UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Modelo multicritério para a seleção de fornecedores na reciclagem do resíduo do óleo lubrificante

JÔNIA MARCELA DA S. LIMA FALCÃO

Orientador: Prof. Cristiano Alexandre Virgínio Cavalcante

RECIFE, MARÇO/ 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Modelo multicritério para a seleção de fornecedores na reciclagem do resíduo do óleo lubrificante

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE
POR

JÔNIA MARCELA DA S. LIMA FALCÃO

Orientador: Cristiano Alexandre Virgínio Cavalcante, Doutor

RECIFE, MARÇO/ 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE

JÔNIA MARCELA DA SILVA LIMA FALCÃO

"MODELO MULTICRITÉRIO PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDORES NA RECICLAGEM DO RESÍDUO DO ÓLEO LUBRIFICANTE"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GERÊNCIA DA PRODUÇÃO

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera a candidata **JÔNIA MARCELA DA SILVA LIMA FALCÃO APROVADA.**

Recife, 13 de março de 2012.

Cristiano Alexandre V. Cavalcante
Prof. CRISTIANO ALEXANDRE VIRGÍNIO CAVALCANTE, Doutor (UFPE)

Luciana Hazin Alencar
Profa. LUCIANA HAZIN ALENCAR, Doutor (UFPE)

Prof. JOSÉ GILSON DE ALMEIDA TEIXEIRA FILHO, Doutor (UPE)

Catalogação na fonte
Bibliotecária Raquel Cortizo, CRB-4 664

F178m Falcão, Jônia Marcela da S. Lima.
Modelo multicritério para a seleção de fornecedores na reciclagem do resíduo do óleo lubrificante / Jônia Marcela da S. Lima Falcão. - Recife: O Autor, 2012.
xii, 99 folhas, il., gráfs., tabs...

Orientador: Prof. Cristiano Alexandre Virgínio Cavalcante.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produçãol, 2012.
Inclui Referências Bibliográficas, Anexo e Apêndice.

1. Engenharia da Produção 2.Resíduo de óleo lubrificante. 3. Reciclagem. 4. Modelo multicritério. 5. Fornecedores terceirizados I. Cavalcante, Cristiano Alexandre Virgínio (Orientador) II.. Título

UFPE

658.5 CDD (22. ed.) BCTG/2012-098

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me ajudar a concluir mais uma etapa da minha vida. A minha força e vitória tem a sua presença constante;

Aos meus pais, Jônio, Marilene, minha vó Líndalva e a todos os meus familiares, pela confiança e incentivo nos momentos mais difíceis. Aos meus sogros, Arlene e Fernando que me concederam seu apartamento durante o período em que precisei para concluir o mestrado;

Ao professor Cristiano Cavalcante a quem admiro pelo profissionalismo e pessoa. Agradeço de coração o apoio, a orientação e a confiança depositada em mim;

A todos os professores do mestrado;

Ao meu esposo, Fúlvio pela paciência durante os meus estudos, amor, apoio e a amizade que sempre pude contar. Com você tenho compartilhado dificuldades e sonhos. A conclusão deste mestrado representa em nossas vidas mais um sonho alcançado;

As amigas do mestrado, Carla, Denílson, Mayne, Natália, Deise, Taciana e Marcela, pela amizade, companheirismo e a partilha de conhecimentos;

Ao PPGEP pela oportunidade, e ao CNPq pelo apoio financeiro.

RESUMO

O óleo lubrificante é um produto elaborado para cumprir a função principal de reduzir o atrito e o desgaste entre as partes móveis de um equipamento. Após certo tempo de uso, este insumo sofre a deterioração ou a contaminação dos seus elementos perdendo as suas propriedades originais exigindo a sua substituição. O óleo lubrificante quando é descartado de forma inadequada e negligente, representa sérios riscos para a saúde humana e ao meio ambiente. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da resolução de nº 362/2005 determina a reciclagem através do processo de rerrefino o destino ambientalmente correto deste insumo após atingir o seu efetivo fim de vida. Diante do problema exposto, faz-se necessária propor um modelo que considera selecionar a prestação de serviço terceirizado de fornecedores para coletar o óleo lubrificante usado e encaminhá-lo a reciclagem. Assim sendo, a abordagem multicritério para apoiar a decisão é bastante útil uma vez que, o processo de selecionar fornecedores representa para o decisor o envolvimento de muitas alternativas e múltiplos critérios. Este estudo apresenta um modelo de decisão que fornece um *ranking* de alternativas para selecionar fornecedores que irão coletar o resíduo do óleo lubrificante, por meio da utilização do método de sobreclassificação PROMETHEE III.

Palavras Chaves**: Resíduo de óleo lubrificante, reciclagem, modelo multicritério, fornecedores terceirizados.**

ABSTRACT

The lube oil is a product designed to meet the primary function of reducing friction and wear between moving parts of equipment. After some time of use this isumi suffer deterioration or contamination of its elements loses its original properties requiring their replacement. The lube oil when it is disposed of improperly and negligently, poses serious risks to human health and the environment. The National Environment (CONAMA) by resolution n° 362/2005 determines the recycling through the process of re-refining the environmental fate of this material right after reaching the end of their effective life. Given the stated problem, it is necessary to apply a model that considers the provision of select third party service providers to collect the used lube oil and send it for recycling. Therefore, the multicritério approach to support the decision very useful since the process of selecting suppliers is to the decision maker is the involvement of many alternatives and multiple criteria. This study presents a decision model that provides a ranking of alternatives to select providers who will collect the waste lube oil through the use of outranking method PROMETHEE III.

Keywords: **waste lube oil, recycling, multicritério model, outsourcing suppliers.**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 Justificativa 15
1.2 Objetivos 16
1.2.1 Objetivo geral 16
1.2.2 Objetivos específicos 16
1.3 Metodologia 16
1.4 Estrutura da dissertação 17
2 BASE CONCEITUAL 19
2.1 A Logística e a Gestão da Cadeia de Suprimento: Origem, evolução e conceitos 19
2.2 Transporte 23
2.2.1 Os modais básicos de transporte 26
2.3 A Logística Reversa 29
2.3.1 Canais de distribuição Reverso de pós-consumo e de pós-venda 32
2.4 A Logística Reversa do óleo lubrificante 35
2.4.1 Os impactos ambientais e na saúde pública causados pelo destino inadequado do resíduo do óleo lubrificante 37
2.4.2 A coleta do resíduo do óleo lubrificante 39
2.4.3 O resíduo do óleo lubrificante: Transporte e a importância da legislação vigente 43
2.5 A Logística terceirizada 47
2.5.1 A terceirização de fornecedores 48
2.6 Método de apoio à Decisão Multicritério 50
2.6.1 Método de sobreclassificação 51
3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO PROPOSTO 62
3.1 Justificativa da escolha do método PROMETHEE III 62
3.2 Descrição do modelo 63
3.3 Estrutura do problema multicritério 64
3.3.1 Decisor 64
3.3.2 Conjunto de Alternativas 64
3.3.3 Determinação dos critérios 65
3.3.4 Avaliação das alternativas em relação aos critérios 67
4 MODELO PROPOSTO 73
4.1 Determinação dos pesos dos critérios 73

4.2 Determinação da função preferência e avaliação 74
4.3 Modelo proposto baseado no PROMETHEE III 75
4.4 Obtenção do *ranking* das alternativas 77
4.5 Análise de sensibilidade 78
5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS 81
5.1 Conclusões 81
5.2 Propostas para trabalhos futuros 82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 84

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Evolução da Logística Integrada 20
Figura 2. 2: Elementos básicos da Logística 22
Figura 2.3: A função do transporte nos serviços logísticos 24
Figura 2.4: Canais de distribuição diretos e reversos 32
Figura 2. 5: Fluxo explicativo da logística reversa de pós-consumo e de pós-venda 35
Figura 2.6: Fluxo de sobreclassificação 57
Figura 2.7: Fluxo de sobreclassificação de entrada 58
Figura 2.8: Cadeia direta e reversa do óleo lubrificante 44
Figura 2.9: O movimento upstream do resíduo do óleo lubrificante – Coleta e Reciclagem ... 45
Figura 2.10: Cadeia de diferentes conjuntos de transporte 57
Figura: 2.11: Caminhão autorizado para a coleta do óleo usado 58
Figura 3.1: Fluxograma da descrição do modelo 63
Figura 4.1: Descrição de passos do PROMETHEE III 75

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Diferenças da logística direta e reversa 31
Tabela 2.2: Tipos de óleos..... 36
Tabela 2.3: Configuração dos centros de coleta por regiões do Brasil..... 46
Tabela 2.4:Distribuição por região da coleta regular do resíduo do óleo lubrificante..... 46
Tabela 3.1: As alternativas e respectivas descrições 65
Tabela 3.2: Relação dos critérios..... 66
Tabela 3.3: Conversão da escala verbal em escala numérica para os critérios C1, C2, C3, C4, C5, C6. 67
Tabela 3.4: Avaliação da escala para o critério C1 68
Tabela 3.5: Avaliação da escala para o critério C2 69
Tabela 3.6: Avaliação da escala para o critério C3 69
Tabela 3.7: Avaliação da escala para o critério C4 70
Tabela 3.8: Avaliação da escala para o critério C5 71
Tabela 3.9: Avaliação da escala para o critério C6 71
Tabela 4.1: Pesos dos critérios 73
Tabela 4.2: Funções de preferência e respectivos parâmetros..... 74
Tabela 4.3: Avaliação das alternativas realizada pelo decisor 74
Tabela 4.4: Fluxo de sobreclassificação (a)..... 76
Tabela 4.5: Desvio padrão (σ_a^2) para as respectivas alternativas..... 76
Tabela 4.6: Intervalo para as respectivas alternativas..... 77
Tabela 4.7: Ranking das alternativas..... 78
Tabela 4.8: Variações dos pesos em +20% e -20%..... 79
Tabela 4.9: Ranking das alternativas após a análise de sensibilidade..... 79

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 2.1: 39
Equação 2.2: 42
Equação 2.3: 42
Equação 2.4: 44
Equação 2.5: 45
Equação 2.6: 45
Equação 2.7: 45

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

OLUC – Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado

CSCMP - *Concil of Supply Chain Management Professionals*

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

LR – Logística Reversa

ANP – Agência Nacional de Petróleo

MCDA - *Multiple Criteria Decision Analysis*

ELECTRE - *Elimination Et Choix Tradusional La Réalité*

PROMETHEE - *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evalution*

SCM - *Supply Chain Management*

CDD – Canal de Distribuição Direto

CDR – Canal de Distribuição Reverso

MAUT - *Multiple Atribute Utility Theory*

LT - Logística Terceirizada

TIC- Tecnologia da Informação e Comunicação

1 *INTRODUÇÃO*

Desde primórdios, a logística sempre se fez presente nas atividades humanas devido à necessidade dos bens e serviços serem disponibilizados, tendo em vista que a produção e o consumo não se encontram no mesmo espaço. Contudo, só a partir da Segunda Guerra Mundial que houve o desenvolvimento do estudo sistemático nesta área. Desde então, o interesse pelo estudo no campo da logística vem crescendo celeremente.

Nesta perspectiva, a evolução da logística trouxe significativas transformações, principalmente às empresas, as quais inseridas em um ambiente competitivo, buscam superar suas metas através da distribuição dos produtos com pontualidade, exatidão e ao menor custo possível.

De acordo com o *Concil of Supply Chain Management Professionals* – CSCMP (2011) a logística é definida como o processo de planejamento, implementação e controle de forma eficiente e eficaz do canal direto, englobando operações de armazenagem, distribuição de produtos e o fluxo de informações.

No campo da logística, destaca-se uma área de estudo que nasce do pensamento sustentável em que as empresas e a sociedade vem se comprometendo atualmente: a Logística Reversa (LR). A LR corresponde ao conjunto de atividades que está diretamente ligado a processos como: a reciclagem, a reutilização, a reparos e a remanufatura

Neste contexto, Leite (2009) apresenta a definição da LR como o planejamento, a operação e o controle do fluxo de informações que inclui o retorno dos materiais por meio dos canais de distribuição reverso de pós-consumo e de pós-venda. Tibben-Lembke & Rogers (2002) expõe outra definição da LR como o movimento de produtos e materiais que percorre o fluxo inverso da cadeia originando-se do descarte realizado de bens inservíveis ou que ainda possuem condições de utilização.

Desta forma, classificado na categoria de produto de pós-consumo, o óleo lubrificante representa um importante insumo para a vida moderna e a sua disposição de forma inadequada afeta em potencial o ar, a água, o solo e, consequentemente, a todos os seres vivos que habitam nosso planeta. Neste sentido, a Associação Brasileira de Norma Técnicas (ABNT) enquadra o óleo lubrificante como um resíduo perigoso tornando obrigatória a logística reversa deste produto. A disposição de forma inadequada deste resíduo oferece sérios riscos ao meio ambiente causando grandes prejuízos a fauna e a flora devido a geração de compostos perigosos. Em relação à saúde humana o risco está associado ao acúmulo de

toxinas na superfície, onde pode atingir o homem por meio da ingestão de alimentos contaminados, fato este que pode provocar o comprometimento das funções dos órgãos do corpo humano (IBAMA, 2008).

Diante dos problemas que o resíduo do óleo lubrificante provoca quando é descartado de forma negligente o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da resolução de nº 362/2005 determina o rerrefino como o processo de reciclagem escolhido para a destinação ambientalmente correta do óleo lubrificante após atingir o seu efetivo fim de vida. O rerrefino refere-se aos vários processos tecnológicos de reciclagem capazes de recuperar os elementos químicos os quais compõem o óleo lubrificante usado tornando possível a sua reutilização.

No Brasil, o transporte do óleo lubrificante é explorado por empresas coletoras que são homologadas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), conforme as determinações legais que exige a certificação do transporte para a coleta. Segundo o Ibama (2008) a atividade da coleta admite empresas de transporte constituídas somente para o exercício dessa atividade sob a forma de prestadoras de serviços, as quais devem atender aos requisitos legais. Os benefícios provenientes da execução da coleta do resíduo do óleo lubrificante são vários, tais como: a preservação ambiental, a diminuição dos custos operacionais, o controle da qualidade e a imagem da empresa em sintonia com o desenvolvimento sustentável.

O uso do resíduo do óleo lubrificante configura-se de uma forma bastante dispersa geograficamente o que dificulta o processo da coleta e o controle de manuseamento. É neste sentido, que a terceirização de empresas coletoras pode garantir a qualidade do serviço. Para Simchi-levi *et al* (2003) a utilização da logística terceirizada é uma prática cada vez mais comum e oferece inúmeras vantagens à empresa contratante.

Assim sendo, a indústria de rerrefinaria deve fazer a seleção de fornecedores terceirizados para que os mesmos possam realizar a atividade de coleta do resíduo do óleo, com o objetivo de garantir o bom desempenho na qualidade do serviço prestado.

Para auxiliar a seleção destes fornecedores, a utilização da ferramenta de análise de apoio à decisão multicritério - *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) torna-se indispensável no intuito de contribuir no processo da tomada de decisão que envolve múltiplos critérios.

Para tanto, far-se-á o uso do método de apoio à decisão multicritério com ênfase na modelagem de sobreclassificação, baseada no PROMETHEE III. Nesta perspectiva, tal

método abordado irá prover o *ranking* de fornecedores terceirizados que auxiliará o decisor por meio de uma análise sistemática dos múltiplos critérios envolvidos no processo de selecionar fornecedores terceirizados, os quais realizarão a coleta do resíduo do óleo lubrificante.

1.1 **Justificativa**

A Logística Reversa vem desempenhando um papel importante para as empresas devido a fatores como: o seu potencial econômico e a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente.

No Brasil, são consumidos anualmente cerca de 1 bilhão de litros do óleo lubrificante, que geram 450 milhões de litros de lubrificante usado. Deste total 200 milhões não são coletados e possui uma destinação desconhecida provocando danos ambientais irreparáveis (SINDIRERREFINO, 2007). As longas distancias, devido a extensão geográfica do Brasil, e a pulverização são os principais fatores que dificultam a coleta e o encaminhamento do resíduo lubrificante até uma rerrefinaria.

O trabalho se justifica pela importância de estudar a logística reversa do Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado (OLUC), vulgarmente conhecido como óleo queimado, sendo este considerado um resíduo perigoso segundo a ABNT (NBR 10.004). Por esta razão, a Logística Reversa deste insumo é obrigatória por apresentar componentes insalubres para a saúde humana e para o meio ambiente.

Após certo tempo de uso, o óleo lubrificante sofre a deterioração ou a contaminação dos seus elementos perdendo as suas propriedades originais exigindo a sua substituição. Neste sentido, o processo do rerrefino possui a capacidade de recuperação dos elementos, além de oferecer vantagens econômicas, legais, sociais e ambientais. A reciclagem do resíduo do óleo lubrificante por meio do processo de rerrefino faz com que este insumo seja transformado novamente em óleo lubrificante com as mesmas propriedades do óleo refinado da matéria-prima original. Além da capacidade de reaproveitamento para a reciclagem, o óleo lubrificante representa um recurso mineral valioso devido o seu uso ser bastante diversificado em vários segmentos do mercado, tais como: no uso doméstico, na lubrificação de peças dos automóveis e nas indústrias (IBAMA, 2008).

Por se tratar de um insumo perigoso e de elevado potencial de reciclabilidade foi promulgada em agosto de 2010 a Lei Nacional dos Resíduos Sólidos de n° 12.305 que

regulamenta a gestão do resíduo do óleo lubrificante por meio de um conjunto de ações e evidencia a preocupação que se deve ter com as diversas etapas, como a coleta e o transporte em condições apropriadas e devidamente regularizado e controlado.

Desta forma, não é trivial realizar um estudo que aborde a importância de selecionar coletores terceirizados os quais fará a disposição correta do óleo lubrificante usado. Os coletores encaminhará este insumo para a indústria de reciclagem. Este trabalho optou escolher o óleo lubrificante devido a importância que representa para o desenvolvimento da vida moderna e pelos sérios riscos que oferece quando descartado de forma inadequada.

1.2 **Objetivos**

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta dissertação é propor um modelo multicritério para auxiliar a tomada de decisão no que se refere a seleção de fornecedores terceirizados para realizar a coleta do resíduo do óleo lubrificante baseado no método PROMETHEE III.

1.2.2 Objetivos específicos

Para se atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos são estabelecidos:

- Detectar e analisar os benefícios à saúde humana e ao meio ambiente provenientes da execução da coleta do resíduo do óleo lubrificante;
- Destacar os principais aspectos referentes à seleção de fornecedores que encaminhará o resíduo em estudo para a reciclagem;
- Propor um modelo multicritério para apoiar o decisor na complexa tarefa de selecionar fornecedores para realizar a coleta do resíduo de óleo lubrificante;
- Analisar e avaliar a consistência dos resultados obtidos.

1.3 **Metodologia**

Há vários métodos desenvolvidos para o tratamento de problemas que a utiliza múltiplos critérios. Assim sendo, a estruturação e a resolução do problema pode variar um pouco em função do tipo de método utilizado. Ressalta-se ainda, a diversidade de autores que propõem formulações a ser seguidas para a construção de modelos de decisão.

De maneira geral, nesta dissertação far-se-á uso do processo de estruturação proposto por Winderfeldt (1980), o qual corresponde a sequencia de ações que constituem o arcabouço metodológico. O autor divide em quatro etapas a metodologia multicritério, como segue:

I. A estruturação do problema – corresponde a identificar os parâmetros que serão utilizados no modelo, tais como as características do ambiente de trabalho, valores, o decisor e as alternativas de decisão;
II. A formulação de modelos de inferência e de preferência;
III. Elicitação de probabilidade e utilidades;
IV. Exploração dos resultados do modelo numérico.

A construção destas etapas consiste em um processo de desenvolver uma estrutura analítica para formalizar o conteúdo do trabalho detalhado. Winterfeldt (1980) recomenda que na quarta etapa seja realizada ainda uma análise de sensibilidade, no intuito de verificar a robustez do modelo proposto.

Como já mencionado o processo de estruturação pode variar em função do tipo de método utilizado. Na presente dissertação optou-se por utilizar o métodoPROMETHEE III baseado na relação de sobreclassificação. Neste caso, os passos dois e três serão eliminados porque ao invés da elicitação das probabilidades e utilidades, outros aspectos relativos a informação intra-critério serão levantados.

Segundo Doumpos *et al.* (2009) o método de sobreclassificação constitui uma divisão importante da análise de apoio à decisão multicritério. Dentre os métodos de sobreclassificação o presente trabalho irá utilizar o método PROMETHEE III para solucionar o problema de contratar fornecedores terceirizados para execução da coleta do resíduo do óleo lubrificante.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação está estruturada em seis capítulos:

O capítulo 1 apresenta uma introdução ao estudo destacando a evolução da logística e a Logística Reversa. Neste contexto, abordar-se-á ainda a preocupação com a disposição adequada do óleo lubrificante usado que, de acordo com a legislação vigente, deve ser encaminhado a reciclagem, tendo em vista que trata-se de insumo classificado na categoria perigosa. O capítulo apresentará também a problemática, a justificativa e os objetivos do trabalho.

O capítulo 2 traz a fundamentação teórica para o estudo. Neste capítulo serão apresentados os pontos que se seguem: a logística, a atividade do transporte e a Logística Reversa. É ainda abordado neste capítulo o modelo de apoio à decisão multicritério destacando os métodos de sobreclassificação, com ênfase no modelo PROMETHEE III.

O capitulo 3 abordará a revisão da literatura. Será apresentada uma revisão sobre a Logística Reversa do resíduo do óleo lubrificante, com proeminência a atividade da coleta. Abordar-se-á os impactos no meio ambiente e na saúde pública causada pela disposição inadequada do óleo lubrificante usado. O capítulo apresentará ainda a logística terceirizada, enfatizando o papel dos fornecedores que serão responsáveis para a realização da coleta do resíduo do óleo lubrificante.

O capítulo 4 apresentará o desenvolvimento e a descrição do modelo de apoio à decisão multicritério. É também apresentado a justificativa para a escolha do método PROMETHEE III, o conjunto de alternativas, os critérios de avaliação utilizados e o decisor.

O capítulo 5 traz uma aplicação do PROMETHEE III utilizando dados fictícios, mas que se aproximem da realidade.

O capítulo 6 apresentará as conclusões do estudo e as recomendações para trabalhos futuros.

2 *BASE CONCEITUAL*

Este capítulo contém a revisão teórica sobre os temas: a Logística, o Transporte, a Logística Reversa e a modelagem de apoio à decisão multicritério, com ênfase no método de sobreclassificação PROMETHEE III.

2.1 A Logística e a Gestão da Cadeia de Suprimento: Origem, evolução e conceitos

De acordo com Ballou (2006) a logística corresponde a uma área bastante antiga que sempre se fez presente nas atividades humanas devido à necessidade dos bens e serviços serem disponibilizados no local, no tempo, na quantidade e na condição desejada pelos consumidores.

Conforme Novaes (2007) a origem da logística tornou-se mais notória durante a Segunda Guerra Mundial, sendo essencialmente ligada às operações militares. Neste período, a logística apresentava atividades limitadas ao escopo do transporte e do armazenamento de mantimentos e armamentos bélicos. Desde a Segunda Guerra Mundial, a logística vem apresentando uma evolução continuada e gradativa ao longo da história, sendo hoje considerada uma área chave na estratégia competitiva das empresas. A Figura 2.1 apresenta essa evolução, destacando as principais mudanças ocorridas nas atividades logísticas no período de 1960 a 2000.

Hesse e Rodrigue (2004) afirmam que durante a década de 60 as atividades logísticas eram organizadas de forma independente, sendo inicialmente dividida nas funções: fornecimento, armazenagem, produção, distribuição e outras funções realizadas de forma isolada.

Nos anos 80 as atividades foram unificadas em duas funções principais: a distribuição física e a gestão de materiais. A distribuição física engloba todas as funções de movimento e manipulação das mercadorias, ou seja, o transporte envolvendo os meios rodoviário, ferroviário, aéreo, hidrovia e dutoviário, associado ao fluxo de informação e o serviço ao consumidor. Já a gestão de materiais inclui as atividades de apoio à produção, tais como: planejamento da produção, previsão de demanda, compras e a gestão do inventário (BOWERSOX e CLOSS, 2008).

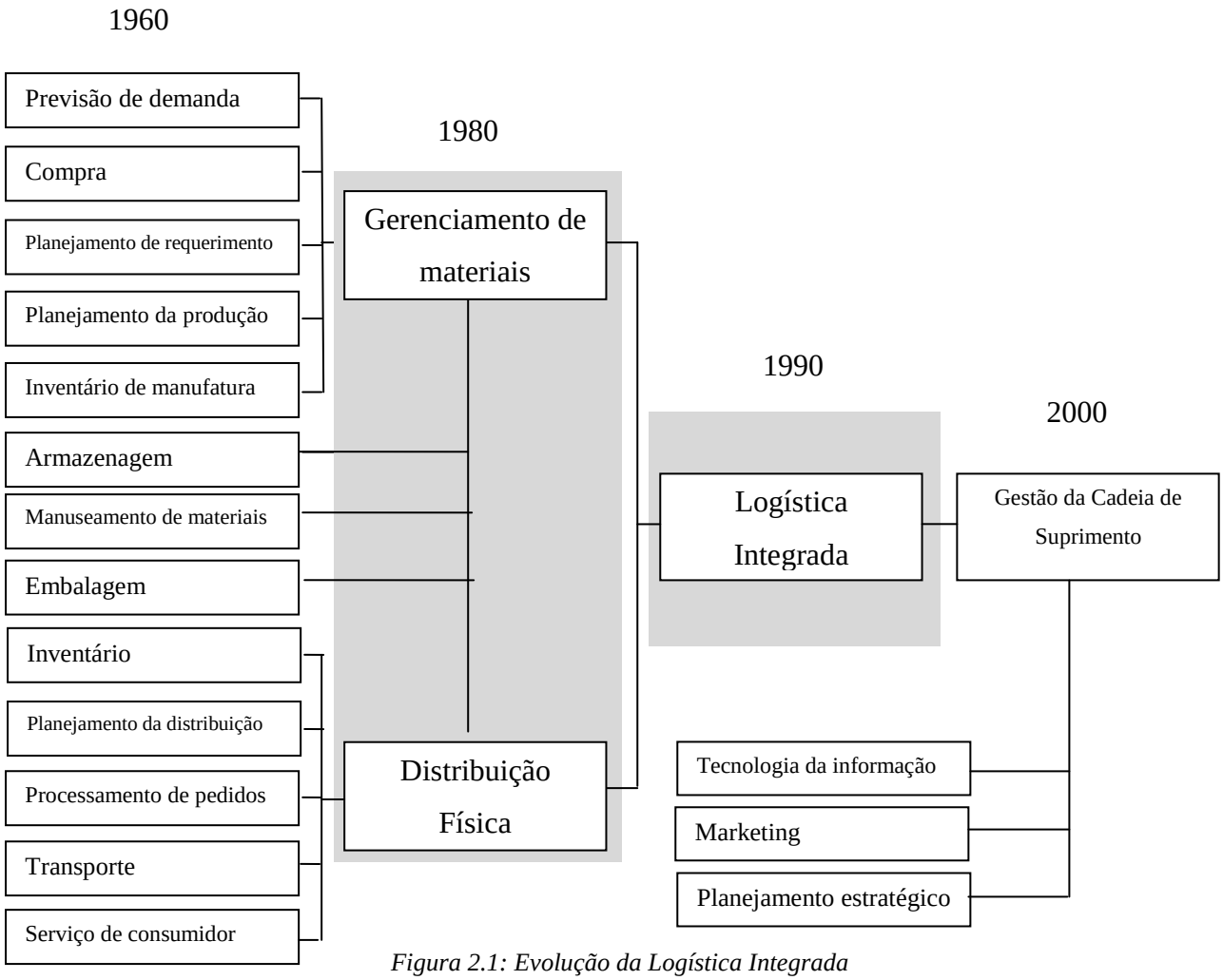


Figura 2.1: Evolução da Logística Integrada

Fonte: Adaptado de Hesse & Rodrigue (2004)

Com relação aos anos 90, Bowersox & Closs (2008) destacam que esta década foi marcada pelo advento de novos princípios de organização e gerenciamento, os quais proporcionaram mudanças significativas para o processo das atividades logísticas. Os autores apontam os mecanismos propulsores dessas mudanças: a integração das duas funções principais da logística (distribuição física e gestão de materiais); além dos avanços provenientes da tecnologia da informação que ocasionaram uma melhoria na produtividade, na gestão das empresas, no compartilhamento de informações e no desenvolvimento de parcerias e alianças.

Stock *et al.* (2000) citam a integração das atividades logísticas em duas dimensões: a interna e a externa. A integração interna refere-se à uniformidade das funções dentro da empresa; Já a integração externa reflete as mudanças dentro da empresa no sentido abranger a cadeia de suprimento. As duas dimensões contribuem no intuito da empresa competir de

forma eficaz em um contexto complexo no qual as organizações estão inseridas. Faria & Costa (2010) argumentam ainda que, o estágio atual em que se encontra a logística (período que compreende desde o ano 2000 até os dias de hoje) é caracterizado pela integração externa, a qual abarca a integração interna.

Slats *et al* (1995) endossam a ideia de que o desenvolvimento no setor de telecomunicação e informação tem criado oportunidades, uma maior integração entre as atividades logísticas, uma melhoria no desempenho da cadeia logística global e uma relação de "ganha-ganha" entre os participantes.

Salienta-se ainda o advento de modernos sistemas da Tecnologia da Informação e Comunicação - (TIC), o qual proporciona uma melhoria na integração das atividades logísticas. É nesta etapa, que surge a o moderno conceito da Gestão da Cadeia de Suprimento (*Supply Chain Management* – SCM), a qual capta a essência da logística integrada e considera as suas atividades correspondentes como uma parte da cadeia de suprimento (BALLOU, 2006).

Nesta perspectiva, o desenvolvimento das práticas logísticas evoluiu no propósito de acompanhar as organizações inseridas em um ambiente com pressões a nível mundial e altamente competitivo. Faria & Costa (2010) ressaltam que em função do desafio global e da necessidade de agir de modo rápido frente às alterações do mercado, o conceito da logística se encontra em evolução constante. Uma conceituação bastante difundida e aceita entre os estudiosos no assunto é a do *Concil of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP, , p. 114, 2011) que defini a logística, como:

> A parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla de forma eficiente e eficaz o canal direto e o fluxo reverso, a armazenagem de bens, serviços e informações relacionadas entre o ponto de origem e o ponto de consumo, a fim de cumprir exigências de clientes.

O CSCMP (p. 180, 2011) apresenta também a definição da Gestão da cadeia de Suprimento da seguinte forma:

> O planejamento e o gerenciamento de todas as atividades envolvidas na conversão de *sourcing* e *procurement*, e todo o gerenciamento das atividades logísticas. É importante também, incluir a coordenação e a colaboração com os parceiros do canal, que podem ser fornecedores, intermediários, serviços terceirizados e clientes. Em essência, o SCM integra o suprimento dentro do gerenciamento da demanda entre as empresas.

Novaes (2007) apresenta os principais elementos da logística, como pode ser observado na Figura 2.2. Segundo o autor, a logística tem início no processo de planejamento e estudo

do projeto. Após o planejamento aprovado, passa-se para a fase da operação. Devido à complexidade e a natureza dinâmica das atividades logísticas todo o sistema precisa ser controlado e monitorado. A logística envolve ainda dois fluxos: o fluxo do dinheiro e o fluxo das informações; além da armazenagem das matérias-primas e dos produtos em processo e acabados. Os fluxos (dinheiro e informações) interagem com os fornecedores (ponto de origem) e os consumidores (ponto de destino). O fluxo da informação percorre os dois sentidos: trazendo a informação para os fornecedores indicando: a demanda, as mudanças de hábitos dos consumidores, as preferências, os gostos, dentre outros; e, mantém também o consumidor final informado acerca do percurso do pedido ou até mesmo possibilidade de atraso. Em essência, todos os elementos do processo logístico procuram satisfazer as necessidades e as preferências dos consumidores finais buscando realizar as atividades de forma eficiente no intuito de reduzir o espaço temporal e os custos.

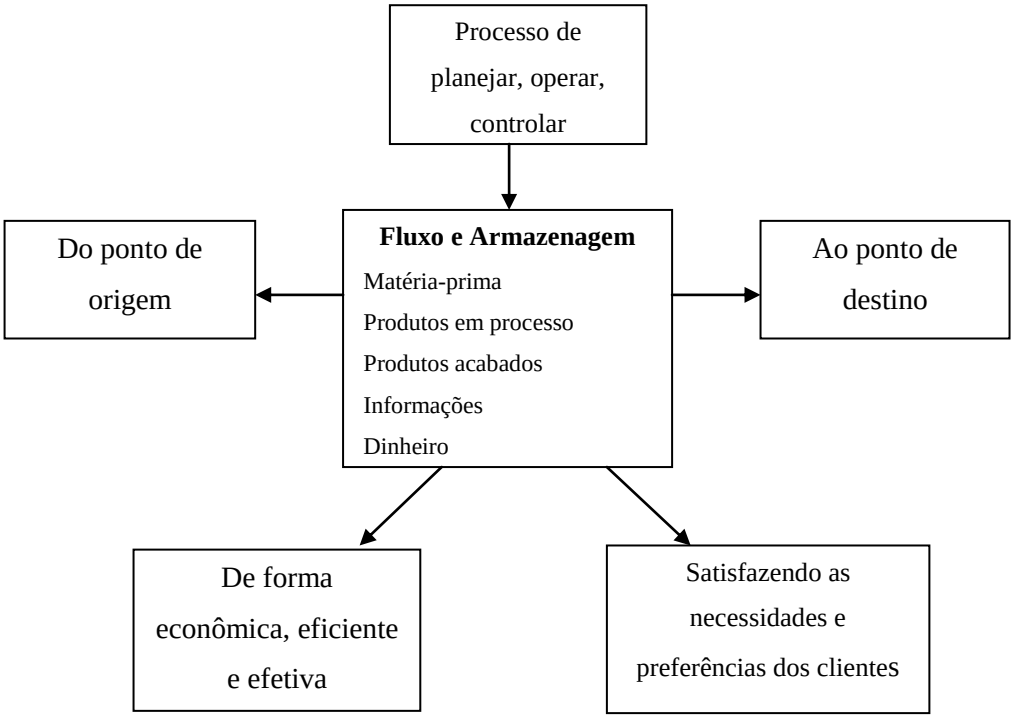


Figura 2. 2: Elementos básicos da Logística

Fonte: Adaptado de Novaes (2007)

Sabe-se que a logística abrange operações muito complexas tornando a operacionalização das atividades um desafio constante. Todas as áreas envolvidas no processo demandam a gestão de um sistema eficiente para que a empresa desfrute de vantagens competitivas e que possam proporcionar aos clientes um serviço superior a um menor custo.

Hesse & Rodrigue (2004) afirmam que, a logística engloba um conjunto de atividades dedicadas ao suprimento, à transformação e a circulação de bens e serviços. Dentre estas atividades que compõem as operações logísticas, o presente trabalho enfatizará a importância da função do transporte. Na seção seguinte, busca-se fazer um estudo mais detalhado acerca do transporte destacando também os principais modais e as suas características.

2.2 **Transporte**

A globalização e a intensificação da concorrência tornaram o mercado mundial de prestação de serviços logísticos uma área vital para o sucesso empresarial. Dessa forma, as empresas de transporte reconhecem a importância de oferecer os produtos aos consumidores de maneira rápida e com eficácia organizacional, no intuito do melhor aproveitamento dos recursos para aumentar a rentabilidade das empresas e a retenção dos consumidores (LAI *et al.*, 2002).

Chopra & Meindl (2003) apresentam um significado abrangente do papel do transporte na cadeia de suprimento. Estes autores afirmam que o transporte corresponde à movimentação do produto de um local para o outro. Acrescentam ainda que, o transporte é um elemento crucial, dado que os produtos precisam se movimentar de um ponto à outro, já que os fabricantes e os consumidores não estão no mesmo local. Assim, o sucesso das atividades logísticas está condicionado à boa utilização do transporte.

Li & Rong (2008) definem o transporte como uma atividade que fornece ao mercado um serviço de movimento espacial de pessoas ou materiais. Já a logística agrega um valor adicional a essa atividade, no sentido de gerenciamento para a melhoria da qualidade dos produtos transportados, como pode ser visualizado na Figura 2.3

O valor agregado adicional que a logística proporciona ao consumidor refere-se a elementos, como: o conforto, a possibilidade da entrega ser feita no momento desejado pelo consumidor, o serviço “porta-a-porta”, a disponibilidade de informação sobre o percurso do pedido, etc. Com relação ao serviço básico, a logística deve dispor de: segurança, confiança, rapidez, economia de custos, entre outros. Neste sentido, para que a logística atenda o propósito de melhoria na qualidade dos produtos, materiais e pessoas transportadas, cabe a função transporte o papel central de movimento espacial.

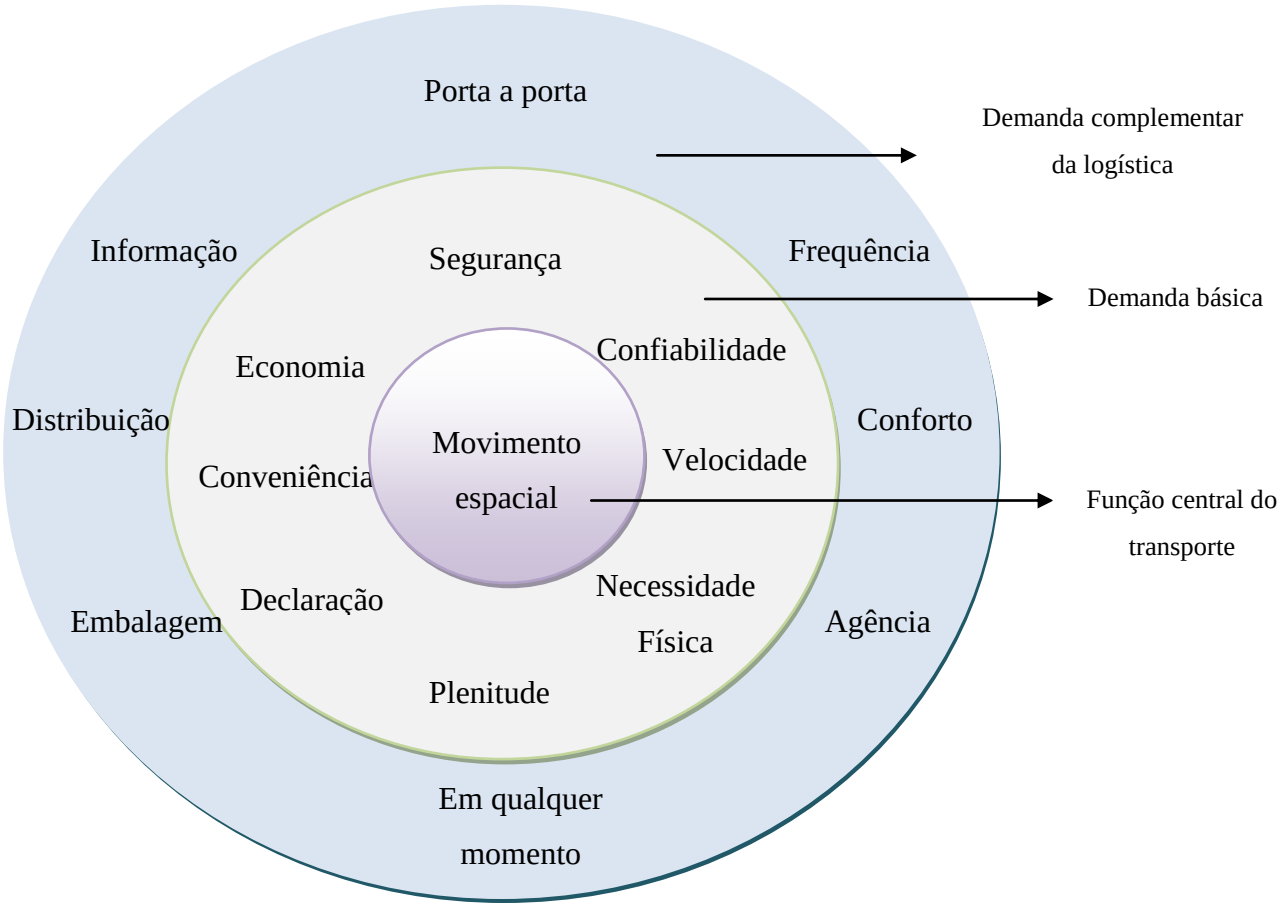


Figura 2.3: A função do transporte nos serviços logísticos

Fonte: Modificado de Li & Rong (2008)

Bowersox & Closs (2008) apresentam duas funções da área de transporte: a movimentação e a armazenagem de produtos e de matérias-primas. O transporte movimenta os produtos da origem até o destino minimizando os custos financeiros, temporais e ambientais. Já a armazenagem diz respeito à administração dos espaços necessários para manter os produtos estocados até que a mercadoria seja requisitada para consumo próprio ou comercialização. Segundo Chopra & Meindl (2003) os gerentes responsáveis pela tomada decisão do transporte devem considerar cinco questões:

1. Alinhar as estratégias competitivas e de transporte - Historicamente, as empresas buscam reduzir os custos de transporte que muitas vezes prejudicam o nível de serviço prestado aos clientes. Os gerentes devem desenvolver estratégias que ofereça a empresa vantagens competitivas.

2. Transporte feito pela empresa e/ou terceirizado - Recomenda-se que os gerentes façam uma combinação do transporte feito pela própria empresa e recorrendo a serviços de terceirizados. Uma transportadora terceirizada pode reduzir custo, uma vez que agrega entregas com a de outras empresas;

3. Projetar uma rede de transporte que possa abranger o *e-commerce* **-** O comércio eletrônico nos últimos anos vem crescendo celeremente. Os sistemas de transporte precisam considerar essa tendência ao projetarem suas redes para as empresas serem eficientes para explorar as oportunidades e ajudar a reduzir os custos de transporte;

4. Utilizar a tecnologia para melhorar o desempenho do transporte **–** A utilização da tecnologia da informação ajuda a empresa a tentar reduzir os custos e a melhorar as redes de transporte;

5. Prever flexibilidade na rede de transporte **–** Os gerentes devem considerar as incertezas da demanda e a disponibilidade do transporte. Quando isto acontece, os gerentes incluem tendências de transporte mais caros, porém flexíveis mais que permita a empresa reduzir o custo total por oferecer um serviço de nível superior.

Além destas cinco questões mencionadas, Chopra & Meindl (2003) destacam ainda alguns fatores que influenciam nas decisões do transporte do ponto de vista do embarcador e do transportador. Na visão do embarcador, o qual corresponde ao agente demandante do movimento do produto, o principal fator que influencia a sua decisão está relacionado com os diversos custos associados. Os custos que o embarcador leva em consideração são: custos de transporte, custo de estoque, custo de instalação, custo de processamento e o custo do nível de serviço. O embarcador deve fazer os *trade-offs* entre todos esses custos ao tomar a decisão sobre o transporte apropriado. Já o transportador, o qual pode ser definido como o agente responsável por mover a mercadoria, também considera relevantes os custos associados, sendo que em uma concepção diferente, são eles: custo relacionado ao veículo, custo operacional fixo, custo relacionado à viagem, custo relacionado à quantidade e o custo indireto.

Segundo Li & Rong (2008) os custos de transporte incluem gastos operacionais com atividades relacionadas, dentre outros, à: carga e descarga, transferências, nos transportes rodoviários, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo.

Para Ballou (2006) o transporte representa o elemento mais importante em termos de custos logísticos absorvendo de um a dois terços de custos totais. Por isso, a importância de um sistema de transporte eficiente que busque reduzir os custos para intensificar a competitividade no mercado, aumentar as economias de escala na produção e reduzir os preços do produto em geral.

Hesse & Rodrigue (2004) afirmam que os custos de transporte estão condicionados a duas funções: distancia e tempo. Segundo o autor tradicionalmente os custos de transportes

estão associados a distância, porém o tempo está se tornando tão importante quanto a distância.

Os custos com o transporte também estão associados com o tipo de transporte utilizado (os modais), estes podem ser de baixo ou de alto custo, a depender da necessidade do transporte e da mercadoria a ser movimentada.

2.2.1 Os modais básicos de transporte

Os modais básicos de transporte correspondem aos diferentes meios de locomoção que contribuem para o movimento de pessoas e mercadorias, seja por via terrestre, aquática ou aérea. Ballou (2006) destaca as principais características, custos e o desempenho dos cinco modais básicos de transporte, sendo eles: ferroviário, rodoviário, aéreo, aquaviário e dutoviário.

O usuário de transporte deve selecionar o modal que lhe proporcione a melhor combinação de qualidade e custos. Neste sentido, alguns aspectos relevantes devem ser considerados na escolha do modal adequado, a saber: preço, tempo médio de viagem, variabilidade do tempo em trânsito, perdas e danos. Desta forma, a fim de ajudar a resolver o problema da escolha do transporte, algumas características devem ser levadas em conta na escolha do modal de transporte mais adequado.

- Ferroviário

Apropriado para o transporte de matérias-primas, tais como: carvão, madeira, produtos químicos, e, produtos manufaturados de baixo custo e de carga completa (CL – *Carload).* Esta modalidade corresponde a um transporte de mercadoria pesada que não requer urgência sendo um meio que possui a característica de percorrer longos cursos com baixa velocidade, além de preferir mover um tamanho predeterminado de embarque de carga.

Chopra & Meindel (2003) relatam que este meio possui o custo fixo elevado e um baixo custo variável de operação o que significa preços atrativos que apresentam economias de escala devido a quantidade a ser carregada por longas distâncias. Uma das desvantagens desse meio de locomoção diz respeito aos atrasos provenientes da baixa velocidade e do tempo de operação de carga e descarga que necessita de outro meio para que a carga seja conduzida ao local desejado, estas ações prejudicam o desempenho deste modal.

- Aéreo

Segundo Yuan *et al.* (2009) a indústria de carga aérea tem crescido bastante nas últimas duas décadas. Para os autores são várias as razões que podem ajudar a explicar o crescimento deste do transporte aéreo, tais como: a produção de alto valor e bens leve, o rápido ciclo de vida de alguns produtos que necessita de um transporte rápido, o elevado custo deste transporte pode ser compensando pela redução de custos, por exemplo, custo de armazenagem e de embalagem. Nos últimos tempos o custo de transporte aéreo tem reduzido devido a combinação de passageiros e o transporte de carga.

Para Bowersox & Closs (2008) este tipo de transporte possui a vantagem de fazer entregas rápidas, principalmente em grandes distancias, porém o custo alto torna o modal aéreo extremamente caro. O bom desempenho do modal aéreo depende de condições climáticas apropriadas para a disponibilidade e a confiabilidade em atender a demanda.

- Rodoviário

O meio de transporte rodoviário é adequado para produtos acabados e semi-acabados e para cargas de menor porte em relação às ferrovias. Ao contrário do ferroviário possui a vantagem do serviço "porta-a-porta", o que torna desnecessária ação inevitável da carga e da descarga realizado no modal ferroviário e aéreo para a transferência da origem para o destino. O transporte rodoviário oferece ainda a possibilidade de serviços contratados, possui preços menores se comparado ao meio ferroviário e aéreo e, proporciona entregas razoavelmente rápidas e confiáveis. Contudo, considera-se um modal que possui limite de carga devido as normas de segurança das rodovias e o peso dos fretes (BALLOU, 2006).

Chopra & Meindel (2003) enfatizaram que o principal meio de transporte é o caminhão destacando que nos Estados Unidos a indústria de caminhão é formada por dois segmentos: Carga cheia (TL - *truckload*) em que as operações fazem as cobranças considerando todo o caminhão, independentemente da quantidade carregada sendo baseada também na distancia percorrida; e a carga não cheia (LTL - *less than truckload*) esta por sua vez fazem as cobranças de acordo com a quantidade e a distancia percorrida.

- Aquaviário

Conforme Ballou (2006) o transporte aquaviário possui uma velocidade baixa e a confiabilidade dependente da condição climática, estas características fazem com que a utilização via aquática possua algumas limitações quanto às decisões de transporte. Porém, o

modal aquaviário tem uma grande capacidade, pode transportar cerca de 40 mil toneladas, além dos custos em perdas e danos serem considerados baixo em relação a outros modais. Um cuidado importante que deve ser tomado é proteger os bens com embalagens contra danos causados pelo manejo inadequado de carga e descarga.

Chopra & Meindel (2003) destacaram que o transporte hidroviário é o mais indicado para carga muito grande a um preço baixo. É apropriado para o embarque de mercadoria a granel e no comércio internacional considera-se que é um meio dominante para todos os tipos de produtos, tais como: carros, grãos, roupas e etc. O transporte aquaviário é o meio mais barato para o comércio internacional.

- Dutoviário

De acordo com Ballou (2006) o produto mais viável por dutos são petróleo e seus derivados. A movimentação de produtos via duto é muito lenta, porém a produção se configura de maneira contínua. O meio dutoviário possui uma alta capacidade, sendo considerado entre todos os modais o meio mais confiável, já que são quase nulas as interrupções. Os riscos e danos são reduzidos porque os líquidos e gases não sofrem danos se comparados a produtos manufaturados e o risco é bastante limitado.

- Intermodal

Além dos cincos modais básicos apresentados existem os serviços de transporte intermodais. De acordo com Ishfaq & Sox (2011) o transporte intermodal se refere ao uso integrado de duas ou mais modalidades de transporte para entrega da mercadoria da origem ao destino. O aumento da utilização de transporte intermodal foi impulsionado pela globalização dos mercados e, por meio de acordos comerciais no âmbito regional e internacional. Há diversas combinações de transporte, como por exemplo, o mais utilizado o rodo-ferrovia.

Outra questão que merece destaque é o notável aumento de sistemas de transporte envolvendo o movimento dos resíduos. Para Salhofer *et al.* (2007) modernos sistemas de gerenciamento de transportes de resíduos têm sido amplamente utilizados em países desenvolvidos. Nesta perspectiva, a preocupação ecológica fez com que fossem desenvolvidos sistemas de transportes reversos eficientes. Leite (2009) destaca que os fluxos logísticos envolvem também uma recente área de estudo que se encontra em ascensão: a logística reversa. Este assunto será discutido mais detalhadamente no próximo tópico.

2.3 **A Logística Reversa**

A contribuição de fatores como o crescente interesse por questões ambientais tanto dos consumidores finais quanto das empresas, aliado a imposição de legislações que visam equacionar os problemas causados pelos impactos que os produtos e as matérias provocam no meio ambiente, além das mudanças na visão de consumo nas sociedades modernas, colaboraram para que fosse despertado o interesse na área de estudo da Logística Reversa (LR).

Estes fatores revelam-se cada vez mais determinantes às empresas servindo de base para que a logística ampliasse seus horizontes, a fim de conquistar e fidelizar o mercado consumidor através das práticas voltadas ao equilíbrio e a conscientização ambiental.

É neste contexto que a LR torna-se cada vez mais um campo de interesse das organizações e do meio acadêmico, o que leva a uma crescente quantidade de estudos e a uma evolução constante da sua definição, revelando a importância e o empenho de pesquisas sobre o assunto que vem sendo desenvolvido por muitos autores (FLEISCHMANN *et al.*, 2000).

A LR, segundo Johnson (1998), representa o processo pelo qual as organizações recuperam os produtos e os resíduos por diversos meios: a reutilização, a revenda, a remanufatura, a reciclagem ou a disposição final. Neste sentido, as firmas estão cada vez mais reconhecendo a importancia de aplicar o sistema de LR.

Pokharel & Mutha (2009) afirmam que a LR tem recebido uma considerável atenção devido o potencial de recuperação e da agregação de valor aos produtos usados. O foco da LR consiste no gerenciamento dos resíduos, isto é na revalorização dos produtos, transformando-os em matérias-primas secundárias ou novos produtos provenientes do processo de revalorização. Em Leite (p.17, 2009) encontra-se a seguinte definição em relação à LR:

> A área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas naturezas: econômico, de prestação de serviços, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, dentre outros.

Daugherty *et al.* (2005) enfatizaram que a LR e o manuseamento do retorno de materiais apresenta-se como um desafio para as organizações, devido a muitas questões internas na empresa que impedem o desenvolvimento de um bom sistema reverso. Os autores citam os entraves causadores de dificuldades e limites de sucesso nesta área que são: a

prioridade da LR em relação a outros setores considerados mais importantes pela empresa, o direcionamento das políticas da empresa, a falta de um sistema eficaz para a implantação do fluxo reverso, questões competitivas comparando o produto revalorizado com o produto original, os recursos financeiros, humanos e tecnológicos e as razões jurídicas. Desta forma, os resultados demonstraram que a LR não parece ser ainda uma área de prioridade para as empresas.

Contudo, atualmente tornou-se impossível ignorar os reflexos da crescente quantidade de produtos, resíduos e materiais que causam impactos negativos no ecossistema. Esta realidade se não for solucionada, provoca efeitos impresumíveis no meio ambiente. Assim, os benefícios gerados pela LR contribuem decisivamente não somente com o aspecto sócio-ambiental, mas também apresenta resultados positivos em relação à competitividade das organizações (LEITE, 2009).

A LR se torna algo complexo, na medida em que necessita ser gerenciado o retorno de resíduos ou produtos para reutilização, revenda, remanufatura, reciclagem ou a disposição final. Nesse sentido, a LR se diferencia da logística direta em diversos aspectos.

Tibben-Lembke & Rogers (2002) analisam as principais diferenças entre o sistema da logística direta e o da logística reversa. A Tabela 2.1 mostra que a LR tem significativas diferenças da logística direta. O fluxo da LR é muito diferente do fluxo direto. As divergências mais notórias podem ser percebidas com relação ao planejamento na LR que é feito com mais dificuldade se comparado com o fluxo direto, isto devido a incerteza que envolve o fluxo reverso. No fluxo direto os custos, os preços e a gestão do inventário são bem definidos, uniformes e consistentes, respectivamente, ao passo que no fluxo reverso não é possível obter a mesma presteza. O destino e a rota na cadeia direta são bem definidos e planejados buscando sempre minimizar o tempo, distância e custo, por contraste na LR torna-se difícil definir rotas e destinos, visto que a coleta das matérias-prima secundárias encontram-se dispersas.

De acordo com Leite (2009), a globalização acelerada dos mercados e a necessidade de se ter o produto no tempo e no local certo desponta a importância econômica dos canais de distribuição. O autor destaca dois canais de distribuição: o direto (CDD) e o reverso (CDR), como podem ser observados na Figura 2.4.

O Canal de Distribuição Direto (CDD), também conhecido por distribuição física dos bens, constituem as etapas pelas quais os bens são comercializados até chegar ao consumidor

final. Neste canal o processo produtivo utiliza a matéria virgem, onde destina seus produtos manufaturados para o mercado primário.

Tabela 2.1: Diferenças da logística direta e reversa

Logística Direta	***Logística Reversa***
Previsão relativamente fácil	Previsão mais difícil
Um para muitos transportes	Muitos para um transporte
Qualidade do produto uniforme	Qualidade do produto não uniforme
Destino/rota definida	Destino/rota não definida
Opções de disposição definida	Opções de disposição não definida
Preço relativamente uniforme	Preço dependente de muitos fatores
Importância da velocidade reconhecida	Velocidade freqüentemente não considerada como uma prioridade
Consistente gestão de inventário	Não consistente gestão de inventário
Ciclo de vida do produto tratável	O ciclo de vida do produto é uma questão mais complexa
Negociação entre as partes simples	Negociação complicada pelas considerações adicionais
Métodos de marketing bem conhecidos	Marketing complicado por vários motivos
Tempo real de informação do produto facilmente disponível	Visibilidade do processo menos transparente

Fonte: Adaptado de Tibben-Lembke & Rogers (2002)

Já o Canal de Distribuição Reverso (CDR) é constituído pelo canal de distribuição de pós-consumo e de pós-venda. O CDR de pós-consumo utiliza os materiais e produtos descartados pela sociedade após atingir seu efetivo fim de vida útil fazendo com que retornem ao ciclo produtivo de alguma maneira: seja pela reciclagem, desmanche e reuso. Parte dos materiais e produtos que não são passíveis de se submeter por quaisquer um desses processos podem ser encaminhados a disposição final ou incinerados.

O CDR de pós-venda são circunspetos pelas diferentes formas e possibilidades que os produtos retornam ao ciclo de negócios. A seção seguinte irá tratar do canal de distribuição reverso dos bens de pós-consumo e de pós-venda de forma mais detalhada.

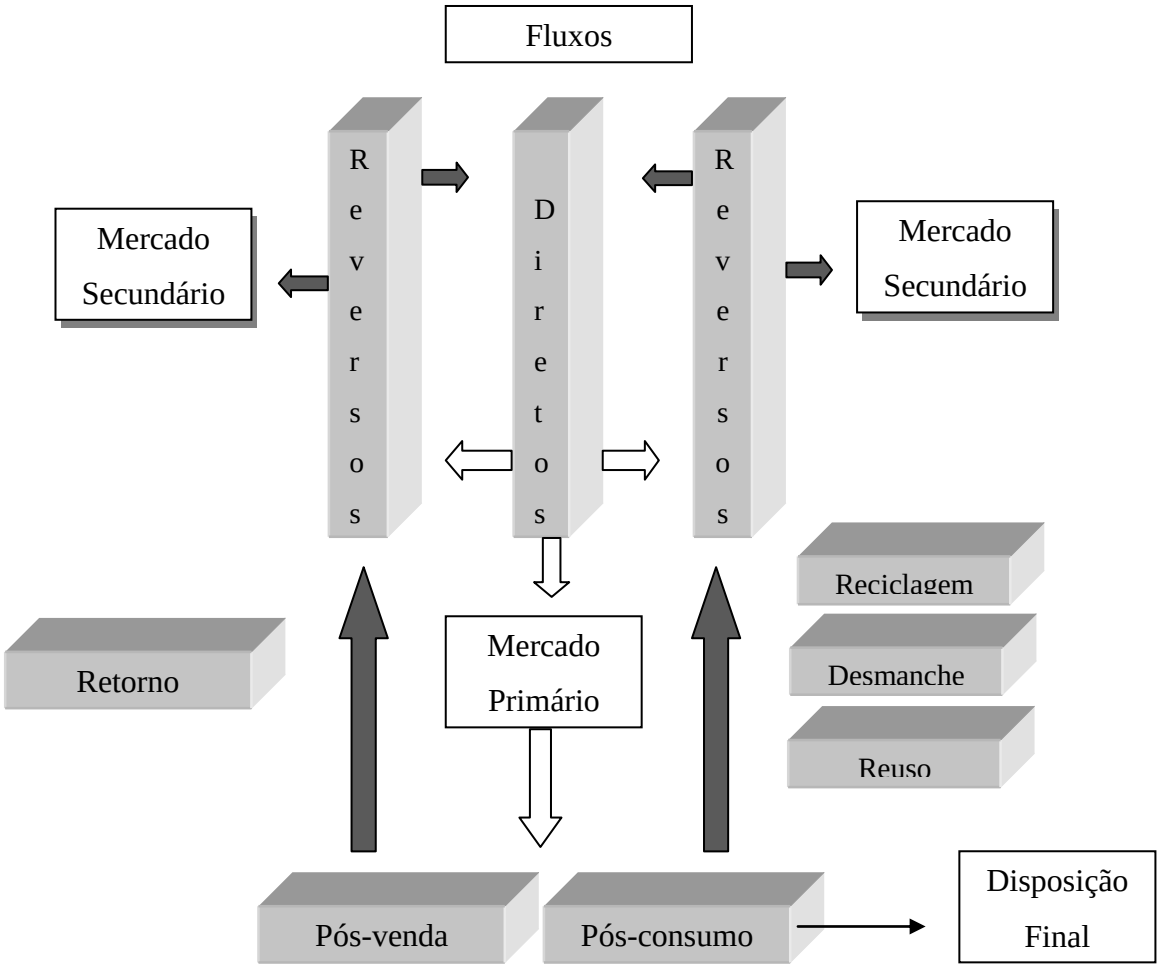


Figura 2.4 Canais de distribuição diretos e reversos

Fonte: Adaptado de Leite (2009)

2.3.1 Canais de distribuição Reverso de pós-consumo e de pós-venda

O acelerado desenvolvimento tecnológico e a introdução de novos processos e produtos propiciaram um alto nível de obsolescência dos produtos, reduzindo o ciclo de vida o que impulsiona o fenômeno da descartabilidade dos produtos. Segundo Leite (2009) os fatores tecnológicos, o marketing e a logística são considerados como os catalisadores da redução do ciclo de vida útil de um produto. Estes três fatores são os responsáveis pelo incremento de quantidades de produtos de pós-venda e de pós-consumo, os quais causam a exaustão dos sistemas tradicionais e exige um sistema de logística reversa eficiente para o equacionamento dos materiais, produtos e resíduos gerados.

Tal situação corresponde ao problema da sociedade moderna que é dado como um grande desafio para a logística reversa encontrar meios que busquem reduzir os efeitos

causados pelo acelerado nível de produtos que rapidamente atingem o fim de vida útil exigindo uma disposição correta. Neste sentido, o aumento dos resíduos gerados tanto pela produção quanto pelo consumidor final, vem tornando esta área cada vez mais importante que merece uma atenção especial.

Leite (2009) dividiu a logística reversa em duas grandes áreas: a de pós-venda e a de pós-consumo.

Denomina-se de logística de pós-venda a área que contempla o produto com uso ou com pouco uso, os quais são devolvidos ao ciclo de negócios por diversos motivos: erros de processamento de pedidos, defeitos ou falha de funcionamento e avarias no transporte. Já a logística reversa de pós-consumo corresponde aos bens descartados pela sociedade em geral, os quais retornam ao ciclo de negócios por meio do Canal de Distribuição Reverso (CDR). Os produtos de pós-consumo podem se originar de bens duráveis ou descartáveis e fluir pelo canal reverso de reuso, desmanche, reciclagem e disposição final.

A Figura 2.5 ilustra a operacionalização dos processos da logística reversa para a melhor compreensão. O esquema é composto pela categoria de pós-venda e de pós-consumo. A classificação dos bens de pós-venda é agrupada em três categorias: garantia/qualidade, comerciais e substituição de componentes. Na disposição garantia/qualidade estão inseridos os produtos que apresentam defeitos de fabricação ou de funcionamento. Estes produtos devem passar por consertos ou reformas, onde retornam ao ciclo de negócios através do mercado secundário. A categoria denominada de comerciais correspondem aos produtos devolvidos para o estoque da empresa por erros de expedição de pedidos, mercadorias em consignação, excesso de estoque e liquidações. Na última classificação neste grupo, destaca-se a substituição de componentes que engloba os bens duráveis e semiduráveis, os quais devem passar por manutenção e consertos, na impossibilidade de reaproveitamento podem ser destinados a disposição final ou reciclagem.

No grupo dos bens de pós-consumo classificam-se os materiais: em fim de vida útil, em condições de uso e resíduos industriais. Em condições de uso os produtos são reutilizados e enviados para o mercado de segunda mão até atingir o fim de sua vida útil. Na categoria fim de vida útil os bens podem ser divididos em: descartados e duráveis. Em relação aos bens descartados estes são enviados para a reciclagem industrial retornando ao ciclo de negócios como matéria-prima secundária, onde são encaminhados ao mercado secundário. Os bens descartados que não podem ser revalorizados são conduzidos a disposição final em aterros

sanitários, lixões ou incinerados. Os bens em fim de útil de pós-consumo pode ainda ser subdivididos em duráveis e semi-duráveis.

Nesta subdivisão os bens percorrem o fluxo reverso da reciclagem industrial e de desmanche dos seus componentes, os quais podem ser reaproveitados ou remanufaturados e conduzidos ao mercado secundário de componentes.

Vale salientar ainda que algumas organizações não enxergam a logística reversa como uma de suas prioridades, porém a preocupação ambiental, as legislações ecológicas e a busca para reduzir os custos vem mudando esta consciência causando uma pressão institucional para que seja modificada a forma organizacional de muitas empresas. A implementação do fluxo reverso permite que as empresas expandam os ganhos de oportunidade de mercado e ampliem os ganhos de competitividade conseguindo alcançar estratégias que atendam as exigências de um mercado consumidor que está cada vez mais preocupado com os padrões de produção ecologicamente corretos (SARKIS *et al*, 2010).

De acordo com Leite (2009) novos princípios de proteção ambiental estão propagados por meio de avanços de conceitos e legislações ecológicas que vem sendo promulgado em diversos países com o objetivo de reduzir os desequilíbrios dos recursos naturais e mitigar os danos causados pelo acelerado desenvolvimento econômico e tecnológico.

Segundo Larsen *et al.* (2010) a regulamentação do gerenciamento dos resíduos na Europa durante as duas últimas décadas foca na redução dos impactos ambientais, no tratamento dos resíduos e na conservação dos recursos. Os autores relatam que este cenário é baseado no princípio da imposição de legislações, em que há a preocupação com tratamento dos resíduos utilizando processos como: o reuso, a reciclagem, a revalorização e a disposição. Desta forma, a meta é estabelecer uma coleta sistematizada e a reciclagem ou reuso em 50% de materiais recicláveis até 2020.

As legislações têm por objetivo estabelecer metas de redução, reutilização, reciclagem dos resíduos e rejeitos encaminhando para a disposição final de maneira ambientalmente correta. Torna-se imprescindível a imposição de regulamentações e o investimento em planos de procedimento para o gerenciamento dos resíduos sólidos por meio do sistema de Logística Reversa.

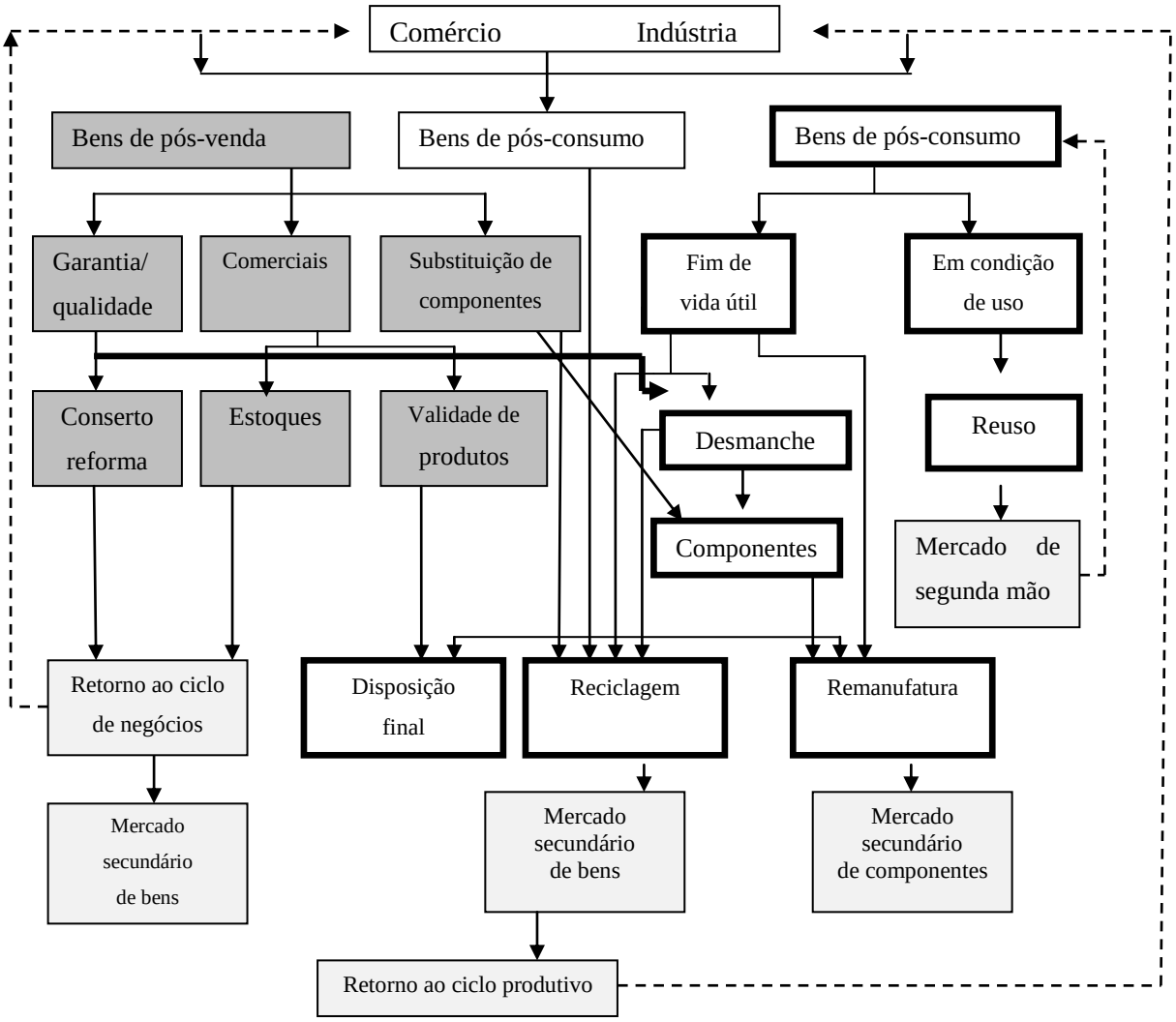


Figura 2. 5- Fluxo explicativo da logística reversa de pós-consumo e de pós-venda.

Fonte: Leite (2009, p.20)

2.4 **A Logística Reversa do óleo lubrificante**

Considerado um componente indispensável à sociedade moderna, o óleo lubrificante é um produto elaborado para cumprir a função principal de reduzir o atrito e o desgaste entre as partes móveis de um equipamento. Este insumo oferece diversas possibilidades de uso, como por exemplo: em motores automotivos, processos industriais, caldeiras, fontes térmicas, lubrificação de motores de automóveis, tratores, máquinas agrícolas, etc (IBAMA, 2008).

Após certo tempo de uso normal, o óleo lubrificante perde alguns componentes importantes, os quais sofrem a deterioração das suas propriedades originais e, por essa razão,

precisa ser trocado para garantir a integridade e o bom funcionamento do motor ou equipamento (IBAMA, 2008).

Derivado do óleo lubrificante básico, a produção do óleo lubrificante ocorre a partir de um dos dois tipos de óleos lubrificantes básicos existentes: o mineral e o sintético. Os óleos lubrificantes básicos minerais são produzidos diretamente a partir do refino de petróleo. Já o óleo lubrificante básico sintético é produzido através de reações químicas e desenvolvido em laboratórios. O óleo lubrificante em sua composição compõe cerca de 80% a 85% do óleo lubrificado básico seja do tipo sintético ou mineral.

A aparência muito similar dos vários tipos de óleos causa uma grande confusão, até mesmo entre os especialistas, o que pode dificultar a sua reciclagem. A Tabela 2.2 resume os vários tipos de óleos existentes: o óleo combustível, o óleo diesel, o óleo lubrificante acabado, o óleo lubrificante básico e o óleo Lubrificante Usado ou Contaminado (OLUC).

Tabela 2.2: Tipos de óleos

TIPOS DE ÓLEO	***DESCRIÇÃO***
Óleo combustível	Obtido por meio do refino do petróleo ou através da mistura de destilados pesados com óleos residuais de refinarias. A sua utilização é bastante diversa: combustível automotivo, combustível de indústria na geração de calor em fornos, calderas, secadoras e fontes térmicas.
Óleo diesel	É derivado da destilação do petróleo bruto e usado como combustível nos motores à diesel. O consumo brasileiro se restringe basicamente ao setor de transporte, principalmente rodoviário
Óleo lubrificante acabado	Proveniente do óleo lubrificante básico, ao qual para tornar-se acabado é acrescido um pacote de aditivos a depender do processo de cada empresa produtora.
Óleo lubrificante básico	Principal matéria prima para a fabricação de óleo lubrificante virgem. O óleo lubrificante básico pode ser de origem: mineral ou sintético. Entre estes tipos de óleo considera-se o do tipo mineral derivado do petróleo bruto um dos mais utilizados para a produção dos óleos lubrificantes acabados. Existe apenas em pequena quantidade no petróleo e grande parte do que o país necessita para seu consumo tem que ser importado
Óleo lubrificante virgem	Proveniente do óleo lubrificante básico seja do tipo mineral ou sintético.
Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado (OLUC)	Corresponde ao óleo lubrificante virgem após o seu uso.

Fonte: Esta pesquisa, 2011

Vários processos tecnológicos chamados de "rerrefino" são capazes de extrair novamente do resíduo o óleo lubrificante com a mesma qualidade do produto de primeiro refino, atendendo as especificações técnicas estabelecidas pela Agência Nacional de Petróleo (ANP). Devido a capacidade de recuperação do óleo lubrificante, o rerrefino foi escolhido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução de nº 362/2005, como o destino obrigatório do OLUC

Assim, o óleo lubrificante constitui um produto de alta reciclabilidade técnica, e por isso a reciclagem deste produto é a disposição adequada. Para El-Fadel & Khoury (2001) o rerrefino converte o óleo lubrificante usado em um produto novo com as características semelhantes ao óleo lubrificante oriundo da matéria-prima virgem. Leite (2009) afirma que o processo de rerrefinaria é de alto desempenho técnico, com baixo índice de rejeito, o que garante a qualidade similar do óleo novo, mesmo quando é reciclado várias vezes.

Repoussis *et al* (2009) consideram a coleta e a revalorização do OLUC como o processo de responsabilidade ambiental e rentabilidade para as empresas. Já para Farhat Ali *et al* (1995) o processo de rerrefinaria do OLUC é uma distinta possibilidade para recuperar uma grande quantidade de óleo lubrificante básico, e assim proporcionar uma oportunidade para a sua reutilização.

Dessa forma, a reciclagem do resíduo do óleo lubrificante beneficia também o meio ambiente, este assunto será discutido melhor na seção que segue.

2.4.1 Os impactos ambientais e na saúde pública causados pelo destino inadequado do resíduo do óleo lubrificante

Uma outra razão para que a Logística Reversa do OLUC seja realizada relaciona-se aos impactos que este insumo provoca no meio ambiente e na a saúde humana quando depositado de forma incorreta. El-Fadel & Khoury (2001) afirmam que a disposição do OLUC nos córregos e rios forma uma película na superficie que bloqueia a luz solar, prejudicando e impedindo a reposição de oxigênio para os animais aquáticos. As toxinas ao se acumularem na superfície pode atingir o homem por meio da ingestão de alimentos contaminados pelos resíduos do óleo, provocando assim o comprometimento das funções dos órgãos do corpo humano causada pelo acúmulo de substancias tóxicas o que evetualemente pode levar a morte.

O OLUC quando dispersado de forma irregular no meio ambiente causa grandes prejuízos afetando de imediato a fauna e a flora em decorrência da geração de compostos perigosos tais como: dioxinas, ácidos orgânicos, cetonas e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. As desvantagens do OLUC quanto a disposição é realizada de maneira irregular trás sérios problemas ambientas. Estes malefícios para o ecossistema foram destacados pelo Ibama (2008):

- O óleo lubrificante não é biodegradável, por isso leva dezenas de anos para desaparecer no meio ambiente;
- Quando vaza ou é jogado no solo torna-o inutilizável seja para qualquer fim, como: agricultura, edificação, destruição do húmus, microorganismo e causa a infertilidade do solo;
- Um litro de óleo derramado na água pode atingir 1000 m² de superfície aquosa;
- Jogado no esgoto o óleo lubrificante compromete a rede de funcionamento das estações de tratamento dos esgotos, causando a interrupção deste sistema essencial;
- Quando queimados os OLUC causa forte concentração de poluentes na atmosfera.

Os maléficios mencionados acima revelam o quanto o resíduo do óleo lubrificante é perigoso. A sua composição contém diversos tipos de aditivos tóxicos, como: cromo, cádmio, chumbo e arsênio, estes elementos químicos em altas concentrações são bastante maléficos à saúde humana e ambiental.

De acordo com El-Fadel & Khoury (2001) estima-se que apenas 45% do resíduo de óleo lubrificante coletado, enquanto que os outros 55% são manuseados e descartados de maneira inadequada pelo consumidor final. Neste sentido, o tratamento e a reutilização do óleo lubrificante usado fornecem uma maneira apropriada para a gestão do OLUC no sentido de promover a conservação energética e a sustentabilidade ambiental. Os autores destacam ainda que o óleo lubrificante deve dispor de uma boa gestão em todas as suas fases, seja no uso, geração, coleta, processamento e disposição final para que os impactos negativos proporcionados por este insumo sejam minimizados.

Por esta razão, a reciclagem do OLUC torna-se obrigatória. O processo de reciclagem retirará os contaminantes e recuperará a máxima quantidade possível de óleo lubrificante básico. A seção seguinte irá abordar de forma mais detalhada a questão da coleta que encaminhará o resíduo de óleo lubrificante a reciclagem.

2.4.2 A coleta do resíduo do óleo lubrificante

O óleo lubrificante após ser consumido e não existindo uma preocupação com o seu destino final representa uma ameaça ao sistema ecológico. Devido as suas propriedades técnicas e físicas, o resíduo do óleo lubrificante pode ser reutilizado beneficiando o meio ambiente, a sociedade e as empresas.

Pawlak *et al* (2010) ratificam que a prática da coleta que encaminha o resíduo usado a reciclagem pode ser considerada a melhor maneira para proteger o meio ambiente, bem como a conservação dos recursos energéticos.

Leite (2010) afirma que a reciclagem do OLUC pode ser realizada pelo menos oito vezes sem perder a qualidade original do óleo lubrificante refinado pela primeira vez. A Figura 2.6, mostra a cadeia de produção do óleo lubrificante que se inicia com os fabricantes de óleos lubrificantes básicos. Como já mencionado, a produção do óleo lubrificante é proveniente dos óleos lubrificantes básicos que após o seu refino será destinado a pontos de vendas-consumo como: postos de serviços, varejo e indústria. As nove mais conhecidas fabricantes-distribuidoras de óleos lubrificantes de primeiro refino são: Petrobras, Ipiranga, Shell, Esso, Atlantic, Texaco, Mobiloil, Castrol e Valvoline.

O fluxo reverso do óleo lubrificante é iniciado através da sua coleta em cerca de 70.000 mil pontos espalhados. Após ser coletado o OLUC deve ser destinado para a indústria de rerrefinaria que irá transformar novamente o OLUC em óleo lubrificante básico, sendo posteriormente transformado em óleo lubrificante apto para ser distribuído e consumido novamente (LEITE, 2009).

Em uma pesquisa realizada por Repoussis *et al* (2009) sobre a coleta do óleo lubrificante na Grécia observou-se que o resíduo do óleo lubrificante pode ser encontrado em vários lugares, tais como: nos postos de gasolina, nas indústrias, nos domicílios, nas máquinas, equipamentos e ferramentas utilizadas no meio rural, entre outros. O que não ocorre diferente no Brasil. A disposição do óleo lubrificante usado é bastante dispersa, isto se deve ao fato deste insumo apresentar uma possibilidade de uso bastante disseminada em diversos segmentos: seja no meio rural, na indústria, domicílios ou até mesmo comercializado em postos de serviços para uso automotivo. O uso disseminado deste resíduo agrava o problema da disposição de forma inadequada. Enfatiza-se que quando a população desconhece a forma correta para o descarte ocorrem práticas irregulares de disposição em

esgotos, aterros sanitários e até mesmo a queima descontrolada que é considerado por lei um ato criminoso.

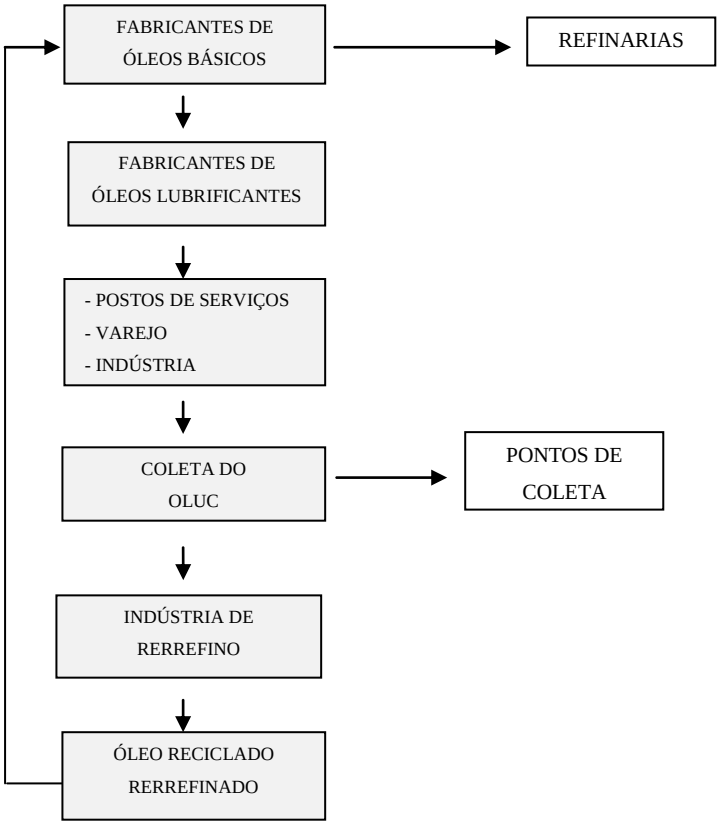


Figura 2.6- Cadeia direta e reversa do óleo lubrificante

Fonte: Adaptado de LEITE (p.153, 2010)

Os diversos pontos de coleta e as principais fases de tratamento do resíduo são ilustrados pela Figura 2.7, onde mostra a operação da coleta do óleo lubrificante envolvendo três fases que estão inter-relacionadas.

A primeira fase corresponde à coleta realizada em áreas urbanas. No ponto da coleta é feito o *pick-up* dos resíduos do óleo lubrificante e transportados para a armazenagem inicial denominado de Ponto de Acumulação Central. Posteriormente, o resíduo do óleo usado será destinado para o processo de separação/ homogeneização e, mais uma vez transportados para serem armazenados nas instalações da central.

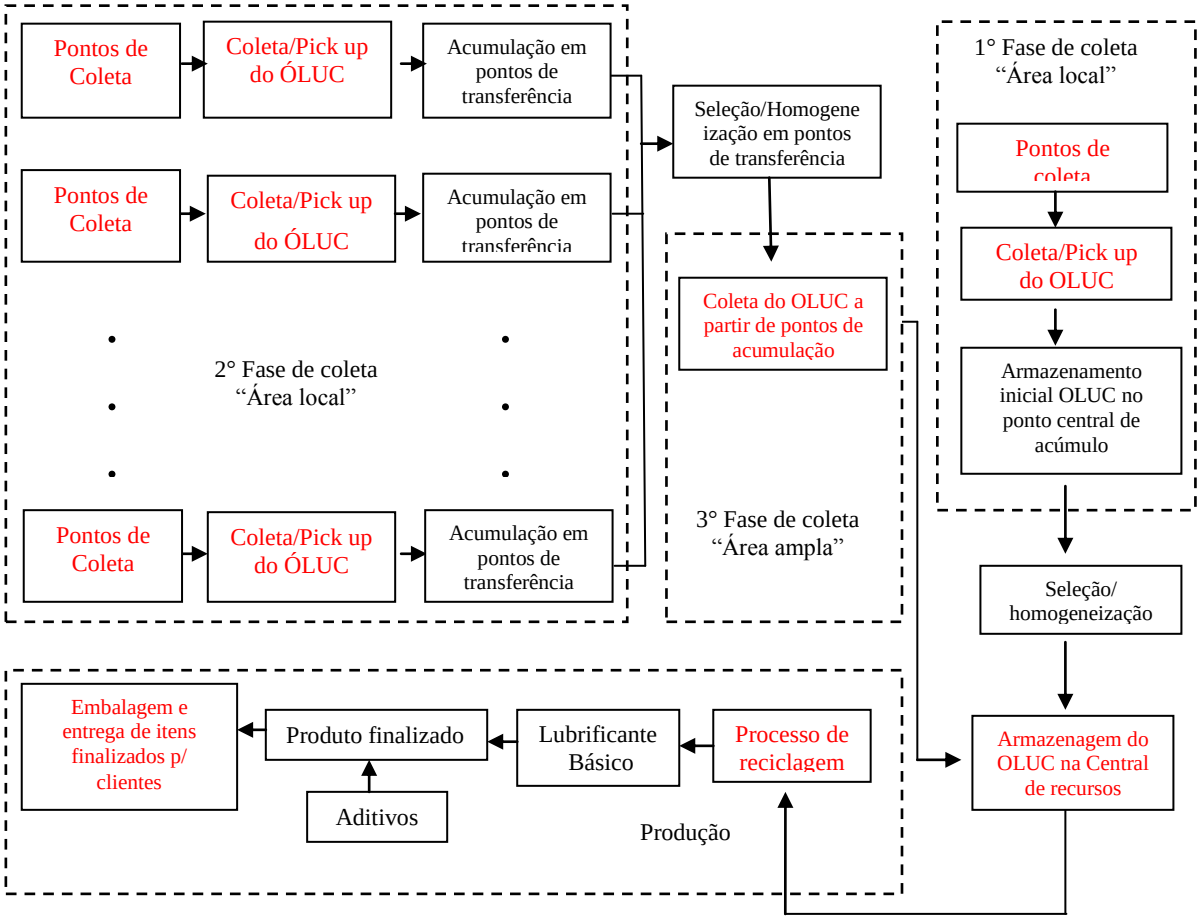


Figura 2.7 - O movimento upstream do resíduo do óleo lubrificante – Coleta e Reciclagem
Fonte: Adaptado de Repoussis et al (2009)

No segundo estágio encontram-se os diversos pontos de coleta em áreas locais urbanas e a coleta/*pick-up* do óleo lubrificante, os quais serão transportados para acumulação nos pontos de transferências. No terceiro estágio ocorre à consolidação da coleta do óleo lubrificante que passará pela separação/homogeneização nos pontos de transferência e, em seguida transportados para pontos de acumulação.

O resíduo do óleo lubrificante após ser coletado é transportado para a armazenagem nas instalações da central, onde deve passar pelo processo de recuperação do óleo básico e, posteriormente ser transformado em óleo lubrificante novamente por meio de aditivos. Dessa forma, será obtido o produto final que será devidamente embalado e disponibilizado novamente aos consumidores.

Outra pesquisa foi realizada por El-Fadel & Khoury (2001) no Líbano, onde foi verificado que o óleo lubrificante usado é gerado, principalmente, em postos de gasolina, em garagens automotivas e instalações militares. O estudo revelou que cerca de 90% da troca de

óleo ocorre em postos e em garagens. Segundo os autores, a concentração da troca de óleo em postos e garagens facilitam a implementação de um projeto, que busque realizar a coleta do óleo usado em locais específicos mediante o contrato com os proprietários destes estabelecimentos comerciais.

Neste contexto, a logística tem um papel fundamental a partir do uso das diversas operações que compõem o sistema trazendo benefícios, seja para o meio ambiente, para empresas ou para sociedade.

Para Nourtio *et al* (2006) a coleta do resíduo do óleo lubrificante é uma operação que envolve elevados gastos, e é considerado um dos problemas mais difíceis de se resolver em qualquer lugar. Os autores afirmam ainda que nos últimos anos a preocupação ambiental, principalmente em nações industrializadas, tem dedicado esforços para gerenciar de forma adequada os resíduos e avaliar o custo-benefício, bem como os impactos sócio-ecológico em relação a coleta.

Cuadros *et al* (2011) afirmam que é preciso o desenvolvimento de políticas de gestão eficientes para o tratamento adequado dos resíduos. A Associação Internacional de Resíduos Sólidos - *International Solid Waste Association* (ISWA) tem afirmado a necessidade de uma gestão sustentável do fluxo dos resíduos, a fim de minimizar os riscos ambientais e a saúde pública em todo o mundo.

Neste sentido, Guerin (2008) destaca o conjunto de atividades que devem ser desempenhadas pelos agentes manipuladores responsáveis por cada atividade referente ao resíduo do óleo lubrificante, como segue:

- Aconselhamento – Os manipuladores de óleo usado devem prestar assessoria técnica aos clientes em relação às suas práticas de gestão de resíduos de petróleo de outros materiais;
- Fornecimento e instalação – As empresas devem também fornecer e instalar sistemas de cliente para habilitar o controle de hidrocarbonetos de petróleo após serem utilizados (que a empresa fornece) e sua recuperação;
- Coleta – Deve ser feita a coleta hidrocarboneto de petróleo pós-consumo dos geradores, e o resíduo deve ser transportado para instalações de reprocessamento e reciclagem, ou até mesmo para outros locais onde serão armazenados temporário aguardando o processo de reclagem e dipsoições adequada;

- Transporte – O papel dos transportadores está em mover com segurança o resíduo do óleo lubrificante do ponto de coleta para cada um ponto de armazenamento, manuseamento, reprocessamento ou reciclagem. Os manipuladores primários de óleo usado podem usar seus próprios veículos para o transporte, ou ainda podem fazer a terceirização de transporte licenciado para movimentar o resíduo;
- O armazenamento e manuseamento – O armazenamento e o manuseamento do resíduo do óleo lubrificante deve ser cuidadosa por ser tratar de resíduo perigoso;
- Reprocessamento e recuperação - A recuperação e a atividade de reprocessamento pode ser realizada por um manipulador primário ou terceirizado. Um fornecedor terceirizado pode entregar o óleo lubrificante usado para ser reciclado, fazendo com que o insumo possa ser novamente utilizado;
- Diposição – O resíduo do óleo lubrificante que não pode ser reciclado e reprocessado deve ser eliminado de forma legal e ambientalmente correto.

Todas estas etapas que envolvem o manuseamento do óleo lubrificante devem atender as legislações e buscar preservar o meio ambiente. Por esta razão, torna-se imprescindível que os geradores, manipuladores, transportadores e reprocessadores atendam as exigências legais e ambientais gerenciando com eficiência as atividades que lidam com o resíduo. A seguir busca-se discutir melhor a atividade de transporte do resíduo do óleo lubrificante.

2.4.3 O resíduo do óleo lubrificante: Transporte e a importância da legislação vigente

A crescente quantidade de resíduos, o aumento de distâncias para fazer a reciclagem, sistemas de coletas mais complexas dada a heterogeneidade de resíduos, e longas distancias entre o local de separação dos resíduos das usinas de tratamento são razões para o interesse nos últimos tempos na gestão de transporte (SALHOFER *et al.*, 2007).

Uma pesquisa desenvolvida por Salhofer *et al* (2007) na Europa Ocidental mostra os diferentes locais por onde os resíduos são coletados, transportados e reciclados, como mostra a Figura 2.8 as quatro etapas

Na primeira fase, os indivíduos são responsáveis por transportarem os seus respectivos resíduos para pontos de acumulação, em que são representados por T1. Os resíduos depositados nos diversos pontos de acumulação (T1) são no estágio seguinte coletados por

sistemas de transporte, denominado de (T2), para armazenamento. A etapa posterior representada por (T3) conduz os resíduos do ponto de armazenamento para os locais em que estes serão separados em categorias de acordo com suas propriedades, como: papel, vidro, plástico dentro outros. A etapa final corresponde ao transporte (T4) dos resíduos separados para a indústria de reciclagem.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – (CONAMA) instituiu em agosto de 2010 a Lei Nacional dos Resíduos Sólidos de n° 12.305, determinando a obrigatoriedade da logística reversa do óleo lubrificante usado.

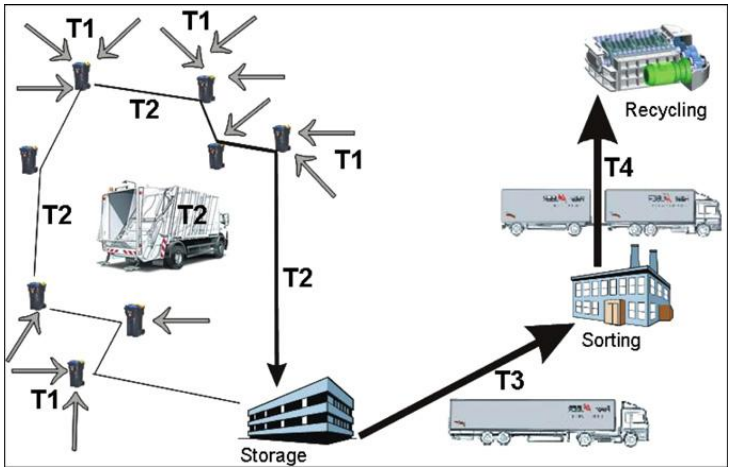


Figura 2.8: Cadeia de diferentes conjuntos de transporte

Fonte: Salhofer et al. (2007)

Esta lei representa um avanço para a legislação brasileira com relação à resolução anterior do CONAMA de n° 09/1993 que deixava algumas lacunas com relação a gestão do óleo lubrificante usado. Esta antiga resolução admitia algumas práticas, como a queima controlada do óleo lubrificante usado o que propiciava a fraude e a queima indiscriminada, além de admitir a reciclagem simples, o que contrariava as regras de comando e controle de qualidade do óleo lubrificante, causando prejuízos aos consumidores finais.

Dito isto, a resolução atual do CONAMA assegura o desenvolvimento sustentável criando mecanismos de controle adequado fazendo com que o governo, as empresas e os cidadãos façam valer o cumprimento das normas estabelecidas. Sendo assim, determina que todo resíduo de óleo lubrificante deverá ser coletado e destinado a reciclagem, onde irá passar pelo processo de rerrefino, bem como proibi a combustão e a incineração do OLUC.

A legislação 12.305 determina também a presença de coletores autorizados para captarem os resíduos do óleo lubrificante. Segundo o guia básico do gerenciamento de OLUC

(2007) o coletor corresponde a uma pessoa jurídica (empresa) licenciado pelo órgão ambiental e registrado pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) para exercer a atividade da coleta em diversos pontos de geração, como: postos, oficinas, empresas transportadoras, garagens, indústrias, portos, ferrovias e etc. para que o óleo usado seja destinado de maneira correta e entregue ao rerrefinador.

Nos postos de troca de óleo deve-se ter o cuidado para que o óleo usado seja armazenado corretamente, enquanto aguarda a coleta. Os revendedores de óleo lubrificante, como: postos, supermercados, lojas de autopeças, varejistas e etc., possuem dupla responsabilidade. A primeira é que possui o papel de gerador, e por isso, a obrigação de evitar qualquer situação que inviabilize a coleta. A segunda é a obrigação de fornecer o suporte apropriado para a recuperação do óleo usado e a entrega aos coletores autorizados.

No ato da coleta do óleo lubrificante, a empresa responsável pela coleta entrega o certificado de coleta (pode ser observado o modelo de certificado de coleta em anexo) ao revendedor ou gerador. Este certificado trata-se de um documento regulamentado que possui uma numeração única e progressiva, além de outros aspectos identificadores obrigatórios para o controle.

Como pode ser visualizado na Figura 2.9, o coletor opera em caminhões especiais com equipamentos especiais, e sinalizações adequadas para a realização do transporte de carga perigosa (GUIA BÁSICO GERENCIAMENTO DE OLUC, 2007).

Figura: 2.9: Caminhão autorizado para a coleta do óleo usado

Fonte: SINDIRREFINO, 2007

No Brasil, o serviço de transporte de coleta do óleo lubrificante usado está disponível na maioria dos municípios brasileiros. De acordo com dados do SINDIRREFINO existe 34 centros de coleta que atendem em todas as regiões e estados do Brasil, comforne Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Configuração dos centros de coleta por regiões do Brasil

REGIÕES	***CENTROS DE COLETA***
Norte	02
Nordeste	04
Centro-oeste	05
Sudeste	15
Sul	08
Total	34

Fonte: SINDIRREFINO, 2007

Os coletores disponiblizam um serviço de coleta regular em 77% dos municípios brasileiros, conforme Tabela 2.4. Percebe-se que a região Norte necessita dos serviços regular de coleta regular do óleo lubrificante. As outras regiões apresentam percentuais da coleta regularmente satisfatórios, contudo, a coleta do resíduo do óleo lubrificante precisa ser atendida em toda a sua totalidade, tendo em vista que os danos que este insumo causa ao meio ambiente e na saúde humana mediante as práticas de descarte desordenada.

Tabela 2.4: Distribuição por região da coleta regular do resíduo do óleo lubrificante

Região	**Total de município**	**Municípios com coleta regular**	**Porcentagem**
Norte	469	82	17%
Nordeste	1830	1399	76%
Centro-oeste	466	364	78%
Sudeste	1668	1471	88%
Sul	1188	1012	85%
Total	5621	4328	77%

Fonte: SINDIRREFINO, 2007

Leite (2009) afirma que o fator logístico é de grande importância devido à localização de fontes e destinos que estão dispersamente distribuídos exigindo o transporte eficiente e uma consolidação de cargas a longa distância. Dessa forma, a utilização da logística

terceirizada assume algumas etapas da cadeia, esta prática é cada vez mais comum e oferece inúmeras vantagens à empresa contratante.

Assim, a terceirização de fornecedores torna-se indispensável no sentido de resolver o problema da coleta do óleo lubrificante usado que deve ser encaminhando ao processo de reciclagem. O OLUC encontra-se dispersamente distribuído exigindo um sistema de coleta eficiente que atenda as exigências legais. Para isto, o presente trabalho busca realizar um estudo da terceirização de fornecedores para resolver este problema. Na seção seguinte busca-se abordar a terceirização de fornecedores.

2.5 A Logística terceirizada

As expectativas dos consumidores com relação aos níveis de serviços mais satisfatórios, atrelado a complexidade da cadeia de suprimento e a acirrada concorrência do mercado compõem o ambiente de negócios no qual as empresas estão inseridas. Esta realidade resulta no contexto em que as organizações buscam alcançar práticas gerenciais eficientes que superem as dificuldades envolvidas no desenvolvimento das atividades corriqueiras.

A logística terceirizada apresentou um rápido crescimento a partir dos anos 80. A filosofia empresarial é considerada a responsável pelo estímulo a terceirização das atividades logísticas. Neste sentido, foi despertado o interesse por parte dos empresários em concentrar os recursos básicos da empresa nas competências centrais e buscar externamente empresas especializadas em executar melhor as atividades de apoio.

Entende-se por Logística Terceirizada (LT) como a utilização de empresas externas que desempenham toda ou parte da tarefa de uma determinada organização (SIMCHI-LEVI *et al*, 2003).

Bowersox e Closs (2008) afirmam que as atividades logísticas são consideradas excelentes candidatas à terceirização. Os autores destacam ainda quatro características para a relação de terceirização:

1. Dependência Mútua – A empresa terceirizada e a empresa contratante devem a aceitar a dependência mútua;
2. Especialização central – Refere-se ao alto grau de especialização da empresa terceirizada no desempenho operacional da e atividade;

3. Clareza do poder – Esta característica está associada ao reconhecimento que a empresas que contrata a terceirização é dominante na determinação da direção gerencial;
4. Ênfase na cooperação – Fundamenta-se no duplo comprometimento para a excelência da atividade.

Segundo Slack *et al* (2009) a terceirização pode ser influenciada por vários fatores, como: o compartilhamento de sucesso, as expectativas de longo prazo, os múltiplos pontos de contato, a aprendizagem conjunta, os poucos relacionamentos, a coordenação conjunta das atividades, a transparência das informações, a resolução conjunta dos problemas e a confiança.

Diante do contexto, as empresas buscam cada vez mais adotar estratégias competitivas para se firmar no mercado. Ganha espaço, cada vez mais, no cenário dos negócios a importância do fenômeno da terceirização de fornecedores. A seção seguinte irá tratar desta questão.

2.5.1 A terceirização de fornecedores

O processo de terceirização de fornecedores ou *outsourcing* vem se tornado uma prática comum desde os anos 1980. Chen *et al* (2011) definem a terceirização como a compra contínua dos serviços e peças de uma empresa de fora. Os autores reforçam ainda que o *outsourcing* transfere funções de produção de bens ou serviços para provedores externos.

Para Simchi-levi *et al* (2003) a empresa individualmente não pode ser sempre eficaz no desempenho de todas as atividades da cadeia. Para resolver este problema a organização pode considerar a terceirização de outras empresas, as quais possuam um conhecimento refinado e a especialidade para desempenhar determinada função. Os autores reforçam a importância que mesmo a organização possuindo recursos disponíveis para a realização de uma tarefa, da qual não seja a sua especialidade, outra empresa pode executar melhor ou até mesmo estar mais adaptada para realizar a tarefa, além de oferecer melhores condições.

Schonsleben (2000) adverte que atualmente são raras as empresas que possuem o conjunto de competências para desenvolver todas as tarefas de uma forma rápida, e economicamente eficiente utilizando tecnologia avançada.

Para obter vantagens competitivas a empresa pode realizar a terceirização de seus fornecedores. A terceirização de fornecedores torna-se vantajosa quando o processo de terceirização é capaz de oferecer sinergias coletivas entre as partes envolvidas. Neste sentido, a terceirização de fornecedores pode ser encarada como uma função estratégica e considerada um elemento chave para que as diversas tarefas de uma empresa sejam executadas de forma eficiente.

Chen *et al* (2010) relatam que a terceirização tem sido estudado sob vários pontos de vistas: primeiro, pode ser motivada por consideração de custo ou por diferença na produtividade; segundo, a exclusividade de uma empresa que oferece um serviço especializado em uma determinada tarefa; e o terceiro, os recursos financeiros e administrativos são escassos para desempenhar práticas complexas que não é do conhecimento da empresa.

Segundo Chen *et al* (2011) muitas organizações atualmente fazem uso da terceirização no intuito de tentar aumentar a competitividade, reduzir custos, aumentar o foco nos recursos internos e nas atividades centrais. Nesta perspectiva, os autores afirmam que a terceirização é considerada uma atividade extremamente importante para as organizações.

Uma das práticas da terceirização é com relação aos fornecedores. Diversos estudos tem dado ênfase a seleção de fornecedores. Alencar *et al* (2007) desenvolveram uma proposta para seleção de fornecedores que atende aos múltiplos objetivos dos decisores para a gestão de projetos. Chen *et al* (2011) fez um estudo sobre *outsourcing* para a área de Sistemas de Informação e Tecnologia (SIT) utilizando o método PROMETHEE *fuzzy*. Feng *et al* (2011) desenvolveram um método de decisão para seleção de fornecedores em multi-serviços *outsourcing.*

Como pode ser observado a questão do *outsourcing* vem sendo objeto de investigação dos pesquisadores. Isto deve-se ao fato devido este tema ser considerado uma das principais preocupações de qualquer empresa para que não haja rupturas no processo que possa prejudicar o andamento das atividades. Neste sentido, as empresas devem selecionar os fornecedores adequados.

A seleção de fornecedores terceirizados ideais é bastante difícil. Slack *et al* (2009) destacam que a escolha de fornecedores terceirizados adequado deve envolver um sistema de avaliação que envolva os critérios preponderantes. Isto significa afirmar que, a seleção dos

fornecedores terceirizados deve ser analisada à luz da importância relativa de vários critérios para a tomada de decisão.

Chen *et al (*2011) reportam que a seleção dos melhores fornecedores terceirizados é realmente uma tarefa difícil. A tomada de decisão torna-se complexa devido aos vários critérios que devem ser considerados no processo decisório. Os autores citam os cinco critérios que poderiam ser levados em conta para o problema de seleção de fornecedores terceirizados, tais como: preço, qualidade, prazo de entrega, serviços técnicos e confiabilidade.

Chen e Wang (2009) sugerem mais sete critérios que podem também ser utilizados para selecionar fornecedores sejam eles: capacidade técnica, desempenho financeiro, histórico de desempenho, flexibilidade, reputação, experiência e participação no mercado.

O problema de seleção de fornecedores envolve múltiplos critérios e, por vezes conflitantes. Neste sentido, o uso do método PROMETHEE III pode fornecer um suporte ao decisor, uma vez que buscará avaliar os fornecedores em relação aos critérios relevantes no ambiente de incerteza. Desta forma, o método irá fornecer o *ranking* dos fornecedores para a realização da coleta do resíduo do óleo lubrificante. Este tema será explorado na próxima seção.

2.6 Método de apoio à Decisão Multicritério

De acordo com Belton & Stewart (2002) a análise de decisão de multicritério – *Multiple Criteria Decision Analysis* (MCDA) – é utilizada para descrever uma coleção de abordagens formais que procura tornar explícitos os múltiplos critérios de forma a ajudar os indivíduos ou grupos a explorar decisões importantes. O principal objetivo da MCDA é auxiliar os tomadores de decisão permitindo que eles se sintam mais confortáveis e confiantes por estarem satisfeitos que todos os critérios tenham sido apropriadamente levados em conta. A MCDA fornece o apoio necessário com o propósito de organizar e sintetizar as informações, buscando minimizar a possibilidade de arrependimento do decisor.

Para Almeida (2010) a utilização dos modelos de apoio à decisão multicritério representa de forma simplificada, os elementos relevantes da situação de interesse. A construção do modelo de decisão busca representar um contexto a ser analisado. A aplicação de qualquer método multicritério de apoio a decisão (MCDA) pressupõe a necessidade que o

decisor deixe claro quais os seus interesses, estabelecendo a representação dos objetivos a serem alcançados por meio de múltiplos critérios.

Segundo Vincke (1992) os métodos de decisão multicritério dividem-se em três grandes famílias:

1. Teoria da utilidade múltiplos atributos (*Multiple Atribute Utility Theory* – MAUT) – A utilização desta abordagem é baseada em métodos de agregação por meio de critério único de síntese e a modelagem está relacionada a uma estrutura probabilística inserida em um contexto de incerteza.

2. Método de sobreclassificação – Objetiva construir uma relação de sobreclassificação e aceita a incomparabilidade.

3. Métodos interativos – propõem métodos que alternam os passos de cálculo (proporcionam sucessivas soluções intermediárias) e os passos de diálogo. Estes métodos são desenvolvidos em uma estrutura de múltiplos objetivos de programação matemática.

Conforme já mencionado anteriormente, a MCDA envolve vários métodos de apoio à decisão, neste trabalho será utilizada a abordagem baseada no método de sobreclassificação com ênfase no PROMETHEE III. Na seção seguinte busca-se fazer um estudo mais detalhado sobre os métodos de sobreclassificação.

2.6.1 Método de sobreclassificação

Segundo Almeida (2010) a origem da literatura dos métodos de sobreclassificação são provenientes da França, sendo neste país o estudo sobre a relação de sobreclassificação conhecido como *surclassment*. Na literatura internacional, uma designação bastante utilizada é baseada na língua inglesa conhecida por *Outranking*, vale ressaltar que o próprio termo em inglês não traduz bem a essência original da língua francesa. No Brasil, não existe até o momento uma denominação uniforme de um termo, alguns pesquisadores chamam os métodos de sobreclassificação de "superação ou prevalência". Neste trabalho, será utilizada a denominação adotada pela literatura internacional, cuja tradução para o português é denominada de sobreclassificação.

De acordo com Belton & Stewart (2002) existem vários métodos que exploram a relação de sobreclassificação, destacam-se os mais conhecidos: a família ELECTRE

(*Elimination Et Choix Tradusional La Réalité)* desenvolvido por Roy e a associação de LAMSADE da Universidade *Dauphine* em Paris (*Laboratoire dÁnalyse et Modélisation de Systèmes pour lÁide à la Decision)* e a família PROMETHEE proposta por Brans da Universidade *Free* de Bruxelas. Ambos os métodos são baseados na comparação par a par entre as alternativas, assumem a possibilidade de haver a incomparabilidade e distinguem-se fortemente da abordagem do critério único de síntese.

Roy (1996) apresenta uma visão na qual o uso dos métodos de apoio à decisão são construídos e diferenciados de acordo com a problemática em questão. O autor identificou quatro problemáticas a serem analisadas: escolha, classificação, ordenação e descrição, as quais serão definidas a seguir:

1. Problemática da escolha (P.α) – apresenta o problema da escolha da melhor alternativa. Orienta a investigação para a criação de um subconjunto do espaço de alternativas.

2. Problemática da classificação (P.β) – apresenta o problema em termos de ordenar as alternativas em uma alocação de classe.

3. Problemática da ordenação (P.γ) – apresenta o problema da ordenação das alternativas.

4. Problemática da descrição (P.δ) – apresenta o problema de apoiar a decisão de acordo com a descrição das alternativas e das suas conseqüências.

Conforme Figueira *et al* (2005) na construção de uma relação de sobreclassificação é preciso fazer a modelagem de preferência utilizando uma relação binária (S), cujo significado é "pelo menos tão bom quanto". Na relação binária de sobreclassificação são consideradas duas alternativas *a* e *b*, onde podem ocorrer quatro situações:

- aSb, e não bSa ⇨ aPb (a tem preferência estrita a b)
- bSs, e não aSb ⇨ bPa (b tem preferência estrita a a)
- aSb e bSa ⇨ aIb (a é indiferente a b e, vice versa)
- aSb não e bSa ⇨ aRb (a é incomparável a b, e vice-versa)

A relação de sobreclassificação é caracterizada pela comparação par a par entre as alternativas apresentando avaliações não compensatória, isto é uma alternativa pode apresentar baixo desempenho em alguns critérios que não serão compensados pelo o bom

desempenho de outras alternativas. Outra característica dos métodos de sobreclassificação é a possibilidade de haver a indiferença. Neste caso, entende-se que na comparação entre as alternativas mesmo que a alternativa "a" e a alternativa "b" sejam indiferentes em vários critérios avaliados, mas se "a" superar "b" em pelo menos um critério tem-se que "a" sobreclassificou "b", sendo denotado da seguinte forma: aSb

O presente trabalho irá tratar do método PROMETHEE III. Para tanto, busca-se discutir detalhadamente os métodos que constituem a família PROMETHEE.

2.6.1.1 Os métodos PROMETHEE

Os métodos que compõem a família PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evalution)* produzem uma relação de sobreclassificação valorada, através de conceitos que podem ser decodificados pelo decisor de forma física ou econômica. Segundo Almeida (2011) os métodos pertencentes à família PROMETHEE são construídos a partir de duas fases de aplicação:

i. Consiste na construção da relação de sobreclassificação, onde são feitas as comparações par a par entre as alternativas.

ii. Exploração da relação de sobreclassificação, nesta etapa ocorre a aplicação algoritmo para resolver o problema.

A construção destas duas fases será descrita com maiores detalhes a seguir.

i) Construção da relação de sobreclassificação

Na estrutura de avaliação dos métodos PROMETHEE, o decisor deve estabelecer pesos (p_i) para cada critério. Estes pesos refletem o grau de importância de cada do critério, onde o somatório dos pesos deve ser igual a um. Por meio dos pesos obtém-se o grau de sobreclassificação $\pi(a,b)$ de "a" sobre "b" para os pares de alternativas (a,b), conforme a Equação 2.1 mostra (ALMEIDA, 2011).

$$\pi(a,b) = \sum_{i=1}^{n} pi\ Fi\ (a,b)$$

Equação 2.1

Onde,

$$\sum_{i=1}^{n} pi = 1$$

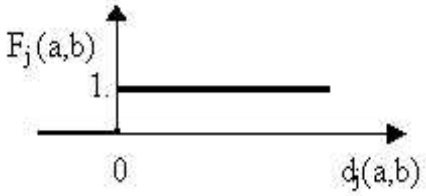
Para o cálculo do grau de sobreclassificação deve ser considerado ainda a função $F_i(a,b)$ da diferença entre o desempenho das alternativas para cada critério *i* escrita da seguinte forma: $[g_i(a) – g_i(b)]$. No PROMETHEE há seis formas básicas para obtenção da função de preferencia $F_i(a,b)$, onde o decisor representa a sua preferência por meio da função que estime mais adequada para cada critério. Estas funções expressam a preferência do decisor e são avaliadas por meio de valores entre 0 e 1. Brans & Marechal (2005) indicam as seis funções mais utilizadas no PROMETHEE: Função critério usual, Função quase-critério, Função limiar de preferência, Função pseudo-critério, Função área de indiferença e Função critério Gaussiano, como serão apresentados com mais detalhes.

É importante esclarecer que, exceto a função critério usual, as demais funções contém limiares de preferência (p) ou de indiferença (q). O limiar de indiferença (q) representa o maior valor para a diferença $[g_i(a) – g_i(b)]$, abaixo da qual exista uma indiferença; e o limiar de preferência representa o menor valor para $[g_i(a) – g_i(b)]$, acima do qual exista uma preferência estrita (ALMEIDA, 2011).

1. **Função Critério Usual -** Neste caso ocorre uma imediata preferência estrita e não há parâmetros a serem definidos.

   $g_i(a) – g_i(b) > 0$; $F(a,b) = 1$

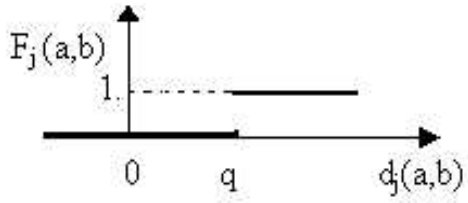
   $g_i(a) – g_i(b) \leq 0$; $F(a,b) = 0$



2. **Função quase-critério -** Existe a determinação de um limiar de indiferença (q)

   $g_i(a) – g_i(b) > q$; $F(a,b) = 1$

   $g_i(a) – g_i(b) \leq q$; $F(a,b) = 0$

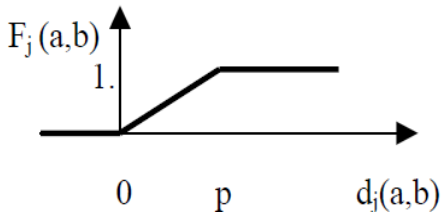


3. **Função limiar de preferência -** Neste caso ocorre há uma preferência até o limiar de preferência (p), o qual deve ser fixado.

   $g_i(a) - g_i(b) > p$; F(a,b) = 1

   $g_i(a) - g_i(b) \leq p$; $F(a,b) = \frac{gj(a) - gj(b)}{p}$

   $g_i(a) - g_i(b) \leq p$; F(a,b) = 0

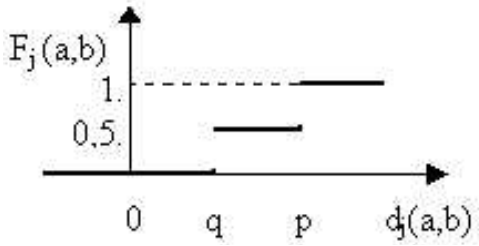


4. **Função pseudo-critério** – Para este tipo de função devem ser definidos os limiares de preferência (p) e indiferença (q). Entre os dois limiares a preferência é média.

   $g_i(a) - g_i(b) > p$; F(a,b) = 1

   $q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$; F(a,b) = 1/2

   $g_i(a) - g_i(b) \leq q$; F(a,b) = 0

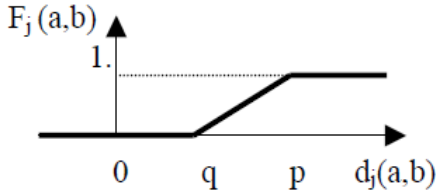


5. **Função Área de indiferença –** Devem ser fixados os limiares de preferência e indiferença, entre estes dois limites a preferência é crescente.

$g_i(a) - g_i(b) > p$; F(a,b) = 1

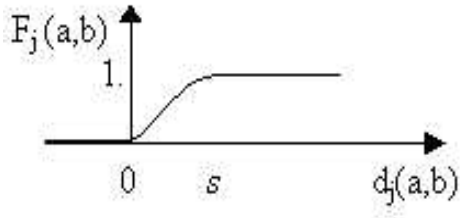
$q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$; $F(a,b) = \frac{(gi(a) - gi(b) - q)}{(p-q)}$

$g_i(a) - g_i(b) \leq q$; F(a,b) = 0



6. **Função critério gaussiano –** Para esta função deve ser fixado o desvio padrão. Existe uma preferência crescente seguindo uma distribuição normal.

$g_i(a) - g_i(b) > 0$; A preferência aumenta segundo uma distribuição normal
$g_i(a) - g_i(b) \leq 0$; F(a,b) = 0



ii) Exploração da relação de sobreclassificação

Nesta etapa ocorre a fase de exploração da relação de sobreclassificação para apoiar a tomada de decisão. Dois indicadores serão utilizados: o fluxo de sobreclassificação de saída Φ^+ (a) e o fluxo de sobreclassificação de entrada Φ^- (a). Almeida (2011) define estes dois fluxos da seguinte forma:

- O fluxo de sobreclassificação de saída Φ^+ (a) da alternativa "a"- Representa a intensidade de preferência de a alternativa "a" sobre todas as alternativas "b" no conjunto A. Quanto maior Φ^+ (a), significa que melhor é o desempenho da alternativa "a". O fluxo de saída é obtido por meio da Equação 2.2:

Φ^+ (a) = $\sum_{b \in A} \pi(a,b)$ *Equação 2.2*

O fluxo de saída recebe este nome devido à representação gráfica da sua estrutura de preferência que pode ser visualizada por meio da Figura 2.10.

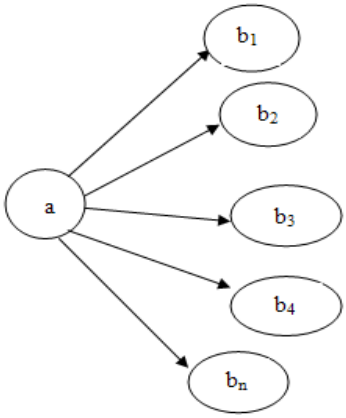


Figura 2.10: Fluxo de sobreclassificação

Fonte: Almeida, 2011

- O fluxo de sobreclassificação de entrada Φ^- (a) da alternativa "a" – Representa a intensidade de preferência de todas as alternativas "b" sobre a alternativa "a". Quanto menor o fluxo de sobreclassificação de entrada melhor a alternativa. O Φ^- (a) é obtido por meio da Equação 2.3:

$$\Phi^-(a) = \sum_{b \in A} \pi(b,a) \qquad \textit{Equação 2.3}$$

Assim, como o fluxo de saída, o fluxo de entrada recebe este nome devido à representação gráfica da sua estrutura de preferência, como pode ser observado na Figura 2.11.

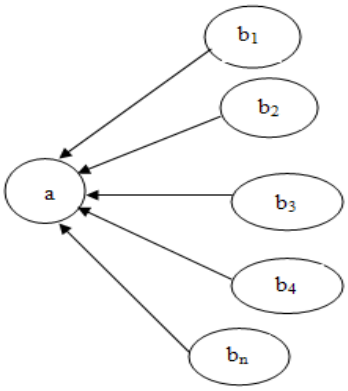


Figura 2.11: Fluxo de sobreclassificação de entrada

Fonte; Almeida, 2011

De acordo com Cavalcante (2005) a família PROMETHEE inclui vários métodos, cada um aplicável a uma situação diferente, conforme segue:

- PROMETHEE I – Pré-ordem parcial, problemática de ordenação.
- PROMETHEE II – Pré-ordem completa e proporciona um ordenamento entre as alternativas.
- PROMETHEE III – Ampliação da noção de indiferença, tratamento probabilística dos fluxos.
- PROMETHEE IV – Pré-ordem completa ou parcial. É utilizado para a problemática de escolha e ordenamento.
- PROMETHEE V – Ordem completa entre as alternativas. Para as alternativas selecionadas incorpora-se a otimização inteira.
- PROMETHEE VI – Pré-ordem completa ou parcial. Problemática de escolha e ordenamento. Esta versão é apropriada para casos em que o decisor não consegue determinar os pesos para cada critério.
- PROMETHEE-GAIA - Utiliza o procedimento visual e interativo.

Diante das várias versões dos métodos PROMETHEE, o presente trabalha irá abordar o método PROMETHEE III. Entretanto, antes que seja feita a exposição do método escolhido torna-se fundamental que seja feito uma breve abordagem do PROMETHEE I e II, até chegar ao PROMETHEE III.

2.6.1.2 O método PROMETHEE I

O método PROMETHEE I constrói duas pré-ordens:

- A pré-ordem decrescente de Φ^{+} (a);
- A pré-ordem crescente de Φ^{-} (a).

O PROMETHEE I apresenta as três relações: Preferência (P), indiferença (I) e a Incomparabilidade (J). Desta forma o método consiste na intersecção das duas pré-ordens estabelecendo uma ordem parcial (ALMEIDA, 2011).

2.6.1.3 O método PROMETHEE II

O método PROMETHEE II é baseado na utilização do fluxo líquido Φ (a), sendo obtido da seguinte Equação 2.4:

$$\Phi(a) = \Phi^{+}(a) - \Phi^{-}(a) \qquad \textit{Equação 2.4}$$

De acordo com Bastos & Almeida (2002) o PROMETHEE II fornece uma lista de alternativas decrescentes na ordem dos números de Φ (a), onde podem existir as seguintes situações:

- Preferência: Se Φ (a) > Φ (b), então a alternativa "a" é preferível a alternativa "b";
- Indiferença: Se Φ (a) = Φ (b), então a alternativa "a" é indiferente a alternativa "b".

A ocorrência de situações de indiferença entre as alternativas permite que o PROMETHEE I forneça uma pré-ordem parcial, ao passo que no PROMETHEE II, tem-se uma pré-ordem completa entre as alternativas. Segundo Almeida (2011) isto deve-se ao fato de ser pouco provável a ocorrência da situação de indiferença.

Vale ressaltar que o PROMETHEE II acarreta uma perda de informações em relação ao PROMETHEE I. Entretanto, o PROMETHEE II tende a ser bastante utilizado por apresentar uma ordem completa ao decisor, o que possibilita a obtenção de resultados mais confortáveis para o decisor.

2.6.1.4 O método PROMETHEE III

De acordo com Brans e Marechal (2005) os métodos PROMETHEE I e II foram apresentados por volta de 1982, alguns anos depois foi desenvolvido o método PROMETHEE III. Desde então, a família de métodos PROMETHEE vem sendo objeto de aperfeiçoamento

contínuo e adaptações, fato este que, pode ser verificado pelas versões do PROMETHEE (IV, V, VI e GAIA) os quais foram desenvolvidos posteriormente.

Para Lopes *et al* (2008) a indiferença entre duas alternativas ocorre no PROMETHEE I e II apenas quando os respectivos fluxos forem iguais. Desta forma, duas alternativas "a" e "b" não são indiferentes mesmo se seus respectivos fluxos forem muito próximos

O PROMETHEE III fornece um *ranking* das alternativas por meio de intervalos ($x_{a,}$, y_a) e define um intervalo de ordem completa (P^{III}, I^{III}), como pode ser observado (CAVALCANTE e ALMEIDA, 2007):

$$\begin{cases} aP^{III}b \text{ (a sobreclassifica b) sss } x_a > y_b, \\ AI^{III}b \text{ (a sobreclassifica b) sss } x_a \leq y_b. \end{cases} \qquad \textit{Equação 2.5}$$

O intervalo ($x_{a,}$, y_a) é dado por:

$$\begin{cases} x_a = \Phi(a) - \alpha\sigma_a, \\ y_a = \Phi(a) + \alpha\sigma_{a,} \end{cases} \qquad \textit{Equação 2.6}$$

Onde:

n é o de alternativas,

$$\begin{cases} \Phi(a) = \dfrac{1}{n}\sum_{b\in A}[-\pi(b,a) - \pi(b,a)] = \dfrac{1}{n}\,\Phi(a), \\ \sigma_a^2 = \dfrac{1}{n}\sum_{b\in A}[\pi(a,b) - \pi(b,a) - \Phi(a)]^2 \\ a > 0. \end{cases} \qquad \textit{Equação 2.7}$$

3 *DESENVOLVIMENTO DO MODELO PROPOSTO*

Este capítulo será destinado ao desenvolvimento do modelo proposto e da descrição do processo de modelagem multicritério com o uso do método PROMETHEE III. Inicialmente deve ser justificada a escolha do método e a importância de ordenar fornecedores terceirizados que realizam a coleta do resíduo do óleo lubrificante. Em seguida, na fase de aplicação do modelo serão apontados todos os elementos e parâmetros a serem considerados no estudo para que torne possível a implementação do algoritmo PROMETHEE III.

3.1 **Justificativa da escolha do método PROMETHEE III**

Apesar do crescente uso de trabalhos que utilizam a análise multicritério que aborda a seleção de fornecedores, não foi verificada na literatura uma aplicação específica que trate do problema proposto: a seleção de fornecedores terceirizados para realizar a coleta do resíduo do óleo lubrificante.

A abordagem multicritério torna-se uma ferramenta imprescindível para auxiliar este tipo de problema em que envolve múltiplos alternativas e critérios. Desta forma, o estudo multicritério contribui para que o decisor organize e obtenha uma síntese das informações que o ajudará a tomar decisões mais consistentes.

Chen *et al* (2011) afirmam que o processo de seleção de fornecedores é uma tarefa difícil. Para lidar com este tipo de problema complexo, uma exigência para a escolha do método foi que ele seja capaz de fornecer um *ranking* das alternativas, estabelecendo uma ordenação com base no melhor desempenho das alternativas à luz de todos os critérios analisados.

Outra exigência é com relação ao método não ser compensatório, isto é, não deve haver a lógica do *trade-offs* entre os critérios. Isto favorece resultados mais alinhados, já que inevitavelmente existirão alternativas que terão um baixo desempenho em alguns critérios e possuir um bom desempenho em outros.

Nesta perspectiva, optou-se pela utilização do método de sobreclassificação, os quais apresente avaliações não-compensatórias. Dentre os métodos de sobreclassificação decidiu-se pelo PROMETHEE III pelas seguintes razões: ser considerado uma aplicação relativamente simples; permitir que para cada critério seja escolhida uma função de preferência; e, fornecer o *ranking* das alternativas garantindo que o decisor se sentirá mais confortável para realizar a sua tomada de decisão (CAVALCANTE e ALMEIDA, 2007).

Além disto, o uso do PROMETHEE III contribui apropriadamente a este tipo de problema porque admite a relação da indiferença, uma situação que por meio do método PROMETHEE I e II é extremamente difícil de ocorrer. De acordo com Cavalcante e Almeida (2007) a indiferença só ocorre no PROMETHEE I e II quando os seus fluxos correspondentes são estritamente iguais ou valores muito próximos. Assim sendo, a relação de indiferença retrata de forma consistente o problema de selecionar fornecedores uma vez que, é bastante comum haver no processo decisório de seleção de fornecedores a situação de indiferença devido o fato de eles apresentarem características muito próximas entre si. Assim, o PROMETHEE III utilizará uma estrutura de ordem completa intervalar onde irá fornecer o *ranking* das alternativas.

3.2 **Descrição do modelo**

O modelo está dividido em duas etapas: na primeira etapa será feito a estruturação do problema de decisão multicritério; a segunda etapa será a aplicação do método PROMETHEE III que será tratada com maiores detalhes no capítulo cinco. Por meio da obtenção deste *ranking* serão escolhidos os fornecedores para a realização da coleta do resíduo do óleo. A descrição do modelo pode ser observada por meio da Figura 3.1

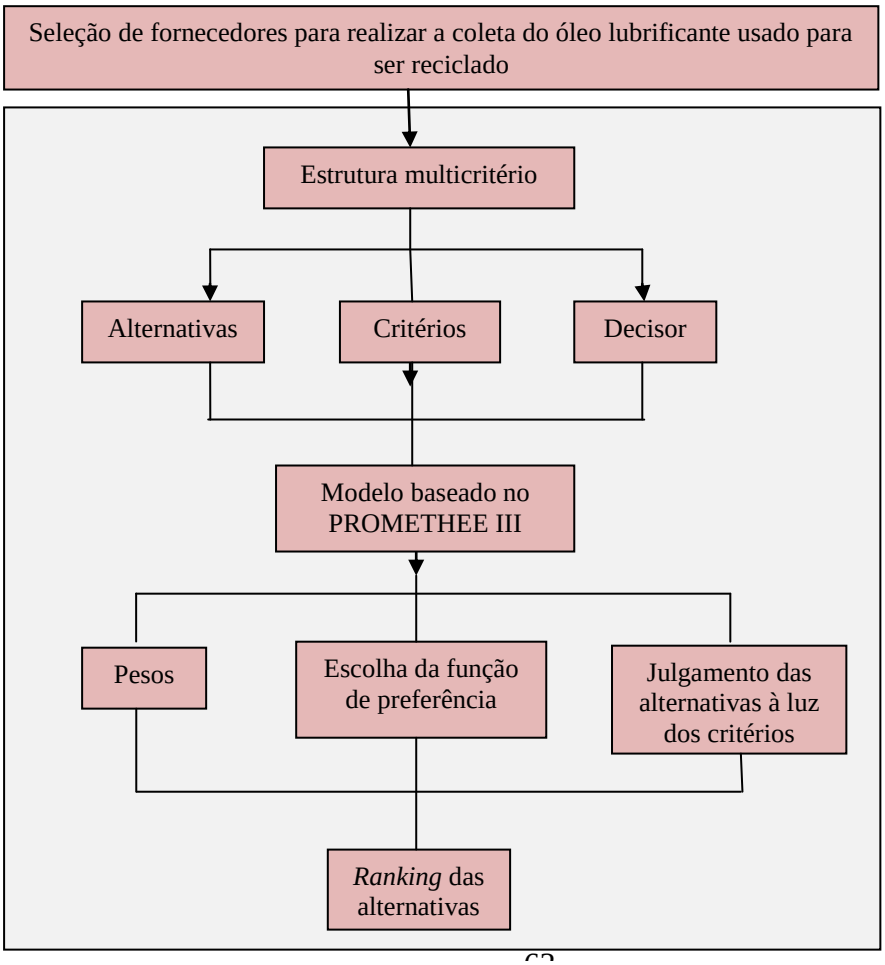


Figura 3.1: Fluxograma da descrição do modelo

Fonte: Esta pesquisa, 2011

3.3 **Estrutura do problema multicritério**

A primeira etapa da descrição do modelo corresponde a estruturação do problema. Nesta etapa serão identificados os elementos importantes para fazer a modelagem multicritério, como segue: o decisor, a determinação do conjunto de alternativas, os critérios e a avaliação das alternativas em relação aos critérios estabelecidos.

3.3.1 Decisor

Segundo Almeida (2011) a presença do decisor é uma questão importante em um problema de decisão multicritério. Na modelagem multicritério, o decisor possui o papel de estabelecer seus objetivos e fazer o julgamento de valor com base no seu sistema de preferências.

Nesta perspectiva, a estrutura do modelo de decisão prioriza o ponto de vista e os interesses do decisor. Desta forma, o processo decisório busca avaliar, de forma integrada, os múltiplos objetivos que são apresentados em unidades de medidas diferentes.

O presente trabalho estabelece o decisor de forma fictícia. Considera-se ainda que as preferencias do decisor será simulada e a sua figura está associado a um gerente da indústria de reciclagem do resíduo do óleo lubrificante. Neste sentido, serão simuladas as suas preferências e realizado o seu julgamento de valor dos critérios em relação as alternativa analisadas. Mesmo se tratando de um decisor fictício buscou-se fazer a simulação do seu sistema de valor de uma forma que se aproxime da realidade.

3.3.2 Conjunto de Alternativas

De acordo com Roy (1996) as alternativas constituem uma das possibilidades de escolha do decisor. As alternativas podem ser identificadas no início do processo ou até mesmo no decorrer do processo decisório, podendo vir a tornar-se uma solução para o problema em estudo.

Almeida (2011) afirma que em um problema de decisão, o conjunto de alternativas se concentra no caso discreto escrito da seguinte forma: $A= (a_1, a_2, a_3, ..., a_n)$, onde o número de alternativas é igual a *n*.

A descrição do conjunto de alternativas apresentadas ao decisor contribui para o processo de avaliação fazendo com que ele se sinta mais confortável em avaliar cada alternativa em relação aos critérios considerados.

No modelo proposto serão utilizados oito alternativas, sendo estas alternativas e suas respectivas descrições apresentadas na Tabela 3.1. As alternativas referem-se aos fornecedores responsáveis pela coleta do óleo lubrificante usado que será destinado a reciclagem.

Tabela 3.1: As alternativas e respectivas descrições

Alternativas (A_n)	**Descrição**
A_1	Fornecedor 1
A_2	Fornecedor 2
A_3	Fornecedor 3
A_4	Fornecedor 4
A_5	Fornecedor 5
A_6	Fornecedor 6
A_7	Fornecedor 7
A_8	Fornecedor 8

Fonte: Esta pesquisa, 2011

3.3.3 Determinação dos critérios

Almeida (2011) define critério como uma função *g* sobre o conjunto A de alternativas, a qual representa as preferências do decisor de acordo com o seu sistema de valor. Em um problema de multicritério tem-se uma família de critérios, escrita da seguinte forma: F= (g_1, g_2, g_3,..., g_n). Esta função corresponde a uma estrutura valor que deve ser definida previamente.

A determinação dos critérios é crucial para a eficiência e eficácia do método proposto. No presente trabalho foram utilizados sete critérios baseados no trabalho realizado por Chen,

Wang & Wu (2011) para selecionar fornecedores, sendo eles: experiência (C_1), reputação (C_2), flexibilidade (C_3), capacidade técnica (C_4), qualidade (C_5), gestão (C_6) e preço (C_7). Os critérios selecionados são descritos na tabela 3.2.

Tabela 3.2: Relação dos critérios

Identificador	**Critério (g_i)**
C_1	Experiência
C_2	Reputação
C_3	Flexibilidade
C_4	Capacidade Técnica
C_5	Qualidade
C_6	Gestão
C_7	Preço

Fonte: Esta pesquisa, 2011

Definem-se os critérios da seguinte forma:

- **Experiência**: considera-se que para este critério que os fornecedores devem possuir entre 1 a 10 anos de experiência para a execução das tarefas imprescindíveis para realizar a atividade de coleta do óleo lubrificante usado entregando-o ao rerrefinador;
- **Reputação**: Este critério refere-se aos fornecedores regularmente cadastrados no órgão regulador da indústria de petróleo (ANP – Portaria ANP n° 127/1999), licenciados pelo órgão ambiental competente e com boas referências no que se refere a aptidão para prover o fornecimento da matéria prima secundária nas condições apropriadas;
- **Flexibilidade:** Corresponde ao desempenho demonstrado em atender as variações de demanda;
- **Capacidade Técnica**: Refere-se aos coletores que deverão atender às normas de segurança e a sinalização prevista no regulamento para o transporte terrestre de produtos perigosos, dado pelo decreto n° 96044 de 18 de maio de 1988 e resoluções n° 420 e 701/2004, da Agencia Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). O coletor deve obedecer às determinações específicas, como: indicar na laterais e porta traseira

dos tanques próprios ou arrendados os seguintes dizeres: "Óleo lubrificante usado – Coletor autorizado contendo o seu respectivo número de autorização (IBAMA, 2008).

- **Qualidade**: Este critério permite com que os fornecedores garantam a qualidade de produtos, equipamentos e processos utilizados durante a coleta e a armazenagem temporária do óleo lubrificante usado;
- **Gestão:** Corresponde aos fornecedores que gerenciam o resíduo do óleo lubrificante com responsabilidade social e ambiental, através da emissão e entrega do certificado de coleta, o qual consiste em um documento que demonstra que os coletores agiram em conformidade com a lei.

3.3.4 Avaliação das alternativas em relação aos critérios

Na modelagem multicritério deve ser obtido o julgamento das alternativas em relação cada critério analisado. Para o desenvolvimento desta avaliação deve ser usada uma escala que determine qual função valor deve ser estabelecida.

Almeida (2011) destaca dois tipos de escalas que são bastante utilizadas em problema de multicritério: A escala verbal e a numérica. A escala verbal também conhecida como nominal ou semântica deve ser utilizada quando os critérios apresentam características qualitativas e subjetivas. Desta forma, para os critérios julgados como subjetivos adotou-se a escala verbal, a qual consequentemente foi convertida em uma escala numérica para facilitar o processo de elicitação.

Neste sentido, os critérios utilizados como segue: experiência, reputação, capacidade técnica, qualidade e gestão apresentam um caráter subjetivo. Para estes critérios qualitativos deseja-se ainda que sejam maximizados, somente o critério 7 considerado quantitativo desejou-se minimizá-lo. A avaliação realizada com o decisor para estes critérios utilizou a escala verbal e, posteriormente, foram transformados em uma escala numérica, conforme apresentado na Tabela 3.3. Optou-se por utilizar a escala verbal para facilitar o entendimento do decisor na avaliação dos critérios

Tabela 3.3: Conversão da escala verbal em escala numérica para os critérios C1, C2, C3, C4, C5, C6

Escala Verbal	Escala Numérica
Muito Alta	1
Alta	0,75

Regular	0,5
Baixa	0,25
Muito Baixa	0

Fonte: Esta pesquisa, 2011

A avaliação das escalas para cada um dos critérios qualitativos com as respectivas descrições dos níveis de escala são apresentadas nas tabelas que se seguem.

A Tabela 3.4 mostra a descrição dos níveis para o critério C_1.

Tabela 3.4: Avaliação da escala para o critério C1

Critério 1: Experiência	
Nível da escala	**Descrição**
Muita Alta	A alternativa possui uma vasta experiência para a execução de tarefas imprescindíveis possuindo 10 anos de atuação no mercado.
Alta	A alternativa possui uma experiência para desempenhar tarefas exclusivas e imprescindíveis do que é exigido. Possui 7 anos de atuação no mercado.
Regular	A alternativa possui uma experiência regular para desempenhar as funcionalidades exigidas. Possui 5 anos de atuação no mercado.
Baixa	A alternativa é pouco experiente com relação a atividade que deve desempenhar. Possui 3 anos de atuação no mercado.
Muito Baixa	A alternativa é considerada totalmente inexperiente com relação a execução da atividade. Possui 1 ano de atuação no mercado

Fonte: Esta pesquisa, 2011

A Tabela 3.5 mostra a descrição dos níveis para o critério C_2

Tabela 3.5: Avaliação da escala para o critério C2

Critério2 : Reputação	
Nível da escala	**Descrição**
Muita Alta	A alternativa possui uma ótima reputação, no que se refere a sua aptidão de prover no tempo certo e nas condições que atendam aos requisitos legais. Sempre preocupada com as normas ambientais
Alta	A alternativa possui uma reputação boa. Houve algumas incidentes que comprometeram a sua reputação. Porém, percebe-se um grande empenho para melhorar o desempenho.
Regular	A alternativa possui uma reputação regular, pois houve incidentes que comprometeram com a reputação do serviço prestado.
Baixa	A alternativa não desfruta de uma reputação insatisfatória, em virtude de acontecimentos que comprometeram a execução do serviço prestado.
Muito Baixa	A alternativa possui uma reputação negativa, pois houve falhas graves no fornecimento, como: não cumprimento de normas ambientais, tempo, condições de da matéria-prima precária e pessoal destreinado para a execução da tarefa de manusear com produto perigoso .

Fonte: Esta pesquisa, 2011

A Tabela 3.6 mostra a descrição dos níveis para o critério C_3

Tabela 3.6: Avaliação da escala para o critério C3

Critério 3: Flexibilidade	
Nível da escala	**Descrição**
Muita Alta	A alternativa demonstra uma flexibilidade elevada para atender as variações de demanda.
Alta	A alternativa possui uma flexibilidade consideravelmente alta

Regular	A alternativa possui uma flexibilidade regular.
Baixa	A alternativa possui flexibilidade baixa. Desta forma, pode deixar a desejar para atender as variações de demanda.
Muito Baixa	A alternativa não possui uma flexibilidade adequada para atender as variações da demanda.

Fonte: Esta pesquisa, 2011

A Tabela 3.7 mostra a descrição dos níveis para o critério C_4

Tabela 3.7: Avaliação da escala para o critério C4

Critério 4: Capacidade Técnica	
Nível da escala	**Descrição**
Muita Alta	A alternativa uma elevada capacidade técnica, pois possui os equipamentos específicos e identificações especiais.
Alta	A alternativa possui uma capacidade técnica satisfatória, mas não está entre as melhores no mercado
Regular	A alternativa desfruta de uma capacidade técnica regular, pois alguns equipamentos deixam a desejar comprometendo a segurança.
Baixa	A alternativa possui uma capacidade técnica baixa e está ameaçada a deixar o mercado por infringir condições importantes.
Muito Baixa	A alternativa possui uma capacidade técnica muito baixa e não está preparada para atuar no mercado

Fonte: Esta pesquisa, 2011

A Tabela 3.8 mostra a descrição dos níveis para o critério C_5

Tabela 3.8: Avaliação da escala para o critério C5

Critério 5: Qualidade	
Nível da escala	**Descrição**
Muita Alta	A alternativa executa suas atividades com excelente qualidade abarcando os procedimentos técnicos exigidos plenamente satisfatórios.
Alta	A alternativa realiza suas atividades com qualidade atuando em conformidade ambiental, social e legal.
Regular	A alternativa desempenha as atividades com uma performance regular, por desenvolver algumas questões técnicas de forma insuficiente.
Baixa	A alternativa deixa a desejar na qualidade ao desempenhar suas atividades. A baixa qualidade no serviço prestado faz que estes fornecedores estejam ameaçados de continuarem atuando mercado que exige um forte comprometimento com a qualidade.
Muito Baixa	A alternativa não consegue realizar suas atividades com a qualidade suficientemente exigida demonstrando claramente possuir a sua qualidade muito baixa.

Fonte: Esta pesquisa, 2011

A Tabela 4.9 mostra a descrição dos níveis para o critério C_6

Tabela 4.9: Avaliação da escala para o critério C6

Critério 6: Gestão	
Nível da escala	**Descrição**
Muita Alta	O grau de gestão bastante elevada que desfruta esta alternativa oferece a otimização de processos e prestação de serviços ao cliente.
Alta	O grau de gestão alto desta alternativa resulta na satisfação dos clientes com relação aos seus serviços prestados.

Regular	Esta alternativa desfruta de uma gestão regular. O que pode ser percebido com a insatisfação dos consumidores.
Baixa	Esta alternativa não possui uma gestão suficiente para otimização de processos e prestação de serviços ao cliente.
Muito Baixa	A alternativa possui uma gestão insuficiente dificultando a prestação de serviço e compromisso com a responsabilidade ambiental, social e legal.

Fonte: Esta pesquisa, 2011

O capítulo seguinte será destinado a proposição do método PROMETHEE III.

4 *MODELO PROPOSTO*

Este capítulo apresenta toda a descrição da aplicação numérica do método PROMETHEE III. Será enfatizada a determinação de parâmetros importante para a aplicação do método, como: os pesos dos critérios, a função preferência escolhida e a matriz de avaliação do decisor.

4.1 Determinação dos pesos dos critérios

Segundo Silva (2008) o decisor deve avaliar a importância relativa entre os critérios e então atribuir os pesos correspondentes a partir das suas preferências e objetivos. Como já mencionado os pesos refletem o grau de importância de cada do critério, cujo somatório deve ser igual a um. Neste sentido, o decisor deve atribuir para cada critério pesos de 0 a 1.

Antes de atribuir o peso, busca-se fazer com que o decisor entenda o significado dos critérios e como eles serão avaliados dentro do nível de escala. As escalas por sua vez são utilizadas como unidades de medidas que ajuda o decisor a julgar as alternativas em relação aos diferentes critérios relevantes para a tomada de decisão.

A escolha dos pesos é uma atividade a ser realizada pelo decisor. Não foi utilizado nenhum procedimento sistemático na atribuição dos pesos para cada critério, sendo simulada a sua distribuição de maneira arbitraria, preocupando-se com a condição da soma dos pesos igual a um. Sendo assim, o decisor fictício atribuiu aos critérios os respectivos pesos como pode ser observado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Pesos dos critérios

Critério (g_i)	**Peso (w_i)**
Experiência	0,25
Reputação	0,15
Flexibilidade	0,05
Capacidade Técnica	0,15
Qualidade	0,15
Gestão	0,05
Preço	0,2

Fonte: Esta pesquisa, 2011

4.2 Determinação da função preferência e avaliação

A escolha da função de preferência consiste em uma etapa do processo decisório bastante complexa, tendo em vista que o decisor se depara com a dificuldade de entender qual das seis funções proposta pelo método PROMETHEE deve ser atribuída a cada critério.

Por simplificação, a escolha da função de preferência para cada critério foi apresentada ao decisor da seguinte forma: os critérios considerados qualitativos tais como: C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6 optou-se por utilizar o critério usual; Já o critério quantitativo (C_7) foi estabelecido o critério da área de indiferença.

A Tabela 4.2 apresenta as funções escolhidas para cada critério e os respectivos parâmetros utilizados.

Tabela 4.2: Funções de preferência e respectivos parâmetros

Critério (g_i)	**Função de preferência**	**limiar (*p*)**	**limiar (*q*)**
C_1	Critério usual	-	-
C_2	Critério usual	-	-
C_3	Critério usual	-	-
C_4	Critério usual	-	-
C_5	Critério usual	-	-
C_6	Critério usual	-	-
C_7	Critério área de indiferença	3.000	1.500

Fonte: Esta pesquisa, 2011

O decisor avaliou a importância relativa entre os critérios e atribui os pesos correspondentes para as alternativas. A tabela 4.3 apresenta a avaliação das alternativas para cada critério.

Tabela 4.3: Avaliação das alternativas realizada pelo decisor

Alternativas/ Critérios	**A_1**	**A_2**	**A_3**	**A_4**	**A_5**	**A_6**	**A_7**	**A_8**
C_1	1	0	0,75	0,25	0,75	1	0	0,25
C_2	0	1	0	0,75	0,5	0	1	1

C_3	0,5	0,25	0,50	0	0	0,75	0,5	0
C_4	0,25	0,75	1	0,25	0,25	0	0,25	0
C_5	1	0,50	0,75	0,50	1	0,25	0	0,75
C_6	0	1	0,25	1	0,75	0,5	0,75	1
C_7	7.500	6.000	18.000	12.500	15.000	17.500	19.000	11.000

Fonte: Esta pesquisa, 2011

4.3 **Modelo proposto baseado no PROMETHEE III**

A proposição do método PROMETHEE III contempla os seguintes passos como pode ser observado na Figura 4.1.

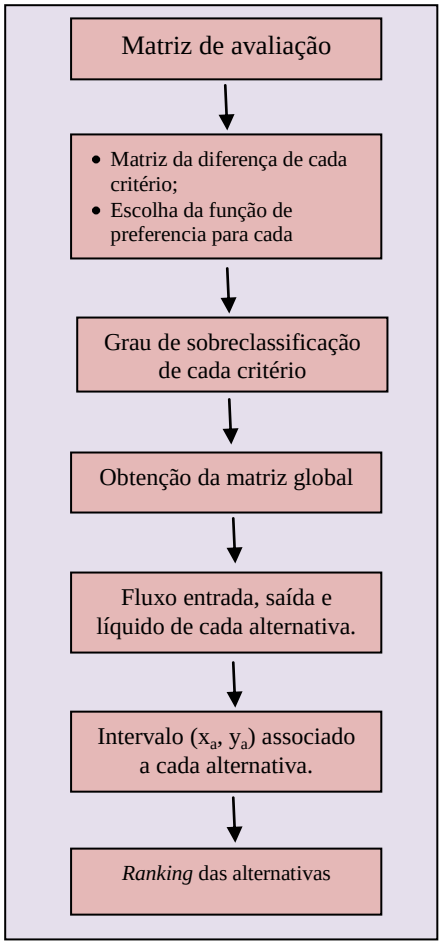


Figura 4.1: Descrição de passos do PROMETHEE III

Fonte: Esta pesquisa, *2011*

A partir da matriz de avaliação das alternativas em relação aos critérios obteve-se a diferença de cada critério. Utilizou-se para cada critério uma função de preferencia F_i *(a,b).* Em seguida, calcula-se o grau de sobreclassificação π(a,b) de acordo com a Equação (2.2).

Depois de calcular o grau de sobreclassificação, encontra-se os fluxos de sobreclassificação de saída $\Phi^{+}(a)$ e de entrada $\Phi^{-}(a)$, conforme apresentado na Equação (2.4) e (2.5), respectivamente.

De posse do fluxo de entrada e de saída, calcula-se o fluxo líquido, apresentado na Equação (2.5). Obteve-se o seguinte resultado do fluxo de sobreclassificação (*Φ*(a)) para as respectivas alternativas, conforme a Tabele 4.4 mostra.

Tabela: 4.4: Fluxo de sobreclassificação Φ(a)

Na	*Φ(a)*
A1	0,378571
A2	0,157143
A3	0,035714
A4	-0,06429
A5	0,085714
A6	-0,21429
A7	-0,37857
A8	0,007143

Fonte: Esta pesquisa, 2012

Para a obtenção do intervalo é preciso determinar o desvio σ_a^2 e o fluxo de sobreclassificação *Φ*(a) e adotou-se α igual a 0,2.Obteve-se o seguinte resultado do desvio (σ_a^2) para as respectivas alternativas, conforme a Tabela 4.5 mostra.

Tabela 4.5: Desvio padrão (σ_a^2) para as respectivas alternativas:

Na	σ_a^2
A1	0,14604
A2	0,24411
A3	0,42672
A4	0,28997
A5	0,22678
A6	0,19246
A7	0,17113
A8	0,222

Fonte: Esta pesquisa

O PROMETHEE III associa um intervalo $[x_a, y_a]$ para cada alternativa que foi obtido a partir da Equação 2.7. Por meio do intervalo encontrado foi obtido a estrutura de ordem intervalar (P^{III}, I^{III}). O resultado dos intervalos [*xa*,*ya*] encontrados para cada alternativa são os apresentados na Tabele 4.6:

Tabela 4.6: Intervalo para as respectivas alternativas

Intervalo [xa,ya]	*xa*	*Ya*
A1	0,099364	0,157779
A2	0,20832	0,305966
A3	-0,41392	-0,24323
A4	-0,07228	0,043708
A5	0,004644	0,095356
A6	-0,31706	-0,24008
A7	-0,23423	-0,16577
A8	-0,0444	0,044401

Fonte: Esta pesquisa, 2012

Todas as etapas e os seus respectivos cálculos da aplicação numérica do PROMETHEE III foram feitos em uma planilha eletrônica do Excel e estão apresentados com maiores detalhes no Apêndice I.

4.4 Obtenção do *ranking* das alternativas

Conforme pode ser visto na Tabela 4.7, os fornecedores 3 e 6 foram considerados as melhores escolhas para o decisor, enquanto que os fornecedor 2 e 1 podem ser considerados como sendo as piores escolha. Vale salientar que o "empate" ou a relação de indiferença existente entre os fornecedores 3 e 6 ocupando a primeira posição; e, 4,5 e 8 ocupando a terceira posição no *ranking* revela para o decisor que, não há razões suficientes para considerar que os fornecedores sejam tratados de forma distinta.

O *ranking* do melhor para o pior mostra para o decisor um resultado interessante em que A_3 e A_6, consideradas as alternativas que o decisor deve tomar como sendo as melhores para a sua escolha, gera uma situação conflitante para a sua tomada de decisão. Observa-se que, na avaliação realizada pelo decisor, ambas estão incluídas no *hall* das alternativas que possuem os maiores preços (C_7). Este resultado surpreende o decisor que deseja minimizar o preço referente contratação do serviço. Entretanto, o decisor deve ser alertado que as alternativas 3 e 6 obtiveram em relação aos outros seis critérios analisados os melhores desempenho. Pode ser

entendido como uma justificativa então, o preço elevado para os critérios 3 e 6 na prestação do serviço devido os demais critérios apresentarem uma avaliação satisfatória..

Salienta-se ainda que, o papel da análise de apoio à decisão multicritério é auxiliar o decisor a tomar decisões difíceis como esta, apresentado os resultados a partir da proposição deste modelo cabe ao decisor acatar ou refutar a escolha das alternativas 3 e 6. Ressalta-se ainda que, a análise de apoio a decisão não garante a resposta correta e objetiva para solucionar o problema, mas sim busca organizar as informações para que o decisor realize a sua escolha.

Tabela 4.7: Ranking das alternativas

Ranking	Alternativa
1	A_3 e A_6
2	A_7
3	A_4, A_5 e A_8
4	A_1
5	A_2

Fonte: Esta pesquisa, 2011

Assim sendo, a ordenação dos fornecedores nestas posições facilita a percepção do decisor envolvido com a seleção de fornecedores que realizam a coleta do resíduo do óleo lubrificante e contribui para auxiliar gestores a tomarem decisões de selecionar fornecedores a partir de múltiplos critérios envolvidos no processo.

4.5 **Análise de sensibilidade**

A análise de sensibilidade é fundamental para que seja observada se há variações significativas nas posições das alternativas quando os pesos atribuídos aos critérios são variados em certo nível de tolerância.

Para realizar a análise de sensibilidade foi utilizada a planilha eletrônica do *Excel.* Os resultados obtidos estão apresentados no Apêndice 2.

A análise foi realizada alterando os pesos em um percentual de 20% para mais e para menos, de modo a obter uma distribuição mais balanceada entre eles, porém respeitando a ordem de importância estabelecida pelo decisor. Optou-se fazer a análise de sensibilidade com os critérios de maiores pesos para verificar que haverá modificações significativas no resultado, sendo eles: C1, C2, C4, C5 e C7.

Neste sentido, os respectivos pesos quando foi variado em um percentual de 20% para mais e para menos ficou da seguinte forma como mostra a Tabela 4.8

Tabela 4.8: Variações dos pesos em +20% e – 20%

C1		C2		C4		C5		C7	
-20%	20%	-20%	20%	-20%	20%	-20%	20%	-20%	20%
0,2	0,3	0,258824	0,241176	0,258824	0,241176	0,258824	0,241176	0,2625	0,2375
0,16	0,14	0,12	0,18	0,155294	0,144706	0,155294	0,144706	0,1575	0,1425
0,053333	0,046667	0,051765	0,048235	0,051765	0,048235	0,051765	0,048235	0,0525	0,0475
0,16	0,14	0,155294	0,144706	0,12	0,18	0,155294	0,144706	0,1575	0,1425
0,16	0,14	0,155294	0,144706	0,155294	0,144706	0,12	0,18	0,1575	0,1425
0,053333	0,046667	0,051765	0,048235	0,051765	0,048235	0,051765	0,048235	0,0525	0,0475
0,213333	0,186667	0,207059	0,192941	0,207059	0,192941	0,207059	0,192941	0,16	0,24
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Esta pesquisa, 2011

O *ranking* das alternativas quando foi realizada a análise de sensibilidade foi igual para todos os critérios investigados, como mostra a Tabela 4.9.

Tabela 4.9: Ranking das alternativas após a análise de sensibilidade

Ranking	Alternativa
1	A_3 e A_6, A_7
2	A_4 e A_8
3	A_5 e A_8
4	A_2
5	A_1

Fonte: Esta pesquisa, 2011

Observa-se que não houve significativas mudanças, pois as alternativas 3 e 6 continuaram sendo as melhores, ao passo que as alternativas 2 e 1 as piores, embora tenha tido uma permuta mas que não provoca nenhuma alteração significativa no resultado apresentado. Outro fato que chama a atenção foi em relação a alternativa 7 que sobe uma posição e disputa a relação de indiferença com as melhores alternativas 3 e 6. A alternativa 5 deixa de ser indiferente em relação a alternativa 4 caindo uma posição em relação a mesma. Já a alternativa 8 continua sendo indiferente as alternativas 4 e 5. Desta forma, esta analise foi útil para verificar a robustez do resultado obtido do *ranking* das alternativas.

5 *CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS*

5.1 Conclusões

O estudo realizado teve como objetivo a proposição de um modelo multicritério baseado no método PROMETHEE III para apoiar a decisão de selecionar fornecedores terceirizados que irão coletar, de forma segura, o resíduo de óleo lubrificante e destiná-lo a reciclagem.

A logística reversa do óleo lubrificante retrata uma preocupação que deve ser dada a gestão do resíduo com ênfase em políticas ambientais apropriadas para solucionar problemas deste tipo. Trabalhos desta natureza proporcionam um enriquecimento para a gestão correta do resíduo do óleo lubrificante, sendo de suma importância para a sociedade, governo e as empresas, visto que se reciclado adequadamente, este resíduo pode retornar a cadeia produtiva até certa de oito vezes, gerando vantagens econômicas e poupando os recursos energéticos.

Dificuldades relacionadas ao processo de selecionar fornecedores seja para qual natureza for, são notórias no cotidiano das empresas. Desta forma, a utilização do método PROMETHEE III para auxiliar o decisor contribuiu para que fossem analisados os fornecedores segundo diferentes aspectos envolvidos pela situação.

Verificou-se a necessidade do desenvolvimento e da avaliação de um procedimento sistematizado que beneficiará as indústrias de rerrefinarias auxiliando-as a selecionar fornecedores terceirizados para executar a atividade de coleta do resíduo do óleo lubrificante, a fim de garantir a qualidade do serviço prestado. Neste sentido, as indústrias de rerrefinaria devem contratar fornecedores que além de atender as exigências legais e ambientais busquem atender aos múltiplos critérios que a empresa julgue necessário.

Neste contexto, o resultado desta abordagem multicritério foi uma análise estruturada, coerente e consistente. Assim sendo, a utilização do método multicritério foi essencial, devido à complexidade da situação evidenciada pela natureza das alternativas e pelos múltiplos critérios considerados.

Para isto, foi formulado um conjunto de alternativas e critérios, de modo a contemplar o entendimento do decisor e, com isso garantir avaliações consistentes. A aplicação numérica foi realizada a partir de dados fictícios, mas que permitisse avaliar a postura do decisor e a influência entre os critérios realizado sobre os resultados.

A aplicação do PROMETHEE III conduziu o decisor a um resultado interessante que levou o decisor a explorar o caráter subjetivo da decisão a ser tomada. As alternativas 3 e 6

foram apresentadas de acordo com o modelo proposto como sendo as melhores. Contudo ambas estão inseridas no intervalo das alternativas que possuem o preço (C_7) na faixa elevada. Sabe-se que para o critério preço o decisor deseja minimizá-lo, mas caso ele opte pelo preço minimizado irá perder em relação aos outros seis critérios analisados. Assim sendo, o preço elevado do serviço prestado pode ser justificado pelo bom desempenho obtido em relação aos critérios restantes, sendo eles: experiência, reputação, flexibilidade, capacidade técnica, qualidade e gestão.

Endossa-se a idéia de que a análise de apoio a decisão multicritério é considerada uma ferramenta que irá oferecer o suporte necessário ao decisor, uma vez que apenas irá sintetizar as informações cabendo a ele a missão de escolher a alternativa desejada. Além disto, a análise de apoio a decisão multicritério o ajuda a vislumbrar um horizonte onde pode ser percebido as possíveis consequências da decisão tomada. Neste sentido, cabe ao decisor acatar ou refutar o resultado obtido a partir do modelo proposto.

Outro fato que merece ser discutido dado a sua importância é com relação a informação da situação de indiferença que o PROMETHEE III oferece ao decisor. Vários trabalhos que abordam o problema de selecionar fornecedores são tratados a partir do método PROMETHEE II. Esta dissertação utilizou o PROMETHEE III com o propósito de quantificar a relação da indiferença que não é investigada pelo método PROMETHEE II. Desta forma, buscou-se um método que melhorasse a capacidade de informações, por meio da percepção da indiferença. A indiferença entre as alternativas revela uma situação bastante comum quando trata da difícil tarefa de selecionar fornecedores, tendo em vista que estes apresentam características muito próximas entre si. Disto isto, a indiferença permiti ainda mostrar ao decisor que não há razões suficientemente obvias para considerar que os fornecedores sejam tratados de forma distinta.

5.2 **Propostas para trabalhos futuros**

As seguintes propostas para trabalhos futuros são:

- A designação dos fornecedores para pontos de coletas, determinado o grau de complexidade de regiões que dificultam a coleta do resíduo do óleo lubrificante;
- Utilizar o método multicritério ELECTRE TRI para classificar os pontos de coletas;
- Realizar um estudo que trace uma estrutura de rotas para o sistema de coleta do óleo lubrificante usado.

- Estudos de caso com duas ou três empresas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, L. H.; ALMEIDA, A. T. de; MOTA, C. M. M. Sistemática proposta para seleção de fornecedores em gestão de projetos. *Gestão e Produção,* São Carlos, v.14, n°3, p.477-487, 2007.

ALMEIDA, A.T. *O Conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio à decisão*. Editora Universitária UFPE, 2010.

BALLOU, R.H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial* Porto Alegre: Bookman, 2006.

BELTON, V.; STEWART. T.J. *Multiple Criteria Decision Analysis.* Kluwer. Academic Publishers, 2002

BRANS, J.P.; MARESCHAL, B. "PROMETHEE methods" In: FIGUEIRA, J.; GRECO, S,; EHRGOHTT, M. (Eds), *Multiple criteria decision analysis: state of art surveys,* Springer, New York, NY, p. 163-98, capítulo 5, 2005.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento.* São Paulo: Atlas, 2008.

CAVALCANTE, Cristiano Alexandre Virginio. *Modelagem de Decisão Multicritério no Planejamento da Manutenção Abordando Problemáticas de Escolha e Classificação*. Tese 136 págs, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

CAVALCANTE, C. A. V.; ALMEIDA, A. T. de. A multicriteria decision aiding model using Promethee III for preventive maintenance planning under uncertain condictions. *Journal of quality in maintenance engineering,* v.13, p. 385-397, 2007.

Concil of Supply Chain Management Professionals – CSCMP. Supply Chain Management terms and glossary. Disponível em: http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp. Acesso em: 18 de janeiro de 2011.

CHEN, Yutian; DUBEY, Pradeep, SEN, Debapriya. Outsourcing induced by strategic competition. *International Journal of Industrial Organization*, 2010.

CHEN, Lisa Y., & WANG, T.-C. Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR. *International Journal of Production Economics*, 120, 233–242, 2009.

CHEN, Ying-Hsiu; WANG, Tien-Chin; WU,Chao-Yen. Strategic decisions using the fuzzy PROMETHEE for IS outsourcing. *Expert Systems with Applications*, 38, 13216-13222, 2011.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. *Gerenciamento da cadeia de suprimento: estratégia, planejamento e operações.* São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

CUADROS, Francisco; LÓPEZ-RODRÍGUEZ, Fernando; RUIZ-CELMA, Antonio; RUBIALES, Fernando; GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, Almudena. Recycling, reuse and energetic valuation of meat industry wastes in Extremadura (Spain). *Resources, Conservation and Recycling*, 55, p. 393–399, 2011.

DAUGHERTY, P. J.; RICHEY, R. G.; GENCHEV, S. E.; CHEN, H. Reverse logistics: superior performance through focused resource commitments to information technology. *Transportation Research Part E*, vol. 41, p. 77–92, 2005.

DE FARIA, A. C.; DE COSTA, M. F. G. *Gestão de custos logísticos.* São Paulo: Atlas, 2010.

DOUMPOS, M.; MARINAKIS, Y; MARINAKI, M., ZOPOUNIDIS, C. An evolutionary approach to construction of outranking models for multicriteria classification: The case of the ELECTRE TRI method. *European Journal of Operational Research*, vol.199 p. 496–505, 2009.

EL-FADEL, M.; KHOURY, R. Strategies for vehicle waste-oil management: a case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 33 p. 75–91, 2001.

FARHAT ALI, M.; RAHMAN, F.; HAMDAN, A. J. Techno-economic evaluation of waste lube oil rerefining. *International journal of production economics*, vol.. 42, p. 263-273, 1995.

FIGUEIRA, José; MOUSSEAU, Vincent; ROY, Bernard .In: FIGUEIRA, José; GRECO, Salvatore; EHRGOTT, Matthias. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the art surveys. Springer's international series. Operations Research e Management Science, 2005.

FLEISCHMANN, M.; KRIKKE, H. R., DEKKER R.; FLAPPER, S. D. P. A characterisation of logistics networks for product recovery. *Omega the international journal of management science* vol.28, p. 653-666, 2000.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO,C. *Tomada de decisões em cenários complexos.* São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GUERIN, Turlough F. Environmental liability and life-cycle management of used lubricating oils. *Journal of Hazardous Materials*, 160, P. 256–264, 2008.

HESSE, M.; RODRIGUE, J. The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of Transport Geography*, vol. 12, p.171–184, 2004.

IBAMA. *Manual de procedimentos para fiscalização das atividades relacionadas a óleos lubrificantes usados ou contaminados*. Brasília, 2008. ISBN 978-85-7300-274-4.

ISHFAQ, RAFAY; SOX, CHARLES R. Hub location–allocation in intermodal logistic networks. *European Journal of Operational Research*, p. 213–230, 2011.

JOHNSON, P.; FRASER Managing value in reverse logistics systems. *Logistics and transportation reverse*, 34, No. 3, p. 217-227, 1998.

JUNG, H.; CHEN, F. F.; JEONG, B. Decentralized supply chain planning framework for third party logistics partnership. *Computers & Industrial Engineering*, 55, p.348–364, 2008.

LARSEN, A.W.; MERRILD, H.; J. MØLLER, T.H. Christensen Waste collection systems for recyclables: An environmental and economic assessment for the municipality of Aarhus (Denmark). *Waste Management*, 30, p. 744–754, 2010.

LAI, Kee-hung; NGAI, E.W.T.; CHENG, T.C.E. Measures for evaluating supply chain performance in transport logistics. *Transportation Research Part E*, vol.38, p. 439–456, 2002.

LEITE, P. R. *Logística reversa: meio ambiente e competitividade*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LI, Hongchang; RONG, Chaohe. Effect of Transportation Cost on Logistic Transaction Efficiency and Outsourcing - with Qinghai-Tibet Railway as an Example. *IEEE*, 2008.

LOPES, Y.G.; CAVALCANTE, C. V. A.; FERREIRA, R. J. P.; ALMEIDA, A. T. de. Avaliação multicritério de riscos em gasoduto: uma abordagem de sobreclassificação com o PROMETHEE III. Rio de janeiro, XVIII ENEGEP, 2008.

MOREIRA, Daniel Augusto. *Administração da produção e operações* São Paulo: Cengage Learning, 2011.

NUORTIO, Teemu; JOKI, Jari Kyto; NISKA, Harri; BRAYSY,Olli Improved route planning and scheduling of waste collection and transport. *Expert Systems with Applications*, 30, p. 223–232, 2006.

NOVAES, A.G. *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: Estratégia, operação e avaliação*. São Paulo: Campus, 2007.

PAWLAK Zenon; URBANIAK, Wieslaw; KALDONSKI, Tadeusz; STYP-REKOWSKI, Michal Energy conservation through recycling of used oil. *Ecological Engineering,* 36, p.1761–1764, 2010.

POKHAREL, Shaligram; MUTHA, Akshay. Perspectives in reverse logistics: a review Resources. *Conservation and Recycling*, vol. 53, p. 175–182, 2009.

REPOUSSIS, P.P.; PARASKEVOPOULOS, D.C.; ZOBOLAS, G.; TARANTILIS, C.D.; IOANNOUA, G. web-based decision support system for waste lube oils collection and recycling. *European Journal of Operational Research*, 195, p. 676–700, 2009.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 362, DE 23 DE JUNHO DE 2005. Disponível em: http://www.tresiambiental.com.br/IMG/pdf/doc-234.pdf. Acesso em: 18 de fevereiro de 2011.

ROY, B. *Multiplecriteria Methodology for Decision Aiding.* Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1996.

ROY, B. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. *Theory and Decision,* vol.31, p. 49–73, 1991.

SALHOFER, S.; SCHNEIDER, F.; OBERSTEINER, G. The ecological relevance of transport in waste disposal systems in Western Europe. *Waste Management*, vol. 27, p.47–5, 2007.

SARKIS, JosepH, HELMS, Marilyn Michelle; HERVANI, Aref A. Reverse Logistics and Social Sustainability. *Corp. Soc. Responsib. Environ. Mgmt.* 17, p. 337–354, 2010.

Sindicato Nacional da Indústria do Rerrefino de Óleos Minerais - SINDIRREFINO Disponível em: http://www.sindirrefino.org.br. Acesso em: 18 de março de 2011.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. *Cadeia de suprimento: projeto e gestão*. Porto Alegre: Bookman, 2003.

SCHONSLEBEN, P. With agility and adequate partnership strategies towards effective logistics networks. *Computers in Industry*, vol. 42, p. 33–42, 2000.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 2009.

SLATS, P. A; BHOLA, B.; EVERS, J. J. M; DIJKHUIZEN, G. Invited Review Logistic chain modeling. *European Journal of Operational Research*, vol. 87, p. 1-20, 1995.

STOCK, G. N.; GREIS, N. P.; KASARDA, J. D. Enterprise logistics and supply chain structure: the role of fit. *Journal of Operations Management*, vol. 18, p.531–547, 2000.

TIBBEN-LEMBKE R. S.; ROGERS, D. S. Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. *Supply Chain Management: An International Journal* vol.7, N°5, p.271–282, 2002.

VINCKE, P.; *Multiple decision-aid.* John Miley & Sons. *ISBN: 0-471-93184-5*, 1992.

WINTERFELDT, D. Von. Structuring Decision Problems for Decision Analysis, *Acta Psychologica*, v. 45 p, 71-93, 1980.

YUAN, X.; LOW, J. M. W.; TANG, L. C. Roles of the airport and logistics services on the economic outcomes of an air cargo supply chain. *International Journal Production Economics*, vol. 127, p. 215–225, 2010.

ANEXO I

Modelo de certificado de coleta de óleo usado

anp Agência Nacional do Petróleo			
DADOS DA COLETORA Nome: Endereço: Cadastro na ANP nº	CERTIFICADO DE COLETA DE ÓLEO USADO nº_____ Local_____ UF___ Data ___/___/___		
Declaramos haver coletado o volume de óleo lubrificante usado ou contaminado, conforme discriminado ao lado, do gerador abaixo identificado:	Óleo automotivo		LITROS
	Óleo Industrial		LITROS
	Outros		LITROS
	Soma		LITROS
RAZÃO SOCIAL			
RUA (nome, nº, etc.)			
BAIRRO	CIDADE		UF
CEP	CGC Nº		
FONE	FAX		
1ª via (Gerador)	2ª via (Fixa/Contabilidade)	3ª via (Reciclador)	
Assinatura do Gerador (Detentor)	Assinatura do Coletor		

APÊNDICE I

As etapas de cálculo realizadas em uma planilha eletrônica do Excel para a aplicação numérica do PROMETHEE III são apresentadas a seguir.

Matriz da diferença para o critério 1

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	1	0	0,75	0,25	0,75	1	0	0,25
A1	1	0	1	0,25	0,75	0,25	0	1	0,75
A2	0	-1	0	-0,75	-0,25	-0,75	-1	0	-0,25
A3	0,75	-0,25	0,75	0	0,5	0	-0,25	0,75	0,5
A4	0,25	-0,75	0,25	-0,5	0	-0,5	-0,75	0,25	0
A5	0,75	-0,25	0,75	0	0,5	0	-0,25	0,75	0,5
A6	1	0	1	0,25	0,75	0,25	0	1	0,75
A7	0	-1	0	-0,75	-0,25	-0,75	-1	0	-0,25
A8	0,25	-0,75	0,25	-0,5	0	-0,5	-0,75	0,25	0

Matriz da diferença para o critério 2

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	0	1	0	0,75	0,5	0	1	1
A1	0	0	-1	0	-0,75	-0,5	0	-1	-1
A2	1	1	0	1	0,25	0,5	1	0	0
A3	0	0	-1	0	-0,75	-0,5	0	-1	-1
A4	0,75	0,75	-0,25	0,75	0	0,25	0,75	-0,25	-0,25
A5	0,5	0,5	-0,5	0,5	-0,25	0	0,5	-0,5	-0,5
A6	0	0	-1	0	-0,75	-0,5	0	-1	-1
A7	1	1	0	1	0,25	0,5	1	0	0
A8	1	1	0	1	0,25	0,5	1	0	0

Matriz da diferença para o critério 3

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	0,5	0,25	0,5	0	0	0,75	0,5	0
A1	0,5	0	0,25	0	0,5	0,5	-0,25	0	0,5
A2	0,25	-0,25	0	-0,25	0,25	0,25	-0,5	-0,25	0,25
A3	0,5	0	0,25	0	0,5	0,5	-0,25	0	0,5
A4	0	-0,5	-0,25	-0,5	0	0	-0,75	-0,5	0
A5	0	-0,5	-0,25	-0,5	0	0	-0,75	-0,5	0
A6	0,75	0,25	0,5	0,25	0,75	0,75	0	0,25	0,75
A7	0,5	0	0,25	0	0,5	0,5	-0,25	0	0,5
A8	0	-0,5	-0,25	-0,5	0	0	-0,75	-0,5	0

Matriz da diferença para o critério 4

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		0,25	0,75	1	0,25	0,25	0	0,25	0
A1	0,25	0	-0,5	-0,75	0	0	0,25	0	0,25
A2	0,75	0,5	0	-0,25	0,5	0,5	0,75	0,5	0,75
A3	1	0,75	0,25	0	0,75	0,75	1	0,75	1
A4	0,25	0	-0,5	-0,75	0	0	0,25	0	0,25
A5	0,25	0	-0,5	-0,75	0	0	0,25	0	0,25
A6	0	-0,25	-0,75	-1	-0,25	-0,25	0	-0,25	0
A7	0,25	0	-0,5	-0,75	0	0	0,25	0	0,25
A8	0	-0,25	-0,75	-1	-0,25	-0,25	0	-0,25	0

Matriz da diferença para o critério 5

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		1	0,5	0,75	0,5	1	0,25	0	0,75
A1	1	0	0,5	0,25	0,5	0	0,75	1	0,25
A2	0,5	-0,5	0	-0,25	0	-0,5	0,25	0,5	-0,25
A3	0,75	-0,25	0,25	0	0,25	-0,25	0,5	0,75	0
A4	0,5	-0,5	0	-0,25	0	-0,5	0,25	0,5	-0,25
A5	1	0	0,5	0,25	0,5	0	0,75	1	0,25
A6	0,25	-0,75	-0,25	-0,5	-0,25	-0,75	0	0,25	-0,5
A7	0	-1	-0,5	-0,75	-0,5	-1	-0,25	0	-0,75
A8	0,75	-0,25	0,25	0	0,25	-0,25	0,5	0,75	0

Matriz da diferença para o critério 6

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		0	1	0,25	1	0,75	0,5	0,75	1
A1	0	0	-1	-0,25	-1	-0,75	-0,5	-0,75	-1
A2	1	1	0	0,75	0	0,25	0,5	0,25	0
A3	0,25	0,25	-0,75	0	-0,75	-0,5	-0,25	-0,5	-0,75
A4	1	1	0	0,75	0	0,25	0,5	0,25	0
A5	0,75	0,75	-0,25	0,5	-0,25	0	0,25	0	-0,25
A6	0,5	0,5	-0,5	0,25	-0,5	-0,25	0	-0,25	-0,5
A7	0,75	0,75	-0,25	0,5	-0,25	0	0,25	0	-0,25
A8	1	1	0	0,75	0	0,25	0,5	0,25	0

Matriz da diferença para o critério 7

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	7500	6000	18000	12500	15000	17500	19000	11000

A1	7500	0	1500	-10500	-5000	-7500	-10000	-11500	-3500
A2	6000	-1500	0	-12000	-6500	-9000	-11500	-13000	-5000
A3	18000	10500	12000	0	5500	3000	500	-1000	7000
A4	12500	5000	6500	-5500	0	-2500	-5000	-6500	1500
A5	15000	7500	9000	-3000	2500	0	-2500	-4000	4000
A6	17500	10000	11500	-500	5000	2500	0	-1500	6500
A7	19000	11500	13000	1000	6500	4000	1500	0	8000
A8	11000	3500	5000	-7000	-1500	-4000	-6500	-8000	0

Matriz transposta para o critério 7

0	-1500	10500	5000	7500	10000	11500	3500
1500	0	12000	6500	9000	11500	13000	5000
-10500	-12000	0	-5500	-3000	-500	1000	-7000
-5000	-6500	5500	0	2500	5000	6500	-1500
-7500	-9000	3000	-2500	0	2500	4000	-4000
-10000	-11500	500	-5000	-2500	0	1500	-6500
-11500	-13000	-1000	-6500	-4000	-1500	0	-8000
-3500	-5000	7000	1500	4000	6500	8000	0

Realizado a comparação par a par entre cada critério. Utiliza-se a função de preferência escolhida para cada critério, conforme segue os cálculos abaixo.

Função de preferência: critério usual - critério 1

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	1	0	0,75	0,25	0,75	1	0	0,25
A1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,75	0	1	0	1	0	0	1	1
A4	0,25	0	1	0	0	0	0	1	0
A5	0,75	0	1	0	1	0	0	1	1
A6	1	0	1	1	1	1	0	1	1
A7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0,25	0	1	0	0	0	0	1	0

Função de preferência: critério usual - critério 2

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	0	1	0	0,75	0,5	0	1	1
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	1	0	1	1	1	1	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0,75	1	0	1	0	1	1	0	0

A5	0,5	1	0	1	0	0	1	0	0
A6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	0	1	1	1	1	0	0
A8	1	1	0	1	1	1	1	0	0

Função de preferência: critério usual - critério 3

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		0,5	0,25	0,5	0	0	0,75	0,5	0
A1	0,5	0	1	0	1	1	0	0	1
A2	0,25	0	0	0	1	1	0	0	1
A3	0,5	0	1	0	1	1	0	0	1
A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0,75	1	1	1	1	1	0	1	1
A7	0,5	0	1	0	1	1	0	0	1
A8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Função de preferência: critério usual - critério 4

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		0,25	0,75	1	0,25	0,25	0	0,25	0
A1	0,25	0	0	0	0	0	1	0	1
A2	0,75	1	0	0	1	1	1	1	1
A3	1	1	1	0	1	1	1	1	1
A4	0,25	0	0	0	0	0	1	0	1
A5	0,25	0	0	0	0	0	1	0	1
A6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,25	0	0	0	0	0	1	0	1
A8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Função de preferência: critério usual - critério 5

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		1	0,5	0,75	0,5	1	0,25	0	0,75
A1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
A2	0,5	0	0	0	0	0	1	1	0
A3	0,75	0	1	0	1	0	1	1	0
A4	0,5	0	0	0	0	0	1	1	0
A5	1	0	1	1	1	0	1	1	1
A6	0,25	0	0	0	0	0	0	1	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0,75	0	1	0	1	0	1	1	0

Função de preferência: critério usual - critério 6

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	0	1	0,25	1	0,75	0,5	0,75	1
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	1	0	1	0	1	1	0
A3	0,25	1	0	0	0	0	0	0
A4	1	1	0	1	0	1	1	0
A5	0,75	1	0	1	0	0	1	0
A6	0,5	1	0	1	0	0	0	0
A7	0,75	1	0	1	0	0	1	0
A8	1	1	0	1	0	1	1	0

Função de preferência: área de indiferença - critério 7

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	7500	6000	18000	12500	15000	17500	19000	11000
A1	7500	0	0	1	1	1	1	1	1
A2	6000	0	0	1	1	1	1	1	1
A3	18000	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	12500	0	0	1	0	0	1	1	0
A5	15000	0	0	0	0	0	0	1	0
A6	17500	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	19000	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	11000	0	0	1	0	1	1	1	0

Depois de encontrar as matrizes com as suas respectivas a funções de preferências para todos critério, determina-se o grau de sobreclassificação, conforme pode ser visualizado nas tabelas se seguem:

Grau de sobreclassificação π(a,b): critério 1

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	1	0	0,75	0,25	0,75	1	0	0,25
A1	1	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0,25	0,25
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,75	0	0,25	0	0,25	0	0	0,25	0,25
A4	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0
A5	0,75	0	0,25	0	0,25	0	0	0,25	0,25
A6	1	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0,25	0,25
A7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0,25	0

Grau de sobreclassificação π(a,b): critério 2

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		0	1	0	0,75	0,5	0	1	1
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0,15	0	0,15	0,15	0,15	0,15	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0,75	0,15	0	0,15	0	0,15	0,15	0	0
A5	0,5	0,15	0	0,15	0	0	0,15	0	0
A6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	0,15	0	0,15	0,15	0,15	0,15	0	0
A8	1	0,15	0	0,15	0,15	0,15	0,15	0	0

Grau de sobreclassificação π(a,b): critério 3

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		0,5	0,25	0,5	0	0	0,75	0,5	0
A1	0,5	0	0,05	0	0,05	0,05	0	0	0,05
A2	0,25	0	0	0	0,05	0,05	0	0	0,05
A3	0,5	0	0,05	0	0,05	0,05	0	0	0,05
A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0,75	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	0,05
A7	0,5	0	0,05	0	0,05	0,05	0	0	0,05
A8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Grau de sobreclassificação π(a,b): critério 4

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		0,25	0,75	1	0,25	0,25	0	0,25	0
A1	0,25	0	0	0	0	0	0,15	0	0,15
A2	0,75	0,15	0	0	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
A3	1	0,15	0,15	0	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
A4	0,25	0	0	0	0	0	0,15	0	0,15
A5	0,25	0	0	0	0	0	0,15	0	0,15
A6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,25	0	0	0	0	0	0,15	0	0,15
A8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Grau de sobreclassificação π(a,b): critério 5

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		1	0,5	0,75	0,5	1	0,25	0	0,75
A1	1	0	0,15	0,15	0,15	0	0,15	0,15	0,15

A2	0,5	0	0	0	0	0	0,15	0,15	0
A3	0,75	0	0,15	0	0,15	0	0,15	0,15	0
A4	0,5	0	0	0	0	0	0,15	0,15	0
A5	1	0	0,15	0,15	0,15	0	0,15	0,15	0,15
A6	0,25	0	0	0	0	0	0	0,15	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0,75	0	0,15	0	0,15	0	0,15	0,15	0

Grau de sobreclassificação π(a,b): critério 6

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		0	1	0,25	1	0,75	0,5	0,75	1
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0,05	0	0,05	0	0,05	0,05	0,05	0
A3	0,25	0,05	0	0	0	0	0	0	0
A4	1	0,05	0	0,05	0	0,05	0,05	0,05	0
A5	0,75	0,05	0	0,05	0	0	0,05	0	0
A6	0,5	0,05	0	0,05	0	0	0	0	0
A7	0,75	0,05	0	0,05	0	0	0,05	0	0
A8	1	0,05	0	0,05	0	0,05	0,05	0,05	0

Grau de sobreclassificação π(a,b): critério 7

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		7500	6000	18000	12500	15000	17500	19000	11000
A1	7500	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
A2	6000	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
A3	18000	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	12500	0	0	0,2	0	0	0,2	0,2	0
A5	15000	0	0	0	0	0	0	0,2	0
A6	17500	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	19000	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	11000	0	0	0,2	0	0,2	0,2	0,2	0

Matriz global do Grau de sobreclassificação π(a,b)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0,4	0,4	0,5	0,35	0,45	0,4	0,7
A2	0,5	0	0,4	0,55	0,7	0,75	0,6	0,4
A3	0,35	0,6	0	0,6	0,3	0,35	0,5	0,45
A4	0,3	0,15	0,4	0	0,3	0,75	0,55	0,2
A5	0,3	0,3	0,45	0,3	0	0,65	0,4	0,5
A6	0,25	0,25	0,4	0,25	0,25	0	0,4	0,25
A7	0,3	0,1	0,3	0,25	0,25	0,5	0	0,3

A8	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,55	0,55	0

A partir da matriz Global obteve-se os respectivos fluxos de entrada, de saída e o líquido, conforme segue:

Fluxo de entrada (b,a)	Fluxo de saída (a,b)	Fluxo líquido	Fluxo Líquido/7
2,3	2,3	2,3	0,328571
2,1	75002,1	75002,1	10714,59
2,75	3,25	2,75	0,392857
2,75	3,25	3,25	0,464286
2,55	2,55	2,55	0,364286
4	4,2	4,2	0,6
3,4	3,5	3,5	0,5
2,8	2,8	2,8	0,4

Desvio σ_a^2

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0,052244898	0,006173	0,005102	0,006173	0,005102	0,000816	0,073673
A2	0,024694	0	0,20898	0,020408	0,020408	0,05898	0,05898	0,024694
A3	0,077602	0,279387755	0	0,279388	0,031888	0,183673	0,279388	0,143316
A4	0,03449	0,14877551	0,03449	0	0,000204	0,26449	0,098776	0,007347
A5	0,01	0,2025	0,01	0,0025	0	0,1225	0,01	0,0025
A6	0,006173	0,049030612	0,107959	0,049031	0,014745	0	0,031888	0,000459
A7	0,01	0,09	6,93E-33	0,01	0,0025	0,09	0	0,0025
A8	0,16	0,01	0,0025	0,01	0,01	0,09	0,0625	0

Fluxo de sobreclassificação (Φ(a))

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0,1	0,4	0,45	0,3	0,4	0,4	0,6
A2	-0,1	0	-0,2	0,3	0,2	0,4	0,5	0
A3	-0,4	0,2	0	0,2	-0,15	0	0,35	0,05
A4	-0,45	-0,3	-0,2	0	-0,2	0,4	0,45	-0,15
A5	-0,3	-0,2	0,15	0,2	0	0,2	0,4	0,15
A6	-0,4	-0,4	0,05	-0,4	-0,2	0	0,1	-0,25
A7	-0,4	-0,5	-0,35	-0,45	-0,4	-0,1	0	-0,45
A8	-0,6	0	-0,05	0,15	-0,15	0,25	0,45	0

Construído os intervalos é possível definir uma estrutura de ordem completa intervalar (P^{III}, I^{III}). A tabela a seguir mostra os resultados obtidos:

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	I	P	0	0	0	0	0	0
A2	0	I	0	0	0	0	0	0
A3	P	P	I	P	P	I	P	P
A4	P	P	0	I	I	0	0	I
A5	P	P	0	I	I	0	0	I
A6	P	P	I	P	P	I	P	P
A7	P	P	0	P	P	0	I	P
A8	P	P	0	I	I	0	0	I

APENDICE II

As tabelas a seguir mostram os resultados obtidos da análise de sensibilidade. Variando os pesos em 20% para mais e para menos.

Critério 1: -20%

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	I	0	0	0	0	0	0	0
A2	P	I	0	0	0	0	0	0
A3	P	P	I	P	P	I	I	P
A4	P	P	0	I	P	0	0	I
A5	P	P	0	0	I	0	0	I
A6	P	P	I	P	P	I	I	P
A7	P	P	I	P	P	I	I	P
A8	P	P	0	I	I	0	0	I

Critério 1: +20%

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	I	0	0	0	0	0	0	0
A2	P	I	0	0	0	0	0	0
A3	P	P	I	P	P	I	I	P
A4	P	P	0	I	P	0	0	I
A5	P	P	0	0	I	0	0	I
A6	P	P	I	P	P	I	I	P
A7	P	P	I	P	P	I	I	P
A8	P	P	0	I	I	0	0	I

Os *rankings* obtidos no critério 1 aumento em 20% e diminuindo em 20% coincidiram para os critérios analisados 2, 4, 5 e 7. Desta forma, não é necessário apresentar as demais tabelas, pois são idênticas as apresentadas para o critério 1.