC é armazenado para venda e em 40,0% os responsáveis pelos postos não souberam ou preferiram não responder. Com relação ao óleo armazenado para a venda, os proprietários informaram que este é revendido localmente. A maioria dos interessados são os residentes da zona rural que lidam com a extração de madeira, nesse caso, o produto é utilizado na lubrificação de correntes de motosserras e na proteção das madeiras serradas.

Penna et al. (2019) pesquisaram sobre o processo de descarte do óleo lubrificante

usado em 21 postos de uma rede distribuidora de combustíveis no estado de Minas Gerais. Conforme o estudo, um fator de dificuldade e que exige melhorias é a fiscalização posto a posto, pois em alguns casos nem todo óleo descartado dos motores é destinado a logística reversa. Alguns clientes, entre eles proprietários rurais, no ato da troca do óleo dos motores de seus veículos exigem (dos funcionários dos postos) o recolhimento do OLUC para que possam utilizá-lo em geradores e em mourões de cerca em suas propriedades.

Por outro lado, Rocha et al. (2014) verificaram que os postos de combustíveis que realizam serviços de troca de óleo no município de Terezópolis de Goiás, Goiás, revendem o OLUC para empresa coletora licenciada pelo órgão ambiental. Nesse sentido, esses empreendimentos procedem a reciclagem do OLUC, conforme determina a Resolução CONAMA nº 362 (BRASIL, 2005).

Em linhas gerais, nota-se que há um mercado paralelo de venda de OLUC e cuja destinação diverge, na maioria dos casos, do preconizado pela Resolução CONAMA nº 362 (BRASIL, 2005). Esta norma estabelece que todo o óleo lubrificante usado ou contaminado coletado deverá ser destinado à reciclagem por meio do processo de rerrefino. Assim como, a reciclagem poderá ser realizada, a critério do órgão ambiental competente, por meio de outro processo tecnológico com eficácia ambiental comprovada equivalente ou superior ao rerrefino. E caso seja comprovada, perante ao órgão ambiental competente, a inviabilidade dessas destinações, qualquer outra utilização do óleo lubrificante usado ou contaminado dependerá do licenciamento ambiental.

Destaca-se que mais de 46,0% dos estabelecimentos (com relação àqueles que indicaram “outra destinação” para o óleo usado, conforme Figura 28) informaram não saber o destino do OLUC que é doado ou vendido a terceiros. Esse fato denota a ausência de preocupação, por parte das empresas geradoras, das consequências ambientais decorrentes da destinação inadequada do óleo usado. Sendo o único interesse desses empreendimentos, o lucro auferido com a venda.

Esse fato torna-se mais alarmante quando se considera também os desvios (venda) do OLUC para fabricação de alumínio, de pré-moldados, de calçados, de asfalto, de mármore, de velas e de brocas, bem como para o tratamento de madeiras. Todas essas rotas são inapropriadas do ponto de vista ambiental, principalmente porque essas empresas coletoras dificilmente dispõem de licenciamento junto ao órgão ambiental. Cabe salientar que geralmente as empresas coletoras (especializadas e licenciadas) ao comprarem o óleo usado, emitem

recibos de recolhimento, os quais deveriam ser apresentados pelos estabelecimentos geradores aos órgãos ambientais no âmbito do monitoramento da licença de operação.

Além disso, os responsáveis pelos estabelecimentos relataram que os tambores de 200 L são vendidos em média por R\$ 200 (duzentos reais) e que a demanda de procura é elevada. Usualmente, consegue finalizar a compra o interessado pelo OLUC que se dirige primeiro aos empreendimentos geradores (oficinas e similares) e/ou oferece o maior valor monetário.

Silva et al. (2014) relatam que no município de Pombal, Paraíba, as empresas credenciadas na Agência Nacional do Petróleo (ANP) compravam os óleos usados por cerca de R\$ 0,25 por L de OLUC, o que equivale a R\$ 50,00 a cada recipiente de 200 L. Bezerra et al. (2017) estudaram o processo de logística reversa pós-consumo do óleo lubrificante automotivo em um posto de combustíveis no município de Campina Grande, Paraíba. No estudo, foi verificado o valor de venda para a coleta e rerrefino de R\$ 0,90 por L de OLUC, o que equivale a R\$ 180 por tambor de 200 L.

Já Ribeiro, Chaves e Muniz (2018) realizaram 16 entrevistas em postos de combustíveis, oficinas mecânicas e concessionárias no município de São Mateus, Espírito Santo. Os autores descrevem que o preço de venda do óleo usado surge como a principal dificuldade para a reciclagem (conforme determina a legislação) dos lubrificantes, especialmente nas oficinas de menor porte. No estudo foram relatados valores da ordem de R\$ 0,05 a R\$ 0,40 por L de OLUC, o que indica o ressarcimento de R\$ 10,00 a R\$ 80,00 para cada tambor de 200 L.

Em contrapartida, nesta pesquisa, quando questionados se acreditavam que o descarte inadequado do OLUC poderia provocar problemas ambientais, 98,0% afirmaram que sim (e os outros 2,0% responderam não). Entre os danos ambientais mais citados pelos entrevistados pode-se destacar: (i) a contaminação das águas (subterrâneas e superficiais) e do solo; e, (ii) danos à vegetação e à saúde dos animais. Nesse contexto, percebe-se que essas pessoas têm conhecimento sobre o potencial poluidor do óleo lubrificante usado e das consequências da destinação incorreta.

Almeida et al. (2018) ao analisarem a gestão ambiental do OLUC no município de Altamira, Pará, verificaram que quanto ao conhecimento dos impactos ao meio ambiente e à legislação pertinente acerca da temática do óleo usado, 82,0% dos responsáveis pelos

empreendimentos afirmaram terem conhecimento, enquanto que 18,0% relataram não terem consciência.

Nesse sentido, observando os dados apresentados nesta pesquisa, em linhas gerais, verifica-se que as motivações para o direcionamento do OLUC a rotas alternativas estão relacionadas a ausência: (i) de difusão de informações sobre aspectos legais relativos à destinação ambientalmente adequada do lubrificante usado; (ii) de estrutura logística efetiva de recolhimento de OLUC de acordo com o preconizado pelas normativas legais; e, (iii) de fiscalização e de exigência do cumprimento da legislação, por parte dos órgãos ambientais, principalmente para os pequenos geradores.

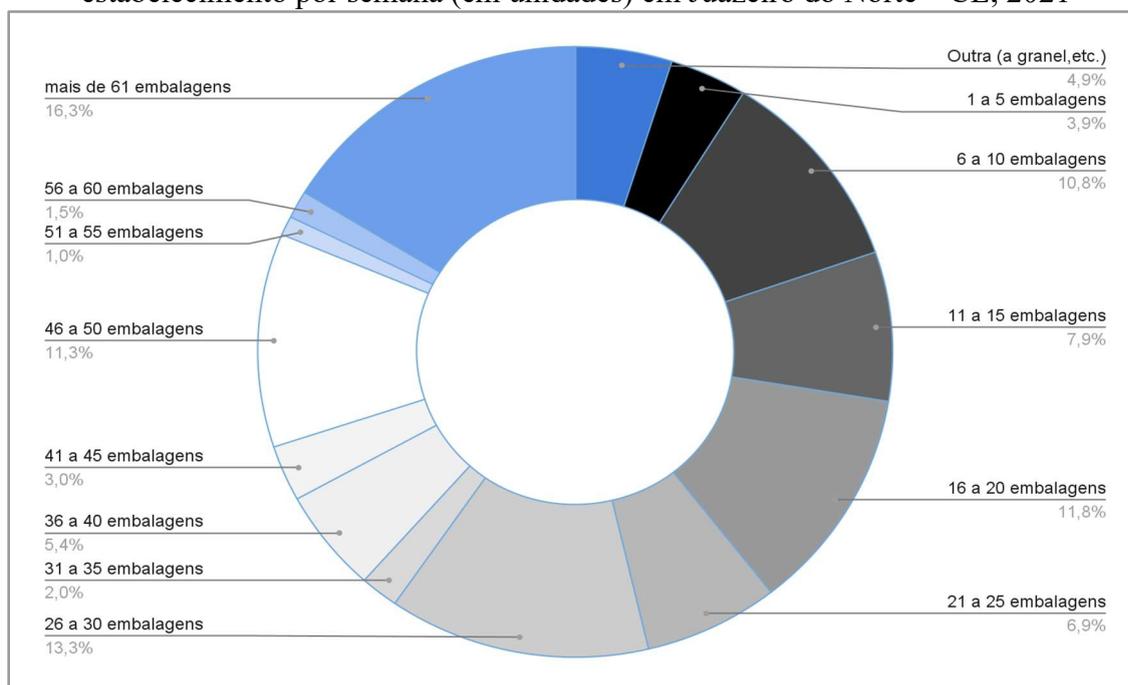
Cabe salientar que a isenção de licenciamento ambiental para empreendimentos que prestam serviços (i) de manutenção e reparação de motocicletas e motonetas, e (ii) de manutenção e reparação mecânica de veículos automotores, não exime esses estabelecimentos da obrigação do cumprimento das normativas legais referentes a destinação adequada do OLUC. Dessa forma, há necessidade de fechamento do ciclo de fiscalização pelos órgãos ambientais tanto nas empresas que geram OLUC quanto naquelas que adquirem o produto de forma irregular.

Por fim, embora a maioria dos estabelecimentos em estudo possa ser considerada como pequenos geradores, quando se considera a quantidade de empresas dessa natureza neste município e em todo o País, nota-se que o emprego de práticas inadequadas de manejo do OLUC ao longo do tempo tem ocasionado e pode desencadear efeitos cumulativos degradadores e, muitas vezes, irreversíveis sobre a qualidade ambiental. Nesse sentido, torna-se necessária a adoção de medidas de controle urgentes para reversão desse quadro.

4.4 Gerenciamento de embalagens de óleos lubrificantes nos estabelecimentos

Com relação a quantidade de embalagens geradas por estabelecimento por semana, na Figura 29 é apresentado o resultado da pesquisa.

Figura 29 - Quantidade de embalagens de óleo lubrificante geradas nos estabelecimentos por estabelecimento por semana (em unidades) em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Fonte: Autoria própria (2023).

Pode-se verificar por meio da Figura 29 que 54,6% das empresas geram até 30 embalagens de óleo lubrificante por semana, enquanto aproximadamente 16,3% produzem acima de 61 invólucros. A média aproximada de geração por empreendimento é de 31 embalagens/semana. Nesse sentido, considerando a quantidade de empresas visitadas e que frequentemente geram embalagens usadas, estima-se que sejam descartadas no município, no mínimo, aproximadamente 5.983 invólucros de OL/semana.

Batista et al. (2019) estudaram 48 pontos de troca de óleo lubrificante (postos de combustíveis, concessionárias e centros automotivos) no município de Teresina, Piauí. Os autores estimaram uma média aproximada de 400 L de OLUC coletados por mês em cada gerador, o que representa a geração da mesma quantidade de embalagens usadas (considerando invólucros de 1 L), ou seja, em média 100 embalagens/semana/estabelecimento. Esse valor representa a geração de no mínimo 4.800 embalagens/semana no município.

Cabe salientar que 4,9% dos empreendimentos comercializam o óleo a granel, ou seja, em priori sem a geração de embalagens plásticas. Logo, essas empresas adquirem dos fornecedores o lubrificante em recipientes maiores (geralmente tambores de 200 e 1.000 L) (Figura 30a e Figura 30b), os quais são retornáveis ou reabastecidos *in loco* assim que totalmente vazios. Nesse sentido, o OL é vendido sob medida quando se realiza a substituição

do OLUC nos veículos em manutenção. Por outro lado, alguns desses estabelecimentos dispõem também de lubrificante em embalagens de 1 L que são vendidos somente quando os clientes exigem.

Figura 30 - Óleo comercializado a granel em Juazeiro do Norte – CE, 2021

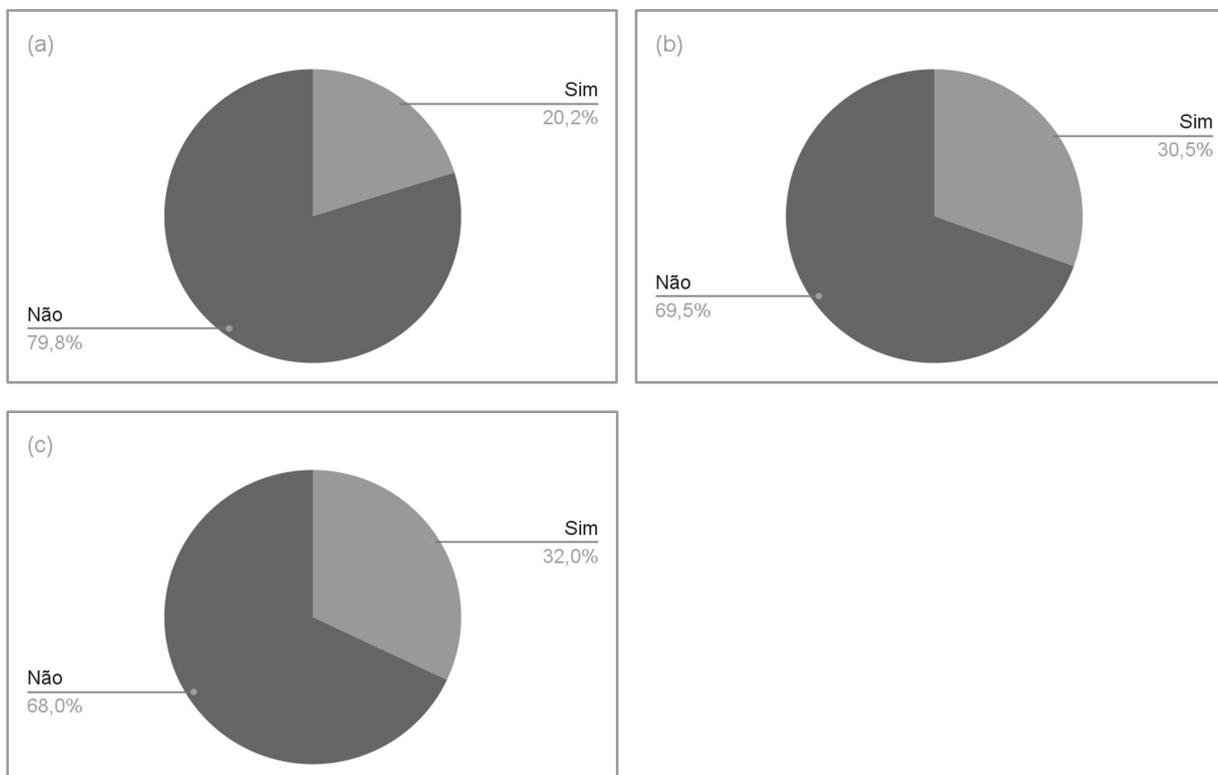


Legenda: (a) tambor de 200 L; (b) recipiente de 1.000 L. Fonte: Autoria própria (2023).

O método de revenda de óleo a granel constitui-se em uma ótima alternativa quando se pretende minimizar a produção de embalagens plásticas e, conseqüentemente, a destinação incorreta das EOL. Os recipientes/tambores são reutilizados, possuem uma maior vida útil e facilitam o fluxo reverso. Porém, segundo os responsáveis pelos estabelecimentos, o avanço dessa alternativa esbarra na questão de desconfiança do consumidor quanto à qualidade do óleo oferecido, principalmente, com receio de adulteração do produto. Outro fator pode estar relacionado à baixa demanda de revenda do OL em pequenas oficinas, o que torna mais vantajosa (para o comerciante) a compra desse fluido em embalagens de 1 L, visto que os mesmos podem adquirir o produto em menores quantidades.

Nesta pesquisa, com relação ao repasse de informações, quando indagados se os comerciantes ou distribuidores do OL orientam quanto ao correto manuseio (gerenciamento) das embalagens após o uso, 79,8% dos entrevistados responderam que não (Figura 31a). Já 69,5% (Figura 31b) afirmaram que também nunca obtiveram informações quanto ao armazenamento e descarte das embalagens por outros meios de comunicação.

Figura 31 - Informações sobre o gerenciamento de embalagens nos estabelecimentos em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Legenda: (a) Há orientação dos comerciantes ou distribuidores quanto ao correto manuseio das embalagens após o uso?; (b) Já recebeu alguma informação quanto ao armazenamento e descarte das embalagens por outros meios de informação?; (c) Há segregação entre os diferentes tipos de resíduos gerados no estabelecimento? Fonte: Autoria própria (2023).

Esses dados são preocupantes pois reforçam a limitação do acesso a conhecimento desse público no que se refere ao gerenciamento das embalagens após o uso. Não havendo, portanto, um direcionamento de como, porque e qual a importância de proceder o descarte ou a destinação ambientalmente adequada das EOL. Além disso, demonstra o enorme desafio à implantação de uma logística reversa eficiente e que contemple a participação efetiva de todos os entes da cadeia.

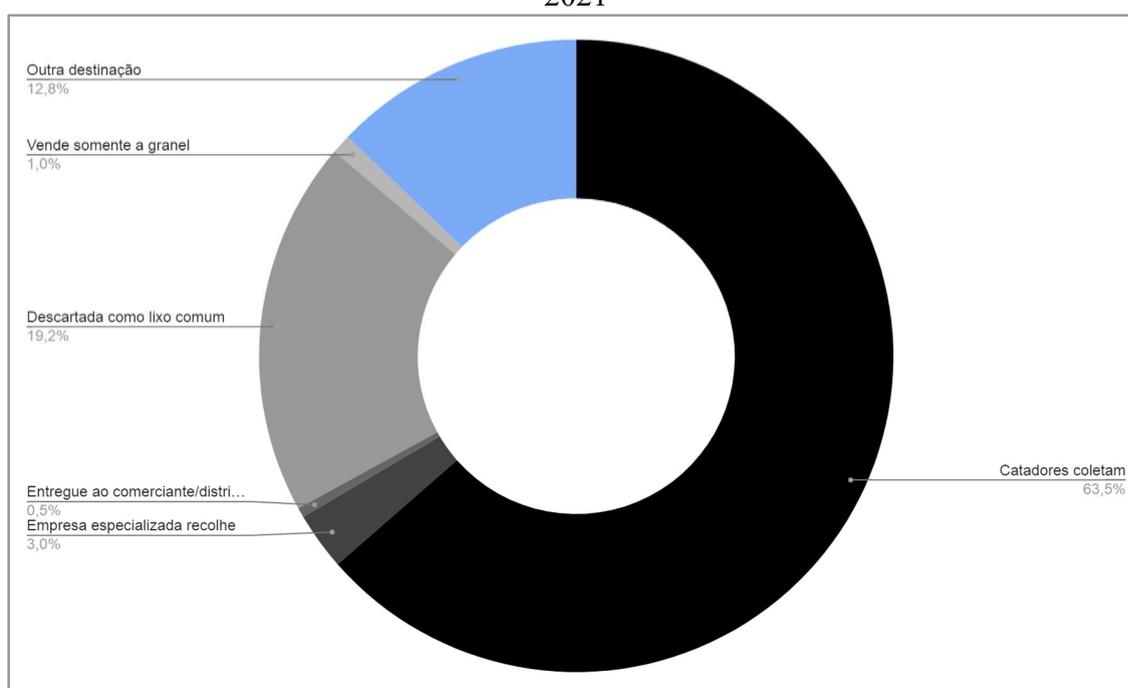
Com relação a existência de segregação dos diferentes tipos de resíduos gerados nos estabelecimentos, somente 32,0% alegaram que realizam essa atividade (Figura 31c). Porém, conforme foi observado *in loco* e relatado pelos entrevistados, essa separação ocorre em geral para os resíduos que possuem algum valor agregado, a exemplo de metais (ferro e alumínio), os quais são revendidos e, portanto, os empreendedores podem auferir lucro. Esse fato revela que o aspecto econômico pode se configurar como um agente indutor na adoção de práticas sustentáveis para o gerenciamento e a destinação final dos diferentes tipos de resíduos

gerados nesses empreendimentos. Assim, torna-se interessante o desenvolvimento de políticas públicas e de subsídios para a potencialização do mercado de materiais recicláveis e reutilizáveis em âmbito nacional.

Um sistema de gestão de resíduos estabelecido e eficiente é um componente importante da sociedade contemporânea. A fim de garantir o seu maior desenvolvimento e melhor eficiência, são necessários incentivos econômicos para assegurar a redução das quantidades de resíduos no local de ocorrência, a coleta separada, o processamento e a reciclagem (SOFILÍĆ; ŠOMEK-GVOŽĐAK; BRNARDIĆ, 2014).

Quanto à destinação das embalagens de OL geradas nos estabelecimentos, nota-se por meio da Figura 32 que em 63,5% das empresas os catadores coletam essas embalagens.

Figura 32 - Destinação dada às embalagens de óleo lubrificante em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Fonte: Autoria própria (2023).

Observou-se que, de modo geral, esse recolhimento ocorre de três formas: (i) alguns catadores disponibilizam sacos de ráfia para a separação e o armazenamento das EOL nos empreendimentos (Figura 33ab); (ii) outros solicitam autorização e coletam as embalagens diretamente no recipiente de resíduos, uma vez que no estabelecimento não há segregação prévia entre os diferentes tipos de materiais/resíduos (Figura 33c); e, (iii) os colaboradores segregam as EOL em sacolas plásticas (ou outro recipiente) e realizam a doação aos catadores

(Figura 33d). Esse dado demonstra que grande parte dos empreendimentos do município contribuem para o retorno das embalagens ao ciclo produtivo, além de evidenciar a importância dos catadores de recicláveis no processo logístico reverso das embalagens de óleo lubrificante.

Figura 33 - Formas de recolhimento das embalagens de óleo lubrificante nos empreendimentos pelos catadores em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Legenda: (a)(b) sacos de rafia disponibilizadas pelos interessados; (c) diretamente no resíduo comum; e, (d) sacolas plásticas ou outros recipientes após prévia segregação pelos colaboradores. Fonte: Autoria própria (2023).

Por outro lado, verifica-se por meio da Figura 32 que 19,2% das empresas descartam as embalagens como resíduo comum, não havendo nenhum recolhimento pelos catadores. Dessa forma, os invólucros são encaminhados diretamente para o lixão do município. Esse quadro contribui para intensificar a problemática de contaminação ambiental da área, tendo em vista que as EOL são classificadas como resíduos perigosos.

Em outra perspectiva, somente 3,0% dos entrevistados (Figura 32) alegaram que empresas especializadas e credenciadas nos órgãos ambientais recolhem o material. Entre estas

está a de incineração situada no município, a qual realiza o tratamento térmico de todos os resíduos contaminados com óleo lubrificante (estopas, filtros, embalagens, etc.) coletados nos seus clientes. Já 0,5% dos empreendimentos afirmaram que entregam ou devolvem as embalagens aos comerciantes ou distribuidores. Nesse caso, pode-se notar que a oficina e a loja de peças se situam no mesmo imóvel ou imóveis confinantes entre si, porém, os proprietários são indivíduos diferentes. Essa proximidade entre os estabelecimentos e a celebração de um acordo informal entre eles possibilita essa ação de devolução das embalagens.

E 12,8% apontaram outras destinações dadas aos recipientes plásticos, entre elas pode-se citar: (i) a venda direta às empresas recicladoras (73,1%), como forma de obter lucro; (ii) a reutilização das embalagens para diversos fins no próprio estabelecimento (15,4%), inclusive para o armazenamento de sobras de óleos; e, (iii) o recolhimento das embalagens pelos clientes (11,5%), os quais procedem os descartes. Por fim, 1,0% dos interrogados nesta pesquisa informaram que vendem o lubrificante somente a granel, não havendo, portanto, a geração de embalagens.

Castro (2012) analisou o gerenciamento das EOL em 70 postos de combustíveis situados na 7ª Região Administrativa do Interior de São Paulo. O autor verificou que aproximadamente 49,0% dos empreendimentos encaminham as embalagens para “carroceiros” (pessoas físicas da comunidade que trabalham na coleta de embalagens). Esses, destinam os materiais para centros de reciclagem. Outros 27,0% descartam os produtos como resíduo comum, o qual é coletado pela prefeitura do município e disposto em aterros ou lixões. Já a outra parcela, em torno de 24,0%, destina as embalagens a empresas especializadas de coleta e tratamento, sendo que para a execução desse serviço é cobrado uma taxa dos postos. Conforme relato dos gestores, os custos para direcionar esses materiais são elevados e certamente tendem a inviabilizar sua destinação ambientalmente adequada.

Diferentemente deste estudo, Silva et al. (2014) verificaram que 70,0% dos estabelecimentos estudados encaminham as embalagens à coleta regular do município de Pombal, Paraíba, tendo como provável destino o vazadouro público. Já em 20,0% as embalagens são recolhidas por catadores de recicláveis; e, nos outros 10,0% as EOLs têm outras destinações, as quais não foram especificadas no trabalho. Já Muniz e Braga (2015) constataram que a destinação do OLUC na companhia logística é correta, pois o fluido é coletado por uma empresa autorizada pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Porém, todas

as embalagens são descartadas em resíduo comum, contaminando possivelmente o meio ambiente.

Verde, Scalize e Arruda (2015) observaram que em 30,0% dos estabelecimentos estudados, a coleta e destinação final das embalagens é realizada pela Prefeitura Municipal de Inhumas-GO, sendo, portanto, destinadas sem nenhum tipo de tratamento prévio e juntamente com os resíduos sólidos urbanos ao lixão do município. Nos outros 70,0%, as embalagens são coletadas por pessoas que as vendem para reciclagem (catadores). No estudo de Silva, Oliveira e Silva (2019) sobre a gestão dos resíduos e efluentes gerados nos postos de combustíveis do município de Araguatins, Tocantins, foi observado que em 20,0% dos empreendimentos o recolhimento das embalagens plásticas de óleos lubrificantes é feito por empresa especializada, outros 20,0% destinam as embalagens à incineração e em 60,0% as EOL são descartadas como resíduo sólido urbano.

Batista et al. (2019) observaram que 66,7% dos estabelecimentos destinam as embalagens ao resíduo comum; 23,4% para a reciclagem; 3,3% para empresas coletoras de resíduos contaminados; 3,3% realizam a venda do material; e 3,3% encaminham como resíduo específico. Os autores relatam que é evidente a falta de conscientização sobre os perigos do descarte incorreto e a dificuldade por parte das empresas em realizar a destinação ambientalmente adequada das embalagens.

Já na presente pesquisa, quando questionados se acreditavam que o descarte inadequado das embalagens de lubrificante poderia ocasionar problemas ambientais, somente 5,4% responderam que não. Já os outros 94,6%, citaram como impactos negativos: (i) a difícil degradação/decomposição do material; (ii) a contaminação da água, do solo e do ar (pela queima); (iii) danos à flora e à saúde da fauna; (iv) a obstrução da drenagem pluvial e, conseqüentemente, alagamento das vias; e, (v) a proliferação de insetos/mosquitos. Esse dado é positivo tendo em vista que a implantação de programas para difusão de informações, pelos diversos meios de comunicação, sobre a destinação correta das EOL poderá auxiliar nos avanços necessários à implementação de uma LR abrangente e eficiente.

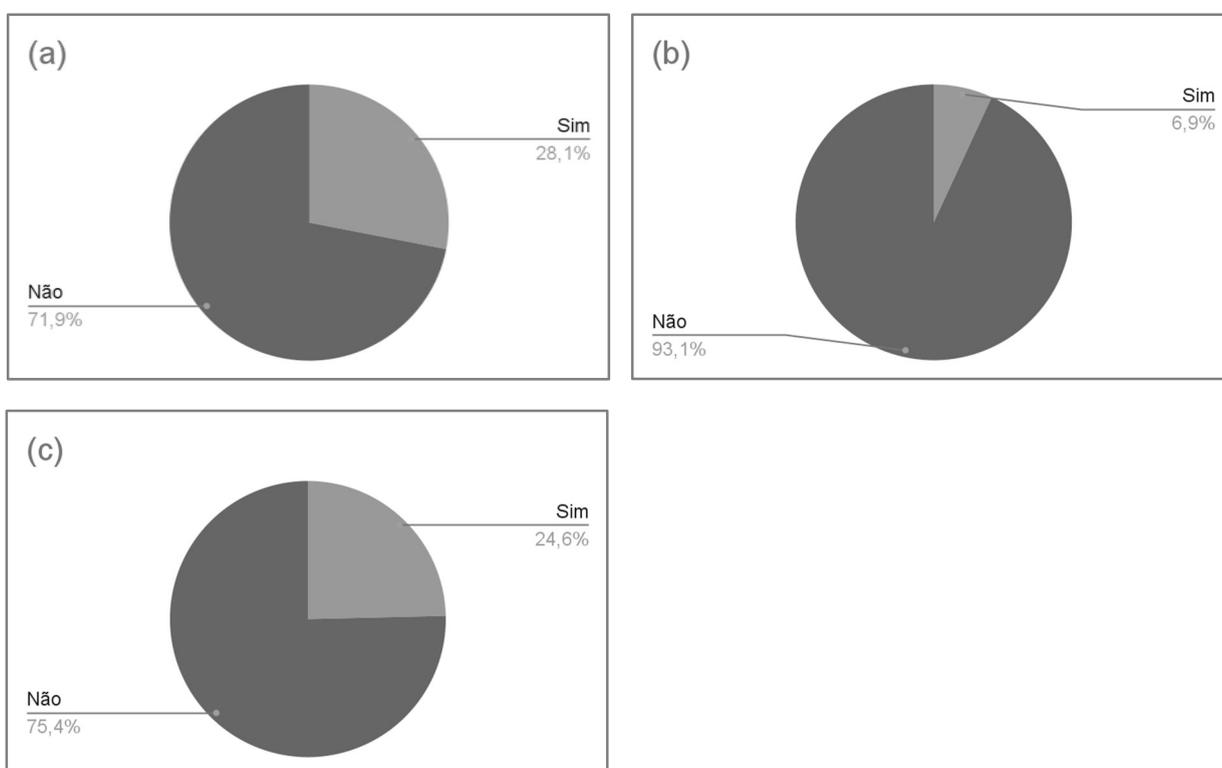
Conforme Verde, Scalize e Arruda (2015), 80,0% dos entrevistados afirmaram ter consciência dos impactos provocados ao ambiente pelo descarte inadequado dos resíduos perigosos (OLUC, embalagens e outros gerados a partir do serviço de troca de óleo). Os demais 20,0%, alegaram não ter conhecimento. Nessa mesma vertente, Flores (2016) realizou entrevistas em 143 estabelecimentos geradores de EOL nos 26 municípios da Bacia

Hidrográfica do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul. A autora verificou que a grande maioria dos entrevistados (88,0%) reconhecem as embalagens de óleos lubrificantes como resíduos perigosos. Enquanto 12,0% não têm essa mesma consciência.

4.4.1 Aspectos relacionados ao licenciamento e fiscalização dos empreendimentos

Na Figura 34 são apresentados os dados referentes ao licenciamento e a fiscalização dos empreendimentos que realizam serviços de troca de óleo no município.

Figura 34 - Questionamentos referentes ao licenciamento e fiscalização dos empreendimentos em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Legenda: (a) A empresa é licenciada pelos órgãos ambientais?; (b) Possui Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGRS)?; e, (c) Já foi ou é fiscalizada pelos órgãos ambientais? Fonte: Autoria própria (2023).

Pode-se observar na Figura 34a que 28,1% (57) das empresas alegaram dispor de licenciamento junto aos Órgãos Ambientais. Enquanto apenas 6,9% (14) (Figura 34b) afirmaram contar com Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Esses dados são contraditórios entre si tendo em vista que uma das exigências no âmbito do processo de licenciamento ambiental é a elaboração do PGRS. Nesse sentido, nota-se que alguns

empreendimentos podem ter declarado possuir licença de operação com receio de denúncias e/ou represálias.

Nesse contexto, ao analisar minuciosamente as licenças ambientais emitidas pela Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte, entre os anos de 2017 e 2021, foi verificado que somente 17 estabelecimentos geradores de EOL (o que representa 8,4% dos empreendimentos dessa natureza mapeados nesta pesquisa) dispunham de licença de operação no período. Enquanto, especificamente no ano de 2021, apenas 15 (88,2%) dessas empresas estavam regularizadas (com LO válida). Estes dados são condizentes com o número total de geradores que declararam dispor de PGRS em 2021.

Costa et al. (2012) estudaram 21 oficinas mecânicas no município de Laranjal do Jari, Amapá. Os autores relatam que 71% dos entrevistados informaram possuir licença ambiental emitida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Turismo (SEMATUR). Porém, segundo a secretaria, nenhum empreendimento dessa natureza estava regularizado perante o Órgão. Provavelmente, os entrevistados afirmaram que possuíam tal documento, pelo receio de ter seus empreendimentos denunciados junto aos órgãos de controle, com possibilidade de embargo das atividades.

Por outro lado, neste estudo, a ausência de dados categorizados e detalhados sobre as licenças emitidas pelo Órgão Ambiental Municipal, principalmente com relação aos estabelecimentos que realizam serviços de troca de óleo, dificulta a comparação célere dessas informações, sendo necessárias melhorias no sistema de controle dos dados da Autarquia. Silva et al. (2014) descrevem que durante a verificação sobre o número de oficinas de veículos automotivos existentes em Pombal, Paraíba, foram encontradas dificuldades em virtude da falta de dados oficiais junto a prefeitura municipal. Já Oliveira e Souza (2015) mencionam limitações encontradas na pesquisa, relacionadas à inexistência de dados oficiais na Prefeitura de Cabo Frio, Rio de Janeiro, no que se refere à gestão dos resíduos oriundos das trocas de OLUC em concessionárias, em oficinas mecânicas e em postos de combustíveis da cidade.

Além disso, cabe salientar que o percentual de estabelecimentos licenciados e, portanto, com PGRS tende a diminuir com o tempo em virtude da aplicação da Lei Municipal nº 5159 (JUAZEIRO DO NORTE, 2021). Esse fato aponta para a possibilidade de redução progressiva do controle pelos órgãos ambientais e poderá dificultar a destinação adequada do óleo lubrificante e suas embalagens nos municípios com legislações semelhantes. Para Lima e Viana (2016), apesar do grande número de oficinas mecânicas no estado de São Paulo e de ser

uma atividade que gera uma carga poluidora considerável, não é necessário licenciamento para a instalação desses empreendimentos. Também não existem resoluções específicas para o tratamento de todos os resíduos sólidos provenientes dessas empresas, o que demonstra duas falhas no processo da regulamentação ambiental da atividade.

Em outra perspectiva, conforme ilustrado na Figura 34c, 75,4% dos entrevistados informaram nunca terem sido fiscalizados. Esse quadro, aliado ao fato de somente 25,6% dos entrevistados terem afirmado possuir conhecimento sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Figura 19), é preocupante. Nesse contexto, a ausência de supervisão por parte do Poder Público quanto ao cumprimento dos preceitos legais pelos estabelecimentos (principalmente aqueles de menor porte), favorece e intensifica a adoção de práticas inadequadas no que se refere ao gerenciamento dos resíduos perigosos provenientes dessas empresas, a exemplo do OLUC e suas embalagens, filtros, estopas, etc.

Costa et al. (2012) observaram que 65% das oficinas mecânicas do município nunca foram fiscalizadas, o que demonstra a necessidade de se efetivar a atuação do Órgão Ambiental no controle das atividades potencialmente poluidoras. Já Mota e Figueiredo (2017) realizaram estudo em um município situado no interior do Estado do Tocantins. A pesquisa contemplou sete oficinas mecânicas de automóveis que prestam serviços de troca de OLUC. Verificou-se que em nenhuma dessas o descarte do OLUC é realizado de forma ambientalmente adequada, ou seja, todo o produto é destinado por meios ilegais, prejudicando assim o meio ambiente. Os pesquisadores descrevem que os principais fatores para que isto ocorra são a falta de informações e a ineficiência da fiscalização.

Ribeiro, Chaves e Muniz (2018) explicam que em relação aos três tipos de estabelecimentos pesquisados, foi observado que a atuação do Estado por meio dos seus órgãos fiscalizadores é desproporcional. Assim, em postos de combustíveis e concessionárias, as visitas são frequentes, com o intuito de identificar irregularidades em toda a cadeia de serviços, inclusive o gerenciamento do OLUC. Já em algumas oficinas, o cenário é outro, as visitas geralmente ocorrem com menor frequência, e são os órgãos municipais do meio ambiente que fiscalizam os estabelecimentos e aplicam infrações.

Oliveira et al. (2019) estudaram 16 estabelecimentos de substituição de óleo lubrificante no município de Jundiaí, São Paulo. Todos os entrevistados afirmaram que a partir da solicitação de regularização da atividade e após os devidos impostos e licenciamentos

estarem pagos, não receberam visitas de inspeção ou qualquer outra atividade de fiscalização. Assim, pode-se observar o papel pouco eficiente dos órgãos fiscalizadores.

Para Martins et al. (2020), propor e oficializar as políticas públicas por meio de normativas jurídicas não garante o cumprimento delas, sendo necessário aumentar os mecanismos de controle fiscalizatório. Os autores salientam ainda a importância das ações de fiscalização serem vinculadas aos conceitos de educação ambiental e que atendam aos princípios da razoabilidade e da proporcionalidade presentes na PNRS, os quais têm por objetivo evitar os exageros quanto à aplicabilidade da lei.

Ribeiro, Chaves e Muniz (2018) relatam que a partir dos resultados apontados, ações são propostas para superar alguns desafios do setor, como: a ampliação do quadro de profissionais dos órgãos responsáveis pela fiscalização, principalmente com o incremento de ações nas empresas de pequeno porte, em sua maioria oficinas mecânicas, e em que foram constatadas maiores irregularidades.

4.4.2 Aspectos relacionados à implantação de um sistema de logística reversa para as embalagens usadas de óleos lubrificantes

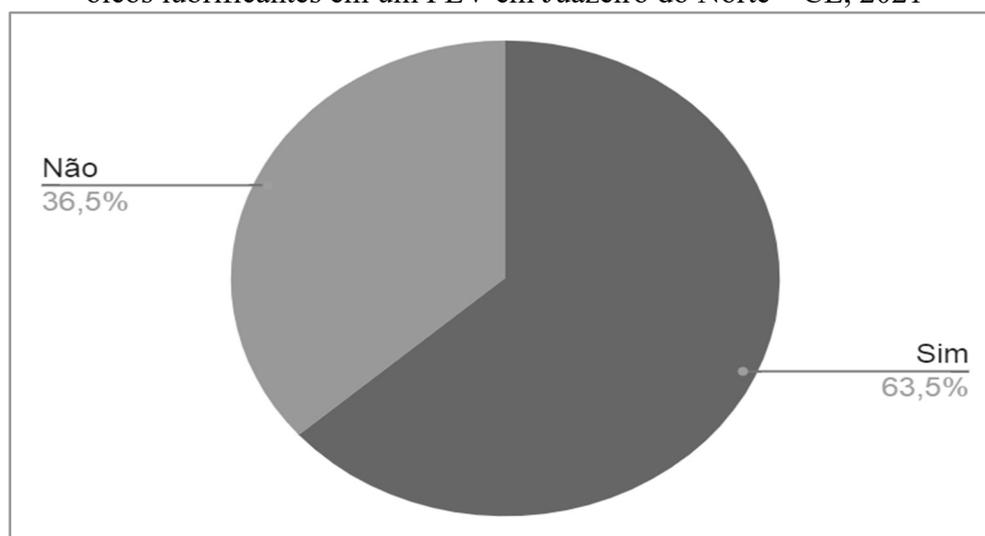
Os entrevistados foram inquiridos se gostariam de receber gratuitamente algum tipo de formação ou treinamento sobre LR. Nesse sentido, 73,4% relataram ter interesse em aperfeiçoamento na temática (somente 26,6% responderam não). Esse dado é relevante quando se pretende estabelecer mecanismos para difusão de informações sobre a destinação ambientalmente adequada do OLUC e das embalagens, pois indica a predisposição da ponta da cadeia logística em aprender sobre o assunto.

De forma semelhante, Almeida et al. (2018) descrevem que quando indagados sobre o interesse na obtenção de mais informações referentes à gestão ambiental, 36% declararam que não. Já 64% dos responsáveis pelos estabelecimentos afirmaram que gostariam de obtê-las, o que demonstra de forma direta a consciência ambiental por parte dos empreendedores diante do potencial poluidor da atividade.

Neste estudo, com relação a possibilidade de implantação de um sistema de logística reversa para as embalagens usadas de óleos lubrificantes, buscou-se compreender qual opção seria melhor aceita pelos entrevistados entre (i) a instalação de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e (ii) a coleta porta-a-porta (coleta itinerante).

Nesse sentido, inicialmente foi questionado se caso houvesse algum ponto de recebimento das embalagens na cidade (PEV), se os responsáveis pelos estabelecimentos estariam dispostos a armazená-las e entregá-las voluntariamente (Figura 35).

Figura 35 - Disposição a armazenar e a entregar voluntariamente as embalagens usadas de óleos lubrificantes em um PEV em Juazeiro do Norte – CE, 2021

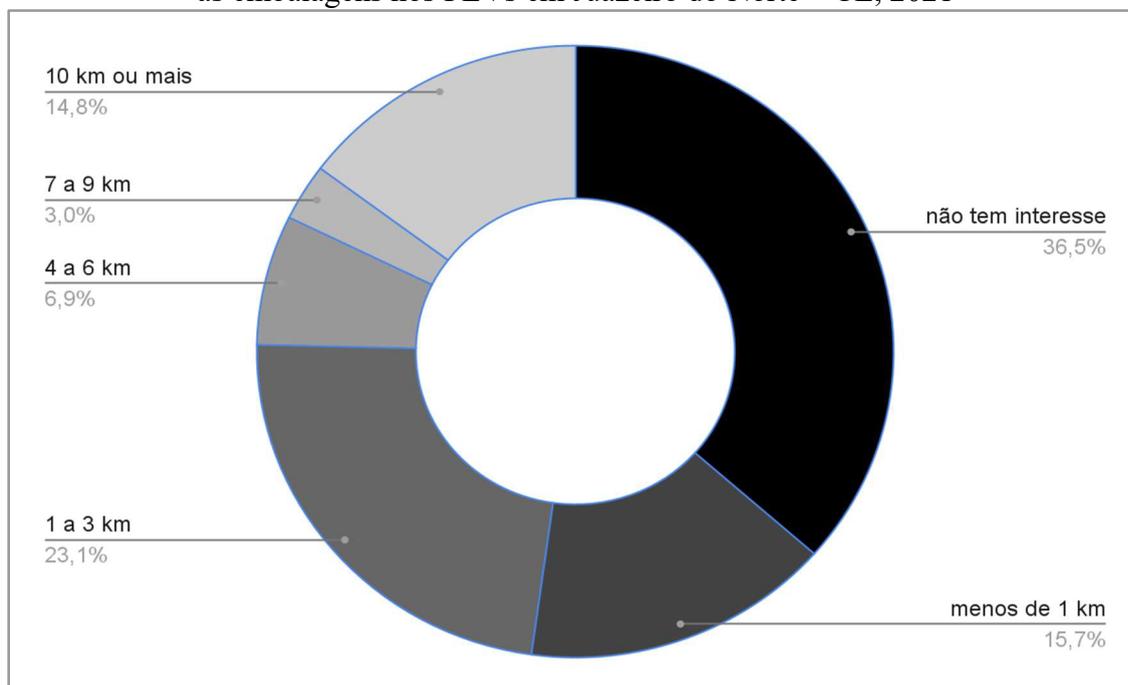


Fonte: Autoria própria (2023).

Nota-se que 63,5% dos entrevistados declararam estar dispostos a realizar o depósito das EOL em PEVs caso fossem instalados equipamentos dessa natureza no município. Porém, 36,5% relataram que: (i) não dispõe de tempo livre para realizar essa ação; e/ou, (ii) essa opção demanda custos com deslocamento, o qual não desejam incorporar; e/ou, (iii) preferem entregar as embalagens diretamente aos catadores, como forma de ajudá-los; e/ou, (iv) realizariam essa ação se fossem devidamente remunerados.

Indagou-se também qual seria a maior distância que estariam dispostos a percorrer para entregar as embalagens nos PEVs (Figura 36). Em concordância com os dados supradescritos, 36,5% dos responsáveis pelas empresas não têm interesse em se deslocar qualquer medida de comprimento (trajeto).

Figura 36 - Maior distância que os entrevistados estariam dispostos a percorrer para devolver as embalagens nos PEVs em Juazeiro do Norte – CE, 2021

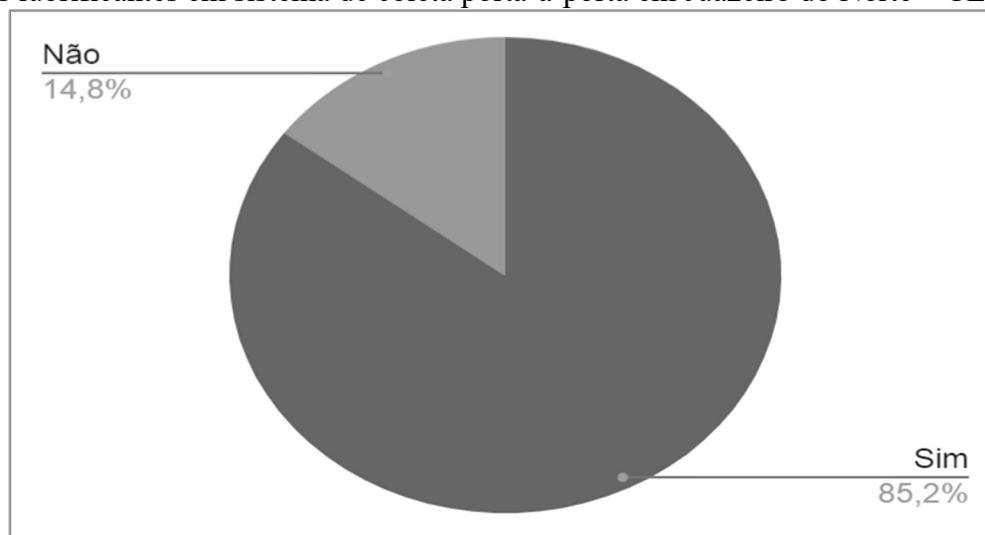


Fonte: Autoria própria (2023).

Por outro lado, aproximadamente 39,0% informaram que estariam dispostos a percorrer até 3 km. Essa distância caracteriza-se pela possibilidade de implantação de PEVs no mesmo bairro ou bairros próximos e circunvizinhos, considerando a posição geográfica do empreendimento. Enquanto, 9,9% comunicaram a viabilidade de se locomoverem distâncias intermediárias entre 4 e 9 km. Já 14,8% relataram a disponibilidade de depositar as embalagens em pontos situados a 10 ou mais quilômetros, tendo em vista que consideram pequena a extensão territorial do município, ou seja, qualquer região é relativamente próxima. Com base nos dados, em linhas gerais, verifica-se que há preferência para a instalação de PEVs próximos aos estabelecimentos geradores de EOL.

Com relação a opção de coleta porta-a-porta, na Figura 37 é apresentado o resultado da pesquisa.

Figura 37 - Disposição a armazenar e a entregar voluntariamente as embalagens usadas de óleos lubrificantes em sistema de coleta porta-a-porta em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme pode ser observado na Figura 37, 85,2% dos responsáveis pelos empreendimentos estariam dispostos a armazenar e a entregar voluntariamente as embalagens usadas de óleos lubrificantes em sistema de coleta porta-a-porta. Cabe salientar que tanto o Programa Jogue Limpo quanto o recolhimento das embalagens pelos catadores se enquadram nessa modalidade.

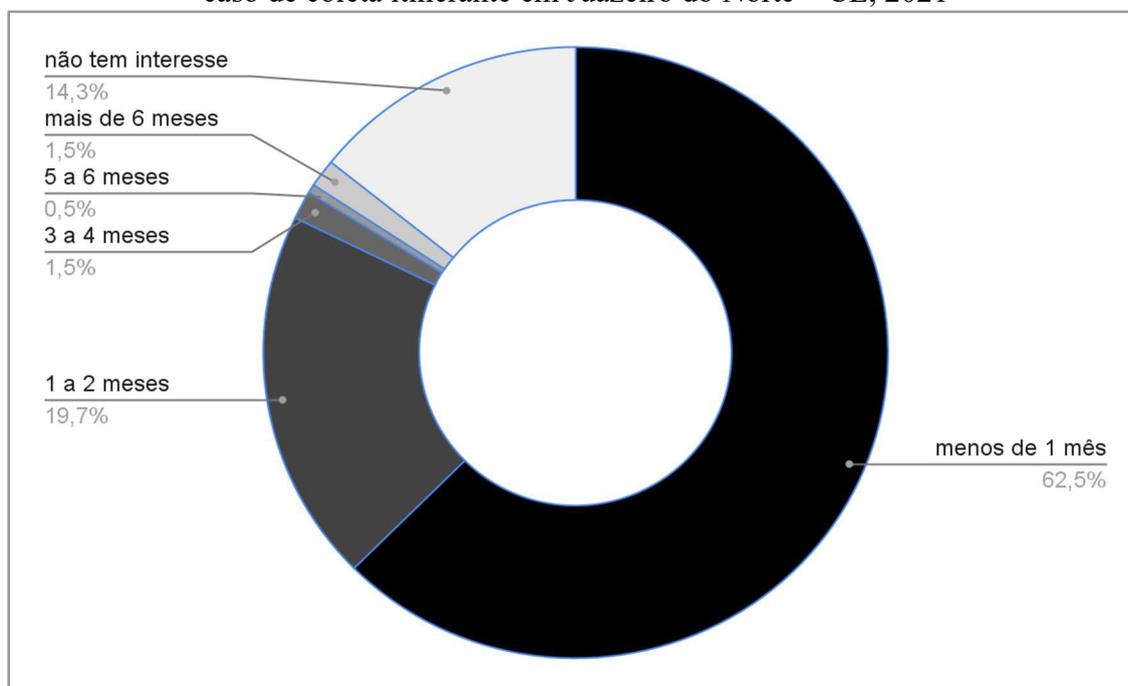
Porém, ressalta-se que caso a legislação torne-se mais restritiva e a fiscalização seja mais efetiva, os estabelecimentos terão que comprovar ao órgão ambiental a destinação ambientalmente adequada das embalagens. Diante disso, os catadores precisarão agrupar-se em cooperativas ou associações e criar meios/mecanismos para disponibilizar comprovantes de recolhimento/destinação das EOL aos empreendimentos. Caso contrário, nesse cenário, o IJL será a melhor alternativa de coleta porta-a-porta.

Nessa vertente, o Decreto Federal nº 10.936 (BRASIL, 2022a), que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos, versa que as cooperativas e as associações de catadores de materiais recicláveis poderão integrar o sistema de logística reversa: (i) desde que sejam legalmente constituídas, cadastradas e habilitadas; e, (ii) por meio de instrumento legal firmado entre a cooperativa ou a associação e as empresas ou entidades gestoras para prestação dos serviços.

Por outro lado, considerando que a coleta itinerante por parte do IJL geralmente é realizada a cada 30 dias, isso demanda o armazenamento temporário das embalagens nos

estabelecimentos. Nesse sentido, questionou-se qual o tempo máximo que o estabelecimento estaria disposto a armazenar as embalagens em suas dependências (Figura 38).

Figura 38 - Tempo máximo para armazenamento das embalagens nos estabelecimentos em caso de coleta itinerante em Juazeiro do Norte – CE, 2021

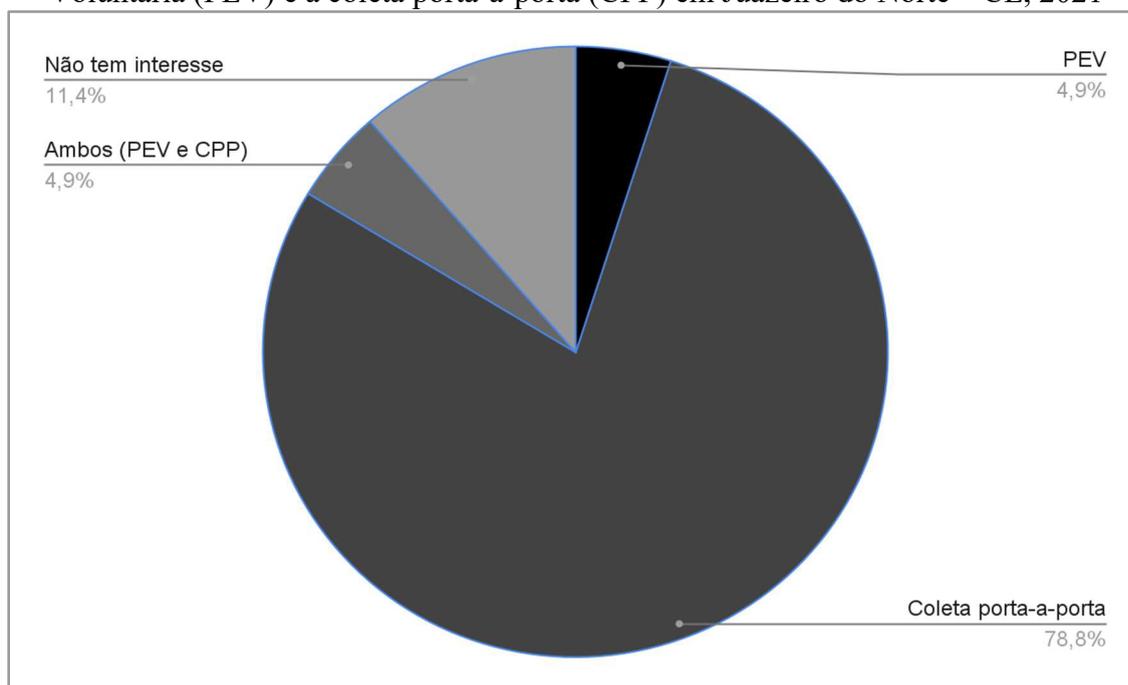


Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme pode ser observado na Figura 38, 14,3% dos entrevistados responderam não ter interesse nessa temática. Enquanto, somente 3,5% informaram a possibilidade de manter as embalagens nos empreendimentos por mais de 3 meses até o recolhimento. Já 19,7%, relataram a viabilidade de proceder o armazenamento de 1 a 2 meses. E 62,5% dos entrevistados estariam dispostos a guardar as EOL por menos de um mês, sendo o período mais relatado entre uma semana e 15 dias. Entre as principais razões para preferência por intervalos de curto prazo estão a alegação de ausência de espaços físicos nos estabelecimentos para o armazenamento das EOL e a cultura de descarte rápido de materiais considerados inservíveis (lixo), os quais não podem ser acumulados durante longos períodos de tempo.

Por fim, foi questionado qual seria a melhor alternativa para a devolução das embalagens de óleo lubrificante em um sistema de logística reversa (Figura 39).

Figura 39 - Melhor alternativa para devolução das embalagens entre o Ponto de Entrega Voluntária (PEV) e a coleta porta-a-porta (CPP) em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Legenda: PEV - Ponto de Entrega Voluntária; CPP - Coleta porta-a-porta. Fonte: Autoria própria (2023).

Nota-se por meio da Figura 39 que 11,4% dos entrevistados não têm interesse em nenhuma das opções. Enquanto, 4,9% consideram ambas as alternativas aceitáveis. Já 4,9% preferem os pontos de entrega voluntária. E, a grande maioria dos responsáveis pelos empreendimentos, 78,8% relatou que a coleta porta-a-porta seria a melhor alternativa.

Galvão, Brenzan e Oliveira (2016) analisaram o processo de logística reversa de resíduos eletrônicos no município de Pindamonhangaba, São Paulo. Nesse sentido, foram realizadas entrevistas em 10 empresas de assistência técnica visando compreender as práticas adotadas para a destinação final dos equipamentos sem condições de uso. Entre os resultados obtidos, verificou-se que 100% dos entrevistados consideram que os fabricantes deveriam se responsabilizar pelo recolhimento desses produtos. Nessa perspectiva, e diferentemente desta pesquisa, 90% alegaram que a melhor alternativa para o fluxo reverso seria a implantação de PEVs. Enquanto, somente 10% descreveram a coleta porta-a-porta como a opção mais viável.

Pessoa e Pessoa (2017), ao estudarem a LR de pneus em Humaitá, Amazonas, relatam que somente 62,28% dos pontos de comércio de pneumáticos estavam dispostos a receber voluntariamente os produtos inservíveis em seus estabelecimentos. Nesse contexto, os autores abordam que uma parcela dos comerciantes ainda não se considera parte integrante do sistema de logística reversa dos pneumáticos comercializados. Esse posicionamento por parte

desse grupo de entrevistados é preocupante, visto que o armazenamento de pneus é uma das etapas iniciais da logística reversa, e a sua não consolidação pode comprometer seriamente todas as demais etapas subsequentes deste sistema. Além disso, a maior parcela dos entrevistados (78,57%) afirmou não ter ciência da legislação dos pneumáticos. A partir do exposto, é possível observar que, embora essa temática seja de extrema importância para a sociedade, a população e os comerciantes ainda não estão devidamente sensibilizados e conscientes para participar adequadamente do sistema de logística reversa de pneus.

Com base nos dados apresentados para o presente estudo, verifica-se que o melhor modelo de logística reversa para as EOL deve considerar a rapidez no recolhimento dos produtos e a facilidade da coleta porta-a-porta. Em outra perspectiva, a adoção dessa metodologia precisa ponderar, entre outros fatores, os custos com pessoal e deslocamento. Assim, torna-se relevante a aplicação de métodos que contribuam para otimizar rotas de transporte, o que implica diretamente na redução dos custos com locomoção (combustível e tempo), por exemplo.

Cabe salientar que a LR só será efetiva se houver compromisso e maior integração entre todos os entes da cadeia (fabricantes, distribuidores, importadores, comerciantes e consumidores). No entanto, se a informação e a conscientização a respeito do fluxo reverso não forem transmitidas do topo à ponta da cadeia, dificilmente se terá avanços significativos nessa temática. Nesse contexto, há a necessidade de implantação de estruturas físicas para um sistema consistente de logística reversa aliado a um amplo programa de educação ambiental, tendo em vista o baixo percentual de pessoas que compreende a temática.

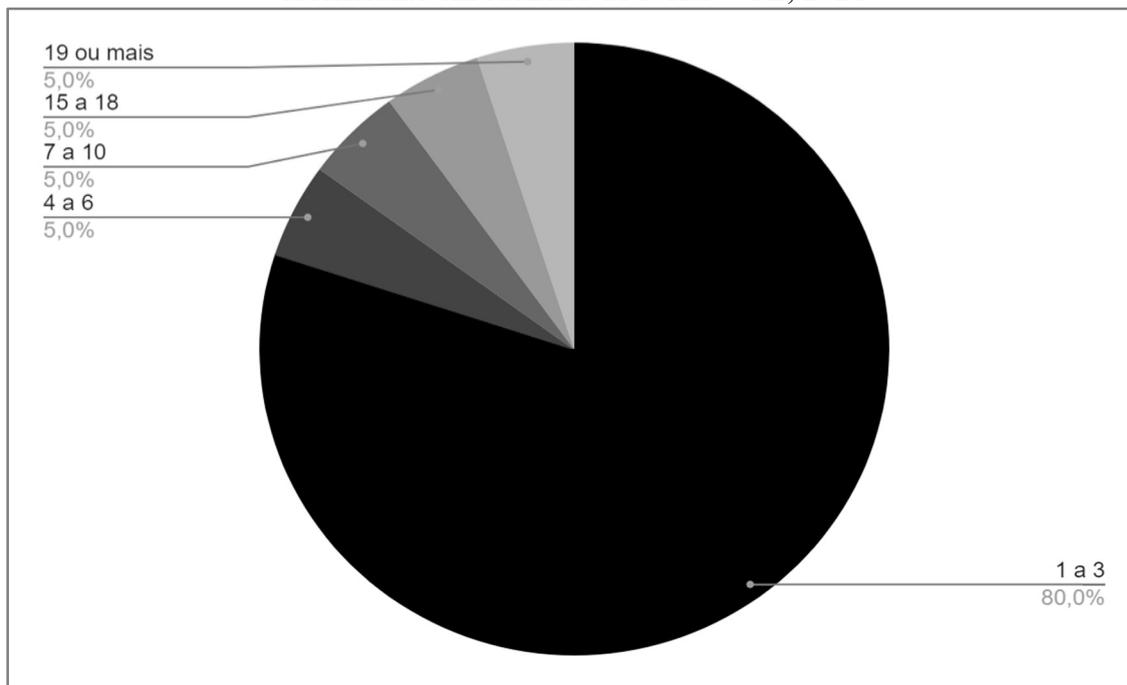
4.5 Questionário aplicado aos comerciantes (somente revenda) não cadastrados no Instituto Jogue Limpo

4.5.1 Perfil geral dos estabelecimentos

Entre março e maio de 2021 foram identificados no município 20 empreendimentos (autopeças e/ou motopeças) que efetuam somente o comércio do óleo lubrificante, logo não oferecem serviços de substituição do fluido. Nesse sentido, foram aplicados os questionários constantes no Apêndice V. Nesta seção será apresentado um breve resumo dos resultados obtidos com essas entrevistas.

Na Figura 40 é ilustrado o número de funcionários/colaboradores que desenvolvem atividades laborais nessas empresas.

Figura 40 - Número de funcionários em estabelecimentos que somente comercializam óleo lubrificante em Juazeiro do Norte – CE, 2021

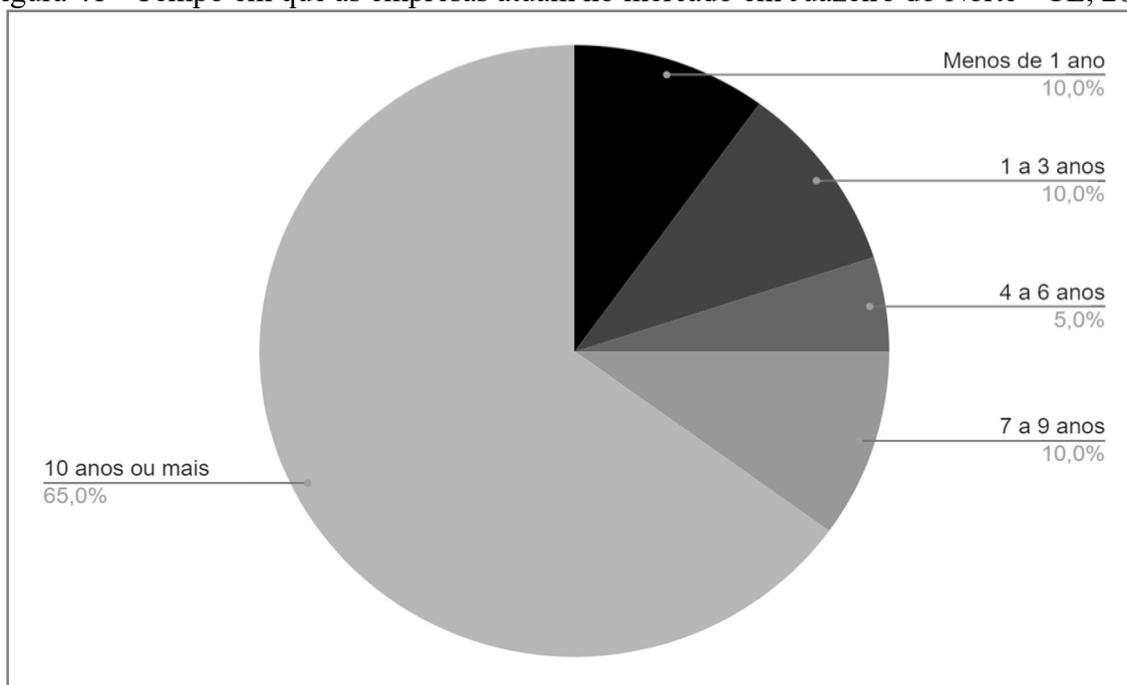


Fonte: Autoria própria (2023).

Pode-se verificar por meio da Figura 40 que 80,0% dos empreendimentos possuem até 3 colaboradores e somente 5,0% possuem 19 ou mais. Do total, 90,0% têm até 9 trabalhadores e os outros 10,0% dispõem de 15 a 25 funcionários, sendo classificadas, respectivamente, como micro e pequenas empresas, conforme DIEESE (2020). Fato semelhante foi observado para os prestadores de serviços de troca de óleo (com e sem revenda).

Por meio da Figura 41 apresenta-se o tempo em que os empreendimentos atuam no comércio de componentes automotivos no município.

Figura 41 - Tempo em que as empresas atuam no mercado em Juazeiro do Norte - CE, 2021

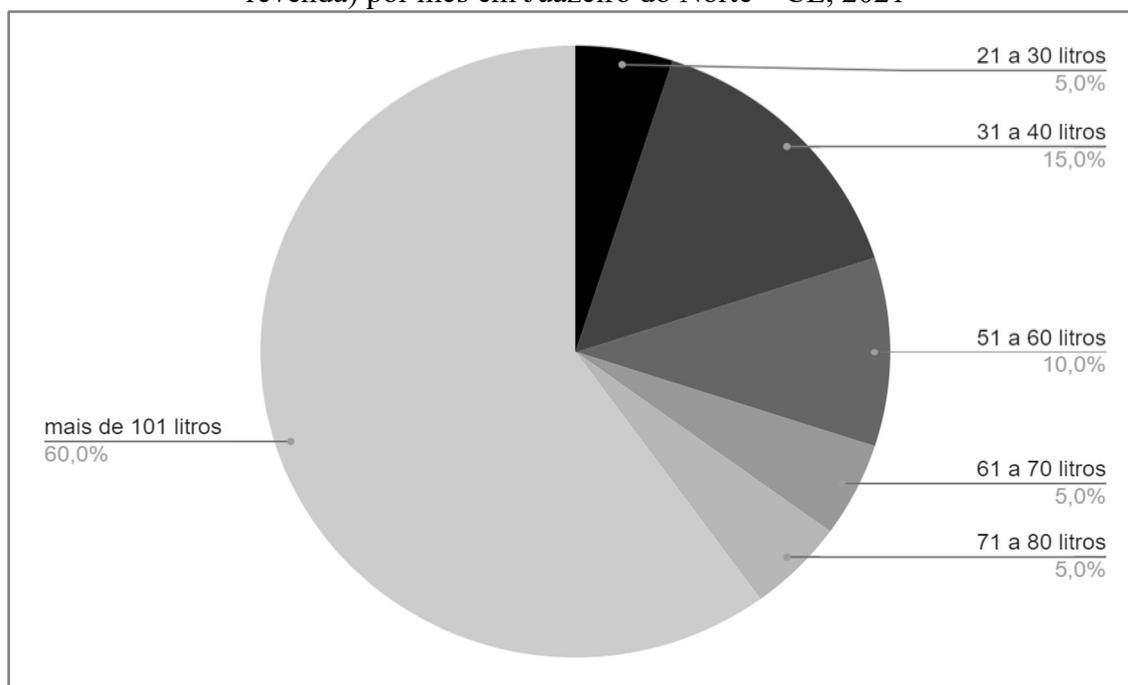


Fonte: Autoria própria (2023).

Nota-se que 65,0% das empresas operam há 10 anos ou mais (Figura 41). Outros 15,0% operam entre 4 e 9 anos. E 20,0% funcionam entre menos de 1 e até 3 anos. Logo, a maioria dos estabelecimentos dessa natureza já operava quando das discussões sobre a obrigatoriedade da logística reversa do óleo lubrificante e suas embalagens, conforme a PNRS.

Na Figura 42 expõe-se a quantidade de óleo lubrificante que é vendida mensalmente pelos comerciantes (somente revenda).

Figura 42 - Quantidade de óleo lubrificante vendida pelos estabelecimentos (somente revenda) por mês em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Fonte: Autoria própria (2023).

Observa-se por meio da Figura 42 que 20,0% das empresas vendem entre 21 e 40 L de OL por mês e outros 20,0% comercializam entre 51 e 80 L/mês. Já 60,0% desses estabelecimentos vendem mais de 101 L de lubrificante por mês, sendo a média relatada entre 75 e 100 L por semana.

Quando questionados se havia capacitação contínua dos funcionários, 80,0% dos responsáveis pelos comércios informaram que sim (Quadro 12). Por outro lado, 55,0% dos entrevistados informaram desconhecer a Política Nacional de Resíduos Sólidos; 95,0% não sabem o que é logística reversa e, conseqüentemente, 95,0% não têm conhecimento do papel do estabelecimento no processo de logística reversa. Esses dados reforçam que os treinamentos são voltados somente para questões específicas do setor, não havendo explanação de temas relacionados ao manejo de resíduos sólidos.

Quadro 12 - Resumo dos questionamentos das entrevistas com comerciantes (somente revenda - autopeças e motopeças) não cadastrados no Instituto Jogue Limpo em Juazeiro do Norte – CE, 2021

Questionamento/Resposta	Sim	Não
Há capacitação contínua dos funcionários?	80,0%	20,0%

Questionamento/Resposta	Sim	Não
Já ouviu falar na Política Nacional de Resíduos Sólidos?	45,0%	55,0%
Sabe o que é logística reversa?	5,0%	95,0%
Sabe qual a responsabilidade desse estabelecimento no processo de logística reversa?	5,0%	95,0%
O estabelecimento recebe as embalagens de óleo lubrificante após uso pelo cliente?	5,0%	95,0%
Há ou houve orientação dos distribuidores ou fabricantes de óleo para o recebimento das embalagens óleo após o uso?	10,0%	90,0%
Você acredita que o descarte inadequado das embalagens pode provocar problemas ambientais?	100,0%	0,0%

Fonte: Autoria própria (2023).

Nessa mesma vertente, 95,0% das empresas relataram que não recebem dos clientes as embalagens pós consumo. Conforme conceituação tradicional do modelo logístico reverso, os comerciantes deveriam ser os responsáveis pelo recolhimento das embalagens dos consumidores finais e remetê-las ao distribuidor e/ou ao fabricante. No entanto, conforme já explanado, os 5,0% que realizam essa atividade o fazem porque fornecem o óleo lubrificante para oficinas mecânicas que se situam no mesmo edifício ou em imóvel confinante. Dessa forma, foi celebrado um acordo informal entre as partes para recolhimento e destinação das EOL.

No mesmo contexto, quando questionados se havia orientação dos distribuidores ou fabricantes de óleo para o recebimento das embalagens após o uso, 90,0% informaram que não. Esses dados reforçam o problema de difusão de informações (no setor) quanto às práticas adequadas de gerenciamento do óleo lubrificante e suas embalagens. Nesse sentido,

difícilmente haverá avanços significativos se os modelos de logística reversa em implantação no país não contemplarem quem está na ponta da cadeia, por meio de repasse de informações, de programas de capacitação e de subsídios financeiros, de implantação de estruturas logísticas de recolhimento e de programas consistentes de fiscalização.

Por outro lado, quando indagados se acreditavam que o descarte inadequado das embalagens poderia desencadear problemas ambientais, 100,0% responderam que sim. Entre os efeitos adversos elencados, pode-se citar: a difícil degradação do material, poluição do ar devido a queima, poluição das águas, contaminação do solo e transtornos quanto à drenagem pluvial.

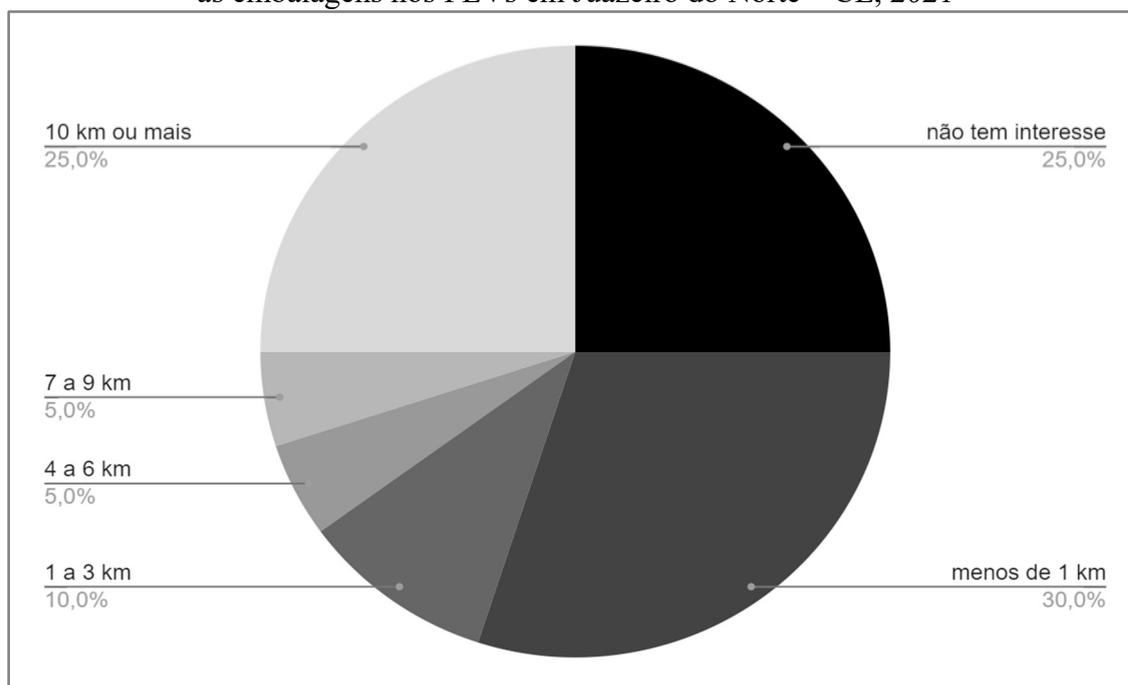
4.5.2 Aspectos relacionados à implantação de um sistema de logística reversa para as embalagens usadas de óleos lubrificantes

Os responsáveis pelas empresas foram questionados se gostariam de receber algum tipo de formação ou treinamento sobre logística reversa; 65,0% afirmaram que sim (outros 35,0% informaram que não). Esses dados, aliados ao fato de 80,0% terem relatado que participam de capacitações e somente 5,0% entenderem o que é LR (Quadro 12), apontam para necessidade de implantação de programas de educação ambiental direcionados ao setor, visando avanços significativos na temática em curto, médio e longo prazos.

Nesse contexto, quando inquiridos se houvesse algum ponto de recebimento das embalagens na cidade, se estariam dispostos a armazená-las e a entregá-las voluntariamente, 90,0% relataram que sim (10,0% não). Esses resultados demonstram a disponibilidade do setor comercial em receber (dos clientes) as embalagens de OL, a fim de proceder sua destinação ambientalmente adequada.

Na Figura 43 é ilustrada a maior distância que os entrevistados estariam dispostos a percorrer para devolver as embalagens nos pontos de entrega voluntária.

Figura 43 - Maior distância que os entrevistados estariam dispostos a percorrer para devolver as embalagens nos PEVs em Juazeiro do Norte – CE, 2021

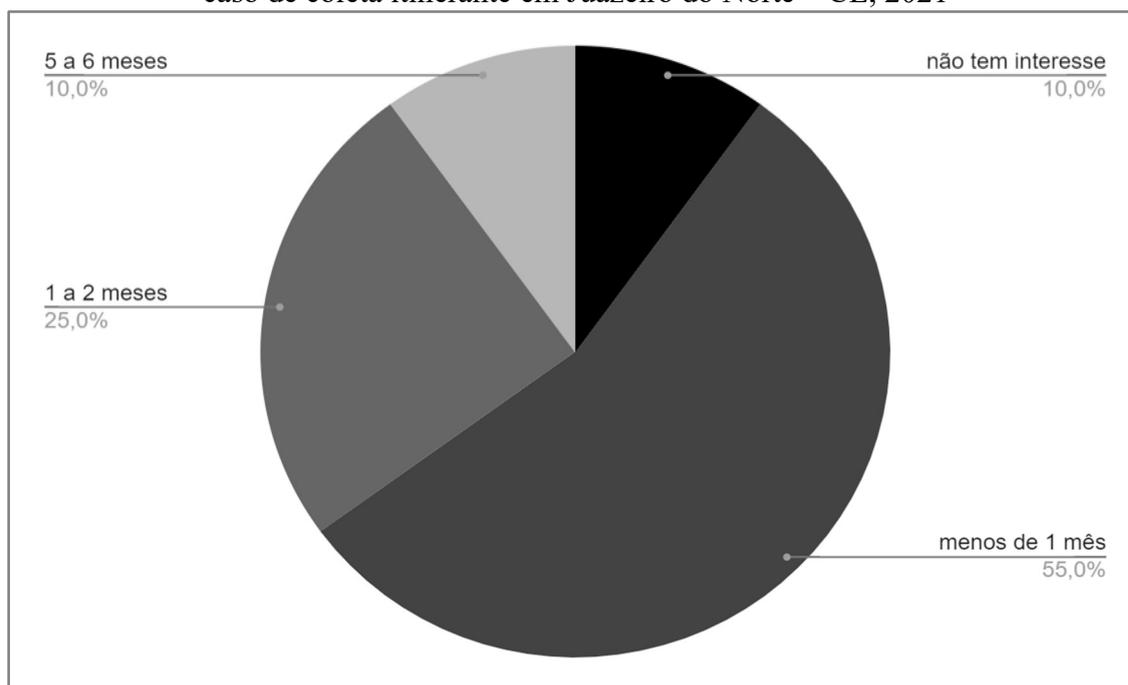


Fonte: Autoria própria (2023).

Observa-se que 25,0% não têm interesse em se locomover qualquer medida de comprimento. Já 40,0% relataram distâncias entre menos de 1 até 3 km. Outros 10,0% informaram disposição para percorrer entre 4 e 9 km. E 25% comunicaram a disponibilidade de depositar as embalagens em pontos situados a 10 km ou mais. Com base nos dados, em linhas gerais, verifica-se que há preferência para a instalação de PEVs próximos aos estabelecimentos comerciais, ou seja, implantação dos PEVs no mesmo bairro ou em bairros circunvizinhos.

Os entrevistados foram questionados se caso houvesse a coleta porta-a-porta das embalagens, se estariam dispostos a armazená-las e entregá-las voluntariamente. Dessa forma, 95,0% informaram que sim (5,0% não). Já quanto ao tempo máximo que poderiam armazenar as embalagens nas dependências dos estabelecimentos, na Figura 44 são ilustrados os resultados dessa indagação.

Figura 44 - Tempo máximo para armazenamento das embalagens nos estabelecimentos em caso de coleta itinerante em Juazeiro do Norte – CE, 2021

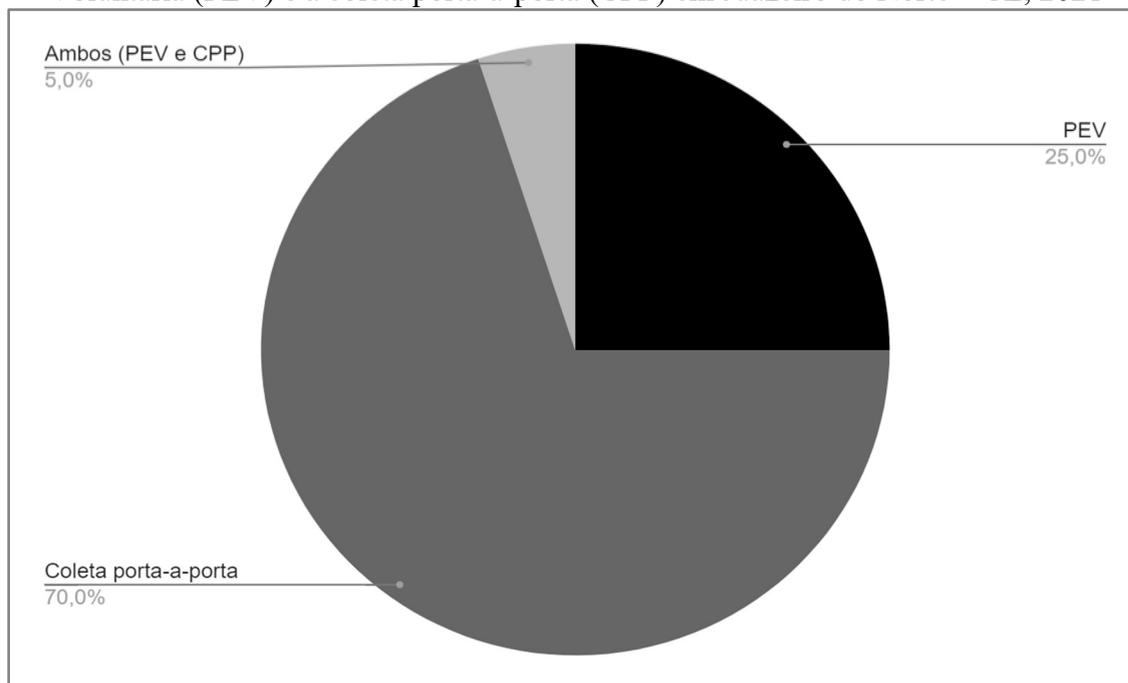


Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme pode ser observado na Figura 44, 10,0% não têm interesse nesse assunto. Outros 10,0% poderiam armazenar entre 5 e 6 meses. Já 25,0% informaram a possibilidade de manter as embalagens nos empreendimentos de 1 a 2 meses. Enquanto, 55,0% relataram a disposição em guardar as EOL por menos de um mês, sendo o período ideal até 15 dias.

Finalmente, foram inquiridos qual seria a melhor alternativa para a devolução das embalagens de óleo lubrificante em um sistema de logística reversa (Figura 45): PEV ou coleta porta-a-porta.

Figura 45 - Melhor alternativa para devolução das embalagens entre o Ponto de Entrega Voluntária (PEV) e a coleta porta-a-porta (CPP) em Juazeiro do Norte – CE, 2021



Fonte: Autoria própria (2023).

Por meio da Figura 45 nota-se que 25,0% dos entrevistados têm preferência pelos PEVs para entrega das embalagens. Já 5,0% consideram ambas as alternativas admissíveis. E 70,0%, a grande maioria, acreditam que a melhor alternativa seria o sistema de coleta porta-a-porta. Resultados semelhantes foram obtidos nas entrevistas com os prestadores de serviços de troca de óleo (com e sem revenda).

4.6 Desafios à implantação da logística reversa

Quanto aos desafios referentes à implantação de um sistema de logística reversa abrangente e eficiente para as embalagens de óleos lubrificantes, pode-se mencionar em resumo:

- a) O maior diálogo entre o Poder Público e o setor empresarial sobre os aspectos relacionados à logística reversa;
- b) O estabelecimento de marco legal em âmbito municipal para direcionamento das ações referentes ao fluxo reverso, inclusive com definições de metas de recolhimento e definições claras das responsabilidades de cada ente da cadeia

- logística;
- c) Maior controle da destinação final, pelos órgãos ambientais, das embalagens de óleos lubrificantes geradas nos diferentes tipos de empreendimentos;
 - d) Desenvolvimento de mecanismos efetivos de fiscalização, principalmente, com relação aos pequenos geradores;
 - e) Comprometimento efetivo e maior integração entre todos os entes da cadeia logística, inclusive com indicação clara das fontes de custeio do sistema (cota de participação de cada ente);
 - f) Implantação de infraestruturas para efetivação e elevação da abrangência do fluxo reverso das embalagens vazias;
 - g) Capacitação, organização e profissionalização dos catadores para que possam participar formalmente do sistema de logística reversa, inclusive, de outros tipos de resíduos;
 - h) Estabelecimento de mecanismos de incentivos fiscais e de subsídios econômicos às cooperativas/associações de catadores e empresas recicladoras, entre outras; além de certificação das empresas ambientalmente sustentáveis;
 - i) Desenvolvimento de um amplo e contínuo programa de educação/conscientização ambiental para que as informações sobre fluxo reverso sejam transmitidas do topo à base da cadeia logística.

Cabe salientar que esses desafios se configuram também como recomendações a serem observadas na implantação e melhoria dos sistemas de logística reversa dos diversos tipos de materiais.

4.7 Seleção de área para implantação de ecoponto

Nesta pesquisa a análise AHP para seleção de área visando a implantação de PEV/ecoponto no município de Juazeiro do Norte-CE foi executada utilizando como referencial os pontos geradores de embalagens de óleo lubrificante previamente georreferenciados. Na Tabela 4 estão elencados aspectos das áreas investigadas.

Tabela 4 - Dados das áreas propostas para implantação de ecopontos no município de Juazeiro do Norte-CE

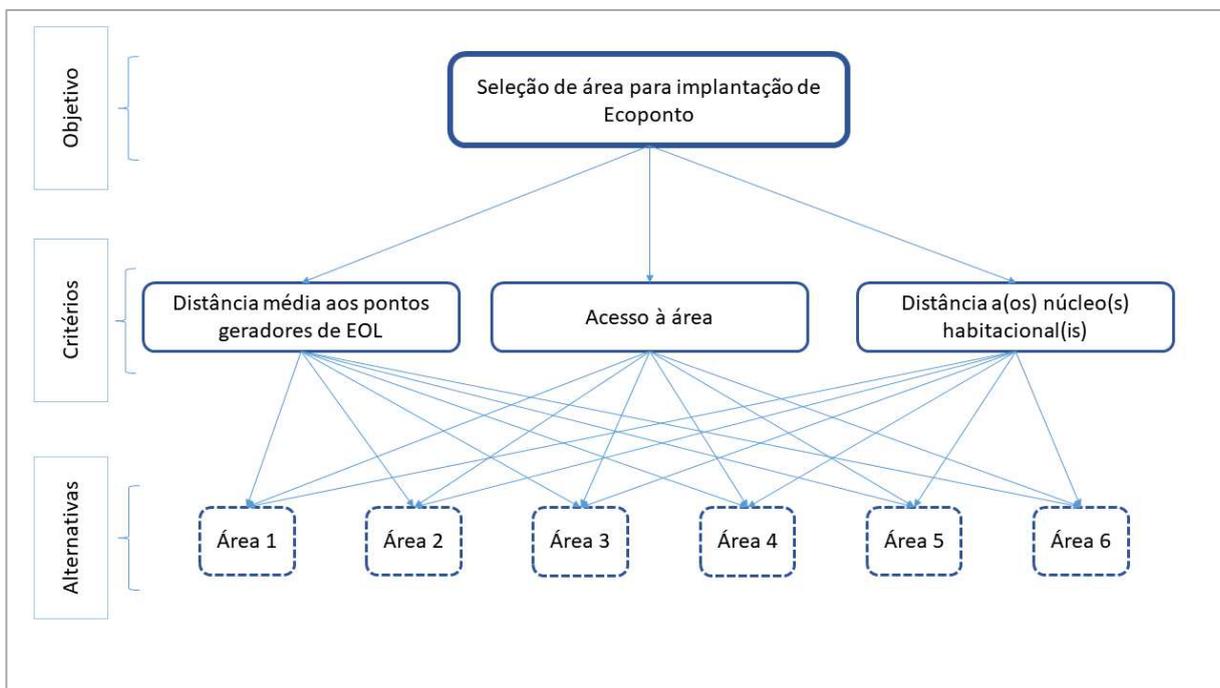
Denominação o proposta	Coordenadas (UTM)	Distância média aos pontos geradores de EOL (m)	Vias de acesso à área	Distância a núcleo habitacional (m)
ECO01	468231 m E; 9200839 m S	3.465,5	Via urbana com pavimentação asfáltica/ Faixa simples	8 a 10
ECO02	469301 E; 9203067 S	4.489,4	Via urbana com pavimentação asfáltica/ faixa duplicada	8 a 10
ECO03	469246 E; 9201293 S	4.276,8	Via urbana sem pavimentação asfáltica/ faixa simples	8 a 10
ECO04	466451 E; 9200262 S	2.484,0	Via urbana com pavimentação asfáltica/ faixa simples	8 a 10
ECO05	463281 E; 9198937 S	3.666,6	Via urbana com pavimentação asfáltica/ faixa simples	40 a 50
ECO06	466223 E; 9202449 S	1.890,3	Via urbana com pavimentação asfáltica/ faixa duplicada	15 a 25

Legenda: ECO0”n” - área proposta para instalação de ecoponto no município; EOL - embalagem de óleo lubrificante. Fonte: Autoria própria (2023).

As informações referentes a (i) distância média aos pontos geradores de EOL, (ii) vias de acesso à área e (iii) distância a núcleo habitacional foram utilizadas como critérios de seleção da alternativa ótima no modelo multicritério. Quanto ao item (i) é desejável a menor distância média entre a área e os pontos geradores, a fim de minimizar os custos com locomoção; em (ii) há necessidade de verificar as melhores vias para o tráfego de veículos e pessoas; e, em (iii) é importante maximizar o distanciamento de núcleos habitacionais, a fim de minimizar as externalidades negativas decorrentes da operação dos ecopontos, a exemplo de ruídos excessivos e dispersão de poeiras (manejo de RCC).

Nesse contexto, a estrutura hierárquica para avaliação e seleção das áreas é apresentada na Figura 46.

Figura 46 - Representação da estrutura hierárquica para avaliação e seleção de área para instalação de ecoponto no município de Juazeiro do Norte-CE



Fonte: Autoria própria (2023).

A estrutura hierárquica é composta por três níveis principais: (i) o nível superior consiste no objetivo principal do problema; (ii) o nível 2 é representado pelos critérios estabelecidos para seleção da área; e, (iii) o nível 3 configura-se como as alternativas, das quais será definida a solução ótima. A análise dos dados foi realizada por meio de um algoritmo em planilha eletrônica e posteriormente confirmada por meio do *software* SuperDecisions®.

4.7.1 Julgamento dos critérios

Após a definição da estrutura hierárquica do problema, efetuou-se a avaliação da importância de cada critério (Tabela 5), por meio de comparações pareadas, com relação aos demais. O julgamento de significância relativa entre os pares de critérios foi ponderado conforme escala fundamental de números absolutos estabelecida em Saaty (2008).

Tabela 5 - Matriz de julgamento dos critérios

	Distância média aos pontos geradores (m)	Vias de acesso	Distância a núcleo habitacional (m)
Distância média aos pontos geradores (m)	1	5	3
Vias de acesso	0,20	1	1
Distância a núcleo habitacional (m)	0,33	1	1

Fonte: Autoria própria (2023).

Posteriormente, procedeu-se com a normalização dos dados e obtenção do Vetor Prioridade dos Critérios de acordo com o ilustrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Matriz normalizada de julgamento dos critérios e Vetor Prioridade dos critérios

	Distância média aos pontos geradores (m)	Vias de acesso	Distância a núcleo habitacional (m)	Vetor Prioridade dos Critérios
Distância média aos pontos geradores (m)	0,652	0,714	0,600	0,655
Vias de acesso	0,130	0,143	0,200	0,158
Distância a núcleo habitacional (m)	0,217	0,143	0,200	0,187

Fonte: Autoria própria (2023).

Pode-se observar por meio da Tabela 6 que, nessa avaliação, o critério com maior peso é “Distância média aos pontos geradores (m)” com prioridade de 0,655. Já “Distância a núcleo habitacional (m)” e “Vias de acesso” obtiveram prioridade de 0,187 e 0,158, respectivamente.

Após a obtenção do Vetor Prioridade dos Critérios, procedeu-se com a análise da consistência desse julgamento. Os resultados dos cálculos do Índice de Consistência (IC) e da Razão de Consistência estão indicados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados da análise de consistência do julgamento dos critérios

	Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$)	Índice de Consistência (IC)	Razão de Consistência (RC)
Resultado	3,03	0,0146	0,025

Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme pode-se observar na Tabela 7, o julgamento dos critérios foi consistente tendo em vista que a Razão de Consistência (RC) foi de 2,5%, ou seja, menor que o limite de 10,0% ($RC < 0,1$) segundo Saaty (1987).

4.7.2 *Julgamento das alternativas*

Esta etapa consistiu na comparação pareada entre as alternativas com relação às demais, tendo como parâmetro cada um dos critérios. Cabe salientar que foi observada a Tabela 4 para o norteamento da aplicação dos pesos dos julgamentos, de acordo com escala fundamental de números absolutos fornecida em Saaty (2008). Nas Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10 são apresentadas as matrizes de julgamento, os respectivos vetores de prioridade e os resultados das análises de consistências dos julgamentos.

Tabela 8 - Matriz de julgamento das alternativas com relação ao critério “Distância média aos pontos geradores (m)”

	ECO01	ECO02	ECO03	ECO04	ECO05	ECO06	Vetor Prioridade
ECO01	1	4	3	0,333	2	0,200	0,119
ECO02	0,250	1	0,500	0,125	0,333	0,111	0,032
ECO03	0,333	2	1	0,167	0,500	0,111	0,048
ECO04	3	8	6	1	4	0,500	0,277
ECO05	0,500	3	2	0,250	1	0,167	0,078
ECO06	5	9	9	2	6	1	0,446
$\lambda_{\text{máx}} = 6,117$		IC = 0,023			RC = 0,019		

Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 9 - Matriz de julgamento das alternativas com relação ao critério “Vias de acesso”

	ECO01	ECO02	ECO03	ECO04	ECO05	ECO06	Vetor Prioridade
ECO01	1	0,333	5	1	1	0,333	0,117
ECO02	3	1	7	3	3	1	0,308
ECO03	0,200	0,143	1	0,200	0,200	0,143	0,032
ECO04	1	0,333	5	1	1	0,333	0,117
ECO05	1	0,333	5	1	1	0,333	0,117
ECO06	3	1	7	3	3	1	0,308
$\lambda_{\text{máx}} = 6,099$		IC = 0,020			RC = 0,016		

Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 10 - Matriz de julgamento das alternativas com relação ao critério “Distância a núcleo habitacional (m)”

	ECO01	ECO02	ECO03	ECO04	ECO05	ECO06	Vetor Prioridade
ECO01	1	1	1	1	0,200	0,500	0,090
ECO02	1	1	1	1	0,200	0,500	0,090
ECO03	1	1	1	1	0,200	0,500	0,090
ECO04	1	1	1	1	0,200	0,500	0,090
ECO05	5	5	5	5	1	3	0,464
ECO06	2	2	2	2	0,333	1	0,175
$\lambda_{\text{máx}} = 6,004$	IC = 0,001			RC = 0,001			

Fonte: Autoria própria (2023).

Pode-se observar por meio das Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10 que os julgamentos foram consistentes, apresentando valores de RC de 0,019, 0,016 e 0,001 (respectivamente), portanto, menores que 0,1 (RC<10%) descrito por Saaty (1987).

4.7.3 *Ranqueamento das alternativas*

Esta etapa da análise multicritério consiste em calcular a classificação final de cada alternativa, a fim de subsidiar o processo decisório. O resultado é obtido pela multiplicação da matriz prioridade das alternativas pelo Vetor Prioridade dos critérios (Tabela 11).

Tabela 11 - Matriz prioridade das alternativas, Vetor Prioridade dos critérios e *ranking* das alternativas

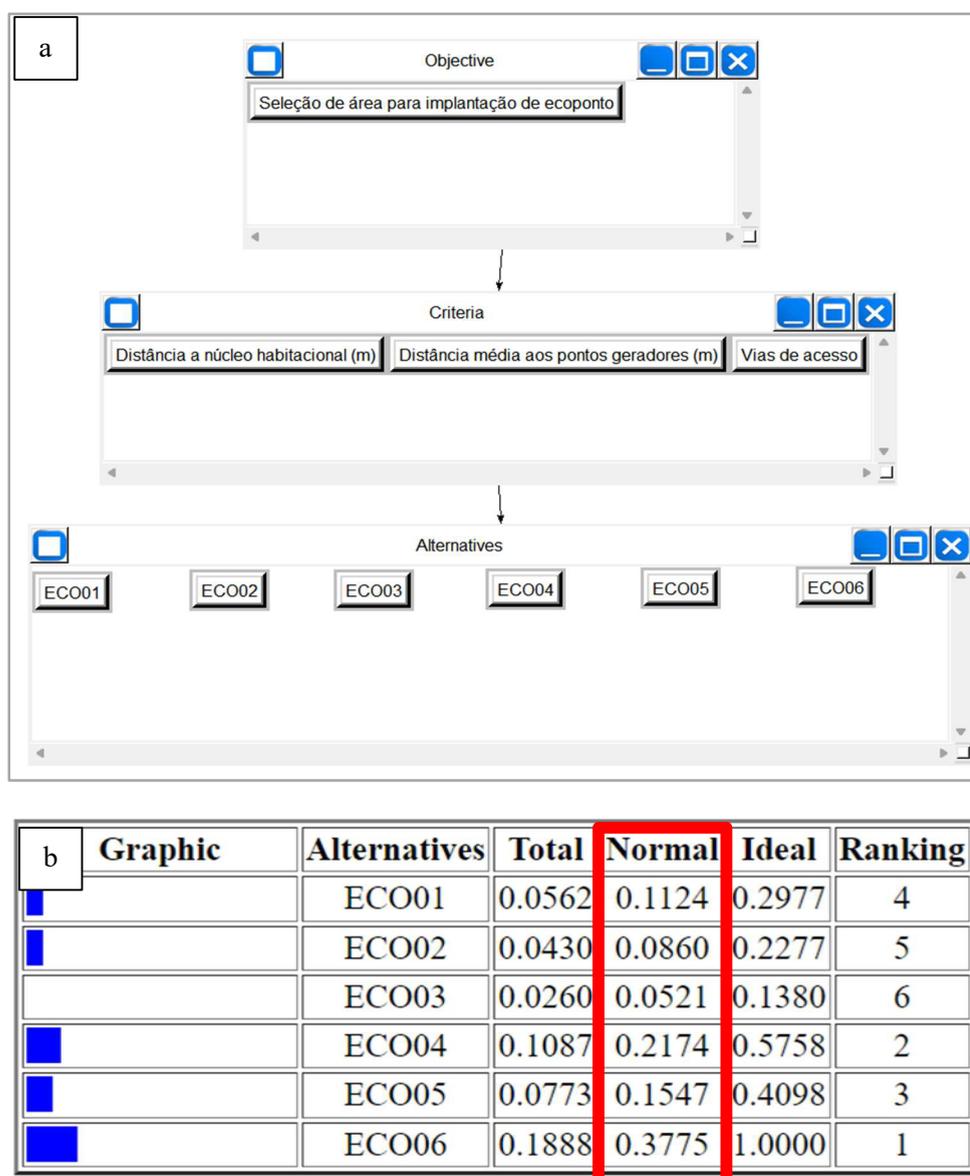
	Matriz Prioridade das alternativas			<i>Ranking</i>	
	Distância média aos pontos geradores (m)	Vias de acesso	Distância a núcleo habitacional (m)	Pontuação das alternativas	Classificação das alternativas
ECO01	0,119	0,117	0,090	0,113	4°
ECO02	0,032	0,308	0,090	0,087	5°
ECO03	0,048	0,032	0,090	0,053	6°
ECO04	0,277	0,117	0,090	0,217	2°
ECO05	0,078	0,117	0,464	0,157	3°
ECO06	0,446	0,308	0,175	0,374	1°
Vetor Prioridade dos critérios	0,655	0,158	0,187		

Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme pode-se notar na Tabela 11, para os critérios estabelecidos, a ordem de prioridade para instalação dos ecopontos é ECO06 (37,4%), ECO04 (21,7%), ECO05 (15,7%), ECO01 (11,3%), ECO02 (8,7%) e ECO03 (5,3%).

Resultados semelhantes aos calculados por meio do algoritmo em planilha eletrônica foram obtidos mediante o uso do *software* SuperDecisions®, conforme ilustrado na Figura 47(a)(b). Ressalta-se que os dados detalhados referentes às matrizes de julgamento, índices de consistências e vetores de prioridade calculados no *software* supracitado estão dispostos no Apêndice VI.

Figura 47 - Resumo da aplicação do método AHP no *software* SuperDecisions®



Legenda: (a) estrutura hierárquica do problema; (b) síntese das prioridades globais das alternativas. Fonte: Autoria própria (2023).

Cabe salientar que o modelo decisório de classificação e de seleção (AHP) de áreas para implantação de ecopontos no município pode ser utilizado, também, a partir de parâmetros de todos os outros tipos de resíduos (RCC, resíduos de poda, pneus inservíveis, eletrônicos e recicláveis secos), desde que as informações a respeito dos pontos geradores (distância, quantidade, etc.) estejam disponíveis. Dessa forma, os tomadores de decisão, Gestão Municipal ou empresas privadas interessadas na instalação de ecopontos, podem optar pelo instrumento (planilha ou *software*) que julgarem mais adequado a sua realidade.

Nessa perspectiva, tendo em vista que: (i) os resultados obtidos nessa análise multicritério; (ii) os esforços da Gestão Municipal para viabilizar a implantação de no mínimo um equipamento dessa natureza; (iii) que esses equipamentos podem ser usados também para promover o fluxo reverso de embalagens de óleos lubrificantes; (iv) que a localização desse equipamento promoverá maior eficiência no processo de coleta porta-a-porta das embalagens e de entrega voluntária desses invólucros; (v) que a gestão desse equipamento pode ser realizada tanto por empresas especializadas como por cooperativas/associações de catadores capacitadas; e, (iv) que esse espaço pode ser utilizado como ponto inicial de rotas de coleta porta-a-porta de EOL, a serem executadas tanto pelas empresas especializadas quanto pelos catadores; diante disso, a presente pesquisa focou na área melhor classificada (ECO06) para o cálculo de rotas otimizadas de recolhimento das EOL.

Vale destacar que o ECO06 apresentou a menor distância média aos pontos geradores de EOL, sendo esta aproximadamente 1,89 km. Conforme dados desta pesquisa, cerca de 39,0% dos prestadores de serviços de troca de óleo e 40,0% dos comerciantes estariam dispostos a percorrer entre menos de 1 até 3 km para depositar as embalagens nos PEVs. Enquanto 24,7% dos primeiros e 35% dos segundos relataram a viabilidade de se locomoverem distâncias maiores que 3 km. Dessa forma, essa distância do PEV atende a exigência da maioria dos responsáveis pelos empreendimentos.

Nesse contexto, a abrangência do sistema de logística reversa das embalagens de óleos lubrificantes poderá ser garantida pela integração de ambas as soluções, implantação de PEV e coleta porta-a-porta. Isso poderá proporcionar maior capilaridade para o retorno e destinação final ambientalmente adequadas das embalagens no município de Juazeiro do Norte-CE.

4.8 Clusterização

Os estabelecimentos geradores de EOL (oficinas, concessionárias, postos de serviços, etc.) e os empreendimentos que realizam somente revenda (autopeças e motopeças) serão doravante denominados de Pontos Individuais de Coleta (PIC), para fins de roteirização do recolhimento das embalagens em sistema de coleta porta-a-porta.

Cabe salientar que os últimos (ou seja, as empresas que efetuam somente o comércio do lubrificante) estão inclusos nesse processo/categoria por serem legalmente obrigados a receber os recipientes dos consumidores finais e, portanto, proceder a destinação ambientalmente adequada desses resíduos, conforme estabelece a PNRS.

4.8.1 Clusterização cenário (ii)

Neste trabalho a clusterização dos dados foi executada para o cenário (ii) e cenário (iii). No algoritmo K-means, o valor de K deve ser previamente indicado para execução dos cálculos dos agrupamentos (CERVO; ANZANELLO, 2015; PENA et al., 2017). Dessa forma, para o cenário (ii) foi definido a divisão dos dados em dois *clusters* ($K = 2$). Nesse contexto, a distribuição espacial dos dois subconjuntos distintos gerados, utilizando a métrica da distância dos PICs, está elencada no Quadro 13.

Quadro 13 - Distribuição dos dados clusterizados para $K = 2$ - Cenário (ii)

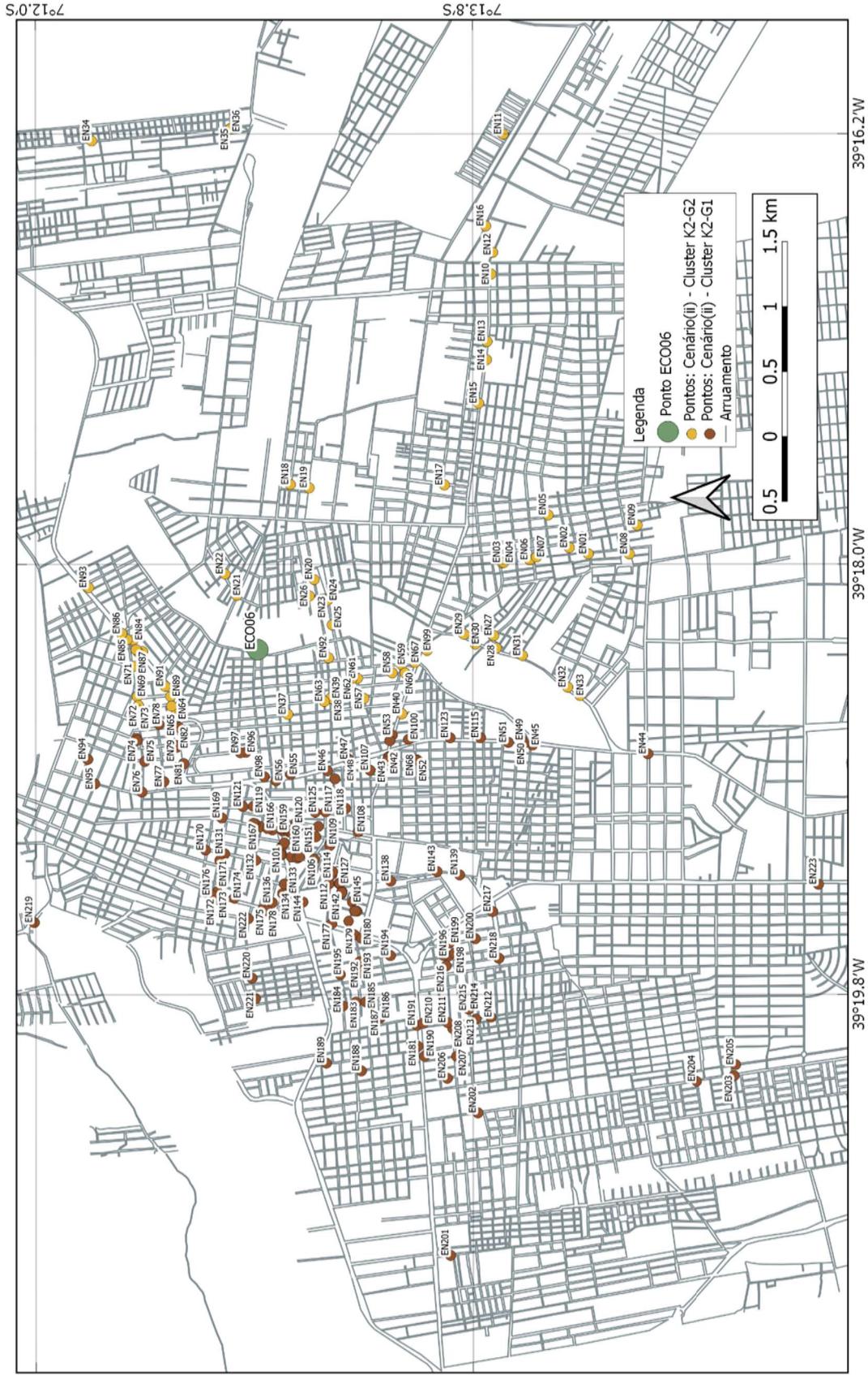
Grupo/ Cluster	Pontos Individuais de Coleta	Número de PICs
K2-G1	EN41, EN42, EN43, EN44, EN45, EN46, EN47, EN48, EN49, EN50, EN51, EN52, EN53, EN54, EN55, EN56, EN68, EN70, EN74, EN75, EN76, EN77, EN78, EN79, EN80, EN81, EN82, EN94, EN95, EN96, EN97, EN98, EN100, EN101, EN102, EN103, EN104, EN105, EN106, EN107, EN108, EN109, EN110, EN111, EN112, EN113, EN114, EN115, EN116, EN117, EN118, EN119, EN120, EN121, EN122, EN123, EN124, EN125, EN126, EN127, EN128, EN129, EN130, EN131, EN132, EN133, EN134, EN135, EN136, EN137, EN138, EN139, EN140, EN141, EN142, EN143, EN144, EN145, EN146, EN147, EN148, EN149, EN150, EN151, EN152, EN153, EN154, EN155, EN156, EN157, EN158, EN159, EN160, EN161, EN162, EN163, EN164, EN165, EN166, EN167, EN168, EN169, EN170, EN171, EN172, EN173, EN174, EN175, EN176, EN177, EN178, EN179, EN180, EN181, EN182, EN183, EN184, EN185, EN186, EN187, EN188, EN189, EN190, EN191, EN192, EN193, EN194, EN195, EN196, EN197, EN198, EN199, EN200, EN201, EN202, EN203, EN204, EN205, EN206, EN207, EN208, EN209, EN210, EN211, EN212, EN213, EN214, EN215, EN216, EN217, EN218, EN219, EN220, EN221, EN222, EN223	156

Grupo/ Cluster	Pontos Individuais de Coleta	Número de PICs
K2-G2	EN01, EN02, EN03, EN04, EN05, EN06, EN07, EN08, EN09, EN10, EN11, EN12, EN13, EN14, EN15, EN16, EN17, EN18, EN19, EN20, EN21, EN22, EN23, EN24, EN25, EN26, EN27, EN28, EN29, EN30, EN31, EN32, EN33, EN34, EN35, EN36, EN37, EN38, EN39, EN40, EN57, EN58, EN59, EN60, EN61, EN62, EN63, EN64, EN65, EN66, EN67, EN69, EN71, EN72, EN73, EN83, EN84, EN85, EN86, EN87, EN88, EN89, EN90, EN91, EN92, EN93, EN99	67

Legenda: EN - Entrevista (numeração conforme sequência dos locais entrevistados e georreferenciados). Fonte: Autoria própria (2023).

Como pode ser observado no Quadro 13, no *Cluster* 1 (K2-G1) foram alocadas um total de 156 pontos individuais de coleta. Já no *Cluster* 2 (K2-G2) foram aglomerados 67 estabelecimentos. Cabe salientar que com essa divisão o município foi dividido em dois setores ou zonas, sendo leste (K2-G2) e oeste (K2-G1), conforme ilustrado na Figura 48.

Figura 48 - Distribuição dos Pontos Individuais de Coleta nos *cluster* K2-G1 e K2-G2 no cenário (ii). Juazeiro do Norte – CE.



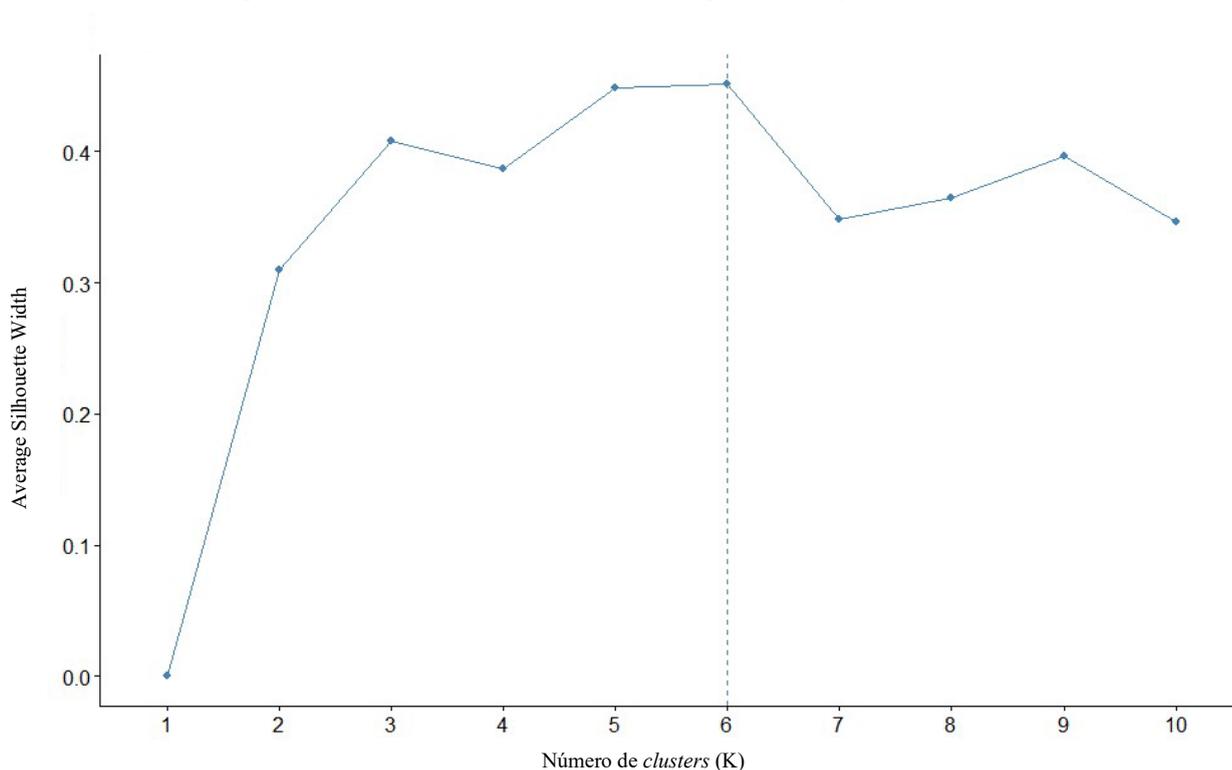
Fonte: Autoria própria (2023).

Embora os grupos sejam numericamente desproporcionais, esses atendem ao requisito de distância/proximidade para fins de roteamento de um sistema de coleta porta-a-porta. Nesse contexto, esses grupos serão tratados de forma independente, ou seja, o dimensionamento da rota de coleta otimizada será realizado para cada grupo.

4.8.2 Clusterização cenário (iii)

O número ótimo de *clusters* (K ideal) para o conjunto de pontos geradores de EOL foi definido por meio da análise do *Average Silhouette Width* (ASW), conforme indicado na Figura 49. Shahapure e Nicholas (2020) relatam que o *Silhouette Width* fornece uma maneira de encontrar um bom valor de K a ser especificado nos algoritmos de agrupamento K-means.

Figura 49 - Número ótimo de *clusters* para o conjunto de dados



Fonte: Autoria própria (2023).

O número ótimo de *clusters* é aquele que maximiza o *Average Silhouette Width* em um intervalo de valores possíveis para K (KAUFMAN; ROUSSEEUW, 1990; KASSAMBARA, 2017). Um valor K será favorecido se gerar maior *Silhouette Width* (ou seja, mais próximo de 1) (LU; COOPS; HERMOSILLA, 2016). Nesse sentido, nota-se por meio da

Figura 49 que o número ótimo de agrupamentos para o conjunto de dados é igual a 6 *clusters*, ou seja, $K = 6$, pois este gerou o maior ASW (0,4513645) da análise, portanto, superior ao ASW de 0,4484626 correspondente a $K = 5$.

Charrad et al. (2014) desenvolveram o pacote “NbClust()” na linguagem R, o qual indica o número ótimo de *clusters* em um conjunto de dados por meio da análise simultânea de até 30 índices propostos na literatura para esta finalidade. Diante disso, complementarmente a análise única do ASW, foi realizada a averiguação do K ideal utilizando a função “NbClust()”. O resultado do K ideal para o conjunto de dados desta pesquisa está indicado na Figura 50.

Figura 50 - Resumo dos resultados para seleção do número ótimo de *clusters* conforme Charrad et al. (2014)

```

*****
* Among all indices:
* 5 proposed 2 as the best number of clusters
* 4 proposed 3 as the best number of clusters
* 2 proposed 5 as the best number of clusters
* 6 proposed 6 as the best number of clusters
* 4 proposed 8 as the best number of clusters
* 2 proposed 10 as the best number of clusters

      ***** Conclusion *****

* According to the majority rule, the best number of clusters is 6
*****

```

Legenda: Entre todos os índices: 5 índices indicaram K ideal igual 2; 4 índices apontaram K ótimo = 3; 2 índices determinaram K ótimo = 5; 6 índices indicaram K ideal = 6; 4 índices especificaram K ideal = 8; e, 2 índices apontaram K ótimo = 10. De acordo com a regra da maioria, o melhor número de *clusters* é 6. Fonte: Autoria própria (2023).

Nesta averiguação, para decidir o melhor número de *clusters* deve-se usar a “regra da maioria” (KASSAMBARA, 2017). Diante disso, a maior parte dos índices apontou 6 ($K=6$) como o número ótimo de agrupamentos. Já $K = 2$, correspondente ao cenário (ii), foi indicado como o segundo melhor. Por outro lado, cabe salientar que o detalhamento e a descrição dos índices utilizados nesta análise podem ser melhor compreendidos em Charrad et al. (2014).

Após o cálculo do K ideal foi realizada a clusterização dos dados. Esse processo resultou em agrupamentos com 66, 29, 44, 19, 32 e 33 Pontos Individuais de Coleta, respectivamente, nos *clusters* de 1 a 6 (K6-G1 a K6-G6). No Quadro 14 estão elencadas as alocações dos PICs em cada um dos grupos.

Quadro 14 - Distribuição dos dados clusterizados para K=6 - Cenário (iii)

Grupo/ Cluster	Pontos Individuais de Coleta	Número de PICs
K6-G1	EN37, EN46, EN55, EN56, EN96, EN97, EN98, EN101, EN102, EN103, EN104, EN105, EN106, EN109, EN110, EN111, EN116, EN117, EN118, EN119, EN120, EN121, EN122, EN124, EN125, EN126, EN129, EN130, EN131, EN132, EN133, EN134, EN135, EN136, EN144, EN148, EN149, EN150, EN151, EN152, EN153, EN154, EN155, EN156, EN157, EN158, EN159, EN160, EN161, EN162, EN163, EN164, EN165, EN166, EN167, EN168, EN169, EN170, EN171, EN172, EN173, EN174, EN175, EN176, EN178, EN222	66
K6-G2	EN44, EN139, EN181, EN190, EN191, EN196, EN197, EN198, EN199, EN200, EN201, EN202, EN203, EN204, EN205, EN206, EN207, EN208, EN209, EN210, EN211, EN212, EN213, EN214, EN215, EN216, EN217, EN218, EN223	29
K6-G3	EN18, EN19, EN20, EN23, EN24, EN25, EN26, EN27, EN28, EN29, EN30, EN31, EN32, EN33, EN38, EN39, EN40, EN41, EN42, EN43, EN45, EN47, EN48, EN49, EN50, EN51, EN52, EN53, EN54, EN57, EN58, EN59, EN60, EN61, EN62, EN63, EN67, EN68, EN92, EN99, EN100, EN107, EN115, EN123	44
K6-G4	EN01, EN02, EN03, EN04, EN05, EN06, EN07, EN08, EN09, EN10, EN11, EN12, EN13, EN14, EN15, EN16, EN17, EN35, EN36	19
K6-G5	EN108, EN112, EN113, EN114, EN127, EN128, EN137, EN138, EN140, EN141, EN142, EN143, EN145, EN146, EN147, EN177, EN179, EN180, EN182, EN183, EN184, EN185, EN186, EN187, EN188, EN189, EN192, EN193, EN194, EN195, EN220, EN221	32
K6-G6	EN21, EN22, EN34, EN64, EN65, EN66, EN69, EN70, EN71, EN72, EN73, EN74, EN75, EN76, EN77, EN78, EN79, EN80, EN81, EN82, EN83, EN84, EN85, EN86, EN87, EN88, EN89, EN90, EN91, EN93, EN94, EN95, EN219	33

Legenda: EN - Entrevista (numeração conforme sequência dos locais entrevistados e georreferenciados). Fonte: Autoria própria (2023).

Na Figura 51 apresenta-se a representação da distribuição espacial dos PICs em cada um dos agrupamentos.

Pode-se verificar por meio do Quadro 14 e da Figura 51 que no *cluster* K6-G1 estão concentrados o maior número de PICs (66). Isso se justifica devido à maior proximidade (densidade) geográfica desses estabelecimentos na área ou setor. Esse aspecto, assim como nos demais *clusters*, facilitará a operação de recolhimento das embalagens vazias de óleos lubrificantes.

4.9 Matrizes de distâncias

Nesta pesquisa, com base nos dados georreferenciados, foram geradas nove matrizes de distâncias euclidianas simétricas cujas dimensões estão especificadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Matrizes de distâncias geradas a partir dos dados do mapeamento dos pontos geradores de embalagens de óleos lubrificantes

Cenário	Cluster	Dimensão da matriz
i	Único	224 x 224
ii	K2-G1	157 X 157
	K2-G2	68 x 68
	K6-G1	67 x 67
	K6-G2	30 x 30
iii	K6-G3	45 x 45
	K6-G4	20 x 20
	K6-G5	33 x 33
	K6-G6	34 x 34

Legenda: ¹conjunto de dados com os 223 PICs. Fonte: Autoria própria (2023).

Cabe salientar que todas essas matrizes foram elaboradas considerando como ponto inicial da rota o ECO06. Além disso, as matrizes simétricas indicam que o custo (distância) de ir do ponto ECO06 ao EN05, por exemplo, é o mesmo de partir do EN05 para o ECO06.

Devido às dimensões das demais matrizes de distâncias, neste tópico serão apresentadas somente as duas de menores tamanhos. Assim, na Figura 52a é apresentada a matriz gerada para o cenário (iii) *cluster* (K6-G2) e na Figura 52b está ilustrada a matriz do *cluster* (K6-G4). As matrizes formuladas para os *clusters* K6-G3, K6-G5 e K6-G6 serão disponibilizadas no Apêndice VII, as demais referentes aos *clusters* Único, K2-G1, K2-G2 e K6-G1, em virtude de suas extensões, não foram inseridas neste trabalho.

Pode-se observar por meio das Figura 52(a)(b) que os valores da diagonal principal são nulos, ou seja, indicam que a distância de um ponto a ele mesmo é zero. Por outro lado, como a matriz é simétrica, os valores dos termos situados na parte superior (tendo como divisor a diagonal principal) são idênticos ao da parte inferior, ou seja, $a_{ij} = a_{ji}$. Após a geração das matrizes de distâncias, foram realizadas as simulações de rotas otimizadas no algoritmo do TSP.

4.10 Simulação das rotas otimizadas - Algoritmo TSP

Os percursos otimizados foram obtidos a partir das matrizes de distâncias geradas para os três cenários. As simulações foram executadas por meio do pacote “TSP” disponível em linguagem de programação R. Para os cálculos dos caminhos ideais deste estudo, utilizaram-se todas as heurísticas disponíveis no algoritmo a fim de selecionar o trajeto gerado de menor extensão.

Os resultados das simulações dos dados no algoritmo TSP estão dispostos na Tabela 13. As heurísticas avaliadas foram “*Nearest neighbor algorithm*”, “*Repetitive nearest neighbor algorithm*”, “*Nearest insertion*”, “*Farthest insertion*”, “*Cheapest insertion*”, “*Arbitrary insertion*” e “*2-Opt improvement heuristic*”.

Tabela 13 - Extensões das rotas calculadas por diferentes heurísticas na resolução do algoritmo TSP

Cenário	Cluster	<i>Nearest neighbor algorithm</i> ¹	<i>Repetitive nearest neighbor algorithm</i> ¹	<i>Nearest insertion</i> ¹	<i>Farthest insertion</i> ¹	<i>Cheapest insertion</i> ¹	<i>Arbitrary insertion</i> ¹	<i>2-Opt improvement heuristic</i> ¹
(i) ²	³ Único	61.633,5	60.457,1	55.234,8	55.460,0	64.661,3	57.596,7	70.386,7
(ii) ²	K2 - G1	38.658,5	36.144,8	35.496,6	31.560,3	39.019,3	35.470,1	37.278,0
	K2 - G2	28.549,4	27.372,7	23.867,6	23.970,6	28.304,8	25.621,1	23.900,6
(iii) ²	K6 - G1	9.449,2	8.603,0	8.628,2	7.869,6	8.980,9	8.239,7	11.193,8
	K6 - G2	18.696,4	16.305,1	15.951,9	15.997,0	17.051,3	16.515,3	16.849,3
	K6 - G3	9.896,4	9.840,1	9.574,2	10.009,6	11.720,8	9.263,3	9.521,8
	K6 - G4	18.566,2	14.141,6	13.553,6	13.733,4	13.553,6	14.051,0	14.128,7
	K6 - G5	11.854,5	9.690,1	9.491,9	9.765,8	9.491,9	9.523,3	9.509,3
	K6 - G6	18.365,9	15.043,2	15.247,7	15.301,0	15.064,2	17.648,1	15.005,5

Legenda: ¹ extensão dos trajetos em m; ² em destaque os menores percursos calculados para cada cluster; ³ conjunto de dados com os 223 PICs. Fonte: Autoria própria (2023).

Pode-se observar por meio da Tabela 13 que, de modo geral, os melhores resultados dos itinerários, para 66,67% dos clusters, foram calculados por meio da heurística “*Nearest insertion*”. Estão incluídos nessas soluções os clusters Único, K2 - G2, K6 - G1, K6 - G2, K6 -

G4 e K6 - G5. Para estes dois últimos agrupamentos, resultados similares de percursos foram obtidos através do “*Cheapest insertion*”. Já os trajetos ótimos dos *clusters* K2 - G1, K6 - G3 e K6 - G6 foram computados pelas heurísticas “*Farthest insertion*”, “*Arbitrary insertion*” e “*2-Opt improvement heuristic*”, respectivamente.

Na Tabela 14 é apresentado o resumo dos trajetos otimizados para cada *cluster* e para cada cenário.

Tabela 14 - Resumo das extensões das rotas para cada *cluster* e para cada cenário

Cenário	<i>Cluster</i>	Extensão da rota otimizada (m)	Extensão total da rota para o cenário (m)	Incremento no tamanho da rota (m) ¹
(i)	Único	55.234,8	55.234,8	***
(ii)	K2 - G1	31.560,3	55.427,9	193,1
	K2 - G2	23.867,6		
	K6 - G1	7.869,6		
	K6 - G2	15.951,9		
(iii)	K6 - G3	9.263,3	71.135,8	15.901,0
	K6 - G4	13.553,6		
	K6 - G5	9.491,9		
	K6 - G6	15.005,5		

Legenda: ¹ aumento da rota com relação ao *cluster* Único. Fonte: Autoria própria (2023).

Pode-se notar na Tabela 14 que a extensão total da rota otimizada para os cenários (i), (ii) e (iii) foram 55.234,8 m, 55.427,9 m e 71.135,8 m, respectivamente. Verifica-se também que houve um incremento no tamanho da rota do cenário (ii), de somente 193,1 m, com relação ao cenário (i). Já em comparação do cenário (iii) com o cenário (i) o aumento foi maior, de 15.901,0 m.

Isso ocorre porque ao terminar a rota em cada *cluster*, o coletor deve retornar a base (ECO06) para descarregamento do veículo. Dessa forma, constata-se que quanto maior a setorização (clusterização) dos PICs, haverá um aumento na extensão total dos trajetos e, portanto, do custo logístico das coletas. O cenário ideal seria de coleta única em todos os pontos, porém, operacionalmente (dado o número de PICs, a quantidade gerada de resíduos, jornada(s) de trabalho do(s) colaborador(es), etc.) há um grande desafio em realizar todo o trajeto de uma única vez. Nesse contexto, a execução do recolhimento das EOL de acordo com o cenário (ii) também seria uma alternativa viável, tendo em vista que a segregação dos PICs em dois *clusters* não aumentaria significativamente o “custo” da coleta.

Os resultados das sequências de coleta dos resíduos nos PICs para cada um *clusters* dos três cenários estão especificados no Quadro 15.

Quadro 15 - Rotas de coletas otimizadas para cada um dos *clusters* dos cenários (i), (ii) e (iii)

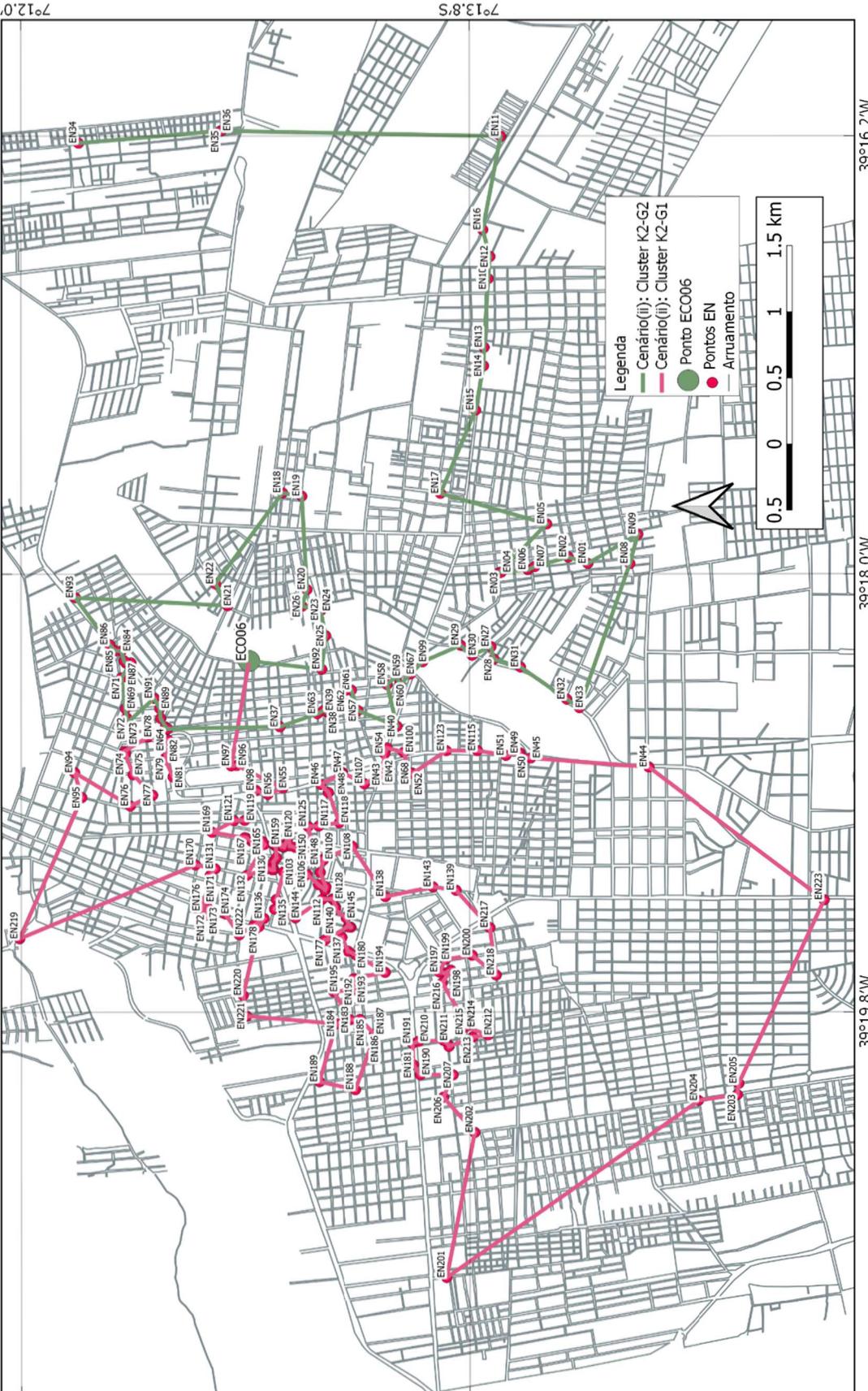
Cenário	Cluster	Sequência de coleta nos PICs
i	Único	<p>ECO06, EN21, EN22, EN20, EN26, EN23, EN24, EN25, EN92, EN61, EN62, EN38, EN39, EN63, EN37, EN90, EN89, EN91, EN83, EN84, EN93, EN86, EN85, EN88, EN87, EN71, EN69, EN72, EN73, EN70, EN74, EN94, EN95, EN219, EN76, EN75, EN77, EN81, EN80, EN79, EN78, EN65, EN64, EN66, EN82, EN97, EN96, EN98, EN56, EN55, EN46, EN124, EN118, EN108, EN109, EN110, EN148, EN116, EN117, EN125, EN120, EN149, EN150, EN151, EN153, EN152, EN160, EN158, EN159, EN162, EN161, EN154, EN157, EN163, EN165, EN166, EN164, EN102, EN101, EN126, EN129, EN130, EN132, EN155, EN167, EN156, EN168, EN119, EN121, EN169, EN170, EN131, EN171, EN173, EN176, EN172, EN174, EN222, EN220, EN221, EN175, EN178, EN136, EN134, EN144, EN133, EN135, EN103, EN104, EN105, EN106, EN122, EN111, EN114, EN113, EN112, EN127, EN128, EN140, EN182, EN142, EN177, EN137, EN146, EN147, EN141, EN145, EN138, EN143, EN139, EN217, EN218, EN200, EN199, EN198, EN196, EN197, EN216, EN194, EN180, EN179, EN192, EN193, EN195, EN184, EN183, EN185, EN187, EN186, EN191, EN210, EN181, EN190, EN188, EN189, EN201, EN202, EN206, EN207, EN209, EN208, EN211, EN214, EN215, EN213, EN212, EN204, EN203, EN205, EN223, EN44, EN33, EN32, EN45, EN50, EN49, EN51, EN115, EN123, EN52, EN68, EN100, EN53, EN54, EN41, EN42, EN43, EN107, EN47, EN48, EN57, EN40, EN58, EN60, EN59, EN67, EN99, EN29, EN30, EN28, EN31, EN27, EN03, EN04, EN06, EN07, EN02, EN01, EN08, EN09, EN05, EN17, EN19, EN18, EN15, EN14, EN13, EN10, EN12, EN16, EN11, EN36, EN35, EN34</p>
ii	K2-G1	<p>ECO06, EN97, EN96, EN55, EN56, EN98, EN119, EN121, EN169, EN168, EN156, EN167, EN155, EN166, EN165, EN164, EN132, EN130, EN129, EN126, EN101, EN102, EN161, EN154, EN163, EN157, EN162, EN159, EN158, EN160, EN152, EN120, EN153, EN151, EN150, EN149, EN148, EN116, EN125, EN117, EN118, EN124, EN46, EN48, EN47, EN107, EN43, EN42, EN41, EN54, EN53, EN100, EN68, EN52, EN123, EN115, EN51, EN49, EN50, EN45, EN44, EN223, EN205, EN203, EN204, EN201, EN202, EN206, EN207, EN190, EN181, EN191, EN210, EN211, EN208, EN209, EN213, EN212, EN214, EN215, EN216, EN198, EN196, EN197, EN199, EN200, EN218, EN217, EN139, EN143, EN138, EN108, EN109, EN110, EN122, EN114, EN113, EN111, EN106, EN105, EN104, EN103, EN135, EN133, EN134, EN144, EN112, EN127, EN128, EN140, EN182, EN142, EN145, EN141, EN147, EN146, EN177, EN137, EN179, EN180, EN194, EN192, EN193, EN195, EN183, EN185, EN187, EN186, EN188, EN189, EN184, EN221, EN220, EN178, EN136, EN175, EN222, EN174, EN173, EN172, EN176, EN171, EN131, EN170, EN219, EN95, EN94, EN76, EN77, EN75, EN74, EN70, EN78, EN82, EN79, EN80, EN81</p>
	K2-G2	<p>ECO06, EN92, EN25, EN24, EN23, EN26, EN20, EN19, EN18, EN22, EN21, EN93, EN86, EN85, EN84, EN88, EN87, EN83, EN71, EN69, EN72, EN73, EN91, EN89, EN90, EN65, EN64, EN66, EN37, EN63, EN39, EN38, EN62, EN61, EN57, EN40, EN58, EN59, EN60, EN67, EN99, EN29, EN30, EN27, EN28, EN31, EN32, EN33, EN08, EN09, EN01, EN02, EN07, EN06, EN04, EN03, EN05, EN17, EN15, EN14, EN13, EN10, EN12, EN16, EN11, EN36, EN35, EN34</p>
iii	K6-G1	<p>ECO06, EN37, EN96, EN97, EN98, EN56, EN55, EN120, EN149, EN150, EN151, EN153, EN152, EN160, EN158, EN159, EN162, EN161,</p>

Cenário	Cluster	Sequência de coleta nos PICs
		EN154, EN157, EN163, EN164, EN165, EN166, EN155, EN167, EN156, EN168, EN119, EN121, EN169, EN170, EN131, EN171, EN176, EN172, EN173, EN174, EN222, EN175, EN178, EN136, EN134, EN144, EN133, EN135, EN132, EN130, EN129, EN126, EN101, EN102, EN103, EN104, EN105, EN106, EN111, EN122, EN110, EN109, EN148, EN116, EN125, EN117, EN118, EN124, EN46
	K6-G2	ECO06 , EN139, EN217, EN218, EN200, EN199, EN198, EN196, EN197, EN216, EN215, EN214, EN212, EN213, EN209, EN208, EN211, EN210, EN191, EN181, EN190, EN207, EN206, EN202, EN201, EN204, EN203, EN205, EN223, EN44
	K6-G3	ECO06 , EN63, EN39, EN38, EN57, EN48, EN47, EN107, EN43, EN42, EN41, EN54, EN53, EN40, EN100, EN68, EN52, EN123, EN115, EN51, EN49, EN50, EN45, EN33, EN32, EN31, EN28, EN27, EN30, EN29, EN99, EN67, EN59, EN60, EN58, EN61, EN62, EN92, EN25, EN24, EN23, EN26, EN20, EN19, EN18
	K6-G4	ECO06 , EN03, EN04, EN06, EN07, EN02, EN01, EN08, EN09, EN05, EN17, EN15, EN14, EN13, EN10, EN12, EN16, EN11, EN36, EN35
	K6-G5	ECO06 , EN108, EN143, EN138, EN114, EN113, EN112, EN127, EN128, EN140, EN182, EN142, EN145, EN146, EN147, EN141, EN137, EN177, EN179, EN180, EN194, EN192, EN193, EN195, EN184, EN183, EN185, EN187, EN186, EN188, EN189, EN221, EN220
	K6-G6	ECO06 , EN21, EN22, EN91, EN89, EN90, EN65, EN64, EN66, EN82, EN79, EN80, EN81, EN77, EN76, EN219, EN95, EN94, EN75, EN74, EN70, EN78, EN73, EN72, EN69, EN71, EN83, EN87, EN88, EN84, EN85, EN86, EN93, EN34

Legenda: 'conjunto de dados com os 223 PICs. Fonte: Autoria própria (2023).

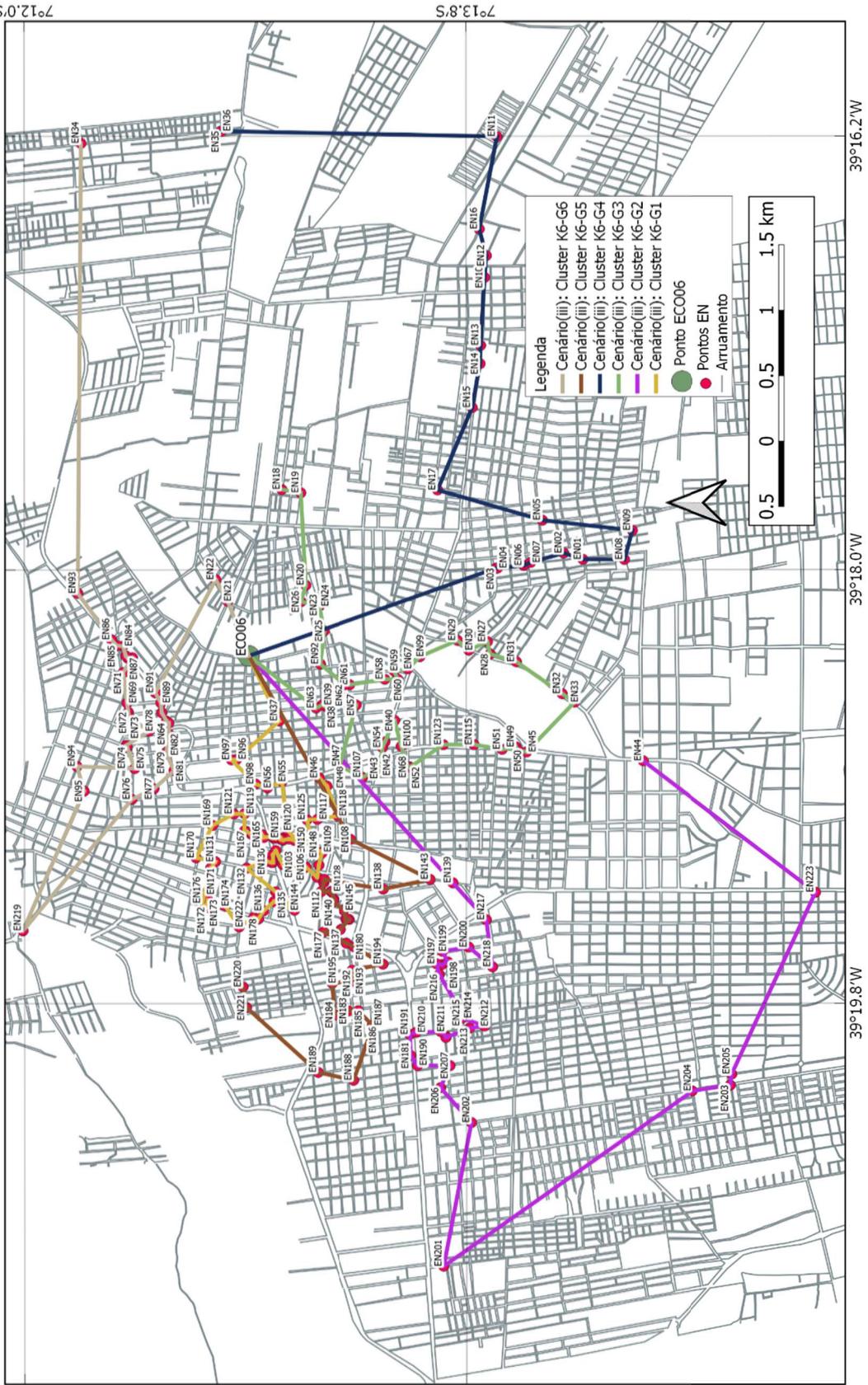
Já nas Figura 53, Figura 54 e Figura 55 são apresentadas graficamente as rotas otimizadas para o cenário (i), o cenário (ii) e o cenário (iii), respectivamente. Nessas ilustrações, por questões de melhor visualização da sequência dos itinerários ótimos calculados, as rotas iniciam no ponto inicial (ECO06) e finalizam no último PIC a ser visitado em cada *cluster*.

Figura 54 - Ilustração das rotas otimizadas para o cenário (ii)



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 55 - Ilustração das rotas otimizadas para o cenário (iii)



Fonte: Autoria própria (2023).

Vale ressaltar que a implantação do sistema de coleta porta-a-porta e, portanto, a definição do modelo de setorização (clusterização) dos pontos de coleta de resíduos deve ponderar também outros aspectos, tais como: (i) o agente que irá efetuar o recolhimento (empresa privada e/ou cooperativas/associações de catadores), (ii) quantidade e capacidade dos veículos disponíveis, (iii) periodicidade das coletas (semanal, quinzenal ou mensal) e (iv) possibilidade de integração da coleta de diferentes tipos de resíduos de forma simultânea.

Diante disso, em (i), uma coleta porta-a-porta efetuada por catadores sem transporte motorizado, exigirá uma maior setorização dos pontos de coleta, bem como a ampliação de ecopontos no município e definição de *clusters* associados a cada um desses equipamentos, de forma a obter trajetos menores a serem percorridos. Porém, isso pode aumentar o custo operacional do sistema.

Em (ii), observando os dados obtidos neste estudo, estima-se que sejam descartadas no município, aproximadamente, 5.983 embalagens de 1 L de óleo lubrificante por semana, o que equivale a 299,15 Kg/semana ou a 1.196,6 Kg/mês, ou seja, cada invólucro de 1L tem massa média de 0,05 Kg de acordo com o IJL (2021b). Nesse sentido, embora todos esses invólucros tenham massa relativamente baixa, os mesmos ocupam grandes volumes caso não compactados. Esse aspecto consiste em um claro entrave logístico (no modelo adotado pelo IJL) associado ao transporte das embalagens plásticas pós-consumo em sua conformação original, ou seja, não fragmentadas, conforme relatado por Martins et al. (2020).

Por outro lado, caso o operador logístico reverso opte pela adoção da compactação ou fragmentação das embalagens antes do transporte (como medida para reduzir o número de veículos e de rotas), deverá garantir a drenagem eficiente desses recipientes e implementar mecanismos que garantam a estanqueidade do veículo transportador e, portanto, evite o derramamento do fluido durante o trajeto. Cabe salientar que conforme Wu e Lei (2011) cada recipiente contém cerca de 20 g de óleo de motor, presente como líquido a granel e como revestimento do interior da embalagem. Assim, tendo em vista os dados desta pesquisa, isso equivale a aproximadamente 478 kg/mês ou 544 L/mês de OL residual - considerando a densidade de 0,8786 g/mL do óleo lubrificante relatada por Castro, Meurer e Colpini (2021).

Em (iii), o operador do sistema logístico reverso deve definir também a periodicidade do recolhimento das embalagens, tendo em conta que mais de 55% dos responsáveis pelos empreendimentos entrevistados, nesta pesquisa, relataram que estariam dispostos a armazenar as EOL por menos de um mês, sendo o período ideal até 15 dias. Todavia,

rotas com frequência mensal reduzem os custos logísticos e intervalos maiores que esse devem ser objeto de negociações entre as partes envolvidas.

Já em (iv), o recolhimento simultâneo de diversos tipos de resíduos deve ser efetuado considerando as particularidades individuais de cada material. Nesse contexto, os óleos residuais presentes nas embalagens podem contaminar outros tipos de materiais e inviabilizar seu reaproveitamento e/ou reciclagem. Nesse sentido, cuidados especiais devem ser adotados para evitar essa problemática, a exemplo da segregação dos tipos de resíduos em compartimentos com isolamento. Contudo, a coleta simultânea exigirá maior número de veículos transportadores ou equipamentos com maior capacidade de armazenamento, o que influenciará diretamente na definição do número de *clusters*. Vale ressaltar que todos os pontos geradores precisam ser previamente mapeados para aplicação da metodologia desta pesquisa.

Pondera-se ainda que a redução do número de quilômetros rodados pelo veículo coletor implica diretamente na quantidade de combustível consumida, contribuindo, portanto, para redução dos custos operacionais e para minimização de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Nessa vertente, Bartholomeu, Péra e Caixeta-Filho (2016), com o objetivo de estimar o potencial de mitigação das emissões de CO₂ no transporte rodoviário de cargas, realizaram levantamento de dados primários junto a uma série de transportadoras, sendo coletados dados de 145 veículos. Os autores relatam que se fossem adotadas medidas que promovessem redução no consumo médio de combustível da ordem de 0,5 km/L, por exemplo, as emissões de GEE resultantes decairiam 19,23%. Dessa forma, entre essas medidas estariam a implantação de sistemas de roteirização das frotas.

Por fim, cabe salientar que os catadores são responsáveis pela coleta de EOL em 63,5% dos estabelecimentos analisados por esta pesquisa. Dessa forma, há a necessidade de identificá-los, organizá-los e capacitá-los em associações e/ou cooperativas, tirando-os da informalidade, para que possam tornar-se agentes operadores oficiais de sistemas de logística reversa, conforme estabelece o Decreto Federal nº 10.936 (BRASIL, 2022a). Além disso, ao exercerem formalmente essa atividade, esses agentes devem ser efetivamente remunerados pelos fabricantes, importadores, etc., os quais são os responsáveis legais pela implementação de um sistema de recolhimentos dos materiais pós-consumo. Essa medida, aliada a entrega de comprovantes de recolhimento dos materiais aos geradores, contribuiria para a rastreabilidade e o aumento da capilaridade dos fluxos reversos dos diversos tipos de resíduos.

5 CONCLUSÕES

Com base nos dados apresentados neste estudo, pode-se verificar que o modelo logístico reverso para embalagens de óleos lubrificantes, adotado pelo Instituto Jogue Limpo, apresenta entraves quanto à sua abrangência, tendo como prioridade a coleta de embalagens em postos de serviços e concessionárias de veículos. Essa restrição inicial põe às margens do sistema de recolhimento um grande número de geradores de invólucros.

Tanto na esfera estadual quanto municipal a exigibilidade da implantação da logística reversa ocorre no âmbito do licenciamento ambiental, sendo o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) o instrumento utilizado para garantir a destinação correta dos resíduos sujeitos ao fluxo reverso.

Por meio do diagnóstico foi possível identificar o perfil geral dos estabelecimentos que prestam serviços de manutenção e troca de óleo no município, sendo grande parte caracterizados como empreendimentos de âmbito familiar. Nesse contexto, em linhas gerais, verificou-se que há um mercado paralelo de venda de óleo usado e cuja destinação diverge, na maioria dos casos, do preconizado pela legislação.

Quanto às embalagens, estima-se que sejam descartadas mais de 5.000 unidades semanalmente no município. Já os catadores têm um papel fundamental no retorno desses invólucros ao ciclo produtivo, pois recolhem esse material em mais de 60% das empresas geradoras. Porém, há necessidade de incentivos/subsídios, capacitação e estruturação de associações/cooperativas para elevar a eficiência desse sistema de recolhimento.

Em outra perspectiva, verificou-se que há deficiências quanto à difusão de informações sobre a legislação em vigor, logística reversa, etc. Dessa forma, o conhecimento sobre a destinação ambientalmente adequada do óleo e embalagens não tem alcançado a ponta da cadeia logística, a quem compete a decisão sobre a destinação dos resíduos gerados nos estabelecimentos. Observou-se também que há deficiências relacionadas à fiscalização, por parte do Poder Público, dos estabelecimentos que realizam serviços de troca de óleo. Nessa vertente, mais de 70,0% dos entrevistados informaram nunca terem sido fiscalizados.

Entre os desafios a serem superados para implantação efetiva do fluxo reverso das embalagens de óleos lubrificantes estão: a definição clara das responsabilidades e maior comprometimento de todos entes da cadeia; fiscalização permanente pelos órgãos de controle ambiental; estabelecimentos de meios eficientes e amplos de conscientização ambiental; entre

outros.

Por meio da análise AHP foi possível realizar a seleção de área prioritária para implantação de PEV no município. Esse equipamento poderá ser utilizado tanto como ponto de partida de rotas de coleta, como pelos geradores que, devido a quantidade de resíduos produzidos semanalmente, desejarem destinar as embalagens corretamente de forma independente da coleta itinerante.

Além disso, a definição da área prioritária para instalação do PEV por meio da análise multicritério, embora tenha sido efetuada somente para os geradores de embalagens de óleos lubrificantes, poderá ser realizada com informações de outros diferentes tipos de resíduos. Sendo, portanto, uma excelente ferramenta decisória, e de fácil compreensão, para gestores públicos e setor privado.

Com relação à clusterização dos dados, para a quantidade de pontos geradores de embalagens mapeados, o número ideal de *clusters* calculado no estudo, por meio da análise do *Average Silhouette Width*, foi igual a 6. Quanto às simulações das rotas ótimas, a heurística “*Nearest insertion*” apresentou os melhores resultados para mais de 66,0% dos *clusters*. Já o cenário (i), com *cluster* Único, obteve o menor trajeto para recolhimento porta-a-porta das embalagens. Além disso, observou-se que o aumento no número de agrupamentos implica na elevação da extensão total da rota e, portanto, no aumento do custo logístico do sistema.

Frisa-se que a definição do número de agrupamentos, para fins de otimização da coleta porta-a-porta, deverá ponderar alguns aspectos, tais como: definição do agente responsável pelo sistema de recolhimento; quantidade e capacidade dos veículos; frequência da coleta; e, possibilidade de integração desse sistema com o recolhimento de outros tipos de materiais.

Ressalta-se ainda que a integração das metodologias AHP, clusterização e TSP mostraram-se como importantes ferramentas de análise e otimização de dados/rotas visando uma gestão integrada e ampla das embalagens plásticas de óleos lubrificantes. Nesse contexto, os métodos utilizados neste estudo poderão ser replicados para otimização do fluxo reverso de quaisquer tipos resíduos sólidos.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

- Efetuar diagnóstico mais amplo em nível regional e/ou estadual da logística

reversa de embalagens de óleos lubrificantes;

- Realizar simulações de rotas otimizadas por meio da geração de matrizes euclidianas assimétricas, considerando o sentido do tráfego das vias. Inclusive com dados da entidade gestora do sistema de logística reversa nacional.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. A. A. M.; OLIVEIRA, S. L. G.; LACERDA, W. S. Uma resolução do problema do caixeiro-viajante por mapa auto-organizável com aprendizado winner takes all. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, Passo Fundo, v. 7, n. 1, p. 100-109, 2015. DOI:10.5335/rbca.2015.4438. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rbca/article/view/4438> Acesso em: 24 fev. 2022.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.235**. Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos. Rio de Janeiro, RJ, 1992.
- AKBIYIK, T.; KAHRAMAN, N.; TANER, T. The effect of boron-doped addition to spark ignition engine oil on engine emission, performance and lubricating oil properties. **Fuel**, Holanda, v. 324, part C, 2022. DOI:10.1016/j.fuel.2022.124783. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236122016283> Acesso em: 23 out. 2022.
- AKDOĞAN, M. S.; COŞKUN, A. Drivers of Reverse Logistics Activities: An Empirical Investigation. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Holanda, v. 58, p. 1640-1649, 2012. DOI:10.1016/j.sbspro.2012.09.1130. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812045922> Acesso em: 23 fev. 2022.
- AL-GAPHARI, G.; AL-AMRY, R.; AL-NUZAILI, A. S. Discrete crow-inspired algorithms for traveling salesman problem. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, Reino Unido, v. 97, 2021. DOI:10.1016/j.engappai.2020.104006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197620302967> Acesso em: 23 fev. 2022.
- ALMEIDA, J. M.; LISBOA, A. P.; SILVA, C. W.; PAES, G. K. A. A. Análise da gestão ambiental do óleo lubrificante usado ou contaminado (OLUC) no município de Altamira – PA. **Revista DELOS**, Peru, v. 11, n. 32, 2018. Disponível em: <https://revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/487> Acesso em: 24 fev. 2022.
- ANGELUS, A.; ÖZER, Ö. When Variability Trumps Volatility: Optimal Control and Value of Reverse Logistics in Supply Chains with Multiple Flows of Product. **Manufacturing & Service Operations Management**, EUA, v. 23, n. 5, p. 1175-1195, 2021. DOI:10.1287/msom.2020.0874. Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/msom.2020.0874> Acesso em: 22 fev. 2022.
- ANNAS, M.; ERHAN, T. P.; SULAEMAN, S. Reverse and Green Logistics Cost Simulation Using Analytical Hierarchy Process. **HOLISTICA - Journal of Business and Public Administration**, Romênia, v. 11, n. 3, p.46-58, 2020. DOI:10.2478/hjbpa-2020-0031. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.2478/hjbpa-2020-0031> Acesso em: 24 fev. 2022.
- AUTRY, C. W.; DAUGHERTY, P. J.; RICHEY, R. G. The challenge of reverse logistics in catalog retailing. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**,

Reino Unido, v. 31, n. 1, p. 26-37, 2001. DOI:10.1108/09600030110366384. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09600030110366384/full/html> Acesso em: 24 fev. 2022.

AZEVEDO, J. L. A economia aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. *In: XI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO*, 2015, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: CNEG, 2015. p. 1-16. Disponível em: https://cneg.org/anais/artigo.php?e=CNEG2015MBA&c=T_15_036M Acesso em: 19 fev. 2022.

BABEL, L. New heuristic algorithms for the Dubins traveling salesman problem. **Journal of Heuristics**, Holanda, v. 26, n. 4, p. 503-530, 2020. DOI:10.1007/s10732-020-09440-2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10732-020-09440-2> Acesso em: 24 fev. 2022.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MACBETH. **Investigação Operacional**, Lisboa, v. 15, p. 15-35. 1995.

BARTHOLOMEU, D. B.; PÉRA, T. G., CAIXETA-FILHO, J. V. Logística sustentável: avaliação de estratégias de redução das emissões de CO₂ no transporte rodoviário de cargas. **Journal of Transport Literature**, Manaus, v. 10, n. 3, p. 15-19, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v10n3a3>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jtl/a/hmCRKy5mgYswyFvrKRCTzvG/?lang=pt#ModalTutors> Acesso em: 25 fev. 2022.

BATISTA, C. M. M.; OLIVEIRA, D. B.; OLIVEIRA, C. M. R.; MOURA, J. J.; SANTOS, M. S. F. Análise do ciclo logístico reverso do óleo lubrificante pós consumo em Teresina – Piauí. **Sistema & Gestão**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, 2019. DOI: 10.20985/1980-5160.2019.v14n3.1552. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/1552> Acesso em: 02 mar. 2022.

BATOOL, F.; HENNING, C. Clustering with the Average Silhouette Width. **Computational Statistics and Data Analysis**, Amsterdam, v. 158, 2021. DOI:10.1016/j.csda.2021.107190. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167947321000244> Acesso em: 02 mar. 2022.

BENEVIDES, P. F.; KONOWALENKO, F.; COSTA, D. M. B.; NUNES, L. F.; BARBOZA, A. O. Aplicação e análise de alguns procedimentos de construção de rota para o problema do caixeiro viajante. **Revista Ingeniería Industrial**, Chile, v. 11, n. 1, p. 17-25, 2012. Disponível em: <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/32/3274> Acesso: 02 mar. 2022.

BERNARDO, C. H. C.; BRAGA JÚNIOR, S. S.; MARQUES, M. D.; GOMES, S. C. V.; QUEIROZ, T. R. Percepção dos produtores rurais de Tupã, SP, sobre o processo de comunicação para execução da logística reversa de embalagens de agrotóxicos. **Revista Observatório**, Tocantins, v. 1, n. 3, 2015. DOI:10.20873/ufv.2447-4266.2015v1n3p242. Disponível em:

<https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/1700> Acesso em: 02 mar. 2022.

BEZERRA, A. S.; ALEIXO, D. O.; ARAÚJO, J. O.; ARAÚJO, M. Z.; OLIVEIRA, S. D.; SILVA, M. D. B. O processo de logística reversa pós-consumo do óleo lubrificante automotivo: estudo de caso do posto Dallas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE*, 5., 2017, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: Ecogestão Brasil, 2017. p. 1607-1614. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2017/anais2017.html> Acesso em: 19 fev. 2022.

BHATTI, O. K.; HANJRA, A. R. Development prioritization through analytical hierarchy process (AHP) - decision making for port selection on the one belt one road. **Journal of Chinese Economic and Foreign Trade Studies**, China, v. 12, n. 3, p. 121-150, 2019. DOI:10.1108/JCEFTS-04-2019-0020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JCEFTS-04-2019-0020/full/html> Acesso em: 02 mar. 2022.

BOJAN, S. Heuristic approach in determining the best tourist tours to medieval Fruška Gora monasteries in Serbia. **Forum Geografic**, Romênia, v. 20, n. 1, p. 104-117, 2021. DOI:10.5775/FG.2021.084.I. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/357017686_Heuristic_Approach_in_Determining_the_Best_Tourist_Tours_to_Medieval_Fruska_Gora_Monasteries_in_Serbia Acesso em: 02 mar. 2022.

BODIN, L. D.; GOLDEN, B. L.; ASSAD, A. A.; BAL, M. O. Routing and scheduling of vehicles and crews. **Computers & Operations Research**, Reino Unido, v. 10, n. 2, p. 63–211, 1983. DOI:10.1016/0305-0548(83)90030-8. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0305054883900308> Acesso em: 03 mar. 2022.

BOUZON, M.; GOVINDAN, K.; RODRIGUEZ, C. M. T. Reducing the extraction of minerals: Reverse logistics in the machinery manufacturing industry sector in Brazil using ISM approach. **Resources Policy**, Holanda, v. 46, p. 27-36, 2015. DOI:10.1016/j.resourpol.2015.02.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301420715000173> Acesso em: 03 mar. 2022.

BOUZON, M.; GOVINDAN, K.; RODRIGUEZ, C. M. T.; CAMPOS, L. M. S. Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP. **Resources, Conservation and Recycling**, Holanda, v. 108, p. 182-197, 2016. DOI:10.1016/j.resconrec.2015.05.021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344915300173> Acesso em: 03 mar. 2022.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. H. Note - A preference ranking organization method. **Management Science**, Estados Unidos, v. 31, p. 647-656, 1985. DOI: /10.1287/mnsc.31.6.647. Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.31.6.647> Acesso em: 04 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 9, de 31 de agosto de 1993**. Estabelece definições e torna obrigatório o recolhimento e destinação adequada de todo o óleo lubrificante usado ou contaminado. Brasília, DF, 1993. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=134 Acesso em: 03 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 362, de 23 de junho de 2005**. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. Brasília, DF, 2005. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=457 Acesso em: 03 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Decreto Federal Nº 6.514, de 22 de Julho de 2008**. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília, DF, 2008. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm Acesso em: 03 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **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. Brasília, DF, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm Acesso em: 05 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 2011. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf%0Awww.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm Acesso em: 19 fev. 2022

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Complementar Nº 140, de 8 de dezembro de 2011**. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília, DF, 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm#:~:text=A%20constru%C3%A7%C3%A3o%20instala%C3%A7%C3%A3o%20amplia%C3%A7%C3%A3o%20e,de%20pr%C3%A9vio%20licenciamento%20ambiental Acesso em: 06 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 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 Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. Brasília, DF, 2012a. Disponível em:

http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=654 Acesso em: 06 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de Logística Reversa de Embalagens Plásticas Usadas de Lubrificantes**. Brasília, DF, 2012b. Disponível em:

https://www.joguelimpo.org.br/arquivos/legislacao/acordo_setorial_assinado.pdf Acesso em: 03 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Federal Nº 13.874, de 20 de setembro de 2019**. Institui a Declaração de Direitos de Liberdade Econômica; estabelece garantias de livre mercado; altera as Leis nos 10.406, de 10 de janeiro de 2002 (Código Civil), 6.404, de 15 de dezembro de 1976, 11.598, de 3 de dezembro de 2007, 12.682, de 9 de julho de 2012, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 10.522, de 19 de julho de 2002, 8.934, de 18 de novembro 1994, o Decreto-Lei nº 9.760, de 5 de setembro de 1946 e a Consolidação das Leis do Trabalho, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943; revoga a Lei Delegada nº 4, de 26 de setembro de 1962, a Lei nº 11.887, de 24 de dezembro de 2008, e dispositivos do Decreto-Lei nº 73, de 21 de novembro de 1966; e dá outras providências. Brasília, DF, 2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13874.htm Acesso em: 06 mar. 2022.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Consulta Posto Web**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/distribuicao-e-revenda/revendedor/consulta-posto-web-1>. Acesso em: 27 dez. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Brasília, DF, 2020a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm#view Acesso em: 06 mar. 2022.

BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. **Frota**. 2020b. Disponível em: <https://infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8559-frota-de-veiculos-2020.html>. Acesso em 12 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Decreto Federal 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. Brasília, DF, 2022a. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm Acesso em: 06 mar. 2022.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Painel Dinâmico do Mercado Brasileiro de Lubrificantes**. Brasília, DF, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-dinamicos-do-abastecimento/painel-dinamico-do-mercado-brasileiro-de-lubrificantes>. Acesso em: 19 fev. 2022.

BRULE, D. V. D. Planejamento urbano no município de Juazeiro do Norte, Ceará: concepções de desenvolvimento urbano em questão. **Revista Geografia em Atos** (GeoAtos online), Presidente Prudente, v. 4, n. 19, p. 83-110, 2020. DOI: 10.35416/geoatos.v4i19.7795. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/7795> Acesso em: 04 mar. 2022.

BUONO, P. H. O.; DIAS, K. T. S.; JUNIOR, S. S. B. A gestão de resíduos de uma oficina de manutenção de veículos pesados: um estudo da logística reversa para as sobras de aço. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, a. 12, n. 3, p. 179-196, 2017. DOI:10.15675/gepros.v12i3.1702. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320510804_Waste_management_of_a_heavy_vehicle_maintenance_A_study_on_reverse_logistics_for_steel_leftovers Acesso em: 05 mar. 2022.

BURGER, M.; SUB, Z.; SHUTTER, B. A node current-based 2-index formulation for the fixed-destination multi-depot travelling salesman problem. **European Journal of Operational Research**, Holanda, v. 265, n. 2, p. 463-477, 2018. DOI:10.1016/j.ejor.2017.07.056. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221717306999> Acesso em: 05 mar. 2022.

CASANOVA, J. J.M. TRAVELING SALESMAN PROBLEM (TSP) **Diseño de Algoritmos Heurísticos y Metaheurísticos eficientes para resolver el Problema del Agente Viajero**. 2017. Tese (Doutorado em Matemática Aplicada). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua, 2017.

CASTRO, M. D. G. **Caracterização do processo de reciclagem do óleo lubrificante usado em postos de combustíveis e identificação de desafios frente à política nacional de resíduos sólidos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru-SP, 2011.

CASTRO, M. D. G. Logística reversa de embalagens de óleo lubrificante: um estudo exploratório nos postos de combustíveis da 7ª região administrativa do Estado de São Paulo. *In: VIII CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 2012*, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: CONEG, 2012. p. 1-13. Disponível em: https://cneg.org/anais/artigo.php?e=CNEG2012&c=T12_0515_2373 Acesso em: 19 fev. 2022.

CASTRO, L. E. N.; MEURER, F.; COLPINI, L. M. S. Estudo da aplicação de bagaço de malte como adsorvente para remoção de óleo lubrificante em meio aquoso. **Brazilian Journal**

of Development, Paraná, v. 7, n. 12, p. 120522-120527, 2021. DOI:10.34117/bjdv7n12-698 Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/42011> Acesso em: 06 mar. 2022.

CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. **Lei Complementar nº 78, 26 de junho de 2009**. Dispõe sobre a criação da Região Metropolitana do Cariri, Cria o Conselho de Desenvolvimento e Integração e o Fundo de Desenvolvimento e Integração da Região Metropolitana do Cariri - FDMC, Altera a Composição de Microrregiões do Estado do Ceará e dá outras providências. Juazeiro do Norte, CE, 2009. Disponível em: <https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/viacao-transportes-desenvolvimento-urbano/item/5488-lei-complementar-n-78-26-de-junho-de-2009#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20cria%C3%A7%C3%A3o%20da,Cear%C3%A1%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs> Acesso em: 11 mar. 2022.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE. **Termo de Compromisso Estadual para Logística Reversa de Embalagens Plásticas Usadas de Lubrificantes.**, Fortaleza, CE, 2013. Disponível em: https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2018/12/termo_de_compromisso_ceara-LR-%C3%B3leos-lubrificantes.pdf Acesso em: 11 dez. 2022.

CEARÁ. Secretaria das Cidades. **Comares Cariri – Segundo leilão para concessão de serviços públicos de manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, CE, 2022. Disponível em: <https://www.cidades.ce.gov.br/2022/12/16/comares-cariri-segundo-leilao-para-concessao-de-servicos-publicos-de-manejo-de-residuos-solidos-urbanos/#:~:text=O%20projeto%20contempla%20as%20atividades,em%20uma%20regi%C3%A3o%20economicamente%20din%C3%A2mica> Acesso em: 11 fev. 2023.

CERVO, V. L.; ANZANELLO, M. J. Seleção de variáveis para clusterização de bateladas produtivas através de ACP e remapeamento *kernel*. **Production**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 826-833, 2015. DOI:10.1590/0103-6513.143613. Disponível em: <https://www.prod.org.br/doi/10.1590/0103-6513.143613?lang=en> Acesso em: 11 mar. 2022.

CHAN, F. T. S.; CHAN, H. K.; JAIN, V. A framework of reverse logistics for the automobile industry. **International Journal of Production Research**, Reino Unido, v. 50, n. 5, p. 1318-1331, 2012. DOI:10.1080/00207543.2011.571929. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2011.571929?journalCode=tprs20> Acesso em: 11 mar. 2022.

CHARRAD, M.; GHAZZALI, N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A. NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set. **Journal of Statistical Software**, Estados Unidos, v. 61, n. 1, 2014. Disponível em: <https://www.jstatsoft.org/article/view/v061i06> Acesso em: 12 mar. 2022.

CHENG, D.; LI, Y.; YANG, L.; LUO, S.; YANG, L.; LUO, X.; LUO, Y.; LI, T.; GAO, J.; DIONYSIOU, D. D. One-step reductive synthesis of Ti³⁺ self-doped elongated anatase TiO₂ nanowires combined with reduced graphene oxide for adsorbing and degrading waste engine oil. **Journal of Hazardous Materials**, Holanda, v. 378, 2019. DOI:10.1016/j.jhazmat.2019.120752. Disponível em: <https://www->

sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0304389419306958 Acesso em: 16 mar. 2022.

CHEN, D.; IGNATIUS, J.; SUN, D.; ZHAN, S.; ZHOU, C.; MARRA, M.; DEMIRBAG, M. Reverse logistics pricing strategy for a green supply chain: A view of customers' environmental awareness. **International Journal of Production Economics**, Nova York, v. 217, p. 197-210, 2019. DOI:1016/j.ijpe.2018.08.031. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0925527318303505> Acesso em: 16 mar. 2022.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE. **Resolução COEMA N° 07**. Dispõe sobre a definição de impacto ambiental local e regulamenta o cumprimento ao disposto no art. 9º, XIV, a, da lei complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011. Fortaleza, CE, 2019. . Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2018/12/Resolucao-N-7.pdf> Acesso em: 14 mar. 2022.

COMARES. Consórcio Municipal para Aterro de Resíduos Sólidos. **Estudos de Engenharia, Logística e Afins**. 2022. Disponível em: <https://comarescariri.ce.gov.br/licitacoes/1> Acesso em: 11 fev. 2023.

COMARES. Consórcio Municipal para Aterro de Resíduos Sólidos. **Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Cariri (CGIRS Cariri)**. 2023. Disponível em: <https://comarescariri.ce.gov.br/> Acesso em: 11 fev. 2023.

COSTA, G. T.; SILVA, N. A.; ROSA, T. M.; SOUSA, F. M.; ROLIM NETO, R. M. Descarte de óleos lubrificantes e suas embalagens nas oficinas mecânicas de Laranjal do Jari, Amapá. *In: VII CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO*, 2012, Palmas, **Anais [...]**. Palmas: CONNEPI, 2012. p. 1-7. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/schedConf/presentations> Acesso em: 20 fev. 2022.

COUTO, M. C. L.; LANGE, L. C. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 889-898, 2017. DOI:10.1590/S1413-41522017149403. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/S5FHdbHp3ZV6kQHgmFfSSWF/?lang=pt> Acesso em: 17 mar. 2022.

DALEASTE, J.; FRANCISCO, R.; WINCK, C. A. Logística Reversa: uma estratégia empresarial na coleta de embalagens vazias de agrotóxicos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Belo horizonte, v. 14, n. 1, p. 611-628, 2016. DOI:10.5892/ruvrd.v14i1.2615.g2384. Disponível em: http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/2615/pdf_463 Acesso em: 13 mar. 2022.

DANTZIG, G.; FULKERSON, R.; JOHNSON, S. Solution of a Large-Scale Traveling-Salesman Problem. **Journal of the Operations Research Society of America**, Estados Unidos, v. 2, n. 4, p. 393-410, 1954. DOI:10.1287/opre.2.4.393. disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/opre.2.4.393> Acesso em: 01 abr. 2022.

DEFRYN, C.; SÖRENSEN, K. Multi-objective optimization models for the travelling salesman problem with horizontal cooperation. **European Journal of Operational Research**, Holanda, v. 267, p. 891-903, 2018. DOI:10.1016/j.ejor.2017.12.028. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S037722171731161X> Acesso em: 22 mar. 2022.

DEMAJOROVIC, J.; SENCOVICI, L. Entraves e Perspectivas para a Logística Reversa do Óleo Lubrificante e suas Embalagens. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 83-101, 2015. DOI:10.5585/geas.v4i2.167. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/9971> Acesso em: 25 mar. 2022.

DEMAJOROVIC, J.; MIGLIANO, J. E. B. Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas implicações na cadeia da logística reversa de microcomputadores no Brasil. **Gestão & Regionalidade**, São Caetano do Sul, v. 29, n. 87, 2013. DOI:10.13037/gr.vol29n87.2155. Disponível em: https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_gestao/article/view/2155 Acesso em: 25 mar. 2022.

DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Anuário do trabalho nos Pequenos Negócios: 2018**. 11. ed. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/anuario/2018/anuarioPequenoNegocio2018.html> Acesso em: 23 mar. 2022.

DOWLATSHAHI, S. Developing a Theory of Reverse Logistics. **Interfaces**, Estados Unidos, v. 30, n. 3, p. 143-155, 2000. DOI:10.1287/inte.30.3.143.11670. Disponível em: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/inte.30.3.143.11670> Acesso em: 03 abr. 2022.

EL-FADEL, M.; KHOURY, R. Strategies for Vehicle waste-oil managment: a case study. **Resources, Conservation and Recycling**, Holanda, v. 33, n. 2, p. 75-91, 2001. DOI:10.1016/S0921-3449(01)00058-1. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344901000581> Acesso em: 23 mar. 2022.

ESFE, M. H.; ARANI, A. A. A.; ESFANDEH, S.; AFRAND, M. Proposing new hybrid nano-engine oil for lubrication of internal combustion engines: Preventing cold start engine damages and saving energy. **Energy**, Reino Unido, v. 170, p. 228-238, 2019. DOI:10.1016/j.energy.2018.12.127 Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S036054421832499X> Acesso em: 03 abr. 2022.

EZUGWU, A. E. S.; ADEWUMI, A. O. Discrete symbiotic organisms search algorithm for travelling salesman problem. **Expert Systems With Applications**, Reino Unido, v. 87, p. 70-78, 2017. DOI:10.1016/j.eswa.2017.06.007. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0957417417304141> Acesso em: 04 abr. 2022.

FEITOSA, A. V. **Otimização da logística reversa de medicamentos de uso humano vencido e/ou em desuso no município de Fortaleza/CE**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Ambiental). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

FERNANDES, S. M.; RODRIGUEZ, C. M. T.; BORNIA, A. C.; TRIERWEILLER, A. C.; SILVA, S. M.; FREIRE, P. S. Revisão sistemática da literatura sobre as formas de mensuração do desempenho da logística reversa. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 25, n. 1, p. 175-190, 2018. DOI:10.1590/0104-530X3177-16. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/kRfWt87PRRc4sbZXQFjQzHd/abstract/?lang=pt> Acesso em: 23 mar. 2022.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Reciclagem de embalagens plásticas usadas contendo óleo lubrificante**. São Paulo: FIESP, 2007. Disponível em: <https://www.crq4.org.br/downloads/embalagens.pdf> Acesso em: 10 abr. 2022.

FIGUEIRA, A. A.; BURI, M. R. Os benefícios da utilização do Sistema Warehouse Management System na cadeia de logística reversa no Brasil. **Exacta**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 245-257, 2017. DOI: 10.5585/ExactaEP.v15n2.6788. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/810/81052202006.pdf> Acesso em: 10 abr. 2022.

FLEISCHMANN, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; DEKKER, R.; LAAN, E. V. D.; NUNEM, J. A. E. E.; WASSENHOVE, L. N. V. Quantitative models for reverse logistics: A review. **European Journal of Operational Research**, Holanda, v. 103, n. 1, p. 1-17, 1997. DOI:10.1016/S0377-2217(97)00230-0. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0377221797002300> Acesso em: 12 abr. 2022.

FLORES, I. F. F. C. C. **Análise da implementação da logística reversa de embalagens plásticas de óleos lubrificantes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2016.

FONTES, A. T. M.; MORAES, L. R. S. DESVENDANDO A LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS PET NO BRASIL: Uma análise da legislação e da percepção de especialistas. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, Bahia, v. 3, n. 1, p. 27-28, 2015. DOI:10.17565/gesta.v3i1.12574. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/12574> Acesso em: 13 abr. 2022.

FRANCA G. L. Condições climáticas em Juazeiro do Norte – CE: a formação de ilha de calor. **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, Crato, v. 10, n. 31, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14295/online.v10i31.567>. Disponível em: <https://online.emnuvens.com.br/id/article/view/567> Acesso em: 13 abr. 2022.

GALVÃO, H. M.; BRENZAN, R.; OLIVEIRA, L. M. A logística reversa aplicada na política nacional de resíduos sólidos e na lei estadual paulista do resíduo tecnológico em Pindamonhangaba – SP. **Diálogo**, Canoas, n. 33, p. 141-169, 2016. DOI:10.18316/2238-9024.16.48. Disponível em:

<https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Dialogo/article/view/2238-9024.16.48> Acesso em: 13 abr. 2022.

GHIANI, G.; ADAMO, T.; GRECO, P.; GUERRIERO, E. Lifting the performance of a heuristic for the time-dependent travelling salesman problem through machine learning. **Algorithms**, Suíça, v. 13, n. 12, 2020. DOI:10.3390/a13120340. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4893/13/12/340> Acesso em: 14 abr. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOODARZI, M.; TOGHRAIE, D.; REISZADEH, M.; AFRAND, M. Experimental evaluation of dynamic viscosity of ZnO–MWCNTs/engine oil hybrid nanolubricant based on changes in temperature and concentrations. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Hungria, v. 136, n. 2, p. 513-525, 2019. DOI:10.1007/S10973-018-7707-8/FIGURES/10. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-018-7707-8> Acesso em: 17 jun. 2022.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

GOVENDER, P.; SIVAKUMAR, V. Application of k-means and hierarchical clustering techniques for analysis of air pollution: A review (1980-2019). **Atmospheric Pollution Research**, Turquia, v. 11, p. 40-56, 2020. DOI:10.1016/j.apr.2019.09.009. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1309104219304556> Acesso em: 18 ago. 2022.

GOVINDAN, K.; BOUZON, M. From a literature review to a multi-perspective framework for reverse logistics barriers and drivers. **Journal of Cleaner Production**, Holanda, v. 187, p. 318-337, 2018. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.03.040. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652618306917> Acesso em: 19 jul. 2022.

GRAZIANO, D. J.; DANIELS, E. J. **Assessment of Opportunities to Increase the Recovery and Recycling Rates of Waste Oils**. Estados Unidos: ANL/ESD, 1995. DOI:<https://doi.org/10.2172/109517>. Disponível em: <https://www.osti.gov/biblio/109517> Acesso em: 13 mai. 2022.

GUARNIERI, P.; SILVA, L. C.; VIEIRA, B. O. How to Assess Reverse Logistics of e-Waste Considering a Multicriteria Perspective? A Model Proposition. **Logistics**, v. 4, n. 4, 2020. DOI:10.3390/logistics4040025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2305-6290/4/4/25> Acesso em: 12 abr. 2022.

GUARNIERI, P.; CERQUEIRA-STREIT, J. A.; BATISTA, L. C. Reverse logistics and the sectoral agreement of packaging industry in Brazil towards a transition to circular economy. **Resources, Conservation & Recycling**, Holanda, v. 153, 2020. DOI:10.1016/j.resconrec.2019.104541. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344919304471> Acesso em: 15 jun. 2022.

GUERRA, J. A. M.; SOBERANES, H. J. P.; FIGUEROA, M. A. S.; VALADEZ, J. M. C.; RODRÍGUEZ, M. O.; ALCARAZ, J. A.S.; MONTERO, R. S. Comportamiento Sinérgico En Hiperheurística de Selección para la Solución de los Problemas del Agente Viajero. **Programación Matemática y Software**, México, v. 8, n. 3, p. 30-41, 2016. Disponível em: <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/129> Acesso em: 17 jun. 2022.

HAHSLER, M.; HORNIK, K. TSP - Infrastructure for the Traveling Salesperson Problem. **Journal of Statistical Software**, Austria, v. 23, n. 2, 2007. DOI: 10.18637/jss.v023.i02. Disponível em: <https://www.jstatsoft.org/article/view/v023i02#:~:text=Abstract,returns%20to%20the%20start ing%20city>. Acesso em: 19 abr. 2022.

HALIM, A. H.; ISMAIL, I. Combinatorial Optimization: Comparison of Heuristic Algorithms in Travelling Salesman Problem. **Archives of Computational Methods in Engineering**, Espanha, v. 26, n. 2, p. 367-380, 2019. DOI:10.1007/s11831-017-9247-y. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11831-017-9247-y> Acesso em: 24 jun. 2022.

HAMMES, G.; SOUZA, E. D.; RODRIGUEZ, C. M. T.; MILLAN, R. H. R.; HERAZO, J. C. M. Evaluation of the reverse logistics performance in civil construction. **Journal of Cleaner Production**, Holanda, v. 248, 2020. DOI:10.1016/j.jclepro.2019.119212. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S095965261934082X> Acesso em: 08 jun. 2022.

HO, W.; MA, X. The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, Holanda, v. 267, n. 3, p. 399-414, 2018. DOI:10.1016/j.ejor.2017.09.007. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S037722171730797X> Acesso em: 18 jun. 2022.

HOUGARDY, S.; ZAISER, F.; ZHONG, X. The approximation ratio of the 2-Opt Heuristic for the metric Traveling Salesman Problem. **Operations Research Letters**, Holanda, v. 48, n. 4, p. 401-404, 2020. DOI: 10.1016/j.orl.2020.05.007. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0167637720300663> Acesso em: 07 jul. 2022.

HUANG, Y.; SHEN, X. N.; YOU, X. A discrete shuffled frog-leaping algorithm based on heuristic information for traveling salesman problem. **Applied Soft Computing**, Holanda, v. 102, 2021. DOI:10.1016/j.asoc.2021.107085. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1568494621000089> Acesso em: 07 jul. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades. População estimada no município de Juazeiro do Norte-CE**. IBGE, 2020. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/juazeiro-do-norte.html> Acesso em: 09 jun. 2020.

IJL. INSTITUTO JOGUE LIMPO. **Relatório de Desempenho Anual 2018**. Rio de Janeiro, RJ, 2018. Disponível em: <https://www.joguelimpo.org.br/arquivos/relatorios/BR/2018//0a%20-%20Sistema%20Jogue%20Limpo%20-%20Relat%C3%B3rio%202018.pdf> Acesso em: 6 mar 2022.

IJL. INSTITUTO JOGUE LIMPO. **Relatório de Desempenho Anual 2019**. Rio de Janeiro, RJ, 2019. Disponível em: https://www.joguelimpo.org.br/arquivos/relatorios/BR/2019//0a%20Jogue_Limpo_2019-20_16_coluc.pdf Acesso em: 10 mar 2022.

IJL. INSTITUTO JOGUE LIMPO. **Relatório de Desempenho Anual 2020**. Rio de Janeiro, RJ, 2020. Disponível em: <https://www.joguelimpo.org.br/arquivos/relatorios/BR/2020//0%20-%20Relat%C3%B3rio%20Anual%20de%20Desempenho%20-%20Instituto%20%20Jogue%20Limpo%202020.pdf> Acesso em: 10 mar 2022.

IJL. INSTITUTO JOGUE LIMPO. **Relatório de Desempenho Anual 2021**. Rio de Janeiro, RJ, 2021a. Disponível em: <https://www.joguelimpo.org.br/arquivos/relatorios/BR/2021//0%20-%20Relat%C3%B3rio%20Anual%20de%20Desempenho%20-%20Instituto%20Jogue%20Limpo%202021%20com%20OLUC.pdf> Acesso em: 10 mar 2022.

IJL. INSTITUTO JOGUE LIMPO. **Relatório Anual de Desempenho do Termo de Compromisso do Sistema de Logística Reversa de Embalagens Plásticas de Óleo Lubrificante Usadas. Estado do Ceará— 2021**. Fortaleza, CE, 2021b. Disponível em: <https://www.joguelimpo.org.br/arquivos/relatorios/CE/2021//0-%20Instituto%20Jogue%20Limpo%20-%20Relat%C3%B3rio%20Anual%20de%20Desempenho%202021%20-%20CE.pdf> Acesso em: 12 mar 2022.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Municipal 2017**. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/> Acesso em: 09 jun. 2020.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Municipal 2021**. IPECEDATA, 2021. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml> Acesso em: 09 jun. 2021.

ISHIZAKA, A.; SIRAJ, S.; NEMERY, P. Which energy mix for the UK (United Kingdom)? An evaluative descriptive mapping with the integrated GAIA (graphical analysis for interactive aid) – AHP (analytic hierarchy process) visualization tool. **Energy**, Reino Unido, v. 95, p. 602-611, 2016. DOI:10.1016/j.energy.2015.12.009. Disponível em: <https://eprints.whiterose.ac.uk/92621/3/SirajWhichenergymixfortheUK.pdf> Acesso em: 16 set. 2022.

ISMAIL, A. H. Domino algorithm: A novel constructive heuristics for traveling salesman problem. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, Reino Unido, 2019.

DOI:10.1088/1757-899X/528/1/012043. Disponível em:
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/528/1/012043/pdf> Acesso em: 09 ago. 2022.

JABBOUR, A. B. L. S. Evidências da relação entre evolução da gestão ambiental e a adoção de práticas de green supply chain management no setor eletroeletrônico brasileiro. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 49, n. 3, p. 606-616, 2014. DOI:10.5700/rausp1171. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rausp/a/RymZWqCMwKg4d6j7M5vdC9J/?lang=pt> Acesso em: 18 jun. 2022.

JAYASENA, N. S.; MALLAWAARACHCHI, H.; SILVA, L. Environmental sustainability of facilities managementAnalytical hierarchy process (AHP)based model for evaluation. **Built Environment Project and Asset Management**, Reino Unido, v. 10, n. 2, p. 261-276, 2020. DOI:10.1108/BEPAM-12-2018-0157. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BEPAM-12-2018-0157/full/html> Acesso em: 10 jun. 2022.

JOPPERT JR, N.; SILVA, A. A.; MARQUES, M. R. C. Enhanced diesel fuel fraction from waste high-density polyethylene and heavy gas oil pyrolysis using factorial design methodology. **Waste Management**, Reino Unido, v. 36, p. 166-176, 2015. DOI:10.1016/j.wasman.2014.11.023. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0956053X1400573X> Acesso em: 10 jul. 2022.

JUAZEIRO DO NORTE. **Lei Municipal nº 5.159, de 16 de junho de 2021**. Estabelece a classificação das atividades de Baixo Risco para fins de dispensa da exigência do Alvará de Licença para Localização e demais Licenciamentos Municipais, conforme a Lei Federal nº 13.874, de 20 de setembro 2019, que instituiu a Declaração de Direitos da Liberdade Econômica, e dá outras providências. Juazeiro do Norte, CE, 2021. Disponível em: <https://www.juazeirodonorte.ce.gov.br/leis.php?id=1920> Acesso em: 02 ago. 2022.

JUAZEIRO DO NORTE. **Lei Municipal nº 5293, de 16 de maio de 2022**. Ratifica o Terceiro Termo Aditivo ao Contrato de Consórcio Municipal para Aterro de Resíduos Sólidos – Unidade Comares, inclusive modificando a sua denominação para Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do CARIRI-CGIRS-CARIRI, bem como autoriza o poder executivo a delegar concessão de serviços públicos de manejo de resíduos sólidos, e dá outras providências. Juazeiro do Norte, CE, 2022. Disponível em: <https://juazeirodonorte.ce.gov.br/leis.php?id=7376> Acesso em: 09 out. 2022.

KANOKKANTAPONG, V.; KIATKITTIPONG, W.; PANYAPINYOPOL, B.; WONGSUCHOTO, P.; PAVASANT, P. Used lubricating oil management options based on life cycle thinking. **Resources, Conservation and Recycling**, Holanda, v. 53, p. 294-299, 2009. DOI:10.1016/j.resconrec.2009.01.002. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0921344909000032> Acesso em: 07 jul. 2022.

KASSAMBARA, A. **Multivariate Analysis I: Practical Guide To Cluster Analysis in R - Unsupervised Machine Learning**. França, 1. ed. Sthda, 2017.

KOSACKA-OLEJNIK, M.; WERNER-LEWANDOWSKA, K. Reverse Logistics as a Trend of XXI Century – State of Art. **Managment Systems in Production Engineering**, Alemanha, v. 28, n. 1, p. 9-14, 2020. DOI:10.2478/mspe-2020-0002. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.2478/mspe-2020-0002> Acesso em: 10 jan. 2022.

KAUFMAN, L.; ROUSSEEUW, P. J. **Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 1990.

KRARI, M. E.; AHIOD, B.; BENANI, B. E. Breakout Local Search for the Travelling Salesman Problem. **Computing and Informatics**, Eslováquia, v. 37, p. 656-672, 2018. DOI:10.4149/cai20183656. Disponível em: https://www.cai.sk/ojs/index.php/cai/article/view/2018_3_656 Acesso em: 15 mai. 2022.

LAPORTE, G. The traveling salesman problem: an overview of exact and approximate algorithms. **European Journal of Operational Research**, Holanda, v. 59, p. 231-247, 1992. DOI:10.1016/0377-2217(92)90138-Y. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/037722179290138Y> Acesso em: 10 ago. 2022.

LEI, Y.; WU, Q. Recycling Engine Oil Containers to Prepare Wood–Plastic Composites. **Journal of Applied Polymer Science**, Estados Unidos, v. 122, p. 964-972, 2011. DOI:10.1002/app.34212. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.34212> Acesso em: 16 jun. 2022.

LENGYEL, A.; BOTTA-DUKÁT, Z. Silhueta width using generalized mean-A flexible method for assessing clustering efficiency. **Ecology and Evolution**, Reino Unido, v. 9, n. 23, p. 13231-13243, 2019. DOI: 10.1002/ece3.5774. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6912895/> Acesso em: 08 ago. 2022.

LI, Y. L.; YING, C. S.; CHIN, K. S.; YANG, H. T.; XU, J. Third-party reverse logistics provider selection approach based on hybrid-information MCDM and cumulative prospect theory. **Journal of Cleaner Production**, Holanda, v. 195, p. 573-584, 2018. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.05.213. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652618315609> Acesso em: 08 ago. 2022.

LIMA, G. G.; RIBEIRO, S. C. Geomorfologia e paisagem do município de Juazeiro do Norte-Ce: relações entre a natureza semi-árida e os impactos antrópicos. **Revista GEONORTE**, Manaus, v. 3, n. 5, p. 520-530, 2012.. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2104> Acesso em: 10 ago. 2022.

LIMA, M. B. O.; VIANA, E. Geração e gerenciamento dos resíduos sólidos em uma oficina mecânica. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 533-551, 2016. DOI: 105902/2236117019842. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002783867> Acesso em: 06 ago. 2022.

LU, Y.; COOPS, N. C.; HERMOSILLA, T. Regional assessment of pan-Pacific urban environments over 25 years using annual gap free Landsat data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Holanda, v. 50, p. 198-210, 2016. DOI:10.1016/j.jag.2016.03.013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243416300447> Acesso em: 19 ago. 2022.

MADANI, A.; BATTA, R.; KARWAN, M. The balancing travelling salesman problem: application to warehouse order picking. **Top**, Alemanha, v. 29, n. 2, p. 442-469, 2021. DOI:10.1007/s11750-020-00557-y. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11750-020-00557-y> Acesso em: 03 ago. 2022.

MANGLA, S. K.; GOVINDAN, K.; LUTHRA, S. Critical success factors for reverse logistics in Indian industries: a structural model. **Journal of Cleaner Production**, Holanda, v. 129, p. 608-621, 2016. DOI:10.1016/j.jclepro.2016.03.124. Disponível em: [https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652616301962](https://www.sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652616301962) Acesso em: 08 ago. 2022.

MARTINS, H. M.; NASCENTES, A. L.; GUIMARÃES, M. J. O. C.; CAMPOS, J. C. Gerenciamento de embalagens de lubrificantes pós-consumo – Uma análise crítica. **Revista Teccen**, Vassouras, v. 8, n. 1, p. 13-19, 2015. DOI:10.21727/teccen.v8i1.224. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305848999_Gerenciamento_de_embalagens_de_lubrificantes_pos-consumo_-_Uma_analise_critica Acesso em: 19 ago. 2022.

MARTINS, H. M.; CAMPOS, J. C.; GUIMARÃES, M. J. O. C.; BASSANI, G. Remoção da fração oleosa de embalagens de lubrificantes automotivos pós-consumo por drenagem gravitacional. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 561-568, 2016. DOI:10.1590/S1413-41522016128063. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/hGWfb3LL6ZMt97h7h7PqknL/abstract/?lang=pt> Acesso em: 25 jul. 2022.

MARTINS H. M.; FORTUNATO, M. R. C.; PEREIRA, G. S.; SILVA, H. S. A logística reversa de embalagens de lubrificantes automotivos no Brasil: O cenário atual e as exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *In*: ANDRADE, D. F. (Org.). **Gestão de resíduos sólidos**. Belo Horizonte - MG: Poisson, 2020, p. 113-120. DOI:10.36229/978-85-7042-219-4.CAP.17 Disponível em: <https://poisson.com.br/2018/produto/gestao-de-residuosos-solidos-volume-1/> Acesso em: 25 jul. 2022.

MARTINS, D. D.; LUCENA, L. B.; DAMASCENO, A. R. M. B.; SIQUEIRA, H.; TADANO, Y. S.; CALDAS, I. F. R. Clusterização do perfil de adolescentes escolares com predisposição ao uso de substância psicoativas. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 10, n. 2, 2021. DOI:10.33448/rsd-v10i2.12528. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349462369_Clusterizacao_do_perfil_de_adolescentes_escolares_com_predisposicao_ao_uso_de_substancia_psicoativas Acesso em: 16 ago. 2022.

MATHIYAZHAGAN, K.; KRISHNAN, S.; BHARATHI, U.; APPOLLONI, A. Pathways towards reverse logistics adoption in Indian educational institutes: a challenging factors

analysis. **OPSEARCH**, Índia, v. 58, n. 3, p. 661-689, 2021. DOI:10.1007/s12597-020-00496-z. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12597-020-00496-z> Acesso em: 18 ago. 2022.

MATTOSINHO, C. M. S.; MORAIS, P. E. N.; SANTOS, C. M. A. O desempenho da logística reversa de óleo lubrificante na Região do Semiárido Baiano. *In*: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: ABEPRO, 2013. p. 1-14. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_185_056_22582.pdf Acesso em: 20 fev. 2022.

MEKAMCHA, K.; SOUIER, M.; BESSENOUCI, H. N.; BENNERKROUF, M. Two metaheuristics approaches for solving the traveling salesman problem: an Algerian waste collection case. **Operational Research**, Holanda, 2019. DOI:10.1007/s12351-019-00529-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12351-019-00529-6> Acesso em: 13 ago. 2022.

MENDONÇA, J. C. A.; VASCONCELOS, P. E. A.; NOBRE, L. B. O.; CASAROTTO, E. L. Logística Reversa no Brasil: Um Estudo Sobre o Mecanismo Ambiental, a Responsabilidade Social Corporativa e as Legislações Pertinentes. **Capital Científico**, Guarapuáva, v. 15, n. 2, p. 84-101, 2017. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/capitalcientifico/article/view/4531> Acesso em: 13 abr. 2022.

MENESES, J. M. B. **Logística reversa de pneus inservíveis: modelo de otimização para decisões estratégicas e táticas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba-SP, 2018.

MKUNA, E.; BAIYEGUNHI, L.; ADAMUS, W. Sustainable livelihood alternatives among Nile perch (*Lates niloticus*) fishers in Lake Victoria Tanzania: analytical hierarchy process (AHP) approach. **Journal of Economic Structures**, Reino Unido, v. 9, n. 32, 2020. DOI:10.1186/s40008-020-00206-4. Disponível em: <https://journalofeconomicstructures.springeropen.com/articles/10.1186/s40008-020-00206-4> Acesso em: 28 abr. 2022.

MISHRA, M.; CHATTERJEE, S. Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) algorithm to income insecurity susceptibility mapping - A study in the district of Purulia, India. **Socio-Economic Planning Sciences**, Reino Unido, v. 62, p. 56-74, 2018. DOI:10.1016/j.seps.2017.07.002. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0038012116302051> Acesso em: 23 abr. 2022.

MOHAMMED, R. R.; IBRAHIM, I. A. R.; TAHA, A. H.; MCKAY, G. Waste lubricating oil treatment by extraction and adsorption. **Chemical Engineering Journal**, Holanda, v. 220, p. 343-351, 2013. DOI:10.1016/j.cej.2012.12.076. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1385894713000144> Acesso em: 16 ago. 2022.

MOTA, A. E. A. S.; PINHEIRO, R. F.; SANTOS, T. M.; MELO, A. C. S.; NUNES, D. R. L. Desafios e oportunidades da Logística Reversa no contexto do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 10, n. 4, p. 55-67, 2015. DOI:10.15675/gepros.v10i4.1278. Disponível em:

https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UNESP-2_dbc0f1f100ec470766184dda74c9d1d7
Acesso em: 10 abr. 2022.

MOTA, A. K. V.; FIGUEIREDO, G. L. A. The destination of lubricant oil used or contaminated oluc in the mechanical offices in a small city located in the north of the State of Tocantins: Case report. **J Business Technology**, Tocantins, v. 3, n. 1, p. 3-15, 2017.

Disponível em: <http://revistas.faculadefacit.edu.br/index.php/JNT/article/view/187/206>
Acesso em: 14 ago. 2022.

MÜLLER, A. C. M.; PRESRLAK, M. I.; BERTOLINI, G. R. F. Proposta de intervenção na gestão de resíduos sólidos de uma oficina mecânica do Oeste do Paraná. **Revista Inovação, Projetos e Tecnologias – IPTEC**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 50-62, 2016.

DOI:10.5585/iptec.v4i1.53. Disponível em:
<https://periodicos.uninove.br/iptec/article/view/9351> Acesso em: 26 ago. 2022.

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

DOI:10.7177/sg.2015.v10.n3.a8. Disponível em:
<https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/V10N3A8> Acesso em: 15 jun. 2022.

NASCIMENTO, D. C.; ALVES, C. C. E.; CHACON, S. S. Juazeiro do Norte (CE): Um Caso de (In)Sustentabilidade Urbana. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 76-97, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v5n1.2014.9652>. Disponível em:

<https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/15592> Acesso em: 19 ago. 2022.

NASCIMENTO, J. F.; XAVIER, V. V. N. T.; MENEZES, J. E. C.; ALVES, K. R. C. P. A importância da controladoria no gerenciamento de resíduos sólidos e sua logística reversa, nos postos de combustíveis da cidade de Campina Grande-PB. *In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS*, 2014, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABC, 2014. p. 1-15. Disponível em:

<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3806>. Acesso em: 27 fev. 2022.

NASEEM, M. H.; YANG, J.; XIANG, Z. Prioritizing the Solutions to Reverse Logistics Barriers for the E-Commerce Industry in Pakistan Based on a Fuzzy AHP-TOPSIS Approach. **Sustainability**, Suíça, v. 13, p. 1-20, 2021. DOI: 10.3390/su13221274. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/22/12743> Acesso em: 26 mai. 2022.

NIKOLAOU, L. E.; EVANGELINOS, K. I.; ALLAN, S. A reverse logistics social responsibility evaluation framework based on the triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, Holanda, v. 56, p. 173-184, 2013. DOI:10.1016/j.jclepro.2011.12.009.

Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652611005348> Acesso em: 24 jul. 2022.

OLIVEIRA, J. C. P.; SOUZA, R. B. Análise da gestão dos resíduos gerados na troca de óleo lubrificante automotivo: um estudo de caso na cidade de Cabo Frio – RJ. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 971-85, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rgs/article/view/2744> Acesso em: 19 abr. 2022.

OLIVEIRA, J. L.; SANTOS, M. L.; MOREIRA, M. C.; ROPPA, T. V. R. Logística reversa do óleo lubrificante: Um estudo sobre a atuação dos postos especializados em troca de óleo na região de Jundiaí/SP. **INOVAE**, São Paulo, v. 7, p. 255-268, 2019. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/2062> Acesso em: 23 ago. 2022.

PACHECO, D. A. J.; FINGER, C. P.; SOUZA, T. Logística reversa de óleos lubrificantes: análise das implicações. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 8, n. 15, p. 136-154, 2016. Disponível em: <https://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/3601> Acesso em: 23 ago. 2022.

PANCHAL, S.; SHRIVASTAVA, A. K. A Comparative Study of Frequency Ratio, Shannon's Entropy And Analytic Hierarchy Process (AHP) Models for Landslide Susceptibility Assessment. **International Journal of Geo-Information**, Florianópolis, v. 10, n. 9, 2021. DOI:10.3390/ijgi10090603. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/10/9/603> Acesso em: 16 ago. 2022.

PANDE, C. B.; MOHARIR, K. N.; PANNEERSELVAM, B.; SINGH, S. K.; ELBELTAGI, A.; PHAM, Q. B.; VARADE, A. M.; RAJESH, J. Delineation of groundwater potential zones for sustainable development and planning using analytical hierarchy process (AHP), and MIF techniques. **Applied Water Science**, Alemanha, v. 11, n. 12, 2021. DOI:10.1007/s13201-021-01522-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-021-01522-1> Acesso em: 05 ago. 2022.

PAYDAR, M. M.; OLFATI, M. Designing and solving a reverse logistics network for polyethylene terephthalate bottles. **Journal of Cleaner Production**, Holanda, v. 195, p. 605-617, 2018. DOI:10.1016/j.jclepro.2018.05.218. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez11.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652618315658> Acesso em: 13 ago. 2022.

PENA, M. G.; MOREIRA, G. C. C.; GUIMARÃES, L. E. D.; LAURETO, C. R.; ALBUQUERQUE, P. H. M.; CARVALHO, A. X. Y.; BASSO, G. G. Clusterização Espacial e Não Espacial: Um Estudo Aplicado à Agropecuária Brasileira. **Trends in Computational and Applied Mathematics**, São Carlos, v. 18, n. 1, p. 69-84, 2017. DOI:10.5540/tema.2017.018.01.0069. Disponível em: <https://tema.sbmac.org.br/tema/article/view/951> Acesso em: 19 ago. 2022.

PENNA, L. F. R.; SILVA, W. C. B. R.; CRUZ, F. M. RODRIGUES, H.; COSTA, G. S. Reaproveitamento do óleo lubrificante: estudo de caso em uma rede de postos de combustíveis no Estado de Minas Gerais. In: 2º CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do

Iguaçu: IBEAS, 2019. p. 1-6. Disponível em:

<https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/II-021.pdf> Acesso em: 21 fev. 2022.

PESSOA, J. O.; PESSOA, J. O. Avaliação do sistema de logística reversa de pneus inservíveis no sul do Amazonas. **Foco**, Paraná, v. 10, n. 1, 2017. Disponível em:

<https://focopublicacoes.com.br/foco/article/view/170> Acesso em: 25 abr. 2022.

PHOCHANIKORN, P.; TAN, C.; CHEN, W. Barriers analysis for reverse logistics in Thailand's palm oil industry using fuzzy multi-criteria decision-making method for prioritizing the solutions. **Granular Computing**, Suíça, v. 5, n. 4, p. 419-436, 2020. DOI:10.1007/s41066-019-00155-9. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/331023531_Barriers_analysis_for_reverse_logistics_in_Thailand's_palm_oil_industry_using_fuzzy_multi-criteria_decision-making_method_for_prioritizing_the_solutions Acesso em: 26 ago. 2022.

PIMENTEL, F. G. S. L. Double-ended nearest and loneliest neighbour - a nearest neighbour heuristic variation for the travelling salesman problem. **Revista de Ciências da Computação**, Portugal, n. 6, 2011. Disponível em:

<https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2110/4/RCC.pdf> Acesso em: 09 abr. 2022.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUEIROZ, I. S. **A Metrópole do Cariri: institucionalização no âmbito estadual e a dinâmica urbano-regional da aglomeração do Crajubar**. 2013. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano). Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2013.

RIBEIRO, J. J. K.; CHAVES, G. L. D.; MUNIZ, E. P. Avaliação da coleta de óleo lubrificante usado e contaminado no município de São Mateus. **Gestão & Tecnologia**, Minas Gerais, v. 18, n. 1, p. 269-282, 2018. Disponível em:

<http://revistagt.fpl.edu.br/get/article/view/1192/0#:~:text=Apesar%20do%20avan%C3%A7o%20da%20legisla%C3%A7%C3%A3o,de%20credibilidade%20do%20%C3%B3leo%20reaproveitado> Acesso em: 10 ago. 2022.

ROCHA, B. S.; SCALIZE, P. S.; ARRUDA, P. N.; CRUVINEL, K. A. S. Gestão do óleo lubrificante usado em postos de combustíveis no município de Terezópolis de Goiás – GO, Brasil. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 4, p. 3673-3682, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/15193> Acesso em: 15 jul. 2022.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. An examination of reverse logistics practices.

Journal of Business Logistics, Estados Unidos, v. 22, n. 2, 219 p., 2001. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00007.x> Acesso em: 13 mai. 2022.

ROKBANI, N.; KUMAR, R.; ABRAHAM, A.; ALIM, A. M.; LONG, H. V.;

PRİYADARSHINI, I.; SON, L. H. Bi-heuristic ant colony optimization-based approaches for traveling salesman problem. **Soft Computing**, Alemanha, v. 25, n. 5, p. 3775-3794, 2021.

DOI:10.1007/s00500-020-05406-5. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00500-020-05406-5> Acesso em: 15 ago. 2022.

ROSENKRANTZ, D. J.; STEARNS, R. E.; LEWIS, P. M. An Analysis Of Several Heuristics For The Traveling Salesman Problem*. **SIAM J. COMPUT**, Estados Unidos, v. 6, n. 3, 1977. Disponível em: <https://epubs.siam.org/doi/10.1137/0206041> Acesso em: 18 abr. 2022.

ROUSSEEUW, P. J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, Holanda, v. 20, p. 53-65, 1987. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0377042787901257> Acesso em: 05 ago. 2022.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding**. Nova York: Springer, 1996, v. 12. DOI:10.1007/978-1-4757-2500-1. Disponível em:
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4757-2500-1#bibliographic-information> Acesso em: 10 ago. 2022.

SAADI, M. R.; AHMAD, S. Z.; HUSSAIN, M. Prioritization of citizens' preferences for using mobile government services The analytic hierarchy process (AHP) approach. **Transforming Government: People, Process and Policy**, Reino Unido, v. 11, n. 3, p. 476-503, 2017. DOI:10.1108/TG-04-2017-0020. Disponível em:
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/TG-04-2017-0020/full/html> Acesso em: 14 abr. 2022.

SAATY, T. L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Mathematical Psychology**, Estado Unidos, v. 15, p. 234-281, 1977. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022249677900335> Acesso em: 25 ago. 2022.

SAATY, R. W. The Analytic Hierarchy Process-What it is and How it is Used. **Mathematical Modelling**, Estados Unidos, v. 9, n. 3, p. 161-176, 1987. DOI:10.1016/0270-0255(87)90473-8. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0270025587904738> Acesso em: 25 ago. 2022.

SAATY, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, Holanda, v. 48, p. 9-26, 1990. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377221790900571> Acesso em: 26 ago. 2022.

SAATY, T. L. Decision making with the Analytic Hierarchy Process. **International Journal of Services Sciences**, Reino Unido, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008. DOI:10.1504/IJSSCI.2008.017590. Disponível em:
<https://www.rafikulislam.com/uploads/resourses/197245512559a37aadea6d.pdf> Acesso em: 26 ago. 2022.

SAJI, Y.; BARKATOU, M. A discrete bat algorithm based on Lévy flights for Euclidean traveling salesman problem. **Expert Systems with Applications**, Reino Unido, v. 172, 2021.

DOI:10.1016/j.eswa.2021.114639. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417421000804> Acesso em: 13 jun. 2022.

SALEM, S.; SALEM, A.; BABAEI, A. A. Application of Iranian nano-porous Ca-bentonite for recovery of waste lubricant oil by distillation and adsorption technique. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, Coreia do Sul, v. 23, p. 154-162, 2015. DOI:0.1016/j.jiec.2014.08.009. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1226086X14004006> Acesso em: 17 jan. 2022.

SANTOS, C. A.; LIMA JÚNIOR, F. O. Transformações econômicas e avanço na polarização na Mesorregião Sul Cearense. *In: VI SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL*, 2013, Santa Cruz do Sul. **Anais [...]**. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2013. p. 1-23. Disponível em:
<https://www.unisc.br/site/sidr/2013/Textos/210.pdf> Acesso em: 21 fev. 2022.

SANTOS, M. H. S.; MARCHESINI, M. M. P. Logística reversa para a destinação ambientalmente sustentável dos resíduos de construção e demolição (RCD). **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 67-85, 2018. Disponível em:
<https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/1359> Acesso em: 19 ago. 2022.

SCHUELTER, L. M.; FERNANDES, C. W. N.; TAGLIALENHA, S. L. S. Óleos lubrificantes automotivos residuais: um estudo de caso em logística reversa. **Colloquium Exactarum**, Presidente Prudente, v. 8, n. 2, p. 69-84, 2016. DOI:10.5747/ce.2016.v08.n2.e156. Disponível em:
<https://revistas.unoeste.br/index.php/ce/article/view/1437> Acesso em: 15 mar. 2022.

SERRATO, M. A.; RYAN, S. M.; GAYTÁN, J. A Markov decision model to evaluate outsourcing in reverse logistics. **International Journal of Production Research**, Reino Unido, v. 45, nos. 18-19, p. 4289-4315, 2007. DOI: 10.1080/00207540701450161. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/38935773.pdf> Acesso em: 23 jul. 2022.

SHAHAPURE, K. R.; NICHOLAS, C. Cluster Quality Analysis Using Silhouette Score. *In: PROCEEDINGS - 2020 IEEE 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA SCIENCE AND ADVANCED ANALYTICS*, 2020, Sydney. **Anais [...]**. Sydney: IEEE, 2020. p. 747-748. Disponível em:10.1109/DSAA49011.2020.00096 Acesso em: 21 fev. 2022.

SILVA, G. A. N.; SILVA, F. A.; RUSSI, D. T. A.; PAZOTI, A.; SISCOOTTO, R. A. Algoritmos Heurísticos Construtivos Aplicados ao Problema do Caixeiro Viajante para a Definição de Rotas Otimizadas. **Colloquium Exactarum**, Presidente Prudente, v. 5, n. 2, p. 30-46, 2013. DOI:10.5747/ce.2013.v05.n2.e058. Disponível em:
<https://core.ac.uk/download/pdf/231155729.pdf> Acesso em: 26 jul. 2022.

SILVA, M. A.; RIBEIRO, S. N.; CRISPIM, D. L.; SOBRINHO, L. G. A.; FARIAS, C. A. S. Avaliação do gerenciamento de resíduos de óleos lubrificantes e suas embalagens em oficinas mecânicas da cidade de Pombal – PB, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, n. 4, p. 53-58, 2014. Disponível em:

<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3004> Acesso em: 16 ago. 2022.

SILVA, R. M. **Utilização da análise envoltória de dados na otimização de um modelo de logística reversa de pneus inservíveis para Fortaleza**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2015

SILVA, E. F.; DAMASCENO, L. F. F.; KAWAMOTO JÚNIOR, L. T. The Reverse Logistics Importance in the Management of Residues of Plastic Packaging of Lubricants and the Program Jogue Limpo. **Independent Journal of Management & Production**, Jacareí, v. 8, n. 5, 2017. DOI:10.14807/ijmp.v8i5.602. Disponível em: <http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/602> Acesso em: 23 jul. 2022.

SILVA, J. P. V. **Utilização de análise multicritério para implantação de um modelo de logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos para a Bacia Hidrográfica do Jaguaribe-CE**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2018.

SILVA, P. C.; OLIVEIRA, E. A. G.; SILVA, S. D. Diagnóstico da gestão de resíduos e efluentes em postos de abastecimento de combustíveis no município de Araguatins – TO. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Santa Catarina, v. 8, n. 1, p. 324-339, 2019. DOI: 10.19177/rgsa.v8e12019324-339. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6780 Acesso em: 12 ago. 2022.

SINIR. Sistema Nacional sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. **Logística Reversa**. 2020. Disponível em: <https://sinir.gov.br/logistica-reversa> Acesso em: 20 jan. 2020.

SMITH, H. M.; BOHNERT, G. W.; OLSON, R. B.; HAND, T. E. **Method to separate and recover oil and plastic from plastic contaminated with oil**. Depositante: Honeywell International Inc. US n. US5711820A. Depósito: 16 fev. 1996. Concessão: 27 jan. 1998. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US5711820A/en> Acesso em: 13 jan. 2022.

SOFILIĆ, T.; ŠOMEK-GVOŽĐAK, V.; BRNARDIĆ, I. Croatian Experience in Waste Oil Management. **Ecologia Balkanica**, Bulgária, v. 6, n. 1, p. 109-119, 2014. Disponível em: http://web.uni-plovdiv.bg/mollov/EB/2014_vol6_iss1/eb.14107.pdf Acesso em: 16 fev. 2022.

SONG, J.; MA, X.; CHEN, R. A Profit Distribution Model of Reverse Logistics Based on Fuzzy DEA Efficiency—Modified Shapley Value. **Sustainability**, Suíça, v. 13, 2021. DOI:10.3390/su13137354. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/13/7354> Acesso em: 11 set. 2022.

SOUZA, E. D.; KERBER, J. C.; BOUZON, M.; RODRIGUEZ, C. M. T. Performance evaluation of green logistics: Paving the way towards circular economy. **Cleaner Logistics and Supply Chain**, Reino Unido, v. 3, 2022. DOI:10.1016/j.elscn.2021.100019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772390921000196> Acesso em: 22 mar. 2022.

STANĚK, R.; GREISTORFER, P.; LADNER, K.; PFERSCHY, U. Geometric and LP-based heuristics for angular travelling salesman problems in the plane. **Computers and Operations Research**, Reino Unido, v. 108, p. 97–111, 2019. DOI:10.1016/j.cor.2019.01.016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305054819300188> Acesso em: 06 jul. 2022.

SUN, Q. Research on the influencing factors of reverse logistics carbon footprint under sustainable Development. **Environmental Science and Pollution Research**, Alemanha, v. 24, n. 29, p. 22790-22798, 2017. DOI:10.1007/s11356-016-8140-9. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-8140-9> Acesso em: 27 ago. 2022.

SUN, L.; KARWAN, M. H.; DIABY, M. The indefinite period travelling salesman problem. **European Journal of Operational Research**, Holanda, v. 270, p. 1171-1181, 2018. DOI:10.1016/j.ejor.2018.04.028. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037722171830331X> Acesso em: 20 ago. 2022.

SUN, Y.; ERNST, A.; LI, X.; WEINER, J. Generalization of machine learning for problem reduction: a case study on travelling salesman problems. **OR Spectrum**, Alemanha, v. 43, n. 3, p. 607-633, 2021. DOI:10.1007/s00291-020-00604-x. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00291-020-00604-x> Acesso em: 18 set. 2022.

THÜRER, M. PAN, Y. H.; QU, T.; LUO, H.; LI, C. D.; HUANG, G. Q. Internet of Things (IoT) driven *kanban* system for reverse logistics: solid waste collections. **Journal of Intelligent Manufacturing**, Holanda, v. 30, n. 7, p. 2621-2630, 2019. DOI:10.1007/s10845-016-1278-y. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10845-016-1278-y> Acesso em: 17 jan. 2022.

TIBBEN-LEMBKE, R. S. The Impact of Reverse Logistics on the Total Cost of Ownership. **Journal of Marketing Theory and Practice**, Reino Unido, v. 6, n. 4, p. 51-60, 1998. DOI:10.1080/10696679.1998.11501810. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10696679.1998.11501810> Acesso em: 31 jan. 2022.

TIBBEN-LEMBKE, R. S. Life after death: reverse logistics and the product life cycle. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Reino Unido, v. 32, n. 3, p. 223-244, 2002. DOI:10.1108/09600030210426548. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/239044278_Life_after_Death_Reverse_Logistics_and_the_Product_Life_Cycle Acesso em: 12 out. 2022.

TIBBEN-LEMBKE, R. S.; ROGERS, D. S. Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. **Supply Chain Management**, Reino Unido, v. 7, n. 5, p. 271-282, 2002. DOI:10.1108/13598540210447719. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13598540210447719/full/html> Acesso em: 25 set. 2022.

TSAMBE, M. Z. A.; ALMEIDA, C. F.; LOHMANN, G.; SANTIAGO, M. R.; CYBIS, L. F. A. Avaliação do sistema de gerenciamento de óleos lubrificantes usados ou contaminados no

Brasil. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 2, p. 75-79, 2017. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/7929> Acesso em: 23 ago. 2022.

VAZQUEZ-DUHALT, R. Environmental impact of used motor oil. **Science of The Total Environment**, Holanda, v. 79, n. 1, p. 1-23, 1989. DOI:10.1016/0048-9697(89)90049-1. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0048969789900491> Acesso em: 16 mar. 2022.

VERDE, D. V.; SCALIZE, P. S.; ARRUDA, P. N. Gestão do óleo lubrificante usado e suas embalagens na cidade de Inhumas – GO, Brasil. *In: XIX EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO*, 2015, Poço de Caldas. **Anais [...]**. Poço de Caldas: ASSEMAE, 2015. p. 1-15. Disponível em: <https://trabalhosassemae.com.br/sistema/repositorio/2015/1/trabalhos/247/406/t406t3e1a2015.pdf> Acesso em: 22 fev. 2022.

VIEIRA, B. O.; GUARNIERI, P.; NOFAL, R.; NOFAL, B. Multi-Criteria Methods Applied in the Studies of Barriers Identified in the Implementation of Reverse Logistics of E-Waste: A Research Agenda. **Logistics**, Suíça, v. 4, n. 11, 2020. DOI:10.3390/logistics4020011. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2305-6290/4/2/11> Acesso em: 19 jul. 2022.

VOICU, A.; DUTEANU, N.; VOICU, M.; VLAD, D.; DUMITRASCU, V. The rcdk and cluster R packages applied to drug candidate selection. **Journal of Cheminformatics**, Reino Unido, v. 12, n. 1, 2020. DOI:10.1186/s13321-019-0405-0. Disponível em: <https://jcheminf.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13321-019-0405-0> Acesso em: 26 jun. 2022.

WANG, Y.; REMMEL, J. B. An iterative algorithm to eliminate edges for traveling salesman problem based on a new binomial distribution: Eliminating edges for TSP. **Applied Intelligence**, Holanda, v. 48, n. 11, p. 4470-4484, 2018. DOI:10.1007/s10489-018-1222-2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10489-018-1222-2> Acesso em: 21 abr. 2022.

WU, J. Sustainable Development of green reverse logistics based on blockchain. **Energy Reports**, v. 8, n. 2, p. 11547-11553, 2022. DOI:10.1016/J.EGYR.2022.08.219. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722016638> Acesso em: 12 dez. 2022.

WU, Q.; LEI, Y. **Composites made of Thermoplastic Polymers, Residual Oil, and Cellulose Fibers**. Depositante: Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. US n. 2011/0263758A1. Depósito: 09 dez. 2008. Concessão: 27 out. 2011. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US20110263758A1/en> Acesso em: 15 nov. 2022.

YOSHIE, R.; UEKI, Y.; MIWA, T.; NARUSE, I. Refinement of waste lubricant oil using rubber membrane extraction method. **Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part B**, Japão, v. 78, ed. 789, p. 1048-1052, 2012. DOI:10.1299/kikaib.78.1048. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/270683561_Refinement_of_Waste_Lubricant_Oil_Using_Rubber_Membrane_Extraction_Method Acesso em: 15 dez. 2022.

YU, H.; SOLVANG, W. D. Incorporating flexible capacity in the planning of a multi-product multi-echelon sustainable reverse logistics network under uncertainty. **Journal of Cleaner Production**, Holanda, v. 198, p. 285-303, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618319863> Acesso em: 29 jul. 2022.

XIE, J.; LIU, B.; HE, L.; ZHONG, W.; ZHAO, H.; YANG, X.; MAI, T. Quantitative Evaluation of the Adaptability of the Shield Machine Based on the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). **Advances in Civil Engineering**, Estados Unidos, 12 p., 2022. DOI:10.1155/2022/3268150. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ace/2022/3268150/> Acesso em: 13 set. 2022.

ZARBAKSHNIA, N.; WU, Y.; GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H. A novel hybrid multiple attribute decision-making approach for outsourcing sustainable reverse logistics. **Journal of Cleaner Production**, Holanda, v. 242, 2020. DOI:10.1016/j.jclepro.2019.118461. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619333311> Acesso em: 20 jul. 2022.

ZHANG, K.; JIN, L.; CAO, Q. Evaluation of modified used engine oil acting as a dispersant for concentrated coal–water slurry. **Fuel**, Holanda, v. 175, p. 202-209, 2016. DOI:10.1016/j.fuel.2016.02.026. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236116001472> Acesso em: 17 jun. 2022.

ZHANG, X.; LI, Z.; WANG, Y.; TAN, W. An Integrated Multicriteria Decision-Making Approach for Collection Modes Selection in Remanufacturing Reverse Logistics. **Processes**, Suíça, v. 9, n. 4, 2021. DOI:10.3390/pr9040631. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/9/4/631> Acesso em: 26 fev. 2022.

ZHANG, P.; WANG, J.; TIAN, Z.; SUN, S.; LI, J.; YANG, J. A genetic algorithm with jumping gene and heuristic operators for traveling salesman problem. **Applied Soft Computing**, Holanda, v. 127, 2022. DOI:10.1016/j.asoc.2022.109339. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494622005075> Acesso em: 13 nov. 2022.

ZIA, M.; CAKIR, Z.; SEKER, D. Z. Spatial Transformation of Equality - Generalized Travelling Salesman Problem to Travelling Salesman problem. **International Journal of Geo-Information**, v. 7, n. 3, 2018. DOI:10.3390/ijgi7030115. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323782589_Spatial_Transformation_of_Equality_-_Generalized_Travelling_Salesman_Problem_to_Travelling_Salesman_Problem Acesso em: 26 out. 2022.

APÊNDICES

APÊNDICE I

Questionário aplicado ao Instituto Jogue Limpo

1. Identificação

a. Data: _____

c. Número de Funcionários: _____

g. Nome do entrevistado: _____

h. Cargo: _____

i. Nível de escolaridade: _____

2. Informações relativas ao processo logístico

2.1 - Tempo em que a empresa atua no mercado?

2.2 - Há capacitação contínua dos funcionários?

() Sim () Não

2.3 - A empresa é licenciada pelos órgãos ambientais:

() Sim () Não

2.4 - A empresa possui PGRS?

() Sim () Não

2.5 - A empresa já foi ou é fiscalizada por órgãos ambientais?

() Sim. Com qual frequência? _____ () Não

2.6 - No âmbito da logística reversa, como ocorre a identificação e o primeiro contato com os pontos geradores de embalagens de óleo lubrificante em cada município?

2.7 - Há algum critério para seleção/escolha desses pontos geradores?

() Sim. Qual: _____

() Não

2.8 - Há alguma contrapartida desses geradores para operacionalização do sistema?

() Sim. Qual: _____

() Não

2.9 - Há algum tipo de resistência inicial em participar do programa de logística reversa?

() Sim. Qual: _____

() Não

2.10 - Quando da aceitação por parte do estabelecimento, há algum tipo de treinamento ou orientação a respeito do correto manuseio e armazenamento das embalagens?

() Sim. Qual: _____

() Não

2.11 - Há a necessidade de drenagem das embalagens antes do recolhimento pelo Instituto?

() Sim. Qual método utilizado: _____

() Não

2.12 - Há algum programa de formação contínua para os estabelecimentos já participantes?

2.13 - Qual a frequência das coletas itinerantes em cada município?

2.14 - Como é realizada a divulgação e comunicação do período de coleta aos geradores?

2.15 - Como é feita a rota de coleta itinerante? (município por município; por região do Estado)

2.16 - Como são transportadas as embalagens no caminhão? (soltas, prensadas, outras forma)

2.17 - Como é feito o armazenamento das embalagens no depósito da instituição?

2.18 - Há segregação entre os diferentes tipos de plástico? Quais tipos de plásticos?

2.19 - Há algum processo de descontaminação das embalagens antes de encaminhá-las à destinação final? Como é feito?

2.20 - Qual a destinação dessas embalagens?

2.21 - Caso sejam encaminhadas para a reciclagem, como é o processo? E quais produtos são gerados?

2.22 - O Instituto vende essas embalagens? Caso venda, qual o tipo material com maior valor agregado?

2.23 - Com base nos relatórios do Instituto, mesmo com toda abrangência do programa de coleta das embalagens no Estado, existem vários pontos geradores com “Coleta Zero”, o que justifica isso?

2.24 - O Instituto disponibilizou alguns Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) no município de Fortaleza-CE, qual foi o critério de escolha para alocação desses equipamentos?

2.25 - Houve algum processo de divulgação e conscientização direcionada aos pontos geradores localizados nas circunvizinhanças desses PEVs?

2.26 - Há algum plano ou programa de expansão dos pontos de entrega voluntária para todos os municípios do Estado?

2.27 - Quais são os maiores desafios para implantação do processo de logística reversa de embalagens usadas de óleo lubrificante no Ceará? no Brasil?

2.28 - Há a possibilidade de o Instituto Jogue Limpo incentivar a participação de Associação de catadores na coleta das embalagens a fim de elevar a eficiência do sistema?

*Como forma de aprimorar o sistema, seria possível que o Instituto identificasse, em cada região do Estado, empresas de reciclagem aptas a receber e processar as embalagens, ao invés de transportá-las até Fortaleza para proceder a destinação final?

**O Instituto pode divulgar/disponibilizar a lista com identificação e endereço dos pontos geradores em todo o Estado ou somente no município de Juazeiro do Norte?

Sim Não

*** Existe alguma rota específica/preferencial de coleta?

Sim Não

APÊNDICE II**Questionário aplicado aos órgãos ambientais (estadual e municipal)****1. Identificação**

a. Data: _____

b. Nome da instituição: _____

g. Nome do entrevistado: _____

h. Cargo: _____

2. Informações relativas ao processo logístico

2.1 - Como o órgão ambiental tem aplicado o que dispõe a Política Nacional de Resíduos Sólidos a respeito da logística reversa?

() Nada () Pouco () Regular () Muito

*Descrever: _____

2.2 - Há campanhas frequentes de conscientização e/ou fiscalização?

() Sim. Quais? _____

() Não

2.3 - Para quais tipos de resíduos existe uma maior cobrança quanto a implantação do sistema de logística reversa?

() Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens

() Pilhas e baterias

() Pneus

() Óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens

() Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;

() Produtos eletroeletrônicos e seus componentes

() Outros: _____

2.4 - Como é feito o acompanhamento de empreendimentos que aderiram a programas de logística reversa, a exemplo do Instituto Jogue Limpo?

Solicitação de relatórios. Frequência: Mensal Trimestral Semestral Anual Outra:

Fiscalizações. Frequência: Mensal Trimestral Semestral Anual Outra:

Outra: _____

Não há acompanhamento.

2.5 - Quais as maiores dificuldades e desafios quanto a implantação de sistemas de logística reversa no Estado ou Município?

Ausência de políticas específicas em âmbito estadual ou municipal

Resistência dos diversos entes em assumir a responsabilidade compartilhada

Ausência de diálogo entre o Poder Público e Setor Empresarial

Ausência de programas de educação ambiental e divulgação da Logística Reversa

Carência de corpo técnico

Ausência de fiscalização

Implementação não é prioridade dos órgãos ambientais

Outras: _____

2.6 - O Estado/Município dispõe de uma política de resíduos sólidos ou de leis específicas que tratem sobre a logística reversa?

Sim. Qual: _____

Não

2.7 - O Estado/Município licencia empreendimentos que **geram óleo lubrificante usado** e suas embalagens?

Sim. Que tipo de licença é exigida? _____

Não

2.8 - O Estado/Município licencia e fiscaliza empreendimentos que **utilizam o óleo lubrificante usado** em alguma etapa de seu ciclo produtivo?

Sim. Quais? _____

Não

2.9 - O Estado/Município licencia e fiscaliza empreendimentos que **utilizam embalagens de óleo em processo de reciclagem ou coprocessamento?**

() Sim. Quais? _____

() Não

2.10 - Quais são as exigências ambientais para esses empreendimentos?

2.11 - Há possibilidade do poder público incentivar a participação de cooperativas no processo logístico de embalagens de óleos lubrificantes?

() Sim. Como? _____

() Não

APÊNDICE III**Questionário elaborado para as empresas já participantes do Programa do Instituto Jogue Limpo****1. Identificação**

a. Data: _____

b. Nome do estabelecimento: _____

c. Número de funcionários: _____

d. Localização (com CEP):

e. Tipo de veículo atendido:

 Veículo de pequeno porte (carro de passeio) Veículo de grande porte (caminhões, ônibus, microônibus, etc.) Motocicleta

f. Tipo de serviço prestado pelo estabelecimento

 Troca de óleo Revenda e troca de óleo

g. Nome do entrevistado: _____

h. Cargo: _____

i. Nível de escolaridade:

 Fundamental I Fundamental II Ensino Médio Ensino Superior Pós-graduação**2. Informações relativas ao processo logístico**

2.1 - Tempo em que a empresa atua no mercado?

 Menos de 1 ano 1 a 3 anos 4 a 6 anos 7 a 9 anos 10 anos ou mais

2.2 - Há capacitação contínua dos funcionários?

 Sim Não

2.3 - Qual a frequência com que há troca de óleo no estabelecimento? (Número de veículos por semana)

1 a 5 veículos 6 a 10 veículos 11 a 15 veículos 16 a 20 veículos 21 a 25 veículos 26 a 30 veículos 31 a 35 veículos 36 a 40 veículos mais de 41 veículos

2.4 - Há orientação do comerciante ou distribuidor quanto ao correto manuseio do óleo?

Sim Não

2.5 Como é feito o armazenamento do óleo usado dentro do estabelecimento?

Em tambores e em local específico exclusivo para esse resíduo

Em tambores e em local específico exclusivo para resíduos contaminados com óleo lubrificante (estopas, filtros de óleo, etc.)

Em tambores e em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento, inclusive resíduos comuns

Em tambores em área geral do estabelecimento

Na embalagem plástica/invólucro e em local específico exclusivo para esse resíduo

Na embalagem plástica/invólucro e em local específico exclusivo para resíduos contaminados com óleo lubrificante (estopas, filtros de óleo, etc.)

Na embalagem plástica/invólucro e em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento, inclusive resíduos comuns

Outra (especificar): _____

2.5.1 - Há mecanismos para evitar o derramamento?

(...) Sim. Quais? _____ Não

2.6 - Qual a destinação do óleo usado?

Entregue a um ponto de coleta autorizado pelos órgãos ambientais

Empresa especializada (credenciada nos órgãos ambientais) recolhe

Armazenada no estabelecimento e entregue ao comerciante ou distribuidor

Descartado como resíduo comum (residencial)

Outra destinação: _____

2.7 - Você acredita que o descarte inadequado do óleo lubrificante usado pode provocar problemas ambientais?

Sim. Quais _____

Não

2.8 - Quantas embalagens de óleo lubrificante são geradas no estabelecimento? (Em unidades por semana)

1 a 5 embalagens 6 a 10 embalagens 11 a 15 embalagens 16 a 20 embalagens
 21 a 25 embalagens 26 a 30 embalagens 31 a 35 embalagens 36 a 40 embalagens
 41 a 45 embalagens 46 a 50 embalagens 51 a 55 embalagens 56 a 60 embalagens
 mais de 61 embalagens Outra (óleo vendido a granel, etc. O estabelecimento eventualmente gera embalagens.)

2.9 - Como é feito o armazenamento dessas embalagens?

Em local específico exclusivo para embalagens usadas de óleo lubrificante

Em local específico exclusivo para resíduos contaminados com óleo lubrificante (embalagens, estopas, filtros de óleo, etc.)

Em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento, inclusive resíduos comuns

Outra: _____

2.10 - Há segregação entre os diferentes tipos de resíduos gerados no estabelecimento?

Sim Não

2.11 - Há drenagem das embalagens antes de seu recolhimento pelo Instituto Jogue Limpo?

Sim. Como é feita: _____

Não

2.12 - As embalagens são encaminhadas somente ao Instituto Jogue Limpo ou tem outra destinação?

Sim Não. Qual a outra destinação: _____

2.13 - Antes da adesão ao Programa de Logística Reversa do Instituto Jogue Limpo, qual era a destinação das embalagens?

Catadores coletavam

Entregue a um ponto de coleta autorizado pelos órgãos ambientais

Outra empresa especializada recolhia

Armazenada no estabelecimento e entregue ao comerciante ou distribuidor

Descartada como resíduo comum (residencial)

() Outra destinação: _____

2.14 - Você acredita que o descarte inadequado das embalagens pode provocar problemas ambientais?

() Sim. Quais _____

() Não

2.15 - Houve mudanças estruturais na empresa para adaptação ao programa de logística reversa?

() Sim. Qual (is): _____

() Não

2.16 - Houve algum aumento dos custos mensais para a empresa ao aderir ao Programa?

() Sim. Qual (is): _____

() Não

2.17 - Na empresa existe algum departamento específico que se encarregue exclusivamente pela logística reversa?

() Sim. Qual _____

() Não

2.18 - Todos os funcionários da empresa estão conscientes e comprometidos com o programa?

() Sim () Não

2.19 - Há capacitação contínua dos funcionários quanto ao programa de logística reversa?

() Sim () Não

2.20 - Qual a motivação para a adesão ao programa por parte da empresa

() Adesão voluntária

() Exigência por parte dos órgãos ambientais

() Exigência por parte dos clientes

() Outra: _____

2.21 - A empresa é licenciada pelos órgãos ambientais:

() Sim () Não

2.22 - A empresa possui PGRS?

Sim Não

2.23 - A empresa já foi ou é fiscalizada por órgãos ambientais?

Sim. Com qual frequência? _____ Não

2.24 - Você acredita que a adesão ao programa tem ou pode melhorar a imagem da empresa perante os “stakeholders”?

Sim Não

2.25 - A adesão ao Programa é ou foi comunicada aos clientes?

Sim Não

2.26 - Os clientes valorizam e reconhecem o sistema de logística reversa adotado?

Sim Não

2.27 - Qual a importância em participar do Programa de Logística Reversa operado pelo Instituto Jogue Limpo?

APÊNDICE IV**Questionário aplicado aos prestadores de serviço de troca de óleo (com e sem revenda) não cadastrados no Instituto Jogue Limpo****1. Identificação**

a. Data: _____

b. Nome do estabelecimento: _____

c. Número de funcionários: _____

d. Localização (com CEP): _____

e. Tipo de veículo atendido:

 Veículo de pequeno porte (carro de passeio) Veículo de grande porte (caminhões, ônibus, microônibus, etc.) Motocicleta

f. Tipo de serviço prestado pelo estabelecimento

 Troca de óleo Revenda e troca de óleo

g. Nome do entrevistado: _____

h. Cargo: _____

i. Nível de escolaridade:

 Fundamental I Fundamental II Ensino Médio Ensino Superior Pós-graduação**2. Informações relativas ao processo logístico**

2.1 - Tempo em que a empresa atua no mercado?

 Menos de 1 ano 1 a 3 anos 4 a 6 anos 7 a 9 anos 10 anos ou mais

2.2 - Há capacitação contínua dos funcionários?

 Sim Não

2.3 - Qual a frequência com que há troca de óleo no estabelecimento? (Número de veículos por semana)

1 a 5 veículos 6 a 10 veículos 11 a 15 veículos 16 a 20 veículos 21 a 25 veículos 26 a 30 veículos 31 a 35 veículos 36 a 40 veículos mais de 41 veículos

2.4 - Há orientação do comerciante ou distribuidor quanto ao correto manuseio do óleo?

Sim Não

2.5 Como é feito o armazenamento do óleo usado dentro do estabelecimento?

Em tambores e em local específico exclusivo para esse resíduo

Em tambores e em local específico exclusivo para resíduos contaminados com óleo lubrificante (estopas, filtros de óleo, etc.)

Em tambores e em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento, inclusive resíduos comuns

Em tambores em área geral do estabelecimento

Na embalagem plástica/invólucro e em local específico exclusivo para esse resíduo

Na embalagem plástica/invólucro e em local específico exclusivo para resíduos contaminados com óleo lubrificante (estopas, filtros de óleo, etc.)

Na embalagem plástica/invólucro e em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento, inclusive resíduos comuns

Outra (especificar): _____

2.5.1 - Há mecanismos para evitar o derramamento?

(...) Sim. Quais _____ Não

2.6 - Qual a destinação do óleo usado?

Entregue a um ponto de coleta autorizado pelos órgãos ambientais

Empresa especializada (credenciada nos órgãos ambientais) recolhe

Armazenada no estabelecimento e entregue ao comerciante ou distribuidor

Descartado como resíduo comum (residencial)

Outra destinação: _____

2.7 - Você acredita que o descarte inadequado do óleo lubrificante usado pode provocar problemas ambientais?

Sim. Quais _____

Não

2.8 - Quantas embalagens de óleo lubrificante são geradas no estabelecimento por semana? (Em unidades)

1 a 5 embalagens 6 a 10 embalagens 11 a 15 embalagens 16 a 20 embalagens
 21 a 25 embalagens 26 a 30 embalagens 31 a 35 embalagens 36 a 40 embalagens
 41 a 45 embalagens 46 a 50 embalagens 51 a 55 embalagens 56 a 60 embalagens
 mais de 61 embalagens Outra (óleo vendido a granel, etc. O estabelecimento eventualmente gera embalagens.)

2.9 - Há orientação dos comerciantes ou distribuidores quanto ao correto manuseio das embalagens após o uso?

Sim Não

2.10 - Você já recebeu alguma informação quanto ao armazenamento e descarte das embalagens por outros meios de informação?

Sim Não

2.11 - Há segregação entre os diferentes tipos de resíduos gerados no estabelecimento?!

Sim Não

2.12 - Como é feito o armazenamento dessas embalagens?

Em local específico exclusivo para embalagens usadas de óleo lubrificante

Em local específico exclusivo para resíduos contaminados com óleo lubrificante (embalagens, estopas, filtros de óleo, etc.)

Em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento, inclusive resíduos comuns

Outra: _____

2.13 - Como são descartadas as embalagens usadas no estabelecimento?

Catadores coletam

Entregue a um ponto de coleta autorizado pelos órgãos ambientais

Empresa especializada (credenciada nos órgãos ambientais) recolhe

Armazenada no estabelecimento e entregue ao comerciante ou distribuidor

Descartada como resíduo comum (residencial)

Vende somente a granel

Outra destinação: _____

2.14 - Você acredita que o descarte inadequado das embalagens pode provocar problemas ambientais?

Sim. Quais _____

Não

2.15 - Já ouviu falar na Política Nacional de Resíduos Sólidos?

Sim Não

2.16 - Sabe o que é em logística reversa?

Sim Não

2.17 - Sabe qual a responsabilidade desse estabelecimento no processo de logística reversa?

Sim Não

2.18 - Se houvesse algum ponto de recebimento das embalagens na cidade, você estaria disposto a armazená-las e entregá-las voluntariamente?

Sim Não

2.19 - Qual a maior distância que estaria disposto a percorrer para devolver as embalagens nos pontos de entrega voluntária?

não tem interesse menos de 1 km 1 a 3 km 4 a 6 km 7 a 9 km 10 km ou mais

2.20 - E caso houvesse uma empresa que passasse coletando as embalagens no estabelecimento. Você armazenaria e entregaria voluntariamente?

Sim Não

2.21 - Qual o tempo máximo que o estabelecimento estaria disposto a armazenar as embalagens em suas dependências no caso da coleta itinerante (porta-a-porta)?

não tem interesse menos de 1 mês 1 a 2 meses 3 a 4 meses 5 a 6 meses
 mais de 6 meses Outro: _____

2.22 - Para você qual a melhor alternativa para devolução das embalagens?

Ponto de entrega voluntária

Coleta porta-a-porta (coleta itinerante)

Ambos (PEV e Coleta itinerante)

Não tem interesse

2.24 - Gostaria de receber algum tipo de formação ou treinamento sobre logística reversa?

Sim Não

2.25 - A empresa é licenciada pelos órgãos ambientais:

Sim Não

2.26 - A empresa possui PGRS?

Sim Não

2.27 -A empresa já foi ou é fiscalizada por órgãos ambientais?

Sim. Com qual frequência? _____ Não

APÊNDICE V**Questionário aplicado aos comerciantes (somente revenda) não cadastrados no Instituto Jogue Limpo****1. Identificação**

a. Data: _____

b. Nome do estabelecimento: _____

c. Número de funcionários: _____

d. Localização (com CEP): _____

g. Nome do entrevistado: _____

h. Cargo: _____

i. Nível de escolaridade:

Fundamental I Fundamental II Ensino Médio Ensino Superior Pós-graduação

2. Informações relativas ao processo logístico

2.1 - Tempo em que a empresa atua no mercado?

Menos de 1 ano 1 a 3 anos 4 a 6 anos 7 a 9 anos 10 anos ou mais

2.2 - Há capacitação contínua dos funcionários?

Sim Não

2.3 - Qual a quantidade de óleo lubrificante vendida pelo estabelecimento por mês?

menos que 10 L 11 a 20 L 21 a 30 L 31 a 40 L 41 a 50 L 51 a 60 L 61 a 70 L 71 a 80 L 81 a 90 L 91 a 100 L mais de 101 L

2.4 - O estabelecimento recebe as embalagens de óleo lubrificante após uso pelo cliente?

Sim Não

2.4.1 - (Se "SIM") Como é feito o armazenamento dessas embalagens no estabelecimento?

Em local específico exclusivo para embalagens usadas de óleo lubrificante

Em local específico exclusivo para resíduos contaminados com óleo lubrificante (embalagens, estopas, filtros de óleo, etc.)

Em área geral juntamente com os demais resíduos gerados no estabelecimento, inclusive resíduos comuns

Outra: _____

2.4.2 - (Se “SIM”) Há segregação entre os diferentes tipos de resíduos gerados no estabelecimento?

Sim Não

2.4.3 - (Se “SIM”) Qual a destinação das embalagens recolhidas por essa empresa?

Catadores coletam

Entregue a um ponto de coleta autorizado pelos órgãos ambientais

Empresa especializada (credenciada nos órgãos ambientais) recolhe

Armazenada no estabelecimento e entregue ao distribuidor

Descartada como resíduo comum (residencial)

Outra destinação: _____

2.5 - Há ou houve orientação dos distribuidores ou fabricantes de óleo para o recebimento das embalagens óleo após o uso?

Sim Não

2.6 - Você acredita que o descarte inadequado das embalagens pode provocar problemas ambientais?

Sim. Quais _____

Não

2.7 - Já ouviu falar na Política Nacional de Resíduos Sólidos?

Sim Não

2.8 - Sabe o que é logística reversa?

Sim Não

2.9 - Sabe qual a responsabilidade desse estabelecimento no processo de logística reversa?

Sim Não

2.10 - Se houvesse algum ponto de recebimento das embalagens na cidade, você estaria disposto a armazená-las e entregá-las voluntariamente?

Sim Não

2.11 - Qual a maior distância que estaria disposto a percorrer para devolver as embalagens nos pontos de entrega voluntária?

não tem interesse menos de 1 km 1 a 3 km 4 a 6 km 7 a 9 km 10 km ou mais

2.12 - E caso houvesse uma empresa que passasse coletando as embalagens no estabelecimento. Você armazenaria e entregaria voluntariamente?

Sim Não

2.13 - Qual o tempo máximo que o estabelecimento estaria disposto a armazenar as embalagens em suas dependências no caso da coleta itinerante (porta-a-porta)?

não tem interesse menos de 1 mês 1 a 2 meses 3 a 4 meses 5 a 6 meses
 mais de 6 meses Outro: _____

2.14 - Para você qual a melhor alternativa para devolução das embalagens?

- Ponto de entrega voluntária
 Coleta porta-a-porta (coleta itinerante)
 Ambos (PEV e Coleta itinerante)
 Não tem interesse

2.15 - Gostaria de receber algum tipo de formação ou treinamento sobre logística reversa?

Sim Não

2.16 - A empresa é licenciada pelos órgãos ambientais:

Sim Não

2.17 - A empresa possui PGRS?

Sim Não

2.18 - A empresa já foi ou é fiscalizada por órgãos ambientais?

Sim. Com qual frequência (Mensal/Anual/Outra)? _____

Não

APÊNDICE VI

Resultados da análise completa da aplicação do método “*Analytic Hierarchy Process*” no software SuperDecisions®

Figura I - Representação da estrutura hierárquica para avaliação e seleção de área para instalação de ecoponto no município de Juazeiro do Norte-CE

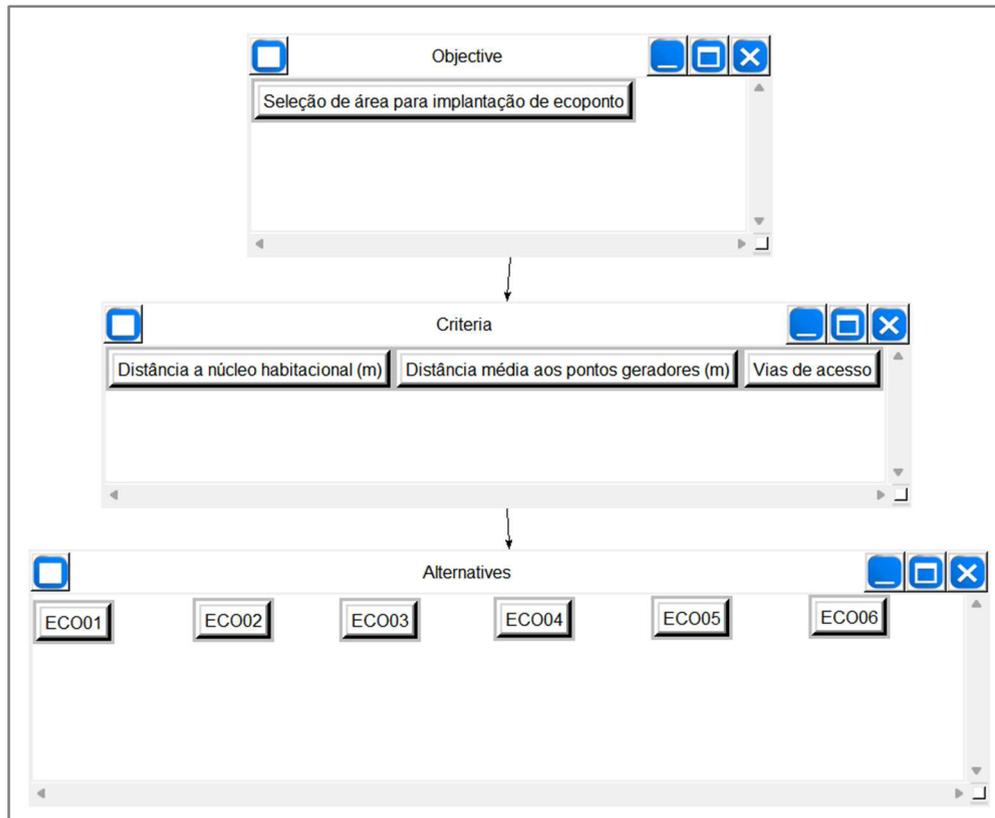


Figura II - Matriz de julgamento dos critérios

a) Comparisons wrt "Seleção de área para implantação de ecoponto" node in "Criteria" cluster

1. Distância a nú~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Distância média~
2. Distância a nú~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Vias de acesso
3. Distância média~	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	Vias de acesso

b)

Inconsistency: 0.02795	
Distância~	0.18517
Distância~	0.65864
Vias de a~	0.15618

Legenda: (a) comparação pareada entre os critérios; (b) consistência do julgamento e Vetor Prioridade

Figura III - Matriz de julgamento das alternativas com relação ao critério “Distância média aos pontos geradores (m)”

a)

Comparisons wrt "Distância média aos pontos geradores (m)" node in "Alternatives" cluster

1. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO02
2. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO03
3. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO04
4. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05
5. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06
6. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO03
7. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO04
8. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05
9. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06
10. ECO03	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO04
11. ECO03	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05
12. ECO03	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06
13. ECO04	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05
14. ECO04	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06
15. ECO05	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06

b)

Inconsistency: 0.01858

ECO01		0.11766
ECO02		0.03182
ECO03		0.04639
ECO04		0.27702
ECO05		0.07651
ECO06		0.45060

Legenda: (a) comparação pareada; (b) consistência do julgamento e Vetor Prioridade

Figura IV - Matriz de julgamento das alternativas com relação ao critério “Vias de acesso”

a)

Comparisons wrt "Vias de acesso" node in "Alternatives" cluster
ECO02 is moderately more important than ECO01

1. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO02	
2. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO03	
3. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO04
4. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05
5. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06	
6. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO03	
7. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO04	
8. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05	
9. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06
10. ECO03	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO04	
11. ECO03	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05	
12. ECO03	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06	
13. ECO04	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05
14. ECO04	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06	
15. ECO05	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06	

b)

Inconsistency: 0.01573

ECO01		0.11672
ECO02		0.30939
ECO03		0.03107
ECO04		0.11672
ECO05		0.11672
ECO06		0.30939

Legenda: (a) comparação pareada; (b) consistência do julgamento e Vetor Prioridade

Figura V - Matriz de julgamento das alternativas com relação ao critério “Distância a núcleo habitacional (m)”

a) Comparisons wrt "Distância a núcleo habitacional (m)" node in "Alternatives" cluster
ECO01 is equally as important as ECO02

1. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO02
2. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO03
3. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO04
4. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05
5. ECO01	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06
6. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO03
7. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO04
8. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05
9. ECO02	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06
10. ECO03	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO04
11. ECO03	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05
12. ECO03	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06
13. ECO04	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO05
14. ECO04	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06
15. ECO05	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	ECO06

b) Inconsistency: 0.00059

ECO01		0.09005
ECO02		0.09005
ECO03		0.09005
ECO04		0.09005
ECO05		0.46484
ECO06		0.17495

Legenda: (a) comparação pareada; (b) consistência do julgamento e Vetor Prioridade

Figura VI - Resultado das prioridades das alternativas

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
ECO01		0.297745	0.112399	0.056199
ECO02		0.227697	0.085956	0.042978
ECO03		0.137975	0.052086	0.026043
ECO04		0.575787	0.217360	0.108680
ECO05		0.409796	0.154698	0.077349
ECO06		1.000000	0.377501	0.188750

