



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA

NILZA ISABEL MATAVEL

**LOGÍSTICA REVERSA DO ÓLEO RESIDUAL DE
FRITURA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL DO
DISTRITO MUNICIPAL DE KAMPFUMO - CIDADE
DE MAPUTO**

SÃO MATEUS – ES
2015

NILZA ISABEL MATAVEL

**LOGÍSTICA REVERSA DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA PARA
PRODUÇÃO DE BIODIESEL DO DISTRITO MUNICIPAL DE
KAMPFUMO - CIDADE DE MAPUTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Energia, na área de concentração em Engenharia, Tecnologia e Gestão.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Gisele de Lorena Diniz Chaves.

Co-Orientador: Prof. Dr. Glaydston Mattos Ribeiro.

SÃO MATEUS – ESPÍRITO SANTO
2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

M425I Matavel, Nilza Isabel, 1985-
Logística reversa do óleo residual de fritura para produção do biodiesel do distrito municipal de kampfumo – cidade de Maputo / Nilza Isabel Matavel. – 2015.
134 f. : il.

Orientador: Gisele de Lorena Diniz Chaves
Coorientador: Glaydston Mattos Ribeiro
Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Logística reversa. 2. Resíduos Sólidos. I. Chaves, Gisele de Lorena Diniz . II. Ribeiro, Glaydston Mattos. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. III. Título.

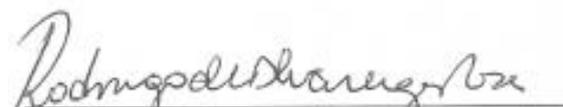
CDU: 620.9

LOGÍSTICA REVERSA DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL DO DISTRITO MUNICIPAL DE KAMPFUMO - CIDADE DE MAPUTO

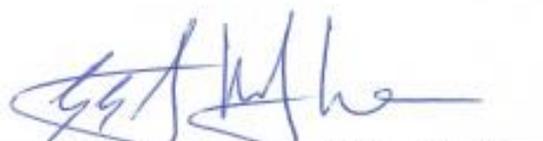
NILZA ISABEL MATAVEL

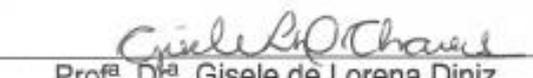
Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia, para obtenção do título de Mestre em Energia.

Aprovada: 17/03/2015.


Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa
Universidade Federal do Espírito Santo


Profª. Drª. Ana Paula Meneguelo
Universidade Federal do Espírito Santo


Prof. Dr. Glaydston Mattos Ribeiro
Universidade Federal do Rio de Janeiro
(Coorientador)


Profª. Drª. Gisele de Lorena Diniz
Chaves
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela iluminação, orientação e inspiração em todos momentos da minha vida.

À minha família, Hermínio, Hortência, Telma, Víctor, Lindiwe, Malik e Alberto pelo amor, educação, paciência, por sempre inspirarem-me, incentivarem-me, acreditarem no meu potencial, e especialmente pela família que somos hoje.

Aos melhores amigos de sempre, que na verdade são irmãos que a vida me permitiu escolher, por todo amor, sol, companheirismo, salame, inspiração, vinhos, sorrisos, música e conforto que me tem dado nesta caminhada.

Aos poucos, mas bons amigos que fiz no Brasil, que tornaram-se a minha família “gringa”.

À Professora Gisele Chaves, por ter-me aceite como orientada, pela amizade, atenção, compreensão e empenho na orientação na elaboração deste trabalho. Especialmente pela paciência em corrigir o meu português de Portugal.

Ao Professor Glaydston Ribeiro pela co-orientação na elaboração deste trabalho.

Aos colegas de mestrado, especialmente ao Giovane Ferri pela orientação na modelagem.

Aos demais professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Energia-UFES.

À Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado.

À Empresa Petromoc pelo apoio financeiro para realização da visita técnica á Moçambique.

À Associação Moçambicana de Reciclagem, às empresas Biomarca Ambiental (Brasileira) e ECOMOZ (Moçambicana), pelos contributos ao longo da pesquisa.

Aos outros tantos (amigos e familiares) que sempre apoiaram-me.

KANIMAMBO!!!

It always seems **impossible** until it's done
Nelson Mandela (1918-2013).

RESUMO

O óleo residual de fritura (ORF) é um resíduo doméstico, que quando descartado de maneira inadequada, origina impactos negativos nas esferas econômica, social e ambiental. Uma alternativa ao seu descarte indiscriminado tem sido a reciclagem que possibilita a obtenção de uma variedade de produtos lucrativos, dentre os quais destaca-se o biodiesel. O uso do ORF como insumo complementar no sistema de produção do biodiesel do Moçambique, tem o potencial de reforçar, complementar e expandir o desenvolvimento deste setor. A introdução do ORF irá agregar valor ao próprio setor, e se pode beneficiar os projetos de eletrificação rural, redução da vulnerabilidade a doenças gástricas, prevenção da poluição, e redução de importações do diesel. Neste sentido, este trabalho apresenta a projeção de uma rede logística reversa para viabilizar a coleta e transporte ORF de forma a garantir o seu adequado fornecimento para reaproveitamento, com destaque para a produção do biodiesel no distrito municipal KaMpfumo. Os elos da rede proposta são os geradores de ORF, as facilidades logísticas capazes de viabilizar o processo reverso são, os centros de retorno e pré-tratamento. Foi proposto um modelo matemático, baseado em uma variante do problema p-Mediana para a localização das facilidades. O método de resolução foi a Programação Linear Inteira Mista, implementado em linguagem C/C++, e testado com o CPLEX. O modelo foi testado utilizando parâmetros do distrito KaMpfumo. Os cenários permitiram avaliar as hipóteses propostas, estimando a situação atual de coleta de ORF, a elevação desta coleta por meio de crescimento populacional dos próximos anos e por meio de implantação do quadro legal proposto para impulsionar para produção de biodiesel. Os resultados da modelagem geraram abertura de 12 centros de retorno e 1 centro de pré-tratamento em todos os cenários. Os resultados mostram que o volume de ORF coletado é o principal fator de variação dos custos nos cenários, e que os custos operacionais e de transporte são os mais elevados da rede logística proposta. Este trabalho contribui para os processos de tomada de decisões em relação ao gerenciamento do ORF, e a diversificação da matéria-prima na produção de biodiesel no país.

Palavras-chave: Logística Reversa, Localização de Facilidades, Óleo residual de Fritura.

ABSTRACT

Waste frying oil (WFO) is a household waste, which causes a negative impact in social, economic and environmental level, when it is improperly discarded. The alternative of the improper disposal is the recycling, which enables the production of a range of profitable products, where biodiesel is highlighted.

The use of WFO as a complementary input in Mozambican biodiesel production system, has the potential to strengthen, complement, and expand the development of this sector. The introduction of WFO, will add the value of the sector, and can benefit the rural electrification projects, reducing vulnerability to gastric diseases, pollution prevention, and reduction of diesel imports. In this context, this paper, present the projection of a reverse logistics network to enable the collection and transport of WFO, to ensure their adequate supply for reuse especially for the production of biodiesel in municipal district KaMpfumo. The links / bonds of the network proposed are the producer of WFO and the logistical facilities to enable the reverse process, the returns centers and pre-treatment centers. The mathematical model proposed, was based on a variant of p-Median problem for facilities location. The resolution method was Mixed Integer Linear Programming, implemented in C/C++, and tested with CPLEX. The model was powered by scenarios that evaluated the hypotheses proposed in the study. The scenarios analysis allow to evaluate the hypothesis proposals, estimating the current situation of the WFO collection, the elevation of this collection through population growth over the next years and through implementation of the legal framework proposed to impulse the biodiesel production. The results of modeling generated the opening of 12 returns centers and one pretreatment center for all scenarios. The results show that the collected volume of ORF is the main factor of varying costs of scenarios, and the operating costs and the transportation costs are those with the highest values in the reverse logistic proposed. This work contributes to the decision-making processes regarding the WFO management, and the diversification of raw material to biodiesel production in these country.

Keywords: Reverse Logistics, Facility Location, Waste Frying Oil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da dissertação.....	25
Figura 2 - Ilustração do funcionamento da logística reversa.....	26
Figura 3 - As cinco dimensões básicas da logística reversa.....	29
Figura 4 - Áreas de atuação da logística reversa.....	30
Figura 5 - Pirâmide Invertida de opções de recuperação.....	42
Figura 6 - Localização geográfica da Cidade de Maputo.....	60
Figura 7 - Localização Geográfica do Distrito KaMpfumo.....	61
Figura 8 - Representação gráfica da rede de logística reversa do ORF.....	68
Figura 9 - Localização dos bairros candidatos a alocar centros de retorno e instalar centros de pré-tratamento	83
Figura 10 - Fluxo do ORF dos centros de retorno de instalados para o centro de pré-tratamento.....	109

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comportamento dos custos em função do aumento do volume de ORF coletado	97
Gráfico 2. Comparação entre os custos operacionais, de transporte, variáveis e de instalação	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Constituição da cadeia reversa do ORF para produção do biodiesel.....	43
Quadro 2 - Sintetização dos cenários propostos	65
Quadro 3 - Locais candidatos aos centros de retorno.....	80
Quadro 4 - Locais candidatos aos centros de pré-tratamento.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa da quantidade de ORF gerado pelo GPG no distrito municipal de KaMpfumo.....	78
Tabela 2 - Limites das Faixas de Capacidade dos centros de retorno	79
Tabela 3 - População e Amostra do GGG.	80
Tabela 4 - Faixas de Capacidade dos centros de pré-tratamento.....	81
Tabela 5 - Limites das Faixas de Capacidade dos centros de pré-tratamento	81
Tabela 6 - Custos fixo de instalação dos centros de retorno.....	84
Tabela 7 - Custos fixos de instalação dos centros de retorno em função do tempo de vida útil	85
Tabela 8 - Descrição dos custos fixo de operação dos centros de retorno	86
Tabela 9 - Custos fixo de operação dos centros de retorno.....	87
Tabela 10 - Custo fixo de instalação dos centros de pré-tratamento.....	89
Tabela 11 - Custos fixos de instalação dos centros de pré-tratamento em função do tempo de vida útil	90
Tabela 12 - Descrição dos custos fixo de operação dos centros de pré-tratamento	91
Tabela 13 - Custos fixo de operação dos centros de pré-tratamento.....	91
Tabela 14 - Custo variável.....	92
Tabela 15 - Resultados dos Cenários.....	95
Tabela 16 - Comportamento dos custos em função do aumento do volume de ORF coletado.....	97
Tabela 17 - Projeção dos custos de centro de retorno em relação ao GGG.	103
Tabela 18 - Facilidades e Faixas de Capacidade	104

LISTA DE SIGLAS

BRS - Bairros

BH - Bairro Hulene

BIL- Bairro Industrial do LÍngamo

BL- Bairro Luís Cabral

CR - Centro de Retorno

CP- Centro de Pré-Tratamento

GGG - Grupo Grandes Geradores

GPG - Grupo dos Pequenos Geradores

ORF- Óleo Residual de Fritura

PLIM - Programação Linear Inteira Mista

SABESP - Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SIGs - Sistemas de Informação Geográfica

Lista de Variáveis

CIC_c - custo fixo de instalação de um CR

CIH_h - custo fixo de instalação de um CP

COC_c - custo fixo de operação de um CR

COH_h - custo fixo de operação de um CP

QC_c - Quantidade total de ORF que um CR recebe

QH_h - Quantidade total de ORF que um CP recebe

u_{gc} - Quantidade de ORF enviada do GPG para o CR

v_{jh} - Quantidade de ORF enviada do GGG para CP

x_c^f - Variável binária que representa a abertura ou não do CR na Faixa de Capacidade para atender ORF

y_h^l - Variável binária que representa a abertura ou não do CP na Faixa de Capacidade para atender ORF

z_{ch} - Quantidade de ORF enviada do CR para CP

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 APRESENTAÇÃO	15
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.3 JUSTIFICATIVA	20
1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA	23
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	24
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1 LOGÍSTICA REVERSA: ESCOPO E DEFINIÇÃO	26
2.2 DIMENSÕES BÁSICAS DA LOGÍSTICA REVERSA	28
2.2.1 Dimensão 1 – Impulsionadores da implementação	30
2.2.2 Dimensão 2 – Motivo de Retorno	35
2.2.3 Dimensão 3 – Tipo de produto retornado	37
2.2.4 Dimensão 4 – processos envolvidos com a logística reversa	38
2.2.5 Dimensão 5 – Atores envolvidos com a logística reversa	42
2.3 PROJETO DE REDE DE LOGÍSTICA REVERSA	44
2.4. MODELOS DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES	47
2.4.1 Modelos De Localização Clássicos.....	49
3 METODOLOGIA	58
3.1 TIPO DE ESTUDO	58
3.2 CAMPO DE ESTUDO	59
3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA	59
3.4 PROCEDIMENTOS PARA OBTENÇÃO/COLETA DE DADOS	62
3.5 APRESENTAÇÃO DAS HIPÓTESES DA PESQUISA	64
3.6 APRESENTAÇÃO DOS CENÁRIOS	64
4 MODELO MATEMÁTICO	67
5 APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS	75
5.1 DEFINIÇÃO DOS CONJUNTOS	75
5.2 DEFINIÇÃO DO NÚMERO DE FACILIDADES PARA ALOCAÇÃO DE CENTROS DE RETORNO	76
5.3 QUANTIDADE DE ORF GERADO E FAIXAS DE CAPACIDADE	77
5.3.1 Geração Grupo dos Pequenos Geradores.....	77
5.3.2 Faixas de Capacidade para os Centros de Retorno.....	78
5.3.3 Geração Grupo dos Grandes Geradores	80

5.3.4 Faixa de Capacidade para os centros de pré-tratamento.....	81
5.4 CUSTOS FIXOS DE INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DOS CENTROS DE RETORNO	83
5.5 CUSTOS FIXOS DE INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E VARIÁVEIS DOS CENTROS DE PRÉ-TRATAMENTO	87
5.6 CUSTOS VARIÁVEIS	91
5.7 CUSTOS DE TRANSPORTE.....	92
6 ANÁLISE DOS CENÁRIOS	94
6.1 RESULTADOS DOS CENÁRIOS	94
6.1.1.Cenários e Custos	95
6.1.2 Cenários e Facilidades abertas.....	103
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
APÊNDICE A	129
APÊNDICE B	131
APÊNDICE C	132
APÊNDICE D	133

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O óleo vegetal é a gordura extraída de plantas oleaginosas, por processos de refino, podendo estes ser físicos ou químicos. O seu consumo mundial está subdividido por dois setores essenciais para o desenvolvimento socioeconômico de qualquer nação, os setores alimentar e industrial. Com cerca de 80% de consumo do óleo vegetal produzido mundialmente, o setor alimentar é o seu principal utilizador (CALLE *et al.*, 2009). Este setor faz uso do óleo vegetal na fritura de alimentos, do qual resulta o óleo residual de fritura (ORF).

O óleo residual de fritura (ORF) é uma substância que caracteriza-se por possuir elevada viscosidade e acidez, alto grau de calor específico, e odor desagradável (COSTA NETO *et al.*, 2000; ALVES, 2010; DA SILVA; NETO, 2013). Esta substância, quando descartada de maneira inadequada; isto é, sem obedecer a condições mínimas de segregação, constitui-se um dos resíduos domésticos mais perigosos (SABESP, 2011; OLIVEIRA, 2013; ZUCATTO *et al.*, 2013). O despejo de ORF na rede de esgoto provoca graves danos ambientais, além de grandes prejuízos para a infraestrutura de drenagem das cidades (ALVES, 2010; DIB, 2010; SABESP, 2011; OLIVEIRA, 2013). Este óleo mistura-se com a matéria orgânica, forma crostas e retém resíduos sólidos, que obstruem as tubulações e as caixas de gordura. Esses entupimentos aumentam as pressões internas das tubulações, que podem romper-se e contaminar o solo e o lençol freático (DIB, 2010; SABESP, 2011; OLIVEIRA, 2013). Técnicos da área de saneamento do Brasil relatam que a presença de óleos e gorduras nos sistemas de drenagem e esgoto aumentam em 45% os seus custos de tratamento (BRASIL, 2009). Por sua vez, o despejo de ORF nos cursos de água prejudica as espécies aquáticas, pois, pela diferença de densidade entre o óleo e a água, o óleo cria uma camada que impede a entrada de luz, reduz a interface ar-água, dificulta as trocas gasosas e, conseqüentemente, diminui a concentração de oxigênio neste meio. O ORF quando depositado no solo causa obstrução dos interstícios do solo, dificultando a drenagem das águas, tornando o ambiente propício para enchentes (FREITAS; BARATA, 2010; SABESP, 2011; OLIVEIRA, 2013).

Devido aos efeitos negativos do descarte inadequado do ORF vem-se desenvolvendo pesquisas por mecanismos ou processos que minimizem e previnam a poluição e contaminação causadas por este resíduo. Alguns países como Estados Unidos, Singapura, China, África do sul, Tailândia e os países da União Europeia adotaram políticas de reaproveitamento e reciclagem do ORF (GUABIROBA, 2009; COSTA NETO *et al.*, 2000; CHAU *et al.*, 2010; ROCHA, 2010; IGLESIAS *et al.*, 2012; RECOIL, 2012; VINYES *et al.*, 2013; YONG *et al.*, 2012). A implementação dessas políticas tem proporcionado aos países que as implementam, uma oportunidade para, preservar o meio ambiente, e valorizar o resíduo por meio da produção de uma variedade de produtos lucrativos como detergentes, biodiesel, tintas, ração animal e glicerina (BIODIENET, 2007; ALVES, 2010; PITTA JUNIOR *et al.*, 2009; RECOIL, 2012; ZUCATTO *et al.*, 2013).

É neste âmbito que o ORF vem se tornando um insumo complementar às matérias-primas tradicionais no mercado do biodiesel. Dib (2010), Iglesias *et al.*, (2012), Oliveira (2013), Yong *et al.*, (2012), entre outros, mostram que a conversão deste resíduo para biodiesel tem atraído os investidores e pesquisadores do setor devido a sua sustentabilidade ambiental e econômica. Do ponto de vista ambiental, o biodiesel produzido a partir de ORF é considerado mais sustentável, quando comparado ao produzido pela matéria-prima convencional, por se tratar do aproveitamento energético de um resíduo (IGLESIAS *et al.*, 2012; RECOIL, 2012). Desta forma, transforma-se um resíduo perigoso e oneroso, em uma fonte energética valiosa. Outro ponto positivo do uso do ORF é que, ele não promove o desmatamento florestal, nem a ocupação de terras para produção alimentar (CHAU *et al.*, 2010; IGLESIAS *et al.*, 2012), como as outras formas para obtenção do biodiesel.

O uso do ORF em vez das oleaginosas vem se mostrando uma forma eficaz de reduzir o custo da matéria-prima e, conseqüentemente, o custo de produção do biodiesel. Pesquisas mostram que os custos da matéria-prima convencional (óleo vegetal) representam em torno de 70-95% do custo total de produção do biodiesel (ZHANG *et al.*, 2003; YONG *et al.*, 2012; SILVA; NETO, 2013). Por outro lado, o custo do óleo residual, em alguns países chega a ser 2-3 vezes mais barato, quando comparado com o óleo vegetal (YONG *et al.*, 2012). Paraíba *et al.*, (2012) consideram que o biodiesel produzido de ORF poderá substituir 1,5% do consumo

do diesel da União Europeia e, assim, apoiar os países membros dessa coligação a atingir a meta de 10% de energias renováveis no transporte em conformidade com a Diretiva de Energias Renováveis N° 2009/28/CE do Parlamento e Conselho Europeu. Uma evidência da viabilidade desta alternativa é o setor de transportes da Inglaterra que, em 2011, utilizou 89% do biodiesel produzido a partir de ORF (LRS, 2013).

O número de países a usar o ORF como matéria-prima para biodiesel, tem aumentado (ECOFSYS, 2013), tanto que, mesmo em países em via de desenvolvimento, esta prática vem se intensificando. Recomenda-se que as cidades Africanas e Asiáticas, implementem a conversão do ORF em biodiesel, por se tratar de um modelo de negócio com viabilidade técnica e econômica, além de promover as energias renováveis (IRENA, 2014).

A literatura aponta a viabilidade tecnológica tanto da produção do biodiesel por meio do ORF quanto da sua utilização em motores convencionais (BIODIENET, 2007; COSTA NETO *et al.*, 2000; DIB, 2010; RECOIL, 2012; OLIVEIRA, 2013). Grandes empresas do ramo do biodiesel como a *Green Fuels* têm investido em tecnologia para produzir biodiesel a partir deste resíduo, com baixo custo de instalação, e baixa emissão de carbono (GREEN FLUELS, 2013). Em 2012, foi anunciada a abertura de um centro de tecnologia na China para pesquisar o uso do ORF como biodiesel para aviação, financiado pela companhia *Boeing NYSE: BA* e pela *Commercial Aircraft Corporation of China (COMAC) (BOING TO...2012)*. Isto demonstra que não são apenas as pequenas e médias empresas que estão a seguir para esse caminho. Mesmo as grandes empresas reconhecem que este é um mercado em expansão.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A produção de biodiesel no Moçambique teve o seu início em 2004, com objetivos primordiais da redução da dependência do país em relação aos combustíveis fósseis, bem como a criação de uma nova fonte de renda para a população rural. Os combustíveis fósseis, apesar de só corresponderem a 9% na matriz energética, representam um encargo financeiro elevado na economia do país porque, todos os

produtos petrolíferos utilizados e comercializados no país são importados (MOÇAMBIQUE, 2012).

Em média, o país importa 6 milhões de toneladas de produtos petrolíferos por ano, o que representa um gasto de aproximadamente US\$ 350 mil por ano (MOÇAMBIQUE, 2012). Historicamente, o diesel é o combustível mais consumido no país, uma vez que, além do setor dos transportes, ele é usado nas áreas rurais como energia para a realização de trabalhos em setores básicos para sobrevivência da população tais como agricultura (funcionamento de bombas para irrigação), abastecimento de água, e iluminação nos centros de saúde e escolas.

No período entre 2000 a 2011, o consumo de diesel praticamente triplicou, passando de 2.282,43 m³ para 6.969,25 m³ (MOÇAMBIQUE, 2012). Uma vez que apenas 40% da população têm acesso a energia elétrica, as instalações de geradores a diesel surge como um auxílio e complemento da expansão e acesso à energia elétrica (APENAS 40%...2014). Em regiões como os Postos Administrativos e as vilas das Províncias, onde a expansão da rede elétrica torna-se onerosa, devido as condições de acessibilidade e distância, os geradores a diesel e os painéis solares são a principal fonte de energia elétrica (MOÇAMBIQUE, 2009). Contudo, a implementação de geradores a diesel está sujeita a instabilidade e volatilidade dos preços dos combustíveis do mercado internacional, além de aumentar a dependência do país em relação aos combustíveis fósseis importados.

Apesar do setor de biodiesel ter como objetivo reduzir a dependência na importação de combustível, aumentar a renda na área rural e colaborar para a soberania energética, este setor não vem contribuindo para o suprimento das necessidades internas de energia do país, encontrando-se numa fase de desenvolvimento incipiente, caracterizada pela ausência de produção significativa de biodiesel e quadro legal em fase de estruturação (MATAVEL; CHAVES, 2013). Esta fase pela qual o setor atravessa se deve às limitações inerentes ao próprio setor, e às condições de desenvolvimento do país, em que se destaca a centralização excessiva da produção em uma única matéria-prima. Do total de projetos de biodiesel existentes no Moçambique, 95 % dedicam-se integralmente ao cultivo do pinhão-manso, em detrimento de outras opções de matéria-prima (UNAC; JA, 2009; ATANASSOV *et al.*, 2011; MATAVEL; CHAVES, 2013). A centralização em uma

única matéria-prima torna o processo produtivo caro, e representa um risco em termos de estratégia de desenvolvimento e produção. Por essa razão, o setor precisa ser impulsionado por meio de incentivos políticos que poderão ser feitos de diversas maneiras, desde a definição de um programa de inclusão social no processo produtivo, reforço de políticas públicas do setor agrário e de infraestruturas, até o interesse na adesão de políticas de diversificação de matéria-prima, como é o caso do uso do ORF.

A maioria do ORF gerado na cidade de Maputo volta a ser reutilizado por grande parte da população das classes sociais baixa e média, na elaboração dos seus alimentos, seja devido à falta de recursos financeiros para comprar óleo vegetal, ou como forma de economia doméstica. Há também um percentual de ORF comercializado no mercado informal para as fábricas de sabão existindo, deste modo, uma pequena quantidade de ORF descartada na rede de esgoto ou depositado na lixeira. Este fato acontece, pois tanto em nível nacional quanto municipal não existe nenhuma legislação específica que exija a segregação deste resíduo. Em nível municipal, a referência do ORF como um resíduo encontra-se apenas no documento de proposta do plano de combate à poluição ambiental municipal, cujo texto aponta que o encaminhamento de óleos e gorduras acumulados nas caixas de esgoto das cozinhas representa um risco de contaminar a água da Baía de Maputo¹, por aumentar as cargas dos poluentes dos lixiviados produzidos em lixeiras. Como solução para o problema, o documento sugere a implementação de um sistema de valorização de gorduras e óleos residuais. Contudo a questão do óleo residual é considerada um problema de prioridade/urgência baixa, devido ao hábito cultural de reutilização do resíduo.

Entretanto, esse hábito de reutilização do resíduo no setor alimentar representa um problema de saúde pública, por deixar a população vulnerável à contaminação por substâncias causadoras de doenças cancerígenas. O ORF contém elevados índices de dioxinas que são substâncias catalisadoras do cancro. Essas dioxinas consumidas em pequenas quantidades por um longo período de tempo têm efeito cumulativo e podem causar cancro gastrointestinal. Este resíduo possui também

¹ A Baía de Maputo é uma região estuarina composta por manguezais e quantidades de nutrientes que favorecem ao desenvolvimento da atividade pesqueira (tanto para sobrevivência quanto para fins comerciais). A região possui elevada importância socioeconômica para o desenvolvimento para a capital do país.

elevados índices de acidez e gorduras, que pode causar irritação na mucosa gástrica e piorar o quadro de indivíduos que tem gastrite² (informação verbal) (REUTILIZAÇÃO EXCESSIVA...2009; BROILO; RODRIGUES, 2012).

Com base na projeção da população urbana do país, e na projeção do consumo mundial do óleo vegetal do setor alimentar, estima-se que em 2013, a produção de ORF no país foi superior a 16 mil toneladas (INE, 2010; GUNSTONE, 2013). Contudo, apesar da estimativa da capacidade de produtiva do país, o uso do ORF como matéria-prima para produzir o biodiesel, ou outra forma de aproveitamento encontra-se limitado, devido a inexistência de uma rede de logística reversa, que estructure e viabilize a coleta deste resíduo junto dos geradores, e possibilite o seu fornecimento as indústrias de beneficiamento. A Política Brasileira de Resíduos Sólidos define logística reversa como, um instrumento de desenvolvimento socioeconômico, caracterizado por possuir mecanismos capazes de viabilizar a coleta, e valorização dos resíduos sólidos, ou atribuí-los um destino ambientalmente adequado (BRASIL, 2010). Esta estruturação é essencial para viabilizar o aproveitamento deste resíduo, tal como ocorreu com as embalagens vazias de agrotóxicos no Brasil: o reaproveitamento e descarte adequado desta embalagem somente ocorreu com o estabelecimento de uma rede de coleta, armazenagem, transporte, e reciclagem ou incineração (XAVIER; CORREIA, 2013). A criação da rede reversa irá permitir o equacionamento do retorno do ORF por meio da abertura e localização dos centros de retorno para consolidação do óleo, centros de pré-tratamento para a classificação, limpeza e purificação do óleo, indústrias de processamento (caso necessário) e modais de transporte adequados (LEITE, 2003; XAVIER; CORREIA, 2013).

1.3 JUSTIFICATIVA

A utilização do óleo residual de fritura como matéria-prima para produção biodiesel no Moçambique, constituirá uma oportunidade para reforçar, complementar, e expandir o desenvolvimento do setor de biodiesel, visto que a produtividade do setor está em parte condicionada pela falta de diversificação de matérias-primas.

² A informação foi fornecida pelas médicas Moçambicanas Carla Matos e Ângela Penedo, em uma entrevista na cidade de Maputo nos dias 14/03/2014 e 09/04/2014 respectivamente.

O óleo residual de fritura é uma matéria-prima com elevado potencial energético, baixo custo de aquisição, apresenta um bom potencial de oferta, não compete com a segurança alimentar, uso de solo e disponibilidade de água (CHAU *et al.*, 2010; DIB 2010, OLIVEIRA, 2013). A sua reciclagem apresenta potencial para promover a inclusão de mais atores (população e catadores) e investidores nacionais (pequenas e médias empresas) na cadeia de valor, devido ao seu baixo custo de investimento, comparado ao custo de investimento de produção de média e grande escala de culturas oleaginosas. Para as empresas além do potencial econômico elas irão promover a sua imagem de socialmente e ambientalmente corretos perante a sociedade por contribuírem para eliminação de um poluente ambiental. O uso de uma matéria-prima de baixo custo representará uma oportunidade para diminuir o custo de produção. Existe ainda a possibilidade destas empresas obterem financiamento do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, pois além de permitirem a reciclagem do ORF, produção de um combustível com baixo impacto ambiental pela emissão de poluentes (GUABIROBA, 2009; PITTA JUNIOR *et al.*, 2009, FURBINO; FRANCO, 2011; MEI *et al.*, 2011; IGLESIAS *et al.*, 2012). A população local também será beneficiada, pois além da minimização de poluentes nas regiões onde vivem, pode haver ganho financeiro pela comercialização dessa fonte para as empresas de produção de biodiesel.

Portanto, a introdução desta matéria-prima ao setor de biodiesel do Moçambique potencialmente agregará valor ao próprio setor, aumentará a participação das energias renováveis na matriz energética, contribuirá para a segurança e soberania energética do país, incentivará a participação de mais investidores nacionais no setor de biodiesel, reduzirá as importações do diesel, e aumentará de possibilidades ao acesso dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo. Outras formas de utilização do ORF podem também ser empregadas, a despeito da preferência por esta forma de utilização.

A curto prazo, os setores municipais de saúde pública, gestão de resíduos sólidos, e os projetos da eletrificação rural do país, poderão beneficiar-se de imediato desta diversificação de matéria-prima. Os benefícios do setor de saúde pública estão associados a diminuição/redução da vulnerabilidade de contaminação de doenças gástricas e cancerígenas por parte da população. Os benefícios para o setor municipal de gestão de resíduos sólidos estão associados com a prevenção da

poluição e contaminação causada por um poluente perigoso. Relativamente ao setor de eletrificação, o biodiesel poderá agregar valor ao programa de eletrificação rural levado a cabo pelo Governo, tanto em termos de maior produção, quanto em relação à redução dos atuais encargos financeiros associados com a compra do diesel (ECONERGY, 2008; MOÇAMBIQUE, 2009; MOÇAMBIQUE, 2012).

Mesmo com um marco regulatório sendo elaborado, o país já conta com cerca de 24 projetos de biodiesel (ainda que em fase operação inicial), e um elevado interesse estrangeiro no setor (MATAVEL; CHAVES, 2013). Contudo, caso seja estabelecida a diversificação da matéria-prima a favor do ORF, a sua disponibilização para os fabricantes de biodiesel encontra-se condicionada pela existência de uma estruturação e coordenação dos processos logísticos, relacionados com a sua coleta, o seu transporte, e a sua entrega ao fabricante de biodiesel. A logística reversa é conhecida como, uma ferramenta capaz de viabilizar a acessibilidade nos locais, e as quantidades adequadas de insumos retornados nos processos produtivos (FLEISCHMANN, 2002; ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001; DE BRITO; DEKKER, 2003; LEITE, 2003).

No Brasil, algumas pequenas e médias empresas coordenam logística reversa do ORF produzido em residências, restaurantes, hotéis, supermercados, e redes de *fast food*. Na cidade de São Paulo, por exemplo, a empresa Martin Brower coleta óleo o ORF das lojas da rede de *fast food* McDonald's, e envia para a empresa SP Bio Indústria e Comércio de Biodiesel LTDA, que o transforma em biodiesel. Para a McDonald's, a logística reversa constitui uma oportunidade de adicionar valor à imagem da empresa perante a sociedade, para SP Bio é uma forma adicional de obter matéria-prima barata para produzir biodiesel, e para a Martin Brower é a prestação de um serviço logístico (MEI *et al.*, 2011).

Em 2011, a empresa Recóleo Coleta e Reciclagem de Óleo Vegetal em Belo Horizonte, recolheu 140 mil litros de óleo por mês. Durante esse ano, o litro do óleo foi comprado por R\$ 0,30 e depois de tratado foi revendido por R\$ 1,00 a R\$ 1,20 para empresas de São Paulo, e Goiânia que atuam na produção de biodiesel. A direção da empresa afirmou ter obtido um faturamento significativo com a coleta e a reciclagem do ORF (FURBINO; FRANCO, 2011). No estado do Espírito Santo, a empresa BioMarca já produziu cerca de 2,5 milhões de litros de biodiesel através

do ORF. Em 2013, o preço do ORF no mercado brasileiro girava em torno dos R\$1,00 e R\$1,20 (MFRURAL, 2013).

No decorrer do processo reverso do ORF, a falta de centros de retorno para consolidação de carga (como é o caso de Moçambique) minimizam a eficácia do processo e encarece a produção do biodiesel (ROCHA, 2009; PINTO, 2010; GUABIROBA, 2009; ECOFSYS, 2013). Os centros de retorno são facilidades desenvolvidas para consolidar grandes volumes de cargas e armazená-las até seu transporte, de forma rápida e eficiente (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998). Eles permitem a maximização do retorno e da coleta, pois além de criarem o maior volume de resíduos em um único ponto, estão localizadas em áreas centrais, que permitem o acesso tanto dos clientes quanto dos produtores (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998; LEITE, 2003).

A localização de infraestruturas logísticas vem sendo estudada, como problemas de localização de facilidades, pela Pesquisa Operacional (MELO *et al.*, 2009; ROCHA, 2009; FERRI *et al.*, 2015). A pesquisa operacional é responsável pelo desenvolvimento de uma grande variedade de modelos matemáticos para representar os problemas de localização, assim como também para solucioná-los. No presente trabalho o modelo foi construído, baseado em uma variante do problema p-Mediana e o método de resolução foi a Programação Linear Inteira Mista. Tanto o modelo de localização como o método de resolução foram escolhidos, por serem geralmente utilizados na localização de facilidades em redes de logística reversa, em particular na área de resíduos sólidos³ (HUANG, *et al.*, 1997; FERRI, *et al.*, 2015, JAYARAMAN *et al.*, 2003).

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo geral do trabalho é propor uma rede de logística reversa para viabilizar a coleta e transporte do óleo residual de fritura de forma a garantir seu adequado

³ Apesar do óleo residual encontrar-se na forma líquida, o Artigo 3.1 da Norma 10004 da ABNT:2004 define, resíduos sólido e semi-sólido, como sendo os que, resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Estando inclusos nesta categoria os lodos de sistemas de tratamento de água, gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, assim como alguns líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água. Por essa razão, neste trabalho, considera-se o ORF como um resíduo sólido.

fornecimento para a produção do biodiesel no distrito municipal KaMpfumo na cidade de Maputo.

Os objetivos específicos definidos a partir do geral são os seguintes:

- Identificação dos geradores do ORF no distrito municipal KaMpfumo, bem como os volumes produzidos, e local de instalação;
- Obtenção de informação de vias, custos de veículos coletores e outros parâmetros necessários para o desenvolvimento do modelo matemático;
- Desenvolvimento de um modelo matemático para representar a rede de logística reversa do óleo residual proposta;
- Validação da modelagem matemática por meio da análise dos cenários relacionados a esta rede, que evidenciam o efeito da variação dos parâmetros que o influenciam.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em 7 Capítulos, a sua representação gráfica pode ser visualizada na Figura 1.

O Capítulo 1 contém a introdução e contextualização geral do tema de pesquisa, assim como justificativa, os objetivos e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 é referente a revisão bibliográfica, neste ponto foram expostos tópicos como o escopo e definição da logística reversa, as 5 dimensões básicas da logística reversa, os projetos de redes de logística reversa e os modelos de localização de facilidades.

A abordagem científica e metodológica da dissertação foi apresentada no Capítulo 3. Neste capítulo foram apresentados os procedimentos e etapas seguidas para a obtenção, processamento bem como análise de dados.

O Capítulo 4 compreende a apresentação da modelagem matemática e seus respectivos parâmetros, criados exclusivamente para resolução do problema em estudo.

No Capítulo 5 contém a etapa de obtenção dos parâmetros do modelo, necessários para aplicação do modelo matemático ao local estudado.

O Capítulo 6 compreende a apresentação e análise dos cenários propostos.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões do trabalho e recomendações, análise crítica e limitações quanto ao objetivo, assim como o direcionamento para pesquisas futuras.

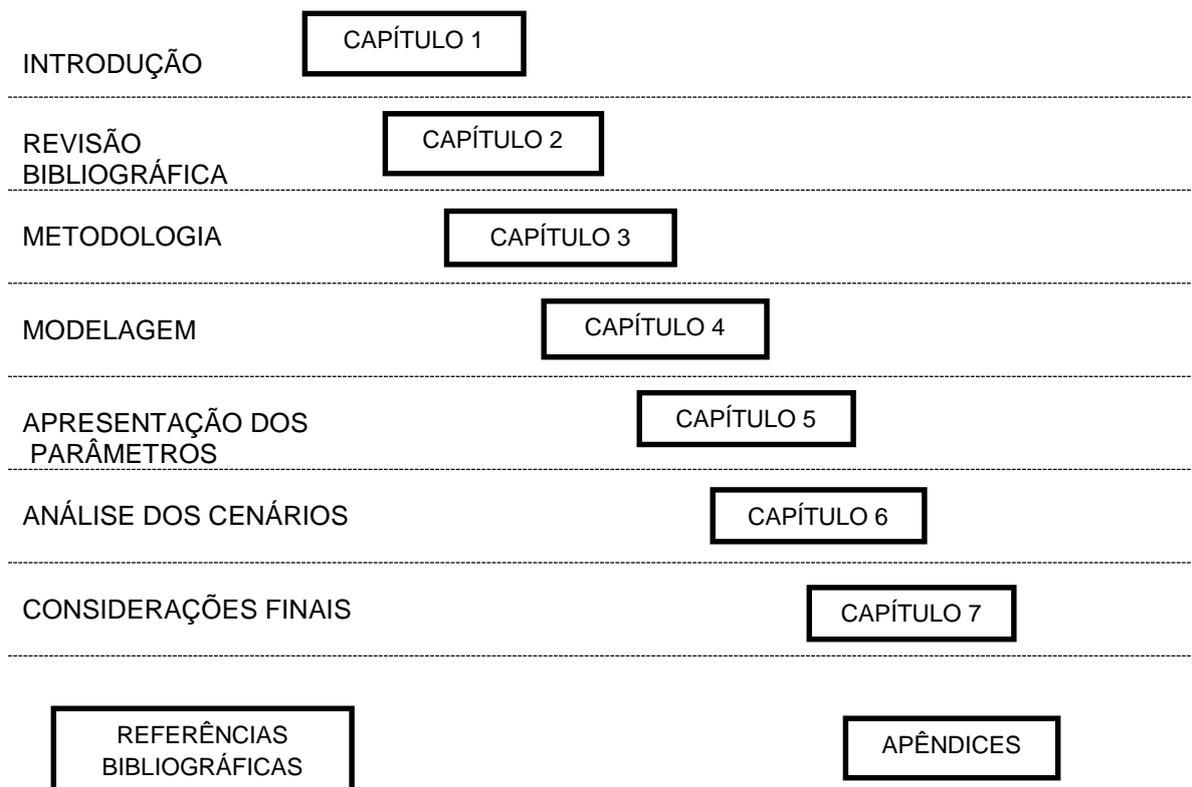


Figura 1 - Estrutura da dissertação
Fonte: Elaborada pela autora.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LOGÍSTICA REVERSA: ESCOPO E DEFINIÇÃO

A logística reversa é um termo relativamente novo quando analisado sob ponto de vista acadêmico, o seu surgimento na literatura ocorreu por volta anos 70, bastante incorporada as questões de reciclagem e canais de distribuição reversos (DE BRITO, 2003; DE BRITO; DEKKER, 2003; LEITE, 2003). Akdogan e Coskun (2012) referem que, os termos canal reverso e fluxo reverso, foram mencionados pela primeira vez nas publicações dos pesquisadores Guiltinan e Nwoköye (1975), e Ginter e Starling (1978).

Uma das suas primeiras definições foi construída nos anos 80, pelos pesquisadores Lambert e Stock (1981), o conceito teve como base a diferença que existe entre os movimentos dos fluxos (diretos e reversos) (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 2001; DE BRITO, 2003; AKDOGAN; COSKUN, 2012). Os fluxos diretos referem-se às operações logísticas no sentido direto do produtor ao consumidor, enquanto os fluxos reversos referem-se, às operações logísticas no sentido inverso do consumidor ao produtor, vide Figura 2.

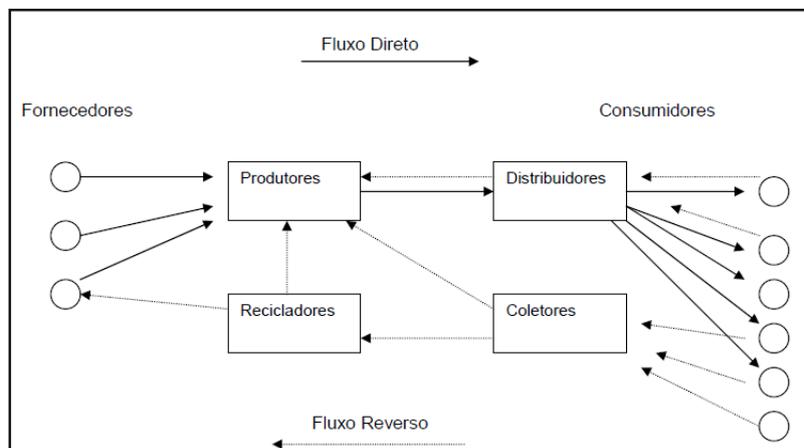


Figura 2 - Ilustração do funcionamento da logística reversa
Fonte: Adaptado de Fleischmann *et al.*, (1997, p. 5.)

A partir da década 90, a necessidade do cumprimento da legislação, aliada aos fatores de econômicos e as preocupações ambientais, impulsionaram a evolução de vários conceitos e pesquisas sobre a logística reversa, tendo-se desenvolvido

estudos com macro perspectivas e micro perspectivas a seu respeito (CHAVES, 2009; GENCHEV *et al.*, 2011; LAMBERT *et al.*, 2011).

Em 1998, os pesquisadores Rogers e Tibben-Lembke, formularam uma definição de logística reversa, que vem sendo referenciada por diversos trabalhos como Fleischmann (2000), De Brito (2003), De Brito e Dekker (2003), Chaves (2009), Lambert *et al.*, (2011), Genchev *et al.*, (2011), e Pinna e Carrus (2012). Às definições já existentes de logística reversa foram incluídas, termos importantes como: metas e processo, enfatizam a necessidade do ciclo da cadeia de suprimentos, propondo assim o seguinte conceito:

o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência , custo efetivo do fluxo da matéria-prima, em processo de inventário, produtos acabados e informação relacionada desde o ponto do consumidor para o ponto de origem, com o propósito de recapturar e criar valor ou uma disposição apropriada (ROGERS ; TIBBEN-LEMBKE, 1998, p. 2, tradução nossa).

Em 2003, Leite um autor brasileiro, contribuiu também para amplo e diversificado leque de conceitos de logística reversa, definindo-a como:

uma área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas natureza: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros (LEITE, 2003, p. 16).

A definição proposta por este autor se destaca por focar na agregação de valor que a logística reversa pode proporcionar ao setor empresarial. Nos últimos anos, a logística reversa assumiu um papel estratégico no setor empresarial, por proporcionar benefícios econômicos e melhorias na imagem corporativa nas empresas que à implementam (DE BRITO, 2003; LEITE, 2003; LAMBERT *et al.*, 2011; PINNA e CARRUS, 2012). Fato é que, a rigidez e as exigências das legislações ambientais atuais, vem impondo às empresas um comportamento

ambiental mais ativo, responsabilizando-as pela gestão completa do ciclo de vida dos seus produtos (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998, LEITE, 2003, LAMBERT *et al.*, 2011). Isto faz com que, as empresas tenham necessidade de criar desde uma estruturação interna para administrar e gerir as devoluções, até opções de revalorização/recuperação das devoluções dos seus próprios resíduos. Como consequência dessas ações, elas acabam por beneficiar-se financeiramente, e obter uma imagem socialmente sustentável perante a sociedade. Os ganhos financeiros estão associados as vantagens competitivas do mercado pela diferenciação de serviço ao cliente/consumidor, recuperação do valor econômico dos produtos devolvidos, e administração das devoluções.

Rogers e Tibben-Lembke (1998), De Brito (2003), Leite (2003), Akdogan e Coskun (2012), entre outros, fazem referência de diversas empresas que por terem adotado políticas de devolução ou reutilização de resíduos, obtiveram ganhos econômicos significativos, com destaque para a empresa Recelular que vem obtendo vantagens econômicas através da recuperação celulares; a empresa Kodak que vende câmeras fotográficas remanufaturadas; a Esteé Lauder Corporation que obteve uma economia de US\$ 30 milhões com a reutilização dos seus próprios resíduos, e a empresa Xerox que poupou milhões de dólares apenas fazendo o reaproveitamento e reuso de material. Já melhoria de imagem corporativa está associada, a promoção da sustentabilidade ambiental devido a revalorização dos resíduos, o que atrai a camada dos clientes e consumidores que se preocupam com o meio ambiente. A logística reversa, serve também, de complemento das ações da empresa, associadas a implementação dos sistemas de gestão ambiental, e atender as regras de certificações internacionais como a ISO 14001 (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998; DE BRITO, 2003; LEITE, 2003; XAVIER; CORREIA, 2013).

2.2 DIMENSÕES BÁSICAS DA LOGÍSTICA REVERSA

Em suas pesquisas Fleischmann (2000), De Brito (2003) e De Brito e Dekker (2003), explicam a existência de cinco questões que devem ser consideradas como dimensões básicas da logística reversa, uma vez que, ajudam a identificar os objetivos da implantação do processo, as razões pelas quais os produtos retornam,

as características do produto retornado, o procedimento do retorno, e os elementos envolvidos nesse retorno. A Figura 3, ilustra um esquema das cinco dimensões básicas.

- **Por que implementar?** Etapa onde a empresa deve pensar sobre os motivos que a levaram a implantar o processo;
- **Por que retornar?** Onde se apresentam as razões pelas quais os produtos são retornados;
- **O que?** Característica e tipos de produtos que retornam;
- **Como?** Processo pelo qual o retorno ocorre;
- **Quem?** Fatores envolvidos no processo de retorno.

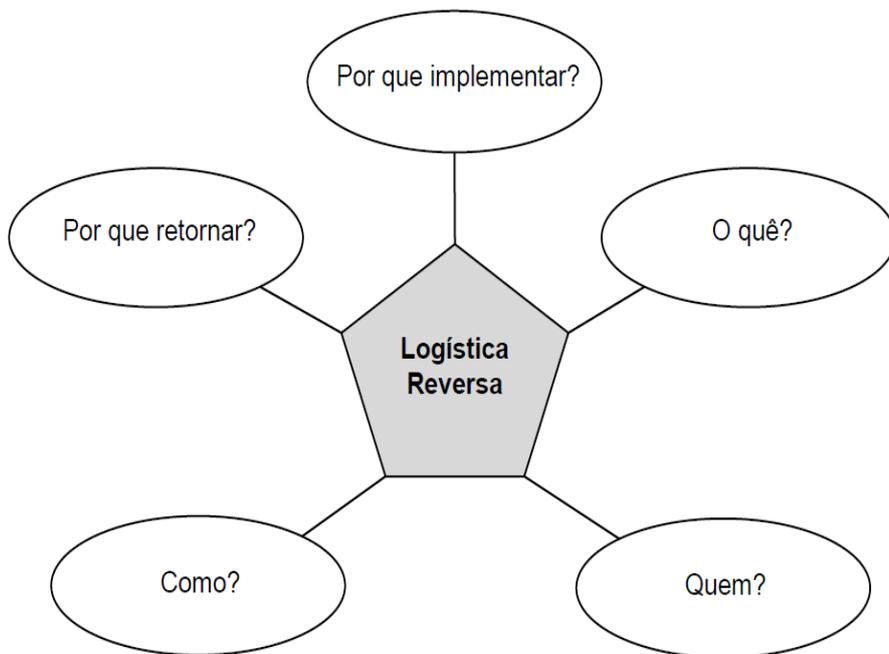


Figura 3 - As cinco dimensões básicas da logística reversa
Fonte: De Brito (2003, p. 47.)

2.2.1 Dimensão 1 – Impulsionadores da implementação

As razões que motivam a implementação da logística reversa variam de acordo com o tipo de retorno e tipo de produto: pós-venda e pós-consumo, vide a Figura 4.

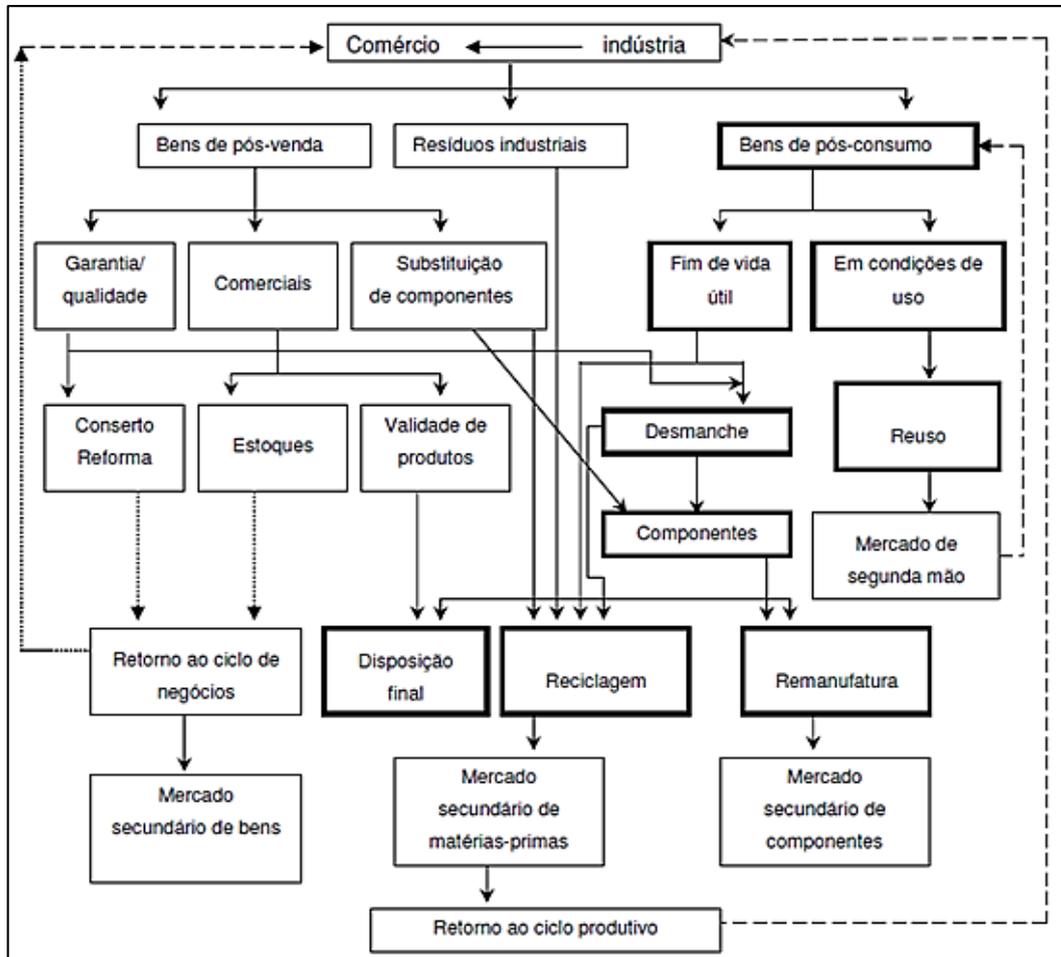


Figura 4 - Áreas de atuação da logística reversa
Fonte: Adaptado de Leite (2003, p. 20.)

A diferença entre estas duas áreas de atuação é que, a logística reversa pós-venda refere-se ao retorno de produtos ainda no seu período de vida útil, por diversas razões das quais podem se destacar: erro no processamento de pedidos, defeitos, falhas, substituição de componentes, qualidade, garantia e avaria. Esses produtos são de natureza durável, semidurável ou descartável, e geralmente são denominados por bens-pós venda. Leite (2003) define a logística reversa da pós-venda, como uma área que tem a função de planejar a operação e controlar o fluxo físico, e de informações logísticas da devolução de bens pós-venda, normalmente, os bens pós-venda retornam aos canais reversos pelos canais diretos. Dependendo do nível de dano, o produto poderá ser encaminhado/direcionado para os canais de

pós-consumo. Segundo Leite (2003), a logística reversa pós-consumo é a área, que tem função de planejar a operação e controlar o fluxo físico, e de informações logísticas do descarte/devolução de bens pós-consumo pela sociedade geral. Os bens que são normalmente enviados aos destinos finais tradicionais, como a incineração, aterros sanitários, eliminação, retornam ao ciclo produtivo por meio da remanufatura, reforma, reciclagem, reempacotamento, originando uma agregação de valor. Dependendo do estado do resíduo e da utilidade que possuir, os bens podem retornar ao ciclo produtivo originando bens duráveis ou descartáveis. Com base nesta classificação, o óleo residual de fritura é um bem pós-consumo, enquadra-se na logística reversa pós-consumo, devendo por isso seguir o canal reverso pós-consumo.

No retorno pós-venda a razão está associada a imagem corporativa tanto do produto como da marca, mas concretamente questões competitivas e de serviço ao cliente, e ao cumprimento de obrigações referentes aos contratos de fornecimento ou a Lei de Defesa do Consumidor. Por seu turno, o retorno pós-consumo geralmente ocorre por razões associadas a questões de sustentabilidade sócio-ambientais e recuperação de valor (CHAVES, 2009).

De acordo como Fleischmann *et al.*, (1997), Rogers e Tibben-Lembke (1998), De Brito e Dekker (2003), e Leite (2012), os impulsionadores da implementação da logística reversa podem ser classificados em econômicos, legais e de cidadania corporativa.

Econômicos (diretos e indiretos)

Refere-se aos ganhos financeiros pelas quais as empresas implementam ou envolvem-se em atividades de logística reversa. No setor produtivo a logística reversa é tida como uma forma mais barata de obter matéria-prima, revalorização do produto através da sua recuperação, diminuição dos custos de disposição de resíduos sólidos (FLEISCHMANN, 2000; DE BRITO; DEKKER, 2003). A logística reversa é também analisada sob ponto de vista de oportunidade para ter acesso aos mercados alternativos como o mercado de segunda mão, desenvolver objetivos de marketing, impulsionar ações competitivas e estratégicas para evitar a redução do faturamento (AKDOGAN; COSKUN, 2012; PINNA; CARRUS, 2012). Um exemplo de ações competitivas foi o caso da empresa International Business

Machines (IBM) que desenvolveu e implementou processos de recuperação das suas próprias peças para evitar a terceirização de serviços, e consequentemente proteger a sua tecnologia e marca de espionagem e sabotagem (DE BRITO; DEKKER, 2003). Os ganhos diretos estão associados ao consumo de materiais, redução de custos e recuperação de valor, enquanto os ganhos indiretos são relativos a antecipação do cumprimento da legislação, proteção de mercado, imagem da empresa e melhoria da relação com clientes e fornecedores. O mercado do alumínio é um exemplo de ganhos financeiros que se pode obter. A recolha e venda de materiais de alumínio recicláveis para indústrias, proporciona uma redução de custos de produção, devido a obtenção de matéria-prima mais barata (LEITE, 2003; CEMPRE, 2014). No Brasil em 2012, a reciclagem de latas de alumínio para bebidas movimentou cerca de R\$ 1,8 bilhões na economia do país. Só a etapa de coleta injetou R\$ 645 milhões, o equivalente à geração de emprego e renda para 251 mil pessoas. O país é o líder na reciclagem de latas de alumínio, o seu índice de reciclagem é de 98,3% (CEMPRE, 2014).

Legais

Refere-se à jurisdição que indique que a empresa deve recuperar o produto e o consumidor deve retorná-lo; Este impulsor está relacionado com questões de direito ao consumidor assim como responsabilidade ambiental. Alguns países e regiões desenvolvidas possuem regulamentos rigorosos em relação ao retorno de bens pós-venda e pós-consumo. A União Europeia, por exemplo, possui um quadro legal bastante exigente e rígido no que concerne às quotas de reciclagem de as empresas devem cumprir, legislação sobre recolha de embalagens e extensão da responsabilidade dos fabricantes (AKDOGAN; COSKUN, 2012; PINNA; CARRUS, 2012). Por exemplo a indústrias de equipamentos elétricos e eletrônicos europeia, está sujeita a obediência das Diretivas de Resíduos de Elétricos e Eletrônicos (2002/96/CE), e a de restrição do Uso de Certas Substâncias Perigosas em Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (2002/95/CE), que tem como objetivo aumentar a reutilização, valorização e reciclagem dos equipamentos elétricos. A Diretiva Resíduos de Elétricos e Eletrônicos estabelece quotas de recuperação entre 70% e 90%. A indústria Equipamentos Elétricos e Eletrônicos tem a responsabilidade retornar os produtos dos consumidores/clientes e atribuir um

destino adequado a eles. O governo europeu fornece incentivos para os fabricantes que cumprem as leis (AKDOGAN; COSKUN, 2012; PINNA; CARRUS, 2012).

Cidadania Corporativa

Refere-se ao conjunto de valores/princípios que a organização possui por implementar e estar associado as atividades de logística reversa construindo, deste modo, uma imagem de ambientalmente consciente para os clientes e fornecedores; Parte-se do princípio de que quanto melhor for o serviço ao cliente, maior será o seu nível de consciência de devolução de produtos e reembolso, e melhorar a sua imagem. A imagem de ambientalmente sustentável tornou-se também um elemento bastante importante nas estratégias de Marketing. Fazendo com que, muitas empresas adotassem e explorassem opções de devolução e reaproveitamento dos seus produtos (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998; LEITE, 2003).

Nos países onde é implementada, a logística reversa do óleo residual é majoritariamente impulsionada pela legislação ambiental (GUABIROBA, 2009; RECOIL, 2012; ECOFYS, 2013). Países como África do Sul, Alemanha, Austrália, China, Espanha, Estados Unidos, Inglaterra e Singapura, para além possuírem de um quadro legal específico para o descarte do ORF (reciclagem obrigatória), o governo, a população e o setor privado possuem uma consciência ambiental, fato que viabiliza a coleta e reciclagem de elevadas quantidades de óleo residual, assim como o estabelecimento de um mercado consolidado para os produtos provenientes dessa reciclagem (GUABIROBA, 2009 ; YONG *et al.*, 2011).

O quadro legal da União Europeia possui três Diretivas específicas que orientam a gestão do ORF, e devem ser cumpridas por todos países membros (RECOIL, 2013): (1) Diretiva do Quadro de Resíduos (2008/98/CE) que identifica o ORF como um bio-resíduo, na categoria " óleos e gorduras comestíveis" (CER 20 01 25) que deve ser recolhido por coleta seletiva e posteriormente tratado; (2) Diretiva de desvios de resíduos líquidos dos aterros sanitários (99/31/CE), em que o ORF está incluso como resíduo líquido; (3) Diretiva 2000/76/CE que permite a incineração do ORF e estabelece critérios rigorosos para a construção de plantas de incineração do resíduo. Além destas, a Diretiva 2004/35/CE impõem o conceito do poluidor-pagador que pode ser usado para atribuir responsabilidades aos vários atores que

desempenham um papel no sistema de sistema de produção / coleta / recuperação do ORF.

Apesar da existência dessas diretivas, cada país membro da União Europeia possui seus próprios regulamentos que encontram-se alinhados com as três diretivas. Como exemplo, na Inglaterra, de acordo com a Lei de Resíduos Industriais de 1991, a descarga do ORF na rede de esgoto é proibida. O ORF é classificado como um resíduo, sendo, portanto, de responsabilidade jurídica do seu produtor garantir a sua coleta por um transportador autorizado (LRS, 2013). Em 2004, foi aprovado um regulamento que proíbe o uso dos subprodutos do ORF como ingredientes para ração animal, e estimula o seu uso pelas empresas incineradoras (geração de elétrica), aos produtores de biodiesel (como matéria-prima), ou para outros usos, como na indústria química (LRS, 2013).

Mesmo impulsionada por um fator legal, a logística reversa do ORF proporciona a geração de ganhos econômicos aos envolvidos. Os ganhos financeiros da logística reversa do óleo residual estão associados ao seu reaproveitamento como matéria-prima para produção de outros insumos, agregando valor econômico às cadeias produtivas. A ECOFYS (2013) apresenta algumas estimativas dos preços⁴ de venda praticados na União Europeia: os restaurantes praticam o preço R\$ 0,92 /Kg de óleo; os coletores individuais vendem o óleo filtrado a R\$ 1,67/Kg; e as empresas coletoras (especializadas na coleta e tratamento de limpeza) vendem o óleo purificado a R\$ 2,7 /Kg.

Em países com lacunas em termos legislativos, como é o caso do Brasil e Moçambique, a logística reversa é direcionada por fatores econômicos (associados aos aspectos de negócio ou de inclusão social), em que normalmente as adesões são voluntárias quando se trata de empresas privadas a iniciarem o negócio (fatores econômicos), ou incentivadas nos pequenos programas municipais ou iniciativas de ONGs (empreendedorismo com inclusão social) (GUABIROBA, 2009; MATTOSINHO; DA SILVA, 2010; ZUCATTO *et al.*, 2013). Atualmente no Moçambique existe apenas uma iniciativa formalmente organizada de coleta do ORF. A iniciativa é sustentada por uma pequena associação de reciclagem - Associação Moçambicana de Reciclagem (AMOR), que coleta o ORF em alguns

⁴ Os preços foram calculados com base no câmbio (1€ = R\$ 3,07) praticado no dia 2/06/2014 (EUR, 2014).

hotéis e restaurantes da cidade de Maputo, para produzir biodiesel para uso próprio. O preço⁵ de compra do óleo praticado pela associação varia entre é de R\$ 0,07/ Litro (restaurantes e hotéis) - R\$ 0,3/ Litro (catadores) (informação verbal). Entre 2009 e 2011, a empresa moçambicana ECOMOZ utilizou o ORF como uma matéria-prima complementar na sua produção de biodiesel. O ORF era coletado em empresas alimentares e restaurantes da província de Maputo, o preço de compra era R\$ 0.70/ Litro. Esta empresa parou coleta devido à falta de disponibilidade do resíduo (quantidade e qualidade) (informação verbal)⁶.

Portanto, pode-se considerar que dependendo da realidade em que a empresa estiver inserida, os seus direcionadores para a logística reversa do óleo residual podem variar entre legislativos ou econômicos, ou ainda podem ocorrer simultaneamente. Onde os direcionadores econômicos destacam-se por criarem possibilidades de remuneração de todos os elos da cadeia reversa, conferindo efetividade do processo e os legislativos destacam-se por promover uma maior participação e envolvimento da sociedade, complementado os direcionadores econômicos. O impulso mútuo destes dois direcionadores garante eficácia, eficiência ao processo reverso.

2.2.2 Dimensão 2 – Motivo de Retorno

De uma maneira geral, as razões de retorno dos produtos pós-venda estão associadas com a insatisfação por parte do cliente, e algum defeito ou dano no produto, enquanto as razões de retorno dos produtos pós-consumo estão mais associadas ao fato deste não atender mais as necessidades do cliente, o fim de sua vida útil e ao cumprimento de alguma legislação. Rogers e Tibben-Lembke (1998), De Brito e Dekker (2003), e Leite (2003), apresentam as razões classificadas e agrupadas em retorno de manufatura, retorno de distribuição e retorno de consumidor.

⁵ O preço foi calculado com base no câmbio (13,00 Meticais = R\$ 1) praticado no dia 2/06/2014 (FOREXTICKET, 2014). A informação foi fornecida pelo diretor da AMOR, em uma entrevista na Cidade de Maputo no dia 9/04/2014.

⁶ A informação foi fornecida pelo diretor da ECOMOZ, em uma entrevista na Cidade de Maputo no dia 31/03/2014.

Retornos de manufatura

Referem-se aos retornos que exigem a necessidade de recuperação do produto ou componentes durante a fase de manufatura. Este tipo de retorno geralmente ocorre por inúmeras razões, dentre as quais destacam-se: matéria-prima inadequada para utilização; falhas na qualidade durante o processo de manufatura e falhas no produto. As razões anteriormente citadas constituem a categoria de retornos por falha no processo de fabricação. Os produtos e matérias-primas também podem retornar à fabricação devido ao excesso de produção, neste caso, tem-se uma categoria de retornos por excesso de produção

Retornos de distribuição

Ocorrem na fase da distribuição de produtos, referem-se aos retornos comerciais, *recall* de produtos e ajustes de estoque e retornos funcionais. Os retornos comerciais são os tipos de retorno onde um comprador tem a opção contratual de retornar o produto ao vendedor. Estes retornos podem-se referir às falhas na entrega dos produtos ou a produtos não vendidos. Os *recalls* são os produtos coletados devido a alguma falha ou problema capaz de comprometer a segurança ou a saúde do consumidor (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998). Geralmente, o processo de retorno é iniciado por um fornecedor ou pelo próprio fabricante, e não pelos consumidores finais. Um exemplo deste tipo de retorno é a ocorrência de *recalls* por parte de fabricantes de veículos. O *recall* de produtos é iniciado na fase de distribuição, portanto está incluído na categoria dos retornos de distribuição. Um exemplo de *recall* aconteceu no Brasil entre 2002 e 2007, quando a empresa Mattel orientou através da mídia local, a devolução de todos os brinquedos e acessórios da linha de bonecas *Polly Pocket* com acessórios imantados, cujo os custos de troca ficaram por conta da empresa. O *recall* aconteceu pois descobriu-se que, os brinquedos vendidos possuíam, risco de descolamento de pequenos ímãs nos produtos que poderiam ser prejudiciais os consumidores (MATTEL FAZ...2007). O ajuste de estoque e retornos funcionais referem-se aos retornos que acontecem quando um membro da cadeia redistribui seus estoque para outros pontos de venda.

Retornos dos consumidores

São iniciados após os produtos chegarem aos consumidores, estes estão divididos em retornos comerciais, retornos de serviço, retornos de final de uso e retornos de

final de vida. Os retornos comerciais podem ser por garantia do produto ou reembolso. Os retornos de serviço podem ser por reparação, substituição de peças, normalmente são referentes aos produtos pós-venda. Os retornos de produtos em fim de uso referem-se a devolução de objetos que são temporariamente arrendados, alugados ou entregues por um período determinado. Retorno de final de vida refere-se as devoluções de produtos, que sob ponto de vista dos consumidores não têm mais utilidade física ou econômica. Um exemplo de retorno de final de vida é o papel. O papel depois de recolhido, retorna à própria indústria onde é reutilizado. A indústria do papel acaba por ter um ganho econômico direto com a recuperação do papel em fim de vida. Neste caso, o papel enquadra-se na categoria de retorno de circuito fechado, pois retorna para a sua fábrica de origem, onde é reciclado, revendido ou incorporado a novos produtos. Em 2012, a indústria de papel brasileira obteve uma elevada taxa de reciclagem de papel ondulado, 73,3%, o que correspondeu a um total de 3.393.000 toneladas de papel reciclado (CEMPRE, 2014)

O retorno do óleo residual de fritura enquadra-se na categoria de retorno de consumidores, comerciais ou residenciais, e trata-se de um retorno de final de vida. Como o ORF não retorna à própria indústria depois de reciclado, enquadra-se na categoria de retorno de ciclo aberto.

2.2.3 Dimensão 3 – Tipo de produto retornado

Esta dimensão aborda os tipos e característica dos produtos retornados. Estas informações são importantes para a eficiência do processo reverso, pois auxiliam a etapa da classificação que é responsável por definir o destino final dos produtos retornados (LAMBERT *et al.*, 2011).

Nesse âmbito, Leite (2003) p.39, apresenta a seguinte classificação de vida útil dos produtos: Descartável: refere-se aos produtos que tem um tempo de vida útil de algumas semanas, e que dificilmente passam de seis meses. Exemplos embalagens, brinquedos, material para escritório, artigos cirúrgicos, pilhas de equipamentos, etc; Durável: refere-se aos produtos que tem um tempo de vida útil que varia de alguns anos a algumas décadas. Exemplos automóveis, eletrodomésticos, máquinas e equipamentos industriais, aviões, etc; Semidurável:

refere-se aos produtos que tem um tempo de vida útil de algumas semanas que varia de alguns meses até dois anos. Exemplo: bateria de veículos, óleos lubrificantes, bateria de celulares, computadores e seus periféricos, etc. Com base nesta classificação, o ORF é um resíduo semidurável. As suas especificações químicas variam em função do seu padrão de uso (número de frituras) e origem (se provém de soja, girassol ou alguma outra oleaginosa), mas regra geral ele possui elevada viscosidade, alto grau de calor específico, baixo número de iodo, elevado teor de acidez devido a formação dos ácidos graxos livres e odor desagradável (COSTA NETO *et al.*, 2000 ; SILVA; NETO, 2013)

De Brito e Dekker (2003), sugerem também uma classificação, baseada em três características associadas aos produtos retornados que precisam ser levadas em consideração pois, podem afetar a economia do processo, ajudam a definir a opção de recuperação e afetam o processo de coleta: As características são: Composição: homogeneidade, divisibilidade e periculosidade; Deterioração: econômica e física; e Padrão de uso: posição, intensidade, duração e uso institucional versus individual. O ORF é um produto perigoso, ou seja, é um resíduo perigoso que requer um tratamento diferenciado (ALVES, 2010; OLIVEIRA, 2013). A sua deterioração é física e em termos de padrão de uso, é um resíduo gerado diariamente (nível doméstico e comercial) que, como já mencionado, pode servir de matéria-prima para diversos setores depois de submetido ao processo de tratamento.

2.2.4 Dimensão 4 – processos envolvidos com a logística reversa

Um dos pontos fundamentais para eficiência da logística reversa é a forma como ela funcionará na prática, a definição da sua estrutura. Rogers e Tibben-Lembke (1998), De Brito e Dekker (2003), De Brito (2003) e Leite (2003), Lambert *et al.*, 2011 indicam que o funcionamento do processo logístico reverso está estruturado em uma série de etapas, de onde destacam-se 4: início de retornos, coleta, classificação, e processamento/tratamento.

Início dos retornos

Compreende a fase em que o cliente resolve devolver o produto a empresa, sendo que para tal estabelece um primeiro contato com empresa para procurar a

aprovação do retorno. Normalmente, o contato acontece por meio do setor da assistência técnica da empresa; Rogers e Tibben-Lembke (1998), afirmam que um bom início de retornos é o primeiro fator crítico de um processo reverso lucrativo e dão o exemplo da empresa LL Bean que possui uma política de retorno liberal, aceita todas devoluções dos clientes e ainda cede-lhes crédito, ou seja eles arcam e aceitam todos os riscos associados com a compra de um dos seus produtos. O resultado foi o aumento de vendas e clientes. Em nenhum dos trabalhos e artigos consultados para elaboração do presente trabalho, verificou-se a etapa de início de retorno para o retorno do ORF.

Coleta

Compreende duas atividades, a de recolha e transporte do produto, a política de devolução da empresa é que define quem arcará com os custos da devolução (se a empresa ou o consumidor). Pesquisas retratam 3 cenários diferentes de recolha do óleo residual, que variam em função dos fornecedores da cadeia reversa (GUABIROBA, 2009; BINOTO, 2010; ZUCATTO *et al.*, 2013).

Primeiro cenário: quando os fornecedores da cadeia reversa são majoritariamente os pequenos geradores do óleo residual (baixos volumes de produção), o sistema de coleta encontra-se organizado em pontos de coleta, onde a população (pequenos geradores) vai depositar o óleo residual em troca de alguma remuneração ou voluntariamente (BINOTO, 2010; RECOIL, 2012; VINYES *et al.*, 2013). Em alguns casos, esses sistemas contam com auxílio de cooperativas de catadores ou catadores individuais, que recolhem o óleo de porta em porta, e depois negociam com a gerência dos pontos de coleta (BINOTO, 2010). Neste sistema de coleta, tanto a embalagem de armazenamento do óleo (em casa e para transporte), assim como custo de transporte é de responsabilidade do fornecedor do óleo residual. Exceto quando se verifica a coleta porta a porta executada pelos catadores, alguns levam a embalagem onde o óleo é depositado (diminuindo o custo para o fornecedor), outros recolhem a embalagem do fornecedor, mas eles próprios (catadores) arcam com a responsabilidade de transporte. Grande parte dos programas/projetos desenvolvidos e implementados por entidades governamentais e não-governamentais seguem este cenário de coleta. Exemplo o Programa de Reciclagem do Óleo de Fritura que a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) está sendo implementando em vários municípios do

estado de São Paulo. A SABESP possui uma parceria com a SAMORCC - Sociedade de Amigos de Bairro de Cerqueira Cesar e a ONG Trevo para uma campanha de coleta de óleo residual em uma área piloto. O óleo é concentrado em ponto de coleta que são os restaurantes e cozinhas de condomínios residenciais, e posteriormente é coletado (MATTOSINHO; DA SILVA, 2010; SABESP, 2011).

Segundo cenário: quando os fornecedores da cadeia reversa são majoritariamente os grandes geradores do óleo residual (elevados volumes de produção), geralmente a coleta é efetuada por empresas especializadas na coleta e reciclagem do óleo residual, que possuem contratos pré-estabelecidos com a maioria dos grandes geradores, e ou contam com o mecanismo de *disk* coleta, para onde os fornecedores podem ligar e requisitar o serviço de coleta, mediante a existência de uma quantidade mínima de óleo. Neste sistema de coleta, os custos relativos ao equipamento de armazenamento (bambonas) e transporte são de responsabilidade da empresa coletora (GUABIROBA, 2009; PITTA JUNIOR *et al.*, 2009; RECOIL, 2012). A entrega do óleo é feita mediante uma remuneração ou voluntariamente.

Terceiro cenário: quando a cadeia reversa é composta por pequenos geradores e grandes geradores, quase na mesma proporção em termos de produção de óleo residual. Neste cenário, uma empresa especializada coleta do óleo, recolhe o óleo nos grandes geradores e nos pontos de coleta. Os pontos de coleta por sua vez são alimentados pelos pequenos geradores (GUABIROBA, 2009; ZUCATTO *et al.*, 2013). Guabiroba (2009) defende que, este cenário apresenta um modelo de coleta bastante abrangente e sustentável, por contemplar a junção das duas práticas.

Classificação

Compreende a fase em que a empresa analisa a qualidade e quantidade do produto retornado, e decide o destino que este vai tomar (armazenamento, processamento ou descarte). Esta etapa é considerada crítica para a qualidade do biodiesel que se irá produzir, pois a presença e o nível de impurezas pode interferir, não apenas no processo de produção, como também pode influenciar negativamente no nível de toxicidade das partículas emitidas pela combustão do biodiesel nos motores (ALVES, 2010; VITÓRIA *et al.*, 2011; OLIVEIRA, 2013). A classificação pode ocorrer em duas etapas, no ato da coleta que seria a classificação preliminar, e na entrada da empresa. Os parâmetros reportados como os mais controlados na classificação preliminar são o nível de água, existência de partículas sólidas e a sua

cor parâmetro associado ao teor de acidez, pois o óleo mais escuro, indica maior teor de acidez (informação verbal)⁷.

A prática de classificação do óleo retornado após a sua chegada na empresa, não é uma prática muito comum. Dos trabalhos/artigos analisados ao longo da elaboração deste trabalho, nenhum relatou efetuar tal classificação. Em suas pesquisas, Alves (2010) e Miyashiro *et al.*, (2011), referem que os principais parâmetros/características do ORF que devem ser controlados são a teor de viscosidade, índice de acidez, o índice de peróxido e a variação do pH, pois são variáveis/características capazes de interferir na qualidade do biodiesel. Um índice elevado de viscosidade no ORF pode produzir um biodiesel com elevada viscosidade e conseqüentemente pode afetar o funcionamento das bombas injetoras dos veículos. O alto índice de acidez no ORF (elevado teor de ácido graxos livres) pode estimular a formação de sabão e não biodiesel e, nos casos em que o biodiesel é produzido, caso tenha alto índice de acidez pode causar deposição de sedimentos no motor e desgaste da bomba e filtro de combustível. O pH do ORF precisa ser permanecer neutro, pois um biodiesel com pH variado pode causar desgastes à bomba injetora ou ocasionar corrosão do motor (ALVES, 2010; RECOIL, 2013).

Processamento/tratamento

Compreende a fase em que a empresa submete o produto retornado à transformação de maneira que este torne-se reutilizável para um processo produtivo, ocorre a agregação de valor do produto, e por isso é a único processo capaz de gerar lucro para a empresa; Esta etapa pode acontecer em diferentes opções de processamento: reparação, reutilização, remanufatura, atualização, reconfiguração, reciclagem, remodelação, canibalização, incineração (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998 ; PINNA; CARRUS, 2012 ; DE BRITO, 2003). De Brito e Dekker (2003), sugerem uma pirâmide invertida para demonstrar as diferentes opções de recuperação de produtos. A Figura 5, representa as opções de recuperação, para os níveis de processamento sob forma de pirâmide invertida.

⁷ A informação foi fornecida pelo diretor empresa BioMarca, em uma entrevista na Cidade de Cariacica no dia 11/11/2013.

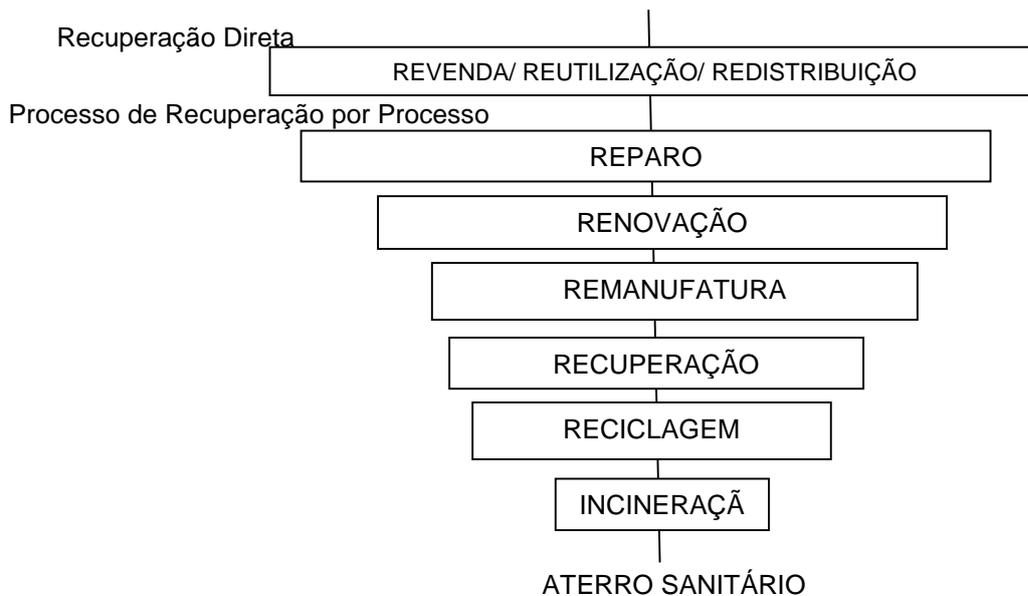


Figura 5 - Pirâmide Invertida de opções de recuperação
 Fonte: De Brito e Dekker (2003, p.13.)

Em função da classificação acima exposta, o óleo residual segue para o processo de recuperação, sendo a reciclagem a opção de recuperação adequada. O óleo residual depois de passar pelo processo de classificação geralmente é, enviado para um processo de pré-tratamento, que auxilia a purificação do produto (GUABIROBA, 2009; ALVES, 2010; PINTO-COELHO, 2009; OLIVEIRA, 2013). Neste processo estão inclusas as seguintes etapas: peneiragem (separação de partículas sólidas), decantação, aquecimento do óleo (para facilitar separação da gordura animal), lavagem do óleo e retirada da água, ultra-filtragem, bombeamento para tanques de armazenamento e monitoramento do controle de qualidade (PINTO-COELHO, 2009).

Após a fase de pré-tratamento caso o ORF apresente os níveis de qualidade baixos, este pode ser enviado para outras opções de recuperação ou a disposição final. As opções de disposição adequada é o aterro sanitário.

2.2.5 Dimensão 5 – Atores envolvidos com a logística reversa

A quinta dimensão faz uma abordagem sobre os membros da logística reversa, nomeadamente os atores diretos e indiretos no processo. Segundo Fleischmann *et al.*, (1997), De Brito e Dekke (2003), Leite (2003), os atores mais envolvidos com o retorno são:

- **Atores componentes da cadeia de suprimentos:** fornecedor, fabricante, atacadista, varejista e setor organizacional.
- **Agentes especializados no canal de distribuição reverso:** intermediários, especialista em reciclagem, organizações específicas, operadores
- **Instituições governamentais,**
- **Agentes oportunistas:** entidades criativas

De Brito (2003) realça que, cada ator possui objetivos e responsabilidades distintos, e que uma boa relação entre eles (atores) é fundamental, para que se atingiam bons resultados de uma rede de distribuição. Sendo por isso, que a divergência de ações desequilibra o desempenho do canal de distribuição reverso, seja através deterioramento dos relacionamentos entre as partes ou do não alcance do objetivo comum do canal.

Para o óleo residual, os atores da sua cadeia reversa variam de acordo com, o mercado onde será inserido. A constituição da cadeia reversa de um mercado de biodiesel por exemplo, será deferente da constituição para o mercado de tintas, com exceção dos fornecedores, que permanecem sempre os mesmos. O Quadro 1, representa o exemplo de um modelo da constituição da cadeia reversa no mercado de biodiesel.

Atores envolvidos na cadeia de suprimentos reversa	<u>Fornecedores:</u> grandes geradores (indústrias alimentares, restaurantes, empresa de <i>catering</i> hotéis, bares, estabelecimentos de <i>fast food</i>) e pequenos geradores (residências privadas)
	<u>Fabricantes:</u> empresas de biodiesel ou empresas de reciclagem
	Atacadistas
Agentes especializados no canal de distribuição reverso	<u>Varejista:</u> postos de abastecimento de combustível
	Intermediários: pontos de coleta, empresas coletoras; cooperativas de catadores Empresa de reciclagem: empresas especializadas na reciclagem do óleo
Instituições governamentais	Ministério do Meio Ambiente; Ministério De Minas e Energia; Ministério dos Transportes; Agência Nacional de Petróleo; Câmeras Municipais; Agência Nacional de Vigilância Sanitária; Ministério Público Federal e Estadual; Institutos Estaduais de Meio Ambiente
Agentes oportunistas	Empresas/ instituições que reaproveitam os subprodutos da produção de biodiesel (como por exemplo os que reaproveitam a glicerina)

QUADRO 1 - CONSTITUIÇÃO DA CADEIA REVERSA DO ORF PARA PRODUÇÃO DO BIODIESEL

Fonte: Adaptado de Mei *et al.*, (2011, p 7-9.)

O funcionamento eficaz desta cadeia reversa requer, um planejamento e o desenho das rotas por onde o ORF irá percorrer (desde a sua origem até aos fabricantes de biodiesel). Entretanto, é necessário que, além de serem conhecidas as 5 dimensões básicas da logística reversa (os seus impulsionadores, o motivo de retorno, as características do ORF, processos envolvidos no seu retorno, e o número bem como tipo dos atores envolvidos no processo), sejam criadas e localizadas infraestruturas logísticas adequadas, e definidos os modais de transporte, de modo a viabilizar a circulação do ORF e informações entre os diferentes atores da cadeia reversa (LACERDA, 2002 ; LEITE, 2003), assim como o correto armazenamento e consolidação da carga deste resíduo. A componente da logística reversa que se ocupa por esses aspetos é o projeto da rede de logística reversa.

2.3 PROJETO DE REDE DE LOGÍSTICA REVERSA

Como já foi referido anteriormente, o projeto da rede de logística reversa é a componente da logística reversa, responsável pelo planejamento do retorno e da circulação de todas as informações associadas ao produto retornado, bem como as infraestruturas de armazenagem. O seu estabelecimento favorece a funcionalidade e rentabilidade dos mercados de reuso, pois permite que um recuperador de produtos usados apresente, simultaneamente, as funcionalidades de um comprador, quando compra/adquiri os produtos, e de um vendedor quando revende-os (FLEISCHMANN, 2001). Esta simultaneidade atribui ao projeto de rede logística reversa, uma importância estratégica na gestão de cadeias de suprimentos do setor empresarial, tanto que, ao longo dos últimos 15 anos, foram desenvolvidas pesquisas sob diferentes perspectivas sobre o tema (KRIKKE *et al.*, 1999; LOUWERS *et al.*, 1999; FLEISCHMANN *et al.*, 2000; FLEISCHMANN, 2001; JAYARAMAN *et al.*, 2003; LIECKENS; VANDAELE, 2005; DU; EVAN, 2008; YONGSHENG *et al.*, 2008; LEE; DONG, 2009; ACHILLAS *et al.*, 2010; ALUMUR *et al.*, 2012).

Por exemplo, Fleischmann *et al.*, (2000) explicam que, as redes de logística reversa, e as redes de logística tradicional podem ser comparadas por apresentarem características comuns. Os autores consideram que, em redes reversas, o

suprimento é uma variável exógena, e em redes tradicionais o suprimento é uma variável endógena. O termo endógeno é associado, a algo inserido no processo de forma controlada, enquanto, o termo exógeno refere-se, a algo externo ao processo sendo por essa razão, muitas vezes de difícil controle. Este fato demonstra que, apesar das características comuns, ambas as redes possuem modelos de planejamento diferentes. Neste caso, o planejamento da rede reversa será mais complexo que o da rede tradicional, por estar sujeito aos riscos e incertezas associadas ao processo reverso, nomeadamente incerteza dos suprimentos em termos de quantidade e qualidade, dificuldade de previsão e estimativa de custos de operação (FLEISCHMANN *et al.*, 2000; FLEISCHMANN, 2001; TIBBEN-LEMBKE; ROGERS, 2002).

O projeto da rede de logística reversa é composto por uma série de atividades logísticas e não logísticas, e envolve inúmeras decisões dentre as quais destacam-se, a determinação do número de instalações logísticas necessárias, suas capacidades e respectivas localizações, cujo planejamento pode se constituir um problema complexo de se resolver (KRIKKE *et al.*, 1999; FLEISCHMANN, 2001; LEITE 2003; PISHVAEE *et al.*, 2010; ALUMUR *et al.*, 2012; FERRI *et al.*, 2015), principalmente para os gestores.

O desenho do projeto de redes logísticas reversas é usualmente estudado na literatura como problema de localização de facilidades (KRIKKE, *et al.*, 1999; LORENA 2003; MELO *et al.*, 2009; FERRI *et al.*, 2015). O problema de localização de facilidades é uma área da pesquisa operacional que, trata de decisões sobre onde localizar facilidades em uma rede, considerando que existem clientes a serem atendidos, de forma a otimizar um determinado critério (OWEN; DASKIN, 1998; MELO *et al.*, 2009; FARAHANI *et al.*, 2010; FERRI *et al.*, 2015). O termo facilidade pode se referir a fábricas, depósitos, escolas, enquanto o termo cliente pode se referir a depósitos, unidades de vendas, estudantes.

Por estar associada ao planejamento estratégico, a localização de facilidades vem sendo utilizada tanto no setor público, quanto no setor privado (GALVÃO, 1981; OWEN; DASKIN, 1998; LORENA, 2003). No setor público, o estudo de localização é normalmente realizado na instalação física de facilidades provedoras de serviços públicos de maneira a favorecer a população e atrair atividade econômicas às

idades como, por exemplo, escolas, postos de saúde, corpo de bombeiros, centrais de ambulâncias, viaturas de polícia, pontos de ônibus, etc. No setor privado, o estudo é aplicado nas instalações de facilidades capazes de garantir maior competitividade de mercado para as empresas como, por exemplo, fábricas, armazéns, depósitos, torres de transmissão, lojas de franquias (OWEN; DASKIN, 1998; BALLOU, 2001; CURRENT *et al.*, 2001).

Da Costa (2014) explica que, na prática ao se localizar uma facilidade deve-se também indicar a sua área de atendimento. Esta característica é conhecida na literatura como alocação. A finalidade dos problemas de localização é determinar a melhor localização para as facilidades de modo a otimizar uma função de custo ou, então, determinar o número de facilidades necessárias de serem alocadas para que uma função de custo seja otimizada. A função de custo, denominada função objetivo, visa a maximizar ou minimizar, e está sujeita às restrições específicas (GALVÃO, 1981; LORENA, 2003). A área da pesquisa operacional vem desenvolvendo uma enorme variedade de modelos matemáticos para representar os problemas de localização, e também solucioná-los (DASKIN, 2008; OWEN; DASKIN, 1998; GALVÃO *et al.*, 1999; BALLOU, 2001; CURRENT *et al.*, 2001; PIZZOLATO *et al.*, 2012).

Para localização de facilidades em redes de logística reversa, em particular na área de resíduos sólidos, tem sido bastante utilizada a Programação Linear Inteira Mista (PLIM) (HUANG, *et al.*, 1997; FERRI, 2014, JAYARAMAN *et al.*, 2003) como método de resolução. A PLIM pode ser definida como a representação simplificada de um problema real, por meio de uma função objetivo (maximização ou minimização) e de restrições, na qual as variáveis são discretas e binárias (HUANG, 1997). A literatura indica vários estudos sobre o projeto de redes de logística reversa que, envolvem o processo de reciclagem e aplicaram a PLIM como, por exemplo, Louwers *et al.*, (1999) e Realff *et al.*, (2004) na reciclagem de carpetes; Schultmann *et al.*, (2003) na reciclagem de baterias; e Pati *et al.*, (2008) na reciclagem de papel.

Devido a relevância demonstrada pelo PLIM, este foi o método de resolução adotado no presente trabalho. Na subseção que se segue será feito um estudo dos modelos de localização de facilidades descritos na literatura, dando ênfase para o

modelo mais adequado aos problemas de localização geralmente descritos em projetos de rede reversa.

2.4. MODELOS DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES

O estudo da localização de facilidades é influenciado por uma série de fatores tangíveis e intangíveis (LOPEZ; HENDERSON, 1989; YANG; LEE, 1997; BHATNAGAR *et al.*, 2003), tais como custos que podem ser estimados com exatidão (exemplo custo de água, eletricidade, transportes etc), e os custos de caráter subjetivo, mensuração é mais difícil de ser realizada (exemplo cotas monetárias, cultura empresarial, etc) respectivamente. Ballou (2011) demonstra um exemplo dessa influência, ao explicar que ao localizarem-se centros de varejo devem ser levados em consideração os seguintes aspectos:

- Demografia local, base populacional e renda potencial;
- Fluxo de tráfego e acessibilidade, número e tipos de veículos, número e tipos de pedestres, disponibilidade de transporte público, fácil acesso às vias principais, e nível de congestionamento;
- Estrutura do varejo, disponibilidade, número e tipos de concorrentes e de lojas na área, lojas complementares vizinhas, proximidades de áreas comerciais e promoções conjuntas por comerciantes locais;
- Características do ponto, proximidade e qualidade do estacionamento, visibilidade, tamanho e forma do ponto, qualidade de entradas e saídas e boas condições dos edifícios existentes;
- Fatores legais e de custo, tipo de zoneamento, períodos e cláusulas restritivas de locação, impostos locais, serviços e manutenção.

A literatura apresenta diferentes taxonomias para a classificação dos modelos de localização de facilidades (KLOSE; DREXL, 2005; BALLOU, 2001; DASKIN, 2008; FARAHANI *et al.*, 2010). Os pesquisadores Klose e Drexl (2005) consideram que os modelos de localização podem ser classificados em função de diversos aspectos específicos como a região geográfica, os objetivos, a capacidade da facilidade, a quantidade de estágios, a quantidade de produtos e serviços, a influência de demanda e o dinamismo.

Já Daskin (2008), explica que os modelos devem ser classificados em função do espaço em que os problemas são modelados, e sugere uma taxonomia baseada em 4 de modelos de localização: (1) modelos analíticos, são considerados os mais simples, assumem que a demanda é distribuída de maneira uniforme ao longo de uma área de serviço e que as instalações podem estar localizadas em qualquer lugar dentro da área, o seu método de resolução é com base em cálculos ou técnicas simples; (2) modelos contínuos, assumem que as demandas surgem em pontos discretos, o seu método de resolução é com base em procedimentos numéricos integrados como algoritmos; (3) modelos de rede, assumem que as demandas surgem e as instalações podem ser localizadas apenas em redes compostas por nós e ligações, o seu método de resolução é estruturado em redes e árvores; (4) modelos discretos, as demandas geralmente surgem sobre os nós e as instalações estão restritas a um conjunto finito de localizações candidatas, o seu método de resolução é com base em algoritmos, programação linear.

Por sua vez, Farahani *et al.*, (2010) defendem que esses modelos ainda podem também ser distinguidos quanto a quantidade de critérios e objetivos a serem otimizados. Existem, deste modo, os (1) modelos com um único objetivo, que buscam encontrar solução apenas para um objetivo como, por exemplo, minimizar o custo total associado à instalação das facilidades e ao transporte realizado entre as mesmas e os pontos de demanda; e (2) modelos multiobjetivos que visam encontrar uma solução para vários objetivos simultaneamente como, por exemplo, minimizar o custo total, minimizar os riscos ambientais, maximizar a demanda coberta, e maximizar o nível de serviço (FARAHANI *et al.*, 2010).

Para além das classificações apresentadas, a literatura descreve também outras taxonomias para modelos de localização de facilidades (DUBKE, 2006; SALE 2010; DA COSTA, 2014): Modelos Estáticos e Dinâmicos: a diferença entre os dois modelos é o horizonte temporal, em que os modelos estáticos são independentes da variável tempo, e os modelos dinâmicos são dependentes da variável tempo; Modelos Determinísticos e Estocásticos: o que difere os modelos é o caráter probabilístico, os modelos determinísticos não são sujeitos às incertezas do modelo, enquanto, os modelos estocásticos são sujeitos a incertezas; e Modelos com Único Produto e Modelos Multi-Produtos: a diferença entre os dois modelos está associada a quantidade de produtos que se pretende localizar, os modelos

com um único produto levam em consideração apenas um produto, enquanto, modelos múltiplos produtos levam em consideração múltiplos produtos.

Neste trabalho foi feito um estudo dos modelos de localização considerados clássicos na literatura, por constituírem a base da maioria dos problemas de localização de facilidades. Dos modelos que foram estudados, foi dada uma ênfase aos modelos p-Mediana por serem de interesse do estudo. A literatura demonstra que, grande maioria dos problemas de localização de facilidades para gestão de resíduos sólidos é feita com base, nos problemas p-Mediana e suas variações (RAMOS-FILHO, 2005; FIGUEREDO; MAYERLE, 2008; ARRUDA *et al.*, 2010; FERRI *et al.*, 2015). Um problema (p-Mediana) visa determinar a configuração de custo mínimo de instalação de facilidades e de atendimento da demanda de cada cliente em uma rede conectada por um número finito de caminhos (DASKIN, 2008).

2.4.1 Modelos De Localização Clássicos

Estes modelos foram definidos, para cada tipo de problema, ou seja, diante de características específicas, os modelos são direcionados para uso, ou aproveita-se de uma base para aprimorá-los (DASKIN, 2008). Os modelos mais descritos na literatura são: Modelo de Cobertura, Modelo p-Centro e Modelo p-Mediana.

Modelo de Cobertura

O modelo de cobertura está associado aos problemas de cobertura de facilidades, nos quais a demanda dos clientes deve ser coberta/atendida dentro de um de tempo específico. Esta modelagem tem como objetivo minimizar o custo de instalação local, de tal forma que um determinado nível de cobertura seja obtido, buscando-se, então, uma solução que proporcione níveis de cobertura aceitáveis e seja financeiramente mais acessível (OWEN; DASKIN, 2008; LORENA, 2003; GALVÃO, 2004; MAPA, 2004). Por esta razão, este modelo é o mais difundido no campo de localização de facilidades de emergência (GALVÃO, 2004). Os problemas de cobertura estão divididos em modelos de cobertura de conjuntos e modelos de máxima cobertura.

O modelo de cobertura de conjuntos visa instalar as facilidades com o menor custo possível, possam ser atendidos por, pelo menos, uma instalação, num universo de uma distância máxima desejada. Já o modelo de máxima cobertura consiste em

determinar a localização de um número definido de instalações de maneira a maximizar a demanda atendida para uma determinada distância (OWEN; DASKIN, 2003; LORENA, 2003; ARAKAKI; LORENA, 2006).

A formulação dos dois modelos sugerida por Lorena (2003), representa-se da seguinte maneira:

Modelo de Cobertura de Conjuntos

$$\text{Min} \sum_{j=1}^n x_j \quad (1)$$

Sujeito a :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \geq 1 \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

Onde $\left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ se } d_{ij} \leq d \\ 0, \text{ caso contrário} \end{array} \right.$

(1) Representa a função objetivo que tem como finalidade minimizar o custo associado à abertura das facilidades;

(2) Representação a restrição que, cobrem todas as linhas da matriz a de zeros e uns;

(3) Representação a restrições que impõe que cada coluna pode ser selecionada exatamente uma vez.

Modelo de Máxima Cobertura

$$\text{Max} \sum_{i=1}^m f_i y_i \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in N} x_j \geq y_i \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = p \quad (3)$$

$$\begin{aligned} x_j &\in \{0,1\} & j &= 1, \dots, n \\ y_j &\in \{0,1\} & j &= 1, \dots, m \end{aligned} \quad (4)$$

Onde $N_j = \{f \mid d_{ij} \leq d\}$ é o conjunto de facilidade que estão a menos de uma distância crítica d do ponto de demanda i , e p é o número desejado de ambulâncias no caso de máxima cobertura.

(1) Representa a função objetivo visa maximizar a cobertura das demandas de cada ponto f_i ;

(2) Representa a restrição onde indicam que estas demandas somente serão contabilizadas como cobertas se estiverem no raio de cobertura de alguma facilidade aberta;

(3) Representa a restrição que estabelece o número de facilidades a serem abertas; e

(4) Representa a restrição que indica escolha binária.

Modelo p-Centro

O modelo p-Centro ocupa-se pelos problemas de localização de centros, que objetivam minimizar a maior distância a ser percorrida, ou seja, minimizam a distância até o ponto mais crítico a ser atendido pela facilidade. Estes modelos são também denominados por problemas minimax, por minimizar a distância máxima a ser percorrida (DASKIN, 1998; OWEN; DASKIN, 1998; MAPA, 2004; COSTA, 2012).

A formulação do modelo sugerida por Mladenović *et al.* (2003), representa-se da seguinte maneira:

Minimizar:

$$v(PLp - Centro) = z \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in I} y_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} x_i = p \quad (3)$$

$$y_{ij} \leq x_i \quad \forall i \in I, j \in J \quad (4)$$

$$z \geq \sum_{i \in I} d_{ij} y_{ij} \quad \forall j \in J \quad (5)$$

$$x_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (6)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (7)$$

Onde:

- d_{ij} representa a distância entre o ponto de demanda $j \in J$ e a facilidade $i \in I$;
- p indica o número de facilidades necessárias de se localizar;
- y_{ij} representa a distância entre o ponto de demanda $j \in J$ e a facilidade $i \in I$;
- z indica a distância máxima entre um ponto de demanda e a sua facilidade mais próxima.

(1) Representa a função objetivo que visa minimizar a distância máxima entre um ponto de demanda e a facilidade mais próxima;

(2) Representa a restrição que garante que as demandas dos pontos de demanda sejam atendidas pelas facilidades;

(3) Representa a restrição que garante que exatamente p facilidades serão abertas;

(4) Representa a restrição que assegura que a demanda do ponto $j \in J$ só será atendida pela facilidade $i \in I$ se houver uma facilidade aberta em i ;

(5) Representa a restrição que assegura que, a máxima distância entre um ponto de demanda, e a sua facilidade mais próxima será maior que a distância entre qualquer outro ponto de demanda e a facilidade que lhe atende;

(6) e (7) Representam as restrições que estão associadas ao domínio das variáveis.

Modelo p-Mediana

O modelo de p-Mediana ocupa-se pelos problemas p-Mediana, que consistem em localizar p facilidades (Medianas) em uma rede, de modo a minimizar a soma das distâncias de cada vértice de demanda à sua Mediana mais próxima (DASKIN, 2008; GALVÃO, 2004; LORENA, 2003; SENNE *et al.*, 2005; PIZZOLATO *et al.*,

2012). É considerado um dos modelos de localização mais populares da literatura (LORENA, 2003; GALVÃO, 2004).

A formulação do modelo sugerida por Senne *et al.*, (2005), representa-se da seguinte maneira:

Minimizar:

$$v(PLp - Med) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} d_{ij} y_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i \in I} y_{ij} = 1, \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} x_i = p \quad (3)$$

$$y_{ij} \leq x_i \quad \forall i \in I, j \in J \quad (4)$$

$$x_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (5)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (6)$$

Onde:

- d_{ij} representa a distância entre o ponto de demanda $j \in J$ e a facilidade $i \in I$;
- p indica o número de facilidades necessárias localizar;
- $y_{ij} = 1$ indica que o ponto de demanda $j \in J$ é atendido pela a facilidade $i \in I$, e $y_{ij} = 0$ caso contrário; e
- $x_j = 1$ se uma facilidade é aberta em $j \in J$, e $x_j = 0$ caso contrário;

(1) Representa a função objetivo que visa minimizar o custo total entre um ponto de demanda e a facilidade mais próxima;

(2) Representa a restrição que garante que cada ponto de demanda $j \in J$ será alocado a uma facilidade $i \in I$;

(3) Representa a restrição que assegura que p facilidades sejam selecionadas;

(4) Representa a restrição que assegura que uma alocação será obtida entre um ponto de demanda $j \in J$ e uma facilidade $i \in I$, se uma facilidade for aberta em i ;

(5) e (6) Representam as restrições que estão associadas ao domínio das variáveis;

Os modelos p-Mediana apresentam várias variantes, das quais as mais comuns na literatura são os modelos p-Mediana capacitados e modelos p-Mediana não capacitados. A diferença entre estes dois modelos reside na existência ou não de restrição para a determinação da capacidade das facilidades. No modelo p-Mediana capacitado as instalações que precisam ser localizadas são capacitadas, ou seja, existe uma demanda e restrição de capacidade a ser atendida. Já no modelo p-Mediana não capacitado as instalações que precisam ser localizadas não são capacitadas, isto é, não existem restrições de capacidade. Estes modelos são relevantes para o projeto de serviços logísticos e distribuição de cargas (BACELOS *et al.*, 2004; GALVÃO, 2004; MAPA, 2007; PIZZOLATO *et al.*, 2012).

A grande maioria dos problemas p-Mediana pertence à classe NP-*hard*, por ser de difícil solução. NP-*hard* é o termo atribuído à uma classe de problemas, com elevadas quantidade de variáveis, cujas soluções são difíceis de alcançar. Para tentar resolvê-los recorre-se aos métodos heurísticos e a programação inteira (OWEN; DASKIM, 1998; LORENA; SENNE, 1999). As heurísticas são métodos ou algoritmos indicados para simplificar a resolução de problemas de otimização combinatória de grande porte. A programação inteira é um programa otimização matemática no qual algumas ou todas as variáveis do problema pertencem ao conjunto dos números inteiros.

Horner (2009), implementou e analisou as heurísticas de Teitz e Bart, Busca Tabu e Algoritmo Genético aplicadas ao problema das p-Mediana não capacitado. O trabalho visava avaliar o desempenho dos algoritmos em redes pequenas, médias e grandes levando-se em consideração o valor da solução e o tempo de resolução. Como resultados o autor obteve um bom desempenho dos algoritmos de Busca Tabu e Algoritmo Genético em redes pequenas e médias. Já em problemas de grande porte, o algoritmo de Teitz e Bart modificado forneceu melhores respostas em menor tempo.

Arruda *et al.*, (2010), aplicaram a programação linear na formulação do problema de localização de facilidades capacitado e resolveram-no em Solver. O objetivo da pesquisa era criar uma localização otimizada, para as estações de tratamento primário do ORF de modo que este abastecesse a indústria de biodiesel da cidade de Fortaleza. A determinação da localização das infraestruturas logísticas foi

efetuada levando em consideração o volume de OFR gerado em cada bairro da cidade, a localização das associações de catadores de materiais reciclados da cidade, a capacidade de tratamento primário da usina (90 mil litros por mês), e a distância entre as associações de catadores. Verifica-se que esta pesquisa demonstra a funcionalidade da aplicação dos problemas de localização de facilidades, na localização de facilidades logísticas ao longo da rede logística reversa do ORF, que é de principal interesse para o presente estudo.

Jacinto *et al.*, (2014), aplicaram uma heurística para solução do problema da coleta de resíduos sólidos domiciliares com base no Problema do Carteiro Chinês Capacitado com Múltiplas Viagens (PCCC-MV). Uma vez que, grande maioria das heurísticas e modelos propostos considera uma viagem por turno de trabalho e ignoram o tempo ocioso após o retorno do caminhão ao depósito, a heurística proposta pelos autores, propõe a geração de múltiplas rotas para os caminhões dentro de um turno, a fim de conseguir coletar mais resíduos sem aumentar a frota. Esta pesquisa, teve uma aplicação prática nos bairros do município de Cariacica, Espírito Santo.

Os problemas de localização de facilidades complexos como os p-Mediana podem também ser tratados com recurso aos sistemas de informação geográfica (SIGs), levando-se em conta várias informações espaciais e socioeconômicas (CHURCH, 2002; LORENA, 2003). Por exemplo, Barcelos *et al.*, (2004), realizaram um estudo de localização de escolas públicas na cidade de Vitória utilizando um SIGs e o modelo das p-Mediana. Mapa e Lima (2012), realizaram uma pesquisa sobre o uso combinado de SIGs para transportes e a PILM em problemas de localização de instalações. O objetivo da pesquisa era avaliar a qualidade das soluções geradas pela integração das duas metodologias. Como resultados os autores obtiveram vários cenários em que foi possível analisar o desempenho e aplicabilidade de cada um dos métodos.

Vários autores vêm estruturando os problemas de localização de facilidades associadas à gestão de resíduos sólidos, com problemas p-Mediana e suas variantes (RAMOS-FILHO, 2005; FIGUEREDO; MAYERLE, 2008; SILVA FRIAS, 2010; BENNEKROUF *et al.*, 2013; HATEFI e JOLAI 2013; PEREIRA *et al.*, 2013; FERRI *et al.*, 2015).

Silva Frias (2010), na sua pesquisa sobre a configuração da cadeia de logística reversa para o tratamento de pneus usados na ilha de São Miguel, aplicou o problema p-Mediana para estruturar a localização de infraestruturas logísticas capazes de viabilizar o processo reverso dos pneus. Este autor defende que o modelo p-Mediana é um dos mais utilizados na localização de facilidades, pois procura minimizar as distâncias totais percorridas, que contribui para minimização dos custos associados à movimentação de mercadorias, fator essencial para a estruturação da logística reversa.

Ramos-Filho (2005), realizou um estudo para localizar um conjunto de centros de coleta de materiais inservíveis, para fins de reciclagem ou disposição final, de forma a atender metas de coleta pré-estabelecidas, por parte da empresa responsável pelo processo reverso de pneus. O problema da localização dos centros de coleta foi estruturado com base no modelo p-Mediana, e o foi resolvido por intermédio do algoritmo aproximado de Teitz e Bart.

Figueredo e Mayerle (2008), recorreram também ao problema p-Mediana para estruturar o problema de localização de facilidade no desenho de uma rede reversa logística. Os autores apresentaram uma estrutura conceitual, um modelo analítico e uma solução baseada em algoritmo para o problema do desenho de uma rede para coleta e transporte de produtos para centros de reciclagem.

Bennekrouf *et al.*, (2013), desenvolveram a proposta de um modelo genérico para o desenho de redes em processos reversos, que abrange atividade de remanufatura. No desenho das redes de logística reversa, os autores utilizam o modelo p-Mediana para localização das facilidades. O método de resolução foi o simplex baseado em *branch – and – bound* comercial Solver.

Hatefi e Jolai (2013), formularam a proposta de um modelo robusto no desenho da rede logística integrada (direta e reversa). O modelo p-Mediana foi usado para localização de facilidades e a PLIM foi usado como método de resolução do problema.

Pereira *et al.*, (2013), aplicaram o problema p-Mediana no estudo de localização de novos pontos de coleta para o isopor, no estado de Santa Catarina. Os autores recorreram ao aplicativo Teitz e Bart como método de resolução do problema.

Ferri *et al.*, (2015), estudaram a localização de facilidades para a gestão de resíduos sólidos urbanos na Cidade de São Mateus. Os autores estruturaram o problema de localização de centros de armazenamento e triagem de resíduos sólidos urbanos com base em uma variante do problema p-Mediana e resolveram-no com base no Programação Linear Inteira Mista.

O problema de localização de facilidades deste estudo foi estruturado como uma variante de p-Mediana, o método de resolução foi o PLIM, implementado em linguagem C/C++, e testado com o CPLEX. Mais detalhes podem ser vistos nos Capítulos 4 e 6.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO

Os procedimentos metodológicos de pesquisa adotados para presente estudo foram uma abordagem qualitativa, com um método científico dedutivo e um objeto de estudo exploratório. Gil (2002, p 41), define pesquisa exploratória “como aquela que tem objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vista a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”. Gil (2002), explica também que as pesquisas exploratórias visam promover o aprimoramento de ideias ou mesmo descobertas de intuições, sendo que envolvem ações como levantamento bibliográfico, e entrevistas a especialistas.

Desta forma a pesquisa foi embasada em uma revisão bibliográfica, que permitiu sustentar a clareza e precisão do problema analisado. Realizou-se um levantamento bibliográfico e revisão da literatura baseada em artigos, teses, dissertações e livros para aprofundar e enriquecer os conhecimentos relativos a logística reversa do óleo residual de fritura, e aos modelos de localização de infraestruturas logísticas que possibilitem, e viabilizem o fluxo de entrada de produtos e o fluxo de saída de produtos processados.

Para a realização deste estudo, foram também levadas em consideração as singularidades da cidade de Maputo – capital do Moçambique, a experiência de profissionais do tema de estudo não só no Moçambique, como também no Brasil e foram gerados hipóteses e cenários que auxiliaram na análise do problema.

A pesquisa documental e o caso de estudo foram os procedimentos técnicos de pesquisa adotados. De acordo com Gil (2002, p.45) a pesquisa documental “vale-se de materiais que não receberam um tratamento analítico, ou ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa”. Ainda segundo o mesmo autor, as fontes da pesquisa documental são por características diversificadas e dispersas, estando nesta categoria pesquisas realizadas com base em documentos de arquivos de órgãos públicos, instituições privadas, associações, leis, regulamentos, relatórios de instituições, etc. O método estudo de caso é uma forma de pesquisa empírica, normalmente aplicada para estabelecer critério de qualidade

em pesquisas de caráter científico-social, dando mais fidelidade, credibilidade, conformidade e confiança as pesquisas (YIN, 2003). Ainda de acordo com Yin (2003), a essência do estudo de casos, é que eles tentam esclarecer uma decisão ou conjunto de decisões. Considera-se o presente trabalho um estudo de caso, por ser uma pesquisa que se concentra em um caso particular, considerado representativo de um conjunto de casos análogos, e que está apto a fundamentar uma generalização para situações análogas (YIN, 2003).

3.2 CAMPO DE ESTUDO

Dentro da área de logística reversa, o campo de estudo selecionado para esta pesquisa foi a localização de facilidades na rede logística reversa. Como já foi referindo nas Seções 2.3 e 2.4, para se efetuar um estudo de localização de facilidades, recorre-se à modelagem matemática. Face a isto pode-se considerar que, o campo de estudo da presente pesquisa é a modelagem matemática de localização de facilidades na rede logística reversa do óleo residual de fritura. O modelo matemático usado neste trabalho enquadra-se como um modelo de mínimos, e foi elaborado com base nas pesquisas de Jayaraman *et al.*, (2003) e Ferri *et al.*, (2015).

3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

O levantamento de dados foi conduzido no Moçambique mais concretamente na Cidade de Maputo - capital do País. A Cidade de Maputo tem uma área de 347,69 km², e está dividida em sete distritos urbanos nomeadamente: KaMavota, KaMaxakene KaMbukwana, KaMpfumo, KaNyaka, Katembe e Nihamakulu (INE, 2010). Estes distritos, por sua vez encontram-se organizados/subdivididos em 53 bairros. Os dados das projeções anuais mais recentes do Instituto Nacional de Estatísticas (INE) indicam que, em 2013, o número total da população da Cidade de Maputo é de 1.209.993 habitantes (INE, 2010). Na Figura 6, é possível observar a localização geográfica da Cidade de Maputo.

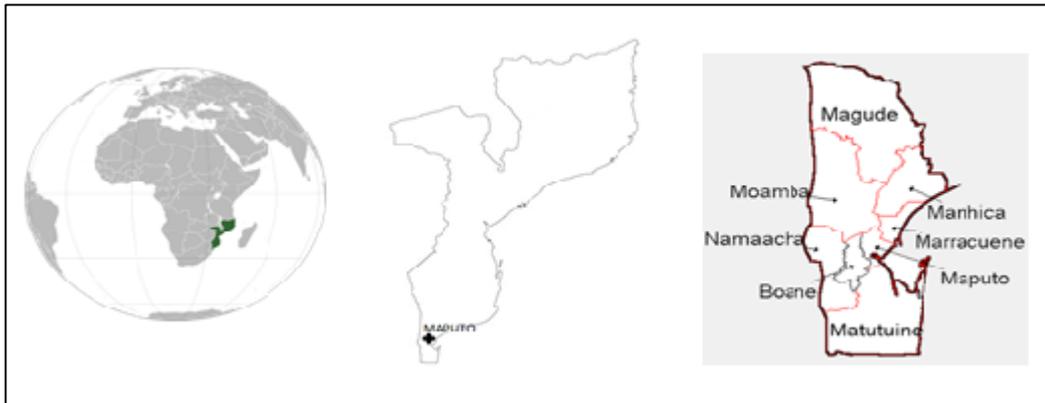


Figura 6 - Localização geográfica da Cidade de Maputo
Fonte: Google Maps, 20/06/2014.

Devido à indisponibilidade de informações fiáveis e atualizadas relativas ao número exato dos grandes geradores ORF na Cidade de Maputo, foi efetuado um recorte regional, tendo sido selecionado o distrito municipal KaMpfumo para a composição do estudo. A escolha deste distrito deveu-se ao fato deste ter sido a única região do município, com registro oficial atualizado relativo ao número total de estabelecimentos de hotelaria e os restaurantes conforme dados da Direção Provincial do Turismo. Os demais distritos apresentam números incertos e não confiáveis. Além dos fatores acima referidos, este distrito destaca-se por abarcar a maior parte da área urbana do município e, conseqüentemente, maior concentração dos hotéis e restaurantes (considerados para o estudo como grandes geradores de óleo residual). A área urbana da cidade de Maputo caracteriza-se por apresentar espaços pavimentados, estar dividida em centros urbanos com plantas ortogonais nítidas, avenidas e ruas amplas, edifícios de diversos pavimentos (onde na sua maioria funcionam escritórios e centros de negócio), construções para habitação e áreas de comércio.

O distrito municipal de KaMpfumo tem uma área de 13,19 km² e cerca de 106.280 habitantes (INE, 2010) distribuídos por 11 bairros: Alto-Maé A, Alto-Maé B, Central A, Central B, Central C, Coop, Malhangalene A, Malhangalene B, Polana Cimento A, Polana Cimento B, e Sommerchild. A localização deste distrito pode ser visualizada na Figura 7.

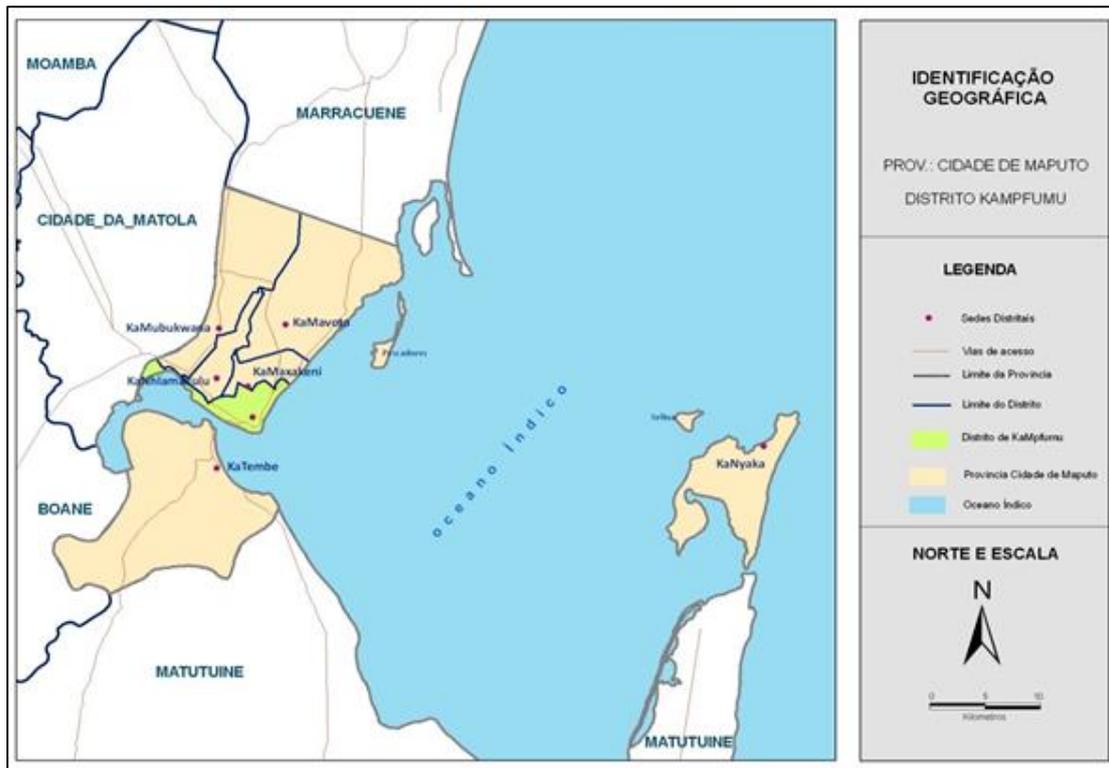


Figura 7 - Localização Geográfica do Distrito KaMpfumo.
 Fonte: INE (2010, p.15.)

A população desta pesquisa é composta pelos geradores de óleo residual de fritura da área de estudo. Os Geradores do ORF foram divididos em dois grupos: Grupo Pequenos Geradores (GPG) e Grupo Grandes Geradores (GGG). O GPG é o grupo da população com baixo potencial de geração de ORF, neste grupo encontra-se o setor doméstico da região, ou seja, cada habitante/ agregado familiar da população em geral da área de estudo. Os GGG é o grupo da população com alto potencial de geração de ORF, neste grupo encontram-se os estabelecimentos de hotelaria, e os restaurantes e áreas afins existentes na área de estudo.

Foi realizada a amostragem, porque pretendia-se obter informação sobre a quantidade do ORF gerado e descartado na área de estudo. Para tal, foi efetuada uma amostragem apenas para o GGG de ORF, pois grande parte dos constituintes do GPG reaproveitam este resíduo durante o processo de confecção dos seus alimentos, acabando por gerar e descartar uma quantidade ínfima de ORF, o que tornar-se-ia difícil de quantificar. Enquanto, o GGG além de possuir uma relevância em relação ao volume de produção do resíduo comparado ao GPG, tem o hábito de descarte/doar o ORF, tornando-se mais fácil de quantificar ou estimar. Aliados a

isto estão, as restrições financeiras, e de tempo para a realização da visita técnica para coleta de dados da pesquisa.

As técnicas de amostragem podem ser genericamente classificadas em amostra probabilística e amostras não probabilísticas. As amostras probabilísticas são baseadas em um processo para garantir que cada elemento da população tenha a mesma chance de ser escolhido, pode ser determinada ou estimada por cálculos probabilísticos (LUNA, 1998; POMMER, 2013). A seleção para coleta de dados da amostra do presente estudo obedeceu os critérios da amostra probabilística, mais concretamente amostra proporcional estratificada. Pommer (2013) explica que recorre-se ao uso da amostra proporcional estratificada quando se está perante uma população heterogênea que pode ser subdividida em estratos, em que cada estrato apresenta grande homogeneidade. Este tipo de amostragem consiste em se especificar quantos itens da amostra serão retirados de cada estrato.

Considerando N o número total de elementos da população, i o número de estratos, N_i o número de elementos do estrato i , e n o tamanho da amostra a ser elaborada (POMMER, 2013), obtemos as seguintes relações:

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_L \quad (1)$$

$$f = \frac{n}{N} \quad (2)$$

$$A_i = N_i \times f \quad (3)$$

Onde:

(1) Pode-se visualizar o número total de estratos

(2) Fração de amostragem

(3) Número de elementos amostrais representantes de cada estrato

3.4 PROCEDIMENTOS PARA OBTENÇÃO/COLETA DE DADOS

Para coleta de dados, foi necessário realizar uma visita técnica à Moçambique – Cidade de Maputo. A visita teve a duração de quatro meses (Dezembro 2013 – Abril de 2014). Foi efetuado o levantamento de informações logísticas necessárias para viabilizar a criação de uma rede logística do ORF, dentre as quais destacam-se a quantidade de ORF gerado, informações sobre possíveis locais de se alocar centros

de retorno e centros de pré-tratamento, e informações associadas aos custos logísticos e operacionais do processo reverso. Os dados referentes a geração e destino do ORF foram obtidos, por meio de entrevistas não estruturadas, e outras estruturadas por meio de um questionário. As informações relativas a demografia da área de estudo, e a constituição do GGG de ORF, foram obtidas por meio de pesquisa documental. Já os dados sobre custos de construção de instalações e aquisição de equipamentos foram obtidos por pesquisas de mercados e consulta à especialistas da área de estudo.

O assunto abordado no questionário foi referente ao destino final dado ao ORF na cidade de Maputo, em termos de quantidade, maneira/modo de manuseamento e local de disposição. Procurou-se saber também se exista interesse em participar em uma rede de logística reversa dos resíduos e quais as condições exigidas para a sua participação. O questionário foi submetido aos chefes de cozinha e gerentes das instituições, e o pesquisador esteve presente em todas entrevistas. No Apêndice A encontra-se o questionário utilizado nas entrevistas pessoais.

O pesquisador fez uso da pesquisa documental ao longo do levantamento de dados, relativos ao número de GGG de ORF junto da Direção Provincial do Turismo da cidade de Maputo, dados sobre as projeções estimativas do número total da população no Instituto Nacional de Estatísticas, e informações sobre possíveis locais de se alocar centros de retorno e centros de pré-tratamento junto do Conselho Municipal da Cidade de Maputo.

As pesquisas de mercado foram feitas juntos dos produtores/ comerciantes/ especialistas nacionais e regionais e internacionais, em relação aos custos de equipamentos, custos de matéria-prima, reagentes, unidades de limpeza do ORF.

Foram realizadas entrevistas não estruturadas com as direções de duas instituições que tem trabalhado com reutilização do ORF. Estas entrevistas permitiram perceber melhor o cenário do destino final e reutilização deste resíduo. O roteiro da entrevista pessoal encontra-se no Apêndice B.

O tratamento dos dados obtidos foi realizado com o auxílio de materiais acadêmicos, nomeadamente, livros, artigos científicos, dissertações, etc. Desta forma, a adequação dos dados tratados aos parâmetros utilizados na modelagem

matemática elaborada permitiu a realização das etapas subsequentes de obtenção dos resultados e análise dos cenários. A modelagem foi implementada programação em C e rodada em Cplex.

3.5 APRESENTAÇÃO DAS HIPÓTESES DA PESQUISA

Foram formuladas três hipóteses, a saber:

Hipótese 1 – Considerando a situação atual de geração de ORF, a alocação de centros de retorno podem maximizar a eficácia da logística reversa e minimizar os custos da produção do biodiesel.

Hipótese 2- Caso ocorra à concretização dos projetos que visam produzir biodiesel (conforme discutido em MATAVEL; CHAVES, 2013), o ORF pode constituir uma matéria-prima interessante para o setor de biodiesel, aumentando a procura por este resíduo. Segundo a lei da oferta e procura, espera-se que o preço pago por este ORF aumente o que, por consequência, leva a um aumento do percentual coletado deste resíduo.

Hipótese 3- Caso seja legalmente estabelecida uma política de incentivo de diversificação da matéria-prima para produção do biodiesel a favor do ORF, incluindo a obrigatoriedade e fiscalização para o descarte adequado deste resíduo, a estruturação de uma rede logística reversa poderá viabilizar a sua disponibilidade e acessibilidade em termos de volume e escala necessários para a produção do biodiesel no Moçambique.

A Hipótese 1 considera a situação atual do Moçambique. Já os cenários projetados pelas Hipóteses 2 e 3 consideram a alteração de dois fatores essenciais para a implantação da logística reversa: o econômico e o legal, respectivamente, conforme discutido na Seção 2.2.1 Estes cenários foram elaborados a partir de um estudo preliminar realizado por Matavel e Chaves (2013).

3.6 APRESENTAÇÃO DOS CENÁRIOS

Criaram-se três cenários de oferta, buscando avaliar as hipóteses apresentadas na Seção 3.5, em função do volume de resíduos gerados no distrito KaMpfumo.

Posteriormente, a modelagem matemática para o problema de localização de facilidades, conforme detalhado no Capítulo 4, recebeu os parâmetros de cada cenário estudado, conforme Capítulo 5. Foram também realizadas rodagem para cada cenário do Cplex, variando-se os dados dos parâmetros de entrada do modelo matemático para possibilitar a análise de sensibilidade dos resultados em função destas variações. No Quadro 2, encontra-se a descrição sintetizada de cada cenário proposto.

CENÁRIOS	DESCRIÇÃO
1	Considera a realidade atual do distrito municipal
2	Considera a projeção da população para 2020
3	Variação de percentuais de volumes de geração definidos aleatoriamente (30% e 50%)

QUADRO 2 - SINTETIZAÇÃO DOS CENÁRIOS PROPOSTOS
 Fonte: Elaborado pela autora.

CENÁRIO 1

Este cenário considera a realidade do distrito municipal, simula a sua situação atual quanto à geração de ORF, associada a Hipótese 1, apresentada na Seção 3.5 de que a alocação de centros de retorno pode maximizar a eficácia da logística reversa e minimizar os custos da produção do biodiesel. Este cenário auxilia na tomada de decisão servindo de parâmetro para comparações entre as melhores propostas.

CENÁRIO 2

Este cenário foi criado com base no aumento do volume de geração do resíduo em função da projeção populacional para o ano de 2020. A escolha do ano foi feita com base no cronograma da Política e Estratégia de Biocombustíveis. A Política Nacional de Biodiesel prevê a consolidação do setor dos biocombustíveis, com o possível alcance de níveis mais altos das misturas no período entre 2015-2021, que denomina por fase operacional (MOÇAMBIQUE, 2009). Este cenário está associado à Hipótese 2 (exposta na Seção 3.5), que defende que caso ocorra a concretização dos projetos que visam produzir biodiesel (conforme discutido em MATAVEL; CHAVES, 2013), o ORF pode constituir uma matéria-prima interessante para o setor de biodiesel, aumentando a procura por este resíduo. Segundo a lei da oferta e procura, espera-se que o preço pago por este ORF seja aumentado o que, por consequência, leva a um aumento do percentual coletado deste resíduo.

CENÁRIO 3

Este cenário refere-se a variação de percentuais de volumes de geração definidos aleatoriamente (30% e 50%), sendo por isso composto por 3 sub-cenários. Este cenário está associado à Hipótese 3 (exposta na Seção 3.5.), que defende que caso seja legalmente estabelecida uma política de incentivo de diversificação da matéria-prima para produção do biodiesel a favor do ORF, incluindo a obrigatoriedade e fiscalização para o descarte adequado deste resíduo, a estruturação de uma rede logística reversa poderá viabilizar a sua disponibilidade e acessibilidade em termos de volume e escala necessários para a produção do biodiesel no Moçambique.

Sub-Cenário 3.1

O volume de produção comercial do ORF mantém-se constante e o volume de produção dos pequenos geradores aumenta. Percentuais de variação (30% e 50%).

Sub-Cenário 3.2

O volume de produção comercial do ORF aumenta e o volume de produção dos pequenos geradores mantém-se constante. Percentuais de variação (30% e 50%).

Sub-Cenário 3.3

O volume de produção comercial do ORF e o volume de produção dos pequenos geradores aumentam. Percentuais de variação (30% e 50%).

4 MODELO MATEMÁTICO

Considerando que a limitação associada à cultura/hábito de reutilização do ORF pela maioria da população seja ultrapassada, conforme discutido no capítulo introdutório, a criação de uma rede de logística reversa para este resíduo, mais concretamente a instalação e alocação/localização de centros de retorno e centros de pré-tratamento, poderão viabilizar o seu encaminhamento para as futuras indústrias de biodiesel. Parte-se do princípio que estas são as únicas infraestruturas logísticas necessárias para o funcionamento eficaz da logística reversa deste resíduo, pois servirão de pontos de consolidação e elo entre os geradores, e os fabricantes de biodiesel, garantido uma otimização na circulação do ORF. Assume-se que, a localização dos geradores seja permanentemente fixa e que a localização das futuras indústrias, que forem instalar-se na região, obedeça o planejamento urbano municipal e sejam instaladas nos parques industriais da Província de Maputo – que faz fronteira com a Cidade da Maputo.

Como citado anteriormente, os centros de retorno (CR) são facilidades desenvolvidas para consolidar grandes volumes de cargas, e permitem a maximização do retorno e da coleta, pois além de criarem o maior volume de resíduos em um único ponto, estão localizadas em áreas centrais, que permitem o acesso tanto dos clientes quanto dos produtores (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998; LEITE, 2003). Os centros de pré-tratamento (CP) são facilidades desenvolvidas para receber o ORF, com a função de limpeza e purificação do resíduo, antes de encaminhá-lo para a indústria. O CP é uma facilidade que viabiliza a agregação de valor ao resíduo.

Desta maneira, para o caso do ORF na área de estudo, a rede de logística reversa proposta terá a seguinte estrutura de funcionamento: O GPG depositará o ORF nos centros de retorno, até atingir um volume pré-estabelecido para ser recolhido. Uma empresa coletora recolhe o resíduo e o encaminha até aos centros de pré-tratamento, onde este passa por pré-processamento. Posteriormente, o óleo purificado é enviado para as indústrias de biodiesel. Em relação ao ORF gerado pelo GGG, por constituir grandes volumes, este será encaminhado diretamente para o centro de pré-tratamento, antes de ser enviado para as indústrias de

biodiesel. Vide na Figura 8, a representação gráfica da rede de logística reversa proposta.

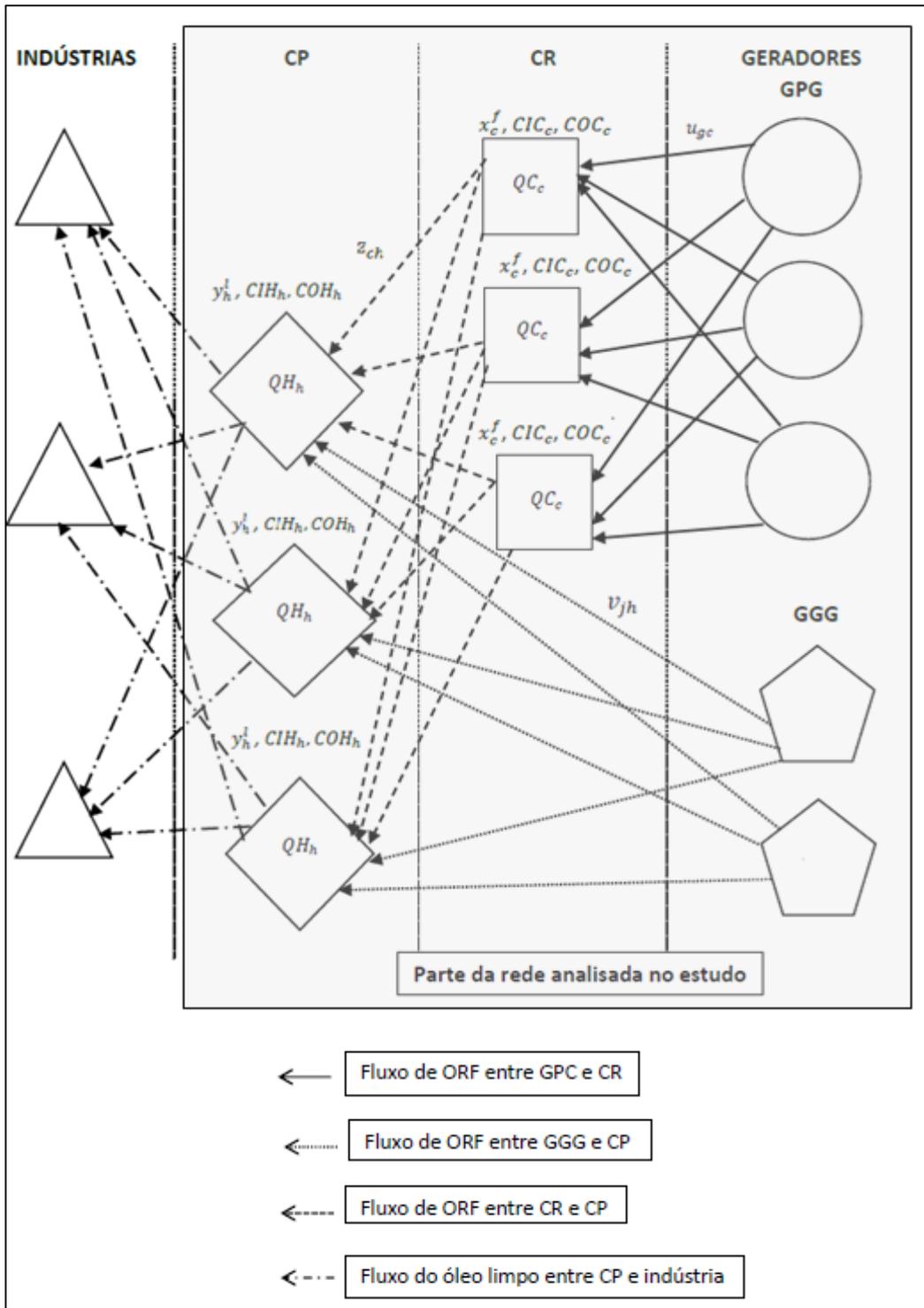


Figura 8 - Representação gráfica da rede de logística reversa do ORF
Fonte: Elaborada pelo autora.

Neste trabalho, foi feito um recorte para determinar a rede de logística reversa proposta envolvendo os geradores (pequenos e grandes), os centros de retorno e

os centros de pré-tratamento. Para fins de modelagem, não foi considerada a empresa de reciclagem (fabricação de biodiesel), já que estes empreendimentos estão em fase de projeto para implantação, conforme apontado na introdução e discutido em Matavel e Chaves (2013) e não foi possível encontrar dados relativos aos seus custos de instalação e operação. Vale ressaltar que a empresa de reaproveitamento pode realizar as atividades de pré-tratamento do ORF eliminando uma etapa intermediária. Em função disso, este elo poderia receber material diretamente dos GGG e dos CR. No entanto, como este elo não entrou em operação, esta opção foi desconsiderada, pois não é possível estimar os custos de transporte dos GGG e dos CR até estes locais.

Para fins de modelagem, é interessante perceber que os CR e os CP estão no mesmo nível e uma facilidade envia material para a outra. No entanto, para fins de representação de rede de logística reversa, considerando os conceitos de cadeia de suprimentos reversas ou logística reversa de ciclo fechado (*closed loop supply chain*), os elos estão em níveis diferentes e, portanto, foram representados desta maneira (DEKKER; FLEISCHMANN, 2004; SAVASKAN, *et al.*, 2004; PISHVAEE, *et al.*, 2011; XAVIER; CORREIA, 2013).

De modo a tornar o problema mais real, faixas de capacidade para os CR e CP são permitidas, dessa forma, de maneira prática, a quantidade de infraestruturas logísticas e as suas determinadas faixas de capacidade são variáveis de decisão.

Assim, considerando a revisão bibliográfica apresentada na Capítulo 2, seja:

- G o conjunto dos locais pequenos geradores de ORF, $g = 1 \dots |G|$;
- J o conjunto dos locais grandes geradores de ORF, $j = 1 \dots |J|$;
- C o conjunto dos locais candidatos aptos a receberem um CR de ORF, $c = 1 \dots |C|$;
- H o conjunto dos locais candidatos aptos a receberem um CP de ORF, $h = 1 \dots |H|$;
- F o conjunto das faixas de capacidade permitidas para um CR que receber ORF, localizado em $c \in C$, sendo $f = 1 \dots |F|$;
- L o conjunto das faixas de capacidade permitidas para um CP que receber ORF, localizado em $h \in H$, sendo $l = 1 \dots |L|$; e

- P o parâmetro que indica uma quantidade mínima para o número de CR a serem abertos.

Sendo assim, todo ORF gerado nos locais $g \in G$ representado por QG_g deve ser destinado a uma facilidade aberta em $c \in C$. Já todo ORF gerado nos locais $j \in J$ representado por QJ_j deve ser destinado a uma facilidade aberta em $h \in H$. Todo óleo que chega a um CR vai ser transportado para o CP. Entretanto, se um CR for aberto em uma dada faixa de capacidade $f \in F$, todo o ORF recebido pelo CR deverá estar dentro da sua faixa de capacidade, da mesma forma que se um CP for aberto em uma dada faixa de capacidade $l \in L$ todo o ORF recebido pelo CP deverá estar dentro da sua faixa de capacidade.

A faixa de capacidade $f \in F$ para o CR apresenta limites inferior n superior N que necessariamente precisam ser respeitados. Da mesma forma que a faixa de capacidade $l \in L$ para o CP apresenta limites inferior t e superior T que precisam ser respeitados.

Os custos fixos de instalação das infraestruturas logísticas a instalar variam de acordo, com o local e faixa de capacidade. Assim, seja β_c^f o custo fixo de instalação do CR $c \in C$, trabalhando na Faixa de Capacidade $f \in F$ e λ_h^l o custo fixo de instalação do CP $h \in H$, trabalhando na faixa de capacidade $l \in L$.

Já o custo fixo de operação de uma facilidade varia apenas conforme a faixa de capacidade. Sendo assim, para o CR têm-se δ^f como o custo fixo de operação associada à facilidade projetada trabalhando na faixa de capacidade $f \in F$. Para o CP teremos ω^l como o custo fixo de operação associada à facilidade projetada na faixa de capacidade $l \in L$.

Os custos variáveis se alteram apenas em função da faixa de capacidade. Neste estudo, considerou-se o custo variável apenas para o centro de pré-tratamento, por ser a única facilidade que assim o exige. Sendo assim, seja CV o custo variável associado à quantidade de ORF que vai ser processado no CP.

Relativamente ao custo de transporte do resíduo, do GPG para o CR, assume-se que este seja de responsabilidade do GPG, para não impactar as empresas e ou/ governo que, devem arcar com os demais custos da rede logística do ORF. Sendo

assim, este custo não foi considerado no presente estudo. Os custos de transporte considerados no estudo foram o do CR localizado $c \in C$, para um CP localizado em $h \in H$, representado por α_{ch} ; e do GGG localizado $j \in J$ para um CP localizado em $h \in H$, representado por ρ_{jh} .

Com relação às variáveis de decisão, seja:

- $u_{gc} \geq 0$ uma variável que representa a quantidade de ORF enviada, do local $g \in G$ para o CR $c \in C$;
- $z_{ch} \geq 0$ uma variável que representa a quantidade de ORF enviada, do CR $c \in C$ para o CP $h \in H$;
- $v_{jh} \geq 0$ uma variável que representa a quantidade de ORF enviada, do local $j \in J$ para o CP $h \in H$;
- $CIC_c \geq 0$ uma variável que representa o custo fixo de instalação de um CR aberto em $c \in C$ para atender ao ORF proveniente de $g \in G$;
- $COC_c \geq 0$ uma variável que representa o custo fixo de operação de um CR aberto em $c \in C$ para atender ao ORF proveniente de $g \in G$;
- $CIH_h \geq 0$ uma variável que representa o custo fixo de instalação de um CP aberto em $h \in H$ para atender ao ORF proveniente de $c \in C$ e de $j \in J$;
- $COH_h \geq 0$ uma variável que representa o custo fixo de operação de um CP aberto em $h \in H$ para atender ao ORF proveniente de $c \in C$ e de $j \in J$;
- $QC_c \geq 0$ uma variável que representa a quantidade total de ORF que um CR aberto em $c \in C$ recebe;
- $QH_h \geq 0$ uma variável que representa a quantidade total de ORF que um CP aberto em $h \in H$ recebe;
- $x_c^f \in \{0,1\}$ uma variável binária que representa a abertura ($x_{cf} = 1$) ou não ($x_{cf} = 0$) do CR $c \in C$ na faixa de capacidade $f \in F$ para atender ORF; e
- $y_h^l \in \{0,1\}$ uma variável binária que representa a abertura ($y_{hf} = 1$) ou não ($y_{hf} = 0$) do CP $h \in H$ na faixa de capacidade $l \in L$ para atender ORF.

O modelo matemático proposto para a rede de logística reversa para resíduo da Distrito Municipal KaMpfumo está descrito a seguir. Destaca-se que ele foi criado tomando como base os trabalhos de Jayaraman *et al.* (2003) e Ferri *et al.* (2015).

Minimizar:

$$m = \sum_{c \in C} (CIC_c + COC_c) + \sum_{c \in C} \sum_{h \in H} (\alpha_{ch} z_{ch}) + \sum_{h \in H} (CIH_h + COH_h) + CV \sum_{h \in H} QH_h + \sum_{j \in J} \sum_{h \in H} (\rho_{jh} v_{jh}) \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{c \in C} u_{gc} = QG_g \quad \forall g \in G \quad (2)$$

$$\sum_{g \in G} u_{gc} = QC_c \quad \forall c \in C \quad (3)$$

$$\sum_{h \in H} z_{ch} = QC_c \quad \forall c \in C \quad (4)$$

$$\sum_{h \in H} v_{jh} = QJ_j \quad \forall j \in J \quad (5)$$

$$\sum_{c \in C} z_{ch} + \sum_{j \in J} v_{jh} = QH_h \quad \forall h \in H \quad (6)$$

$$COC_c - \sum_{f \in F} \delta^f x_c^f = 0 \quad \forall c \in C \quad (7)$$

$$CIC_c - \sum_{f \in F} (\beta_c^f x_c^f) = 0 \quad \forall c \in C \quad (8)$$

$$COH_h - \sum_{l \in L} \omega^l y_h^l = 0 \quad \forall h \in H \quad (9)$$

$$CIH_h - \sum_{l \in L} (\lambda_h^l y_h^l) = 0 \quad h \in H \quad (10)$$

$$QC_c - \sum_{f \in F} n x_c^f \leq 0 \quad \forall c \in C \quad (11)$$

$$QC_c - \sum_{f \in F} N x_c^f \geq 0 \quad \forall c \in C \quad (12)$$

$$QH_h - \sum_{l \in L} t y_h^l \leq 0 \quad \forall h \in H \quad \forall h \in H \quad (13)$$

$$QH_h - \sum_{l \in L} T y_h^l \geq 0 \quad \forall h \in H \quad \forall h \in H \quad (14)$$

$$\sum_{f \in F} x_c^f \leq 1 \quad \forall c \in C \quad (15)$$

$$\sum_{c \in C} \sum_{f \in F} x_c^f \geq P \quad (16)$$

$$\sum_{l \in L} y_h^l \leq 1 \quad \forall h \in H \quad (17)$$

$$x_c^f \in \{0,1\} \quad \forall c \in C, f \in F \quad (18)$$

$$y_h^l \in \{0,1\} \quad \forall l \in L, h \in H \quad (19)$$

$$u_{gc} \geq 0 \quad \forall g \in G, c \in C \quad (20)$$

$$z_{ch} \geq 0 \quad \forall c \in C, h \in H \quad (21)$$

$$v_{jh} \geq 0 \quad \forall j \in J, h \in H \quad (22)$$

$$CIC_c \geq 0 \quad \forall c \in C \quad (23)$$

$$COC_c \geq 0 \quad \forall c \in C \quad (24)$$

$$CIH_h \geq 0 \quad \forall h \in H \quad (25)$$

$$COH_h \geq 0 \quad \forall h \in H \quad (26)$$

$$QC_c \geq 0 \quad \forall c \in C \quad (27)$$

$$QH_h \geq 0 \quad \forall h \in H \quad (28)$$

A função objetivo (1) está dividida em cinco partes principais. A primeira representa os custos fixos totais da abertura do CR (subdivididos entre instalação e operação); a segunda representa os custos totais de transporte do ORF dos locais candidatos a CR para os locais candidatos a CP; a terceira representa os custos fixos totais da abertura do CP; a quarta representa a multiplicação dos custos totais variáveis do CP pela quantidade de ORF que a facilidade CP recebe; a quinta representa o custo total de transporte ORF dos GGG para os locais candidatos a CP.

As restrições (2) garantem que todo o ORF gerado pela origem GPG seja enviado para os CR abertos. As restrições (3) garantem que a quantidade de ORF que o CR recebe, seja igual à que é enviada para ele. As restrições (4) garantem que todo ORF que chega ao CR seja enviado para os CP abertos. As restrições (5) garantem que todo o ORF gerado na origem GGG seja enviado para os CP abertos. As restrições (6) garantem que o cálculo correto da quantidade total de ORF que um CP recebe. As restrições (7) e (8) garantem, respectivamente, que os custos fixos de operação e instalação dos CR sejam obtidos conforme a faixa de capacidade em que os mesmos foram abertos. As restrições (9) e (10) garantem,

respectivamente, que os custos fixos de operação e instalação dos CP sejam obtidos conforme a faixa de capacidade em que os mesmos forem abertos. As restrições (11) e (12) garantem que todo o ORF enviado para um CR aberto respeite as faixas de capacidades utilizadas para ele. As restrições (13) e (14) garantem que todo o ORF enviado para um CP aberto respeite as faixas de capacidades utilizadas para ele. As restrições (15) garantem a abertura de no máximo uma faixa de capacidade por CR aberto. A restrição (16) garante a abertura de P ou mais CRs. As restrições (17) garantem a abertura de, no máximo, uma faixa de capacidade para cada CP aberto. Enquanto as restrições (18) - (28) estão associadas ao domínio das variáveis de decisão. Ressalta-se, entretanto, que o conjunto de variáveis de decisão definidas entre (23) e (28) são auxiliares, com atuação direta nas restrições (7) - (10) bem como na função objetivo (1).

Sugere-se que pelo menos um CR seja aberto dentre um dado conjunto de locais candidatos estratégicos denominado aqui de agrupamento. Generalizando, seja então Ω o conjunto de agrupamentos (áreas estratégicas) tal que cada agrupamento $\omega \in \Omega$ é formado por um subconjunto $\psi_\omega \subseteq C$ de locais candidatos para CR. Com isso, o modelo matemático (1) - (28) pode ser complementado com a seguinte restrição:

$$\sum_{c \in \psi_\omega} \sum_{f \in F} x_c^f \geq 1 \quad \forall \omega \in \Omega. \quad (29)$$

As restrições (29) não são obrigatórias, mas para utilizar deve-se observar a sua compatibilidade com a restrição (16), evitando, por exemplo, que os agrupamentos definidos não permitam a abertura de pelo menos P facilidades de CR.

5 APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS

Neste Capítulo, serão apresentados os parâmetros do modelo matemático, necessários para avaliar a rede logística no distrito municipal KaMpfumo - Moçambique. Os cenários são avaliados no Capítulo 6.

5.1 DEFINIÇÃO DOS CONJUNTOS

A área central de Maputo, denominada de KaMpfumo, tem uma área de 13,19 km², e cerca de 106.280 habitantes distribuídos em 11 bairros (BRS): Alto Maé A (AA), Alto Maé B (AB) Central A (CA), Central B (CB), Central C (CC), Coop (CP), Malhangalene A (MA), Malhangalene B (MB); Polana Cimento A (PA), Polana Cimento B (PB), e Sommerchield (SC) (INE, 2010). Oficialmente, KaMpfumo possui cerca de 143 estabelecimentos (hotéis, pastelarias, restaurantes) registrados na Direção Provincial do Turismo, órgão em nível estadual responsável pelo turismo. Contudo, neste estudo trabalhou-se com uma amostra de 83 estabelecimentos. Os procedimentos para chegar-se a esse número estão presentes nas Seções 3.3 e 5.3.3. Na região existem quatro eco-pontos estrategicamente distribuídos por locais centrais e de fácil acesso, geridos por uma pequena associação de reciclagem majoritariamente alimentados por catadores individuais de resíduos sólidos. Além dos quatro eco-pontos, a região possui também algumas igrejas, parques, postos de abastecimento de combustível, supermercados e centros comerciais que possuem infraestrutura para constituírem centros de retorno do ORF, que perfazem um total de 32 facilidades. A atribuição destes lugares como locais candidatos a centros de retorno foi feita com base nos casos estudos de LR de ORF reportados na literatura como, por exemplo, o projeto PROL desenvolvido em São Paulo e o projeto Burgos desenvolvido na Espanha (BIODIENET, 2007; SABESP, 2011; BRASIL, 2012; JACINTO, 2012).

Em relação à instalação dos centros de pré-tratamento, o planejamento urbano municipal sugere que sua localização seja em regiões que possuam espaço físico e que as suas atividades não perturbem as atividades circunvizinhas. A região de KaMpfumo não possui nenhuma área que obedeça essas características. As regiões ainda dentro da Cidade de Maputo que reúnem condições para receber

infraestrutura de um centro de pré-tratamento são o distrito KaMavota e o distrito KaMabukwana. Entretanto, existe também espaço disponível na região industrial do LÍngamo próximo da indústria de biodiesel ECOMOZ. Assim, considerando a notação apresentada na Capítulo 4, tem-se $|G|=11$, $|J|=83$, $|C|=32$, $|H|=3$ onde $|H|$ representa o tamanho do conjunto em análise. As faixas de capacidade foram definidas com base na estimativa de geração de ORF para cada um dos grupos geradores. Assim, definiu-se $|F|=3$ para o centro de retorno, e $|L|=3$ para o centro de pré-tratamento, sendo que as seis faixas correspondem ao porte/capacidade escolhido para a abertura de cada facilidade. A quantidade mínima de facilidades para alocar centro de retorno definida foi de 12. Assim definiu-se $|P|=12$.

5.2 DEFINIÇÃO DO NÚMERO DE FACILIDADES PARA ALOCAÇÃO DE CENTROS DE RETORNO

Estabeleceu-se uma quantidade mínima de centros de retorno que o modelo deverá abrir, como forma de garantir maior participação da população e, conseqüentemente, uma maximização da coleta do ORF. Esta restrição é utilizada para garantir um mínimo de proximidade para aumentar a probabilidade de entrega de ORF pelos consumidores. Se ela não estiver presente, para minimizar os custos, apenas um centro de retorno seria aberto, mas exigiria um maior esforço do consumidor para entrega.

A literatura apresenta distintos apontamentos, e em alguns casos contraditórios no que se refere ao número mínimo/ideal de facilidades que tenham a função de centros de retorno na gestão de resíduos sólidos, que se deve instalar em municípios. Por exemplo, o Guia para Elaboração de Planos de Gestão de Resíduos Sólidos recomenda que as sedes municipais com população entre 75 - 100 mil devem ter cerca de quatro pontos de entrega voluntária (que no caso seriam os centros de retorno) para atender a população (BRASIL, 2011). Por seu turno, o Ministério Público do Espírito Santo (2013), sugere a existência de um ponto de entrega voluntária para cada 800 habitantes da cidade. Peixoto *et al.*, (2006), enfatizam a importância da participação da população no processo de coleta e, portanto, indica que a ordem de prioridade para implantação dos Pontos de Entrega Voluntária deve levar em conta a densidade populacional, ou seja,

hierarquicamente as regiões como maior densidade populacional deverão possuir maior prioridade em relação aos de menor densidade populacional. Quanto maior for a densidade populacional, maior será a geração de resíduos, logo um número maior de pontos são necessários de atender esta demanda. Esta pesquisa sugere que a distância máxima entre os geradores e os PEV deverá ser máximo 500 metros (Peixoto *et al.*, 2006).

Aliada a esta divergência, não foi encontrada na literatura nenhuma referência em relação ao número ideal de centros de retorno para a logística reversa de ORF específica. Sendo assim, para este trabalho assumiu-se que seria ideal que, no mínimo, todos os bairros do Distrito Municipal de KaMpfumo fossem contemplados com pelo menos um centro de retorno, além de mais um para avaliar a alocação em um bairro mais populoso e geograficamente para a rede proposta. Desta forma, uma restrição do modelo foi a abertura de 12 facilidades, no mínimo.

5.3 QUANTIDADE DE ORF GERADO E FAIXAS DE CAPACIDADE

5.3.1 Geração Grupo dos Pequenos Geradores

Em função da falta de dados oficiais, a quantidade de ORF gerada pelo Grupo dos Pequenos Geradores (GPG), foi estimada com base no número total da população distribuída pelos bairros da região e na projeção do consumo mundial do óleo vegetal do setor alimentar. A população do distrito municipal de KaMpfumo é de 106.280 habitantes (INE, 2010). Estima-se que a média de consumo mundial de óleo vegetal no setor alimentar seja 21,2 kg/pessoa/ano (GUNSTONE, 2013). Especialistas indicam que a recuperação do ORF após o processo de fritura varia de 10-15 %. Para este estudo considerou-se 10% como taxa de aproveitamento (informação verbal)⁸. A Tabela 1, apresenta a estimativa da quantidade de ORF gerado pelos pequenos geradores na região de KaMpfumo. Esta tabela correlaciona os parâmetros de população urbana, estimativas da quantidade de óleo vegetal consumido e estimativas da quantidade de ORF gerado.

⁸ A informação foi fornecida pelo diretor da empresa BioMarca em uma entrevista na cidade de Cariacica no dia 11/11/2013, e pelo diretor da AMOR em uma entrevistas na Cidade de Maputo no dia 14/03/2014.

Tabela 1 - Estimativa da quantidade de ORF gerado pelo GPG no distrito municipal de KaMpfumo

BAIROS	POPULAÇÃO	ÓLEO VEGETAL CONSUMIDO (kg/ano)	ORF GERADO (kg/ano)	ORF GERADO (litros ⁹ /ano)
AA	8.800	186.560	18.656	20.729
AB	12.461	264.173	26.417	29.353
CA	10.679	226.395	22.639	25.155
CB	11.375	241.150	24.115	26.794
CC	8.352	177.062	17.706	19.674
CP	5.639	119.547	11.955	13.283
MA	6.618	140.302	14.030	15.589
MB	17.348	367.778	36.778	40.864
PA	7.807	165.508	16.551	18.390
PB	8.131	172.377	17.238	19.153
SC	9.070	192.284	19.228	21.365
Total	106.280	2.253.136	225.314	250.349

Fonte: Elaborada pela autora com base em INE, (2010) e Gunstone, (2013).

5.3.2 Faixas de Capacidade para os Centros de Retorno

Primeiramente as faixas de capacidade dos Centros de Retorno (CR) tinham sido definidas em função das estimativas de geração do ORF por cada bairro, da seguinte forma, na Faixa 1: assumia-se que a quantidade de ORF gerada tinha reduzido para metade; Faixa 2: assumia-se que a quantidade de ORF gerada tinha reduzido para três quartos; Faixa 3: assumia-se que a quantidade de ORF gerada permanecia igual ao estimado para o presente estudo. Contudo, pelos resultados obtidos da primeira rodagem do modelo, percebeu-se que estas faixas estavam superdimensionadas, pois estes (resultados) apresentavam grande maioria do ORF (cerca de 99%), centralizados em apenas um CR, e as restantes 11 facilidades recebiam uma quantidade mínima só para cumprir a restrição imposta pelo modelo. Estes resultados, para além de ter um nível elevado de ociosidade e subestimação dos custos de transportes, não observava o mínimo de proximidade entre CR e a população e acabava por não responder aos objetivos do estudo.

Perante este fato, foram definidas novas faixas de capacidade para os centros de retorno. Estas faixas foram definidas em função da estimativa de quantidade mínima de ORF que cada CR deveria receber para o maior cenário de coleta projetado no estudo (a Seção 3.6 apresenta detalhadamente os cenários projetados

⁹ O valor é resultado da conversão de kg (massa) para Litros (volume). O valor de densidade do ORF utilizado foi 0,9 (EIM, 2012), sabe-se que a $\text{densidade} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$ então o volume = $\frac{\text{massa}}{\text{densidade}}$

no estudo). O cenário com maior coleta de ORF definido neste estudo, considera um aumento de 50% do ORF coletado, ou seja 375.523 litros/ano por todos CR abertos. Dividiu-se essa quantidade (375.523 litros/ano) pelo número mínimo de facilidades definidas (12 facilidades) e obteve-se uma média de 31.294 litros/ano por facilidade. Com base nisso definiu-se aleatoriamente os valores de 20.000 litros/ano para Faixa 1, 30.000 litros/ano para Faixa 2, e 40.000 litros/ano para Faixa 3, como faixas de capacidade para o CR. Estas faixas de capacidade dos CR, foram utilizadas em todos os cenários projetados neste estudo.

A Tabela 2, indica os limites inferior n e superior N para o CR para toda faixa $f \in F$, calculados com base nos valores totais anuais de cada faixa obtida.

Tabela 2 - Limites das Faixas de Capacidade dos centros de retorno

FAIXA	n	N
1	1,0	20.000
2	20.001	30.000
3	30.001	40.000

Fonte: Elaborada pela autora.

Locais candidatos a centros de retorno

No Quadro 3, encontra-se a lista dos estabelecimentos que possuem infraestrutura adequada, e estão localizados em áreas estratégicas (sob ponto de vista de circulação/afluência da população) para constituírem centros de retorno do ORF, obtidos na pesquisa de campo.

ID	NOMES DOS ESTABELECIMENTOS	LOCALIZAÇÃO
1	Postos de Combustíveis da Petromoc	Bairro AA - Av. Marian guabi
2	Mesquita Masjid Bilal	Bairro AA - Av. Maguiguana
3	Igreja da Munhuana	Bairro AA - Av. Maguiguana
4	Jardim 28 de Maio	Bairro AB - Av. 24 de Julho
5	Comunidade Murçulmana	Bairro AB - Av. Alberto Lithuli
6	Postos de Combustíveis da Petromoc	Bairro AB - Av. 24 de Julho
7	Mercado Mandela	Bairro AB - Av. Alberto Lithuli
8	Postos de Combustíveis da Total	Bairro CA - Av. Karl Max
9	Jardim dona Berta	Bairro CA- Av. Vlademir Lenine
10	Postos de Combustíveis da Shell	Bairro CA- Av. Karl Max
11	Postos de Combustíveis da Tangerina	Bairro CB - Av. Eduardo Mondlane
12	Centro comercial Interfranca	Bairro CB - Av.24 de Julho
13	Mercado do Povo	Bairro CB - Av. Karl Max
14	Postos de Combustíveis da Petromoc	Bairro CB - Av. Vlademir Lenine
15	Ecoponto da 25 de Setembro	Bairro CC- Av. 25 de Setembro
16	Centro comercial Maputo	Bairro CC- Rua Ngungunhana
17	Eco Ponto do Mercado Central	Bairro CC- Av.25 de Setembro
18	Faculdade de Direito	Bairro CP - Kenneth Kaunda

19	Postos de Combustíveis da Shell	Bairro CP -Av. Vladimir Lenine/ Av. Joaquim chissano
20	Postos de Combustíveis da Engen	Bairro MA -Av. Vladimir Lenine
21	Ecoponto do Mercado Janete	Bairro MA - Rua da concordia
22	Supermercado Mica	Bairro MB - Av. Acordos de Lusaka
23	Centro comercial Shooprite	Bairro MB - Av. Acordos de Lusaka
24	Parque dos continuadores	Bairro PA- Av. Martires da Machava/Mao Tsé tung/Armando tivane
25	Ecoponto do Museu	Bairro PA- Rua dos Luciadas
26	Centro comercial Polana	Bairro PA - Av. 24 julho/ Julius Neyere
27	Clube INEF	Bairro PB- Av. Eduardo Mondlane/Salvador allende
28	Postos de Combustíveis da Shell	Bairro PB- Av. Patrice Lumumba
29	Mesquita Liga Polana	Bairro PB- Av. Eduardo Mondlane
30	Instituto Superior de Transportes e Comunicação	Bairro SD - Av. Zimbabwe
31	Igreja da Polana	Bairro SD- Av. Kwame Nkrumah
32	Jardim dos colonistas	Bairro SD- Rua Castanhedas

QUADRO 3 - LOCAIS CANDIDATOS AOS CENTROS DE RETORNO
Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.3 Geração Grupo dos Grandes Geradores

Os questionários aplicados aos estabelecimentos de hotelaria, restaurantes, bares e padarias permitiram obter uma amostra da quantidade do ORF produzido pelo Grupo dos Grandes Geradores (GGG) na área de estudo. O número total de estabelecimentos considerado foi 143, estando subdividido em três estratos: Hotéis, Bares e Pastelarias, e Restaurantes. A amostra estratificada foi obtida com base na fórmula apresentada na Seção 3.3. Do universo de 143 estabelecimentos, a amostra indicou que 100 estabelecimentos fossem pesquisados. No entanto, não foi possível obter estes dados, pois alguns estabelecimentos não aceitaram fornecer as informações, a maioria foram Hotéis que alegaram que as informações solicitadas eram confidenciais. Portanto, foram obtidos dados em 83 estabelecimentos. Na Tabela 3, está apresentado o número referente a população, amostra, inquiridos e não inquiridos ao longo desta etapa.

Tabela 3 - População e Amostra do GGG.

	POPULAÇÃO	AMOSTRA	INQUIRIDOS	RECUSARAM A RESPONDER O QUESTIONÁRIO
Hotéis	24	17	7	10
Bares e Pastelaria	42	29	29	----
Restaurantes	77	54	47	7
Total	143	100	83	17

Fonte: Elaborada pela autora.

A quantidade de ORF gerado pelos 83 estabelecimentos inquiridos é 6.720 litros/mês equivalente a 80.640 litros/ano, sendo que em mais de 70% dos estabelecimentos pesquisados, este resíduo é entregue aos seus trabalhadores para reutilização no processamento dos seus alimentos em casa. A substituição do óleo ocorre, na sua maioria, diariamente e semanalmente. Dos estabelecimentos pesquisados, o estrato dos restaurantes possui a maior quantidade de ORF gerado com 4.191 litros/mês seguido do estrato dos bares e pastelarias com 1.949 litros/mês e, por último, são os hotéis com 580 litros/mês.

5.3.4 Faixa de Capacidade para os centros de pré-tratamento

Uma vez que o Centro de Pré-Tratamento (CP) recebe ORF simultaneamente dos GPG e dos GGG, a sua Faixa de Capacidade foi definida pela soma do volume de ORF gerado pelo GPG e pelo volume gerado pelo GGG. Assim sendo, tem-se: Faixa 1: nesta faixa assume-se que a quantidade de geração de ambos (grupos) tenha reduzido para metade; Faixa 2: nesta faixa supõem-se que a quantidade de geração de ambos tenha reduzido para três quartos; Faixa 3: nesta Faixa de Capacidade assume-se que não há alteração quantidade de ORF gerado por ambos. A Tabela 4, resume as Faixas de Capacidade do centro de pré-tratamento.

Tabela 4 - Faixas de Capacidade dos centros de pré-tratamento

	FAIXA 1	FAIXA 2	FAIXA 3
Quantidade de geração do GPG (litros/ano)	125.196	187.762	250.349
Quantidade de geração do GGG (litros/ano)	40.320	60.480	80.640
Total Faixa de Capacidade do centro de pré-tratamento	165.516	248.242	330.989

Fonte: Elaborada pela autora.

A Tabela 5, indica os limites inferior t e superior T para o CP para toda faixa $l \in L$.

Tabela 5 - Limites das Faixas de Capacidade dos centros de pré-tratamento

FAIXA	t	T
1	1,0	165.516
2	165.517	248.242
3	248.243	330.989

Fonte: Elaborada pela autora

Locais candidatos a centros de pré-tratamento

No Quadro 4, encontra-se a lista de locais candidatos a receber um centro de pré-tratamento.

BAIRROS	LOCALIZAÇÃO
Bairro Hulene (BH)	Distrito Municipal KaMavota, Av. Julius Nyerere
Bairro Luís Cabral (BL)	Distrito Municipal KaMbukwana, Av.Estrada Nacional N°1
Bairro industrial LÍngamo (BIL)	Matola, parque industrial do LÍngamo,

QUADRO 4 - LOCAIS CANDIDATOS AOS CENTROS DE PRÉ-TRATAMENTO

Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 9, é referente ao mapa das cidades de Maputo e Matola no Moçambique. Estas cidades, apesar de pertencerem à províncias diferentes, fazem fronteira uma como a outra. As regiões destacadas no mapa com cor cinzenta enumeradas de 1 -11, fazem parte da cidade de Maputo, esses bairros pertencem ao Distrito Municipal KaMpfumo, e são os locais candidatos a alocarem os CR. As regiões destacadas com cor cinzenta números 12 e 13, fazem também parte da cidade de Maputo, contudo pertence à distritos Municipais diferentes cada um, o número 12 é do Distrito Municipal KaMavota, e o número 13 é Distrito Municipal KaMbukwana. Tanto a região 12 como a região 13, são candidatos a instalar um CP. A região número 14 é a única que pertence à cidade da Matola, e é também bairro candidato a instalar um CP.

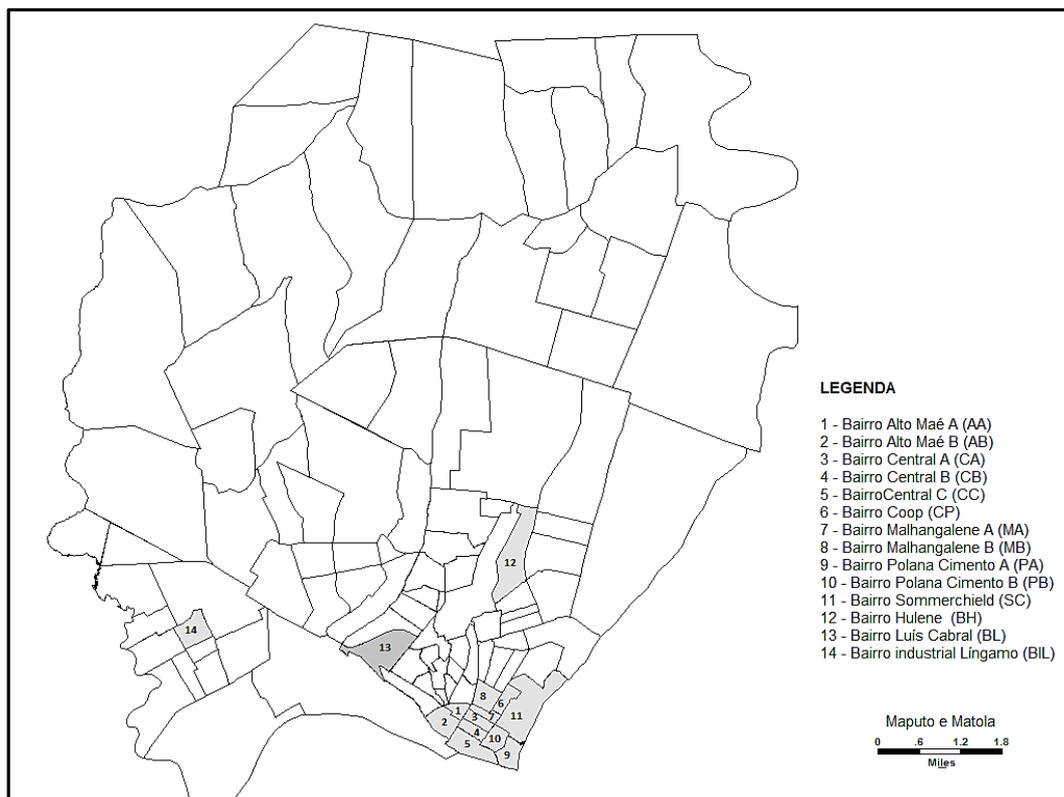


Figura 9 - Localização dos bairros candidatos a alocar centros de retorno e instalar centros de pré-tratamento
 Fonte: Instituto Nacional de Estatísticas, 2014

5.4 CUSTOS FIXOS DE INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DOS CENTROS DE RETORNO

O custo fixo de instalação refere-se aos custos de aquisição de terreno, de construção das instalações físicas, de aquisição de máquinas e equipamentos, assim como da formação dos trabalhadores (SCHWARTZ FILHO, 2006). Este custo é diretamente proporcional a variação da capacidade que se deseja instalar, uma vez que, uma maior capacidade requer um aumento da área utilizada, do número de maquinaria e de funcionários. Uma vez que, tenciona-se alocar os centros de retorno em locais que já possuem infraestruturas, os custos fixos de instalação irão limitar-se a aquisição de equipamentos, nomeadamente tanques para armazenamento do óleo retornado e material de identificação do centro de retorno (autocolantes para os tanque). O preço do tanque obteve-se em uma indústria metalomecânica, o custo de tanque de 300 Litros é 66,6 reais¹⁰ (informação verbal).

¹⁰ A informação foi fornecida por um trabalhador da empresa Metalúrgica da Matola Lda. na cidade da Matola no dia 20/02/2014.

O preço dos autocolantes obteve-se em um estabelecimento especializado em impressão, o custo unitário do autocolante praticado é de 3,33 reais¹¹ (informação verbal). Para definir a quantidade de tanques e autocolantes que cada faixa poderia ter, pegou-se a quantidade mensal de ORF que cada bairro gera, e supôs-se que em cada faixa, esta quantidade iria aumentar, sendo na Faixa 1: a quantidade seria metade da quantidade de gerada atual; Faixa 2 quantidade seria três quartos da quantidade gerada atualmente e Faixa 3: quantidade permaneceria igual. Pegou-se o volume de ORF por cada faixa em cada bairro e dividiu-se pela quantidade de litros do tanque, neste caso 300 litros e, assim obteve-se quantos tanques cada facilidade existente iria receber. A Tabela 6, demonstra o custo fixo de instalação, de acordo com as faixas de capacidade das instalações a alocar.

Tabela 6 - Custos fixo de instalação dos centros de retorno

BAIRROS	IDENTIFICAÇÃO	FAIXA 1 (R\$/ano)	FAIXA 2 (R\$/ano)	FAIXA 3 (R\$/ano)
AA	1	70,00	70,00	140,00
	2	70,00	70,00	140,00
	3	70,00	140,00	140,00
AB	4	70,00	140,00	140,00
	5	70,00	70,00	140,00
	6	70,00	140,00	140,00
	7	70,00	70,00	206,00
CA	8	70,00	140,00	140,00
	9	70,00	140,00	210,00
	10	70,00	70,00	140,00
CB	11	70,00	70,00	70,00
	12	70,00	140,00	210,00
	13	70,00	140,00	140,00
	14	70,00	70,00	70,00
CC	15	70,00	70,00	70,00
	16	70,00	70,00	140,00
	17	70,00	140,00	140,00
CP	18	70,00	140,00	140,00
	19	70,00	70,00	140,00
MA	20	70,00	70,00	140,00
	21	70,00	140,00	140,00
MB	22	210,00	350,00	420,00
	23	210,00	280,00	350,00
PA	24	70,00	70,00	140,00
	25	70,00	140,00	140,00

¹¹ E a informação foi fornecida por um funcionário da empresa Acadêmica na cidade de Maputo no dia 21/02/2014.

	26	70,00	70,00	70,00
PB	27	70,00	70,00	70,00
	28	70,00	70,00	140,00
	29	70,00	140,00	140,00
SD	30	70,00	70,00	140,00
	31	70,00	140,00	140,00
	32	70,00	70,00	140,00

Fonte: Elaborada pela autora.

O custo fixo de instalação foi dividido pelo tempo de vida útil devido a depreciação de investimentos. Considerou-se como tempo de vida útil para os centros de retorno, o tempo de vida útil dos tanques, por serem os únicos equipamentos que serão alocados (instalados) que assim o justifiquem. O valor do tempo de vida útil dos tanques é em torno de cinco anos (informação verbal)¹². Vide Tabela 7, os custos atribuídos.

Tabela 7 - Custos fixos de instalação dos centros de retorno em função do tempo de vida útil

IDENTIFICAÇÃO	FAIXA 1 (R\$/ano)	FAIXA 2 (R\$/ano)	FAIXA 3 (R\$/ano)
1	14,00	14,00	28,00
2	14,00	14,00	28,00
3	14,00	28,00	28,00
4	14,00	28,00	28,00
5	14,00	14,00	28,00
6	14,00	28,00	28,00
7	14,00	14,00	41,00
8	14,00	28,00	28,00
9	14,00	28,00	42,00
10	14,00	14,00	28,00
11	14,00	14,00	14,00
12	14,00	28,00	42,00
13	14,00	28,00	28,00
14	14,00	14,00	14,00
15	14,00	14,00	14,00
16	14,00	14,00	28,00
17	14,00	28,00	28,00
18	14,00	28,00	28,00
19	14,00	14,00	28,00
20	14,00	14,00	28,00
21	14,00	28,00	28,00
22	42,00	70,00	84,00
23	42,00	56,00	70,00
24	14,00	14,00	28,00
25	14,00	28,00	28,00
26	14,00	14,00	14,00
27	14,00	14,00	14,00
28	14,00	14,00	28,00
29	14,00	28,00	28,00

¹² A informação foi fornecida pelos trabalhadores da metalomecânica na cidade da Matola no dia 26/08/2014

30	14,00	14,00	28,00
31	14,00	28,00	28,00
32	14,00	14,00	28,00

Fonte: Elaborada pela autora

Os custos fixos de operação referem-se aos custos dos salários e encargos dos funcionários, manutenção do local e dos equipamentos, gastos de luz, água e telefone (SCHWARTZ FILHO, 2006). Os custos relativos a salários e custos administrativos foram obtidos em função das pesquisas de mercado nacionais. Para estimar o valor dos salários, considerou-se a existência de um trabalhador para atender quatro bairros, totalizando cerca de três funcionários para o distrito municipal. Esses funcionários serão responsáveis pela fiscalização dos ecopontos e comunicação com os centros de pré-tratamento para coordenar as datas e horários de recolha do ORF. Os custos administrativos são referentes aos gastos de comunicação, taxas, registros, etc. Não foi encontrada na literatura, a referência de um custo de manutenção aplicável ao centro de retorno de ORF. Contudo, sabe-se que no Moçambique, o custo de manutenção pode ser obtido com base na taxa de depreciação dos equipamentos, e no custo do investimento inicial, neste caso, o custo de aquisição de equipamentos. Sendo assim, com base na legislação Moçambicana – Decreto N°72/2013 (MOÇAMBIQUE, 2013), que aprova o regime de amortizações, obteve-se que a depreciação para tanques é de 20%. Tendo este valor, multiplicou-se o mesmo ao custo fixo de instalação para cada uma das faixas de capacidade do presente estudo. As Tabelas 8 e 9, trazem os custos fixos de operação por Faixa de Capacidade.

Tabela 8 - Descrição dos custos fixo de operação dos centros de retorno

BRS	FAIXA	CUSTOS FIXOS DE OPERAÇÃO		
		Salários ¹³ (R\$/Ano)	Custos administrativos (R\$/Ano)	Manutenção (R\$/Ano)
AA	1	7.992,00	1.099,00	39,00
	2	7.992,00	1.399,00	53,00
	3	7.992,00	1.699,00	81,00
AB	1	7.992,00	1.099,00	52,00
	2	7.992,00	1.399,00	80,00
	3	7.992,00	1.699,00	121,00
CA	1	7.992,00	1.099,00	39,00
	2	7.992,00	1.399,00	67,00

¹³ Calculado com base no salário mínimo do Moçambique (equivalente à 100 USD) (MEU SALÁRIO, 2014), e convertido para reais com base no câmbio (1\$ USD = R\$ 2,22) praticado no dia 24/07/2014 (FINANCEONE, 2014).

CB	3	7.992,00	1.699,00	94,00
	1	7.992,00	1.099,00	52,00
	2	7.992,00	1.399,00	80,00
CC	3	7.992,00	1.699,00	93,00
	1	7.992,00	1.099,00	39,00
	2	7.992,00	1.399,00	53,00
CP	3	7.992,00	1.699,00	67,00
	1	7.992,00	1.099,00	26,00
	2	7.992,00	1.399,00	40,00
MA	3	7.992,00	1.699,00	54,00
	1	7.992,00	1.099,00	26,00
	2	7.992,00	1.399,00	40,00
MB	3	7.992,00	1.699,00	54,00
	1	7.992,00	1.099,00	80,00
	2	7.992,00	1.399,00	120,00
PA	3	7.992,00	1.699,00	147,00
	1	7.992,00	1.099,00	39,00
	2	7.992,00	1.399,00	53,00
PB	3	7.992,00	1.699,00	67,00
	1	7.992,00	1.099,00	39,00
	2	7.992,00	1.399,00	53,00
SD	3	7.992,00	1.699,00	67,00
	1	7.992,00	1.099,00	39,00
	2	7.992,00	1.399,00	53,00
	3	7.992,00	1.699,00	81,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 9 - Custos fixo de operação dos centros de retorno

FAIXA	CUSTOS FIXO DE OPERAÇÃO (R\$/ano)
1	100.481,00
2	103.994,00
3	107.520,00

Fonte: Elaborada pela autora.

5.5 CUSTOS FIXOS DE INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E VARIÁVEIS DOS CENTROS DE PRÉ-TRATAMENTO

O custo fixo de instalação do Centro de Pré-Tratamento (CP) foi obtido por meio da pesquisa de mercado nacional e internacional. Para se obter os custos de construção das instalações físicas, foram consultados profissionais da área de arquitetura moçambicanos¹⁴ e utilizou-se uma planilha de avaliação de projetos de construção civil que contém os custos de terreno e material de construção tabelados no mercado nacional. Os preços dos tanques foram obtidos em uma indústria

¹⁴ Os profissionais de arquitetura consultados foram Carla Faria e Djanine Naido.

metalomecânica na cidade da Matola¹⁵ (informação verbal). Considerou-se a compra de 166 tanques de 200 litros, para o processo de coleta do ORF nos GGG. A cada vez que o CP recolhe o ORF leva consigo um tanque cheio e deixa um tanque vazio no estabelecimento. Os tanques de 600 litros foram projetados para o depósito e armazenamento de óleo ao chegar ao centro de pré-tratamento. Todos os tanques são munidos de filtro de partículas 75 *micro*, para reter ao máximo as partículas sólidas existentes no óleo e tampas na superfície. O preço do galão para armazenamento e transporte do óleo limpo para a indústria de biodiesel, foi obtido em uma empresa na especializada na produção de tanques, galões de plástico¹⁶ (informação verbal).

O Kit de tratamento para purificação do ORF é composto por um filtro centrifugador completo, um tanque de aproximadamente 200 litros, bomba e uma mangueira de combustível (PA BIODIESEL SUPPLY, 2014). Para a Faixa de Capacidade 1 considerou-se a compra de um centrifugador com capacidade para filtrar 247 litros/hora o que equivale a aproximadamente 42.000 litros/mês, levando em conta as 8 horas de trabalho nos dias úteis. Para a Faixa de Capacidade 2 considerou-se a compra de um centrifugador com capacidade para filtrar 410 litros/hora o que equivale a aproximadamente 72.000 litros/mês, levando em conta as 8 horas de trabalho nos dias úteis. Por fim, para Faixa de Capacidade 3, considerou-se a compra de dois centrifugadores com capacidade conjunta para filtrar aproximadamente 100.000 litros/mês, levando em conta 8 horas de trabalho nos dias úteis (PA BIODIESEL SUPPLY, 2014). O preço deste equipamento foi obtido na empresa nos Estados Unidos especializada na fabricação de equipamentos para produzir biodiesel. O custo do equipamento de escritório foi obtido em uma loja especializada em material de equipamentos na cidade de Maputo ¹⁷(informação verbal). Por fim, os preços do carro *pick up* e da caminhoneta, foram obtidos em *stand* de venda de automóveis¹⁸ (informação verbal). A Tabela 10, demonstra o custo fixo de instalação, de acordo com as faixas de capacidade das instalações.

¹⁵ A informação foi fornecida por um trabalhador da empresa Metalúrgica da Matola Lda. na cidade da Matola no dia 20/02/2014.

¹⁶ A informação foi fornecida por um trabalhador da empresa Plastex na cidade da Matola no dia 20/02/2014.

¹⁷ A informação foi fornecida por um trabalhador o estabelecimento SIDAT Office Solutions, Lda na cidade da Maputo no dia 21/02/2014.

¹⁸ A informação foi fornecida por um trabalhador da empresa Toyota Moçambique na cidade da Maputo no dia 21/02/2014.

Tabela 10 - Custo fixo de instalação dos centros de pré-tratamento

BRS	Descrição	FAIXA 1		FAIXA 2		FAIXA 3	
		Unidade	Custo (R\$/ano)	Unidade	Custo (R\$/ano)	Unidade	Custo (R\$/ano)
BH	Aquisição do terreno + obras de construção	----	288.600,00	----	355.200,00	----	477.300,00
	Equipamentos	----					
	Tanques de 200 litros para coleta do ORF nos GGG	166	9.213,00	166	9.213,00	166	9.213,00
	Tanques de 600 litros para armazenamento	276	27.600,00	414	41.400,00	552	55.200,00
	Galão de 1000 litros	41	4.100,00	61	6.100,00	82	8.200,00
	Kit de tratamento	1	2.553,00	1	2.864,00	2	5.084,00
	Equipamento de Escritório		5.550,00		5.550,00		5.550,00
	Carro <i>pick up</i>	1	77.700,00	2	155.400,00	2	155.400,00
	Caminhoneta	1	99.900,00	1	99.900,00	2	199.800,00
Custo Total		515.216,00		675.316,00		913.216,00	
BL	Aquisição do terreno + obras de construção	----	333.000,00	----	421.800	----	555.000
	Equipamentos	----					
	Tanques de 200 litros para coleta do ORF nos GGG	166	9.213,00	166	9.213,00	166	9.213,00
	Tanques de 600 litros para armazenamento	276	27.600,00	414	41.400,00	552	55.200,00
	Galão de 1000 litros	41	4.100,00	61	6.100,00	82	8.200,00
	Kit de tratamento	1	2.553,00	1	2.864,00	2	5.084,00
	Equipamento de Escritório		5.550,00		5.550,00		5.550,00
	Carro <i>pick up</i>	1	77.700,00	2	155.400,00	2	155.400,00
	Caminhoneta	1	99.900,00	1	99.900,00	2	199.800,00
Custo Total		559.616,00		741.916,00		990.916,00	
BIL	Aquisição do terreno + obras de construção	----	444.000,00	----	555.000	----	732.600
	Equipamentos	----					
	Tanques de 200 litros para coleta do ORF nos GGG	166	9.213,00	166	9.213,00	166	9.213,00
	Tanques de 600 litros para armazenamento	276	27.600,00	414	41.400,00	552	55.200,00
	Galão de 1000 litros	41	4.100,00	61	6.100,00	82	8.200,00
	Kit de tratamento	1	2.553,00	1	2.864,00	2	5.084,00
	Equipamento de Escritório		5.550,00		5.550,00		5.550,00
	Carro <i>pick up</i>	1	77.700,00	2	155.400,00	2	155.400,00
	Caminhoneta	1	99.900,00	1	99.900,00	2	199.800,00
Custo Total		670.616		875.116,00		1.168.516,00	

Fonte: Elaborada pela autora.

O custo fixo de instalação foi dividido pelo seu tempo de vida útil devido a depreciação de investimentos. Considerou-se como tempo de vida útil para o centro de pré-tratamento, o do tempo de vida útil de Centros de triagem e armazenamento

para resíduos sólidos, que é aproximadamente 10 anos (FERRI, *et al.*, 2015). Vide a Tabela 11, os custos fixos atribuídos.

Tabela 11 - Custos fixos de instalação dos centros de pré-tratamento em função do tempo de vida útil

	BH (R\$/ano)	BL (R\$/ano)	BIL (R\$/ano)
Faixa 1	51.522,00	55.962,00	67.062,00
Faixa 2	67.532,00	74.192,00	87.512,00
Faixa 3	91.321,00	99.092,00	116.852,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Os custos fixos de operação relativos a salários, custos administrativos, foram obtidos em função das pesquisas de mercado nacionais. Os custos administrativos do presente estudo referem-se aos gastos com comunicação, água, luz, combustível, encargos sociais (seguros), taxas e impostos. Não foi encontrada na literatura, a referência de um custo específico aplicável ao centro de pré-tratamento para ORF. Contudo, sabe-se que o custo de manutenção pode ser obtido com base na taxa de depreciação dos equipamentos e no custo do investimento inicial, neste caso o custo aquisição de equipamentos. Sendo assim, com base na legislação Moçambicana - Decreto N°72/2013 (MOÇAMBIQUE, 2013), que aprova o regime de amortizações, obteve-se que a taxa de depreciação geralmente aplicada à equipamentos e máquinas do ramo industrial é de 12,5%, e para a construção civil de instalações, armazéns e áreas similares é de 5%. Tendo estes valores, multiplicaram-se os mesmos pelos custos de equipamentos e custo de construção civil respectivamente para cada uma das faixas de capacidade do presente estudo.

Neste trabalho, os custos dos reagentes para controle de qualidade do óleo limpo (*Titration Kit*), apesar de pertencerem a categoria dos custos variáveis (por serem um insumo, diretamente relacionados com a produção), foram colocados na categoria de custos fixos de operação. Isto foi feito por não ter sido encontrado na revisão de literatura efetuada, nenhum trabalho que especificasse a quantidade de reagentes necessários para testar qualidade de uma amostra de óleo. O teste de qualidade do óleo limpo é efetuado por meio de amostragem. Mistura-se uma amostra da quantidade do óleo limpo diariamente/semanalmente/mensalmente e mistura-se a uma quantidade pequena de reagentes (*Titration Kit*), para testar a sua qualidade (Utah Biodiesel Supply, 2014). Sendo assim, considerou-se que nos CP

que fossem abertos na Faixa de Capacidade 1, a compra dos reagentes seria efetuada quatro vezes ao ano, na Faixa de Capacidade 2 a compra seria seis vezes ao ano e na Faixa de Capacidade 3 a compra seria efetuada todos os meses. As Tabelas 12 e 13, demonstram os custos fixos operacionais de acordo com as Faixas de Capacidade das instalações a alocar.

Tabela 12 - Descrição dos custos fixo de operação dos centros de pré-tratamento

BRS	FAIXA	CUSTOS FIXOS DE OPERAÇÃO			
		Salários (R\$/Ano)	Custos administrativos (R\$/ano)	Manutenção (R\$/ano)	Reagentes para controle de qualidade ¹⁹ (R\$/ano)
BH	1	142.080,00	31.524,00	42.757,00	2.632,00
	2	206.460,00	47.286,00	57.775,00	3.948,00
	3	266.400,00	63.048,00	78.355,00	7.896,00
BL	1	142.080,00	33.744,00	44.977,00	2.632,00
	2	206.460,00	50.616,00	61.105,00	3.948,00
	3	266.400,00	67.488,00	82.240,00	7.896,00
BIL	1	142.080,00	37.962,00	50.527,00	2.632,00
	2	206.460,00	56.943,00	67.765,00	3.948,00
	3	266.400,00	75.924,00	91.120,00	7.896,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 13 - Custos fixo de operação dos centros de pré-tratamento

FAIXA	CUSTOS FIXO DE OPERAÇÃO (R\$/ano)
1	675.627,00
2	972.713,00
3	1.281.062,00

Fonte: Elaborada pela autora.

5.6 CUSTOS VARIÁVEIS

Os custos variáveis referem-se aqueles diretamente proporcionais ao volume da produção ou das vendas de uma empresa (SCHWARTZ FILHO, 2006). No presente estudo foi considerado como custo variável, os custos de compra do ORF. Foi considerado o preço praticado do pela ECOMOZ, já que a empresa comprava o óleo dos restaurantes para produzir biodiesel. Na Tabela 14, é possível observar os custos variáveis.

¹⁹ O preço do *kit* para controle de qualidade foi obtido com comerciantes regionais-África de Sul, o valor unitário de um kit é de 3135 *Rands* (GREEN DIESEL, 20014). Os valores apresentados na tabela foram calculados em reais com base no câmbio (1 ZAR = R\$ 0,21) praticado no dia 24/07/2014 em função a cada faixa de capacidade (ZAR, 2014).

Tabela 14 - Custo variável

CUSTO VARIÁVEL	
Matéria prima ²⁰ (1 Litro)	TOTAL (R\$/ano)
0,7	0,7

Fonte: Elaborada pela autora.

5.7 CUSTOS DE TRANSPORTE

Os procedimentos para o alcance dos custos de transporte correspondentes ao transporte do ORF dos locais candidatos a Centro de Retorno (CR) e dos Grupo de Grande Geradores (GGG) para os locais candidatos a Centros de Pré-Tratamento (CP), foram descritos com maior detalhe nos subitens abaixo.

1. Locais candidatos a CR para os locais candidatos a CP

Para obter-se o parâmetro custo de transporte α_{ch} dos locais candidatos a centros de retorno localizado em $c \in C$ para os locais candidatos a centro de pré-tratamento localizados em $h \in H$, foi necessário obter as distâncias entre os locais candidatos a CR e os locais candidatos a CP. Com base na localização espacial dos locais, obteve-se os pares de distâncias Euclidianas entre ponto de origem e destino (c, h), $c \in C, h \in H$. Em seguida, esta distância foi corrigida em 10% conforme o trabalho de Pimentel (2004). Relativamente ao custo de transporte/frete do ORF, pesquisou-se valores associados na literatura e obteve-se R\$ 1/km/l custo de coleta do resíduo praticado na cidade de Fortaleza (comum ao custo de coleta dos outros resíduos) (ROCHA, 2009). Utilizou-se o dado de custo brasileiro, já que não foi possível obter esta informação para a realidade de Moçambique, mesmo em pesquisa de campo. Assim, a matriz final de transporte α_{ch} , apresentada no Apêndice C, corresponde ao produto entre os valores indicados e as distâncias encontradas e corrigidas anteriormente.

2. Local Gerador (GGG) para os locais candidatos a CP

Para obter-se o parâmetro custo de transporte ρ_{jh} dos locais geradores referentes ao GGG localizados em $j \in J$ para os locais candidatos a centro de pré-tratamento localizados em $h \in H$, obteve-se as distâncias entre os locais geradores j e os locais

²⁰ O custo da matéria-prima utilizado foi 0,7 de Reais, foi o preço de compra praticado do pela empresa ECOMOZ

candidatos a CP h . Com base na localização espacial dos locais, obteve-se pares de distâncias Euclidianas (j, h) , $j \in J$, $h \in H$ em seguida, foi corrigida em 10% conforme o trabalho de Pimentel (2004). A matriz final de transporte ρ_{jh} , apresentada no Apêndice D, corresponde ao produto entre os valores indicados e as distâncias encontradas e corrigidas anteriormente. O custo de frete considerado foi de R\$ 1/km/l (ROCHA, 2009). Utilizou-se o dado de custo brasileiro, já que não foi possível obter esta informação para a realidade de Moçambique, mesmo em pesquisa de campo.

6 ANÁLISE DOS CENÁRIOS

O modelo foi rodado no Cplex para cada cenário analisado, variando-se os dados dos parâmetros de entrada do modelo matemático para possibilitar a análise de sensibilidade dos resultados em função destas variações. A análise dos cenários possibilitou também a verificação das hipóteses propostas ao longo da introdução do trabalho. O resultado permitiu avaliar e sugerir soluções para o problema proposto. Este resultado está apresentado nas Subseções 6.1. Por fim, uma análise destes resultados compõe a subseção 6.1.1 e 6.1.2.

6.1 RESULTADOS DOS CENÁRIOS

O modelo matemático (1) - (29) foi implementado em linguagem C/C++ e testado com o CPLEX 12.2 (IBM, 2012) em um computador equipado com um processador Intel ® Core™ 2 Solo i5-3210M (2.50GHz) e 4GB memória RAM. A Tabela 15, apresenta os resultados relativos aos Cenários, onde se pode visualizar a listagem dos custos associados a cada facilidade, assim como o número de facilidades logísticas abertas. Assim sendo, para os Centros de Retorno (CR) estão apresentados, os custos fixos de instalação e custos fixos de operação apenas. Esta facilidade não possui nenhum custo variável, e para efeitos da modelagem do presente trabalho, não foram considerados os custos de transporte do grupo de pequenos geradores, para o CR. Para os Centros de Pré-Tratamento (CP) estão apresentados, os custos fixos de instalação, custos fixos de operação, os custos variáveis e, por último, os custos de transporte, que representam o somatório dos custos de transporte do ORF do CR para o CP, e os custos de transporte do grupo de grandes geradores para o CP.

Os valores dos custos totais dos cenários encontram-se no intervalo entre R\$ 4,5 a 5,8 milhões por ano. Tanto o número de centros de retorno abertos, quanto o número de centro de pré-tratamento mostram-se constantes em todos cenários. Nas subseções que se seguem, discutem-se os resultados obtidos, nomeadamente análise dos cenários em função dos custos ótimos obtidos e do número e Faixa de Capacidade das facilidades abertas.

Tabela 15 - Resultados dos Cenários

Cenários	ID	Custos					Facilidades abertas
		Custo Fixo de Instalação (R\$/ano)	Custo Fixo de Operação (R\$/ano)	Custo variável (R\$/ano)	Custo de transporte (R\$/ano)	TOTAL (R\$/ano)	
1	CR	279,00	1.248.006,00	-	-	1.248.285,00	12
	CP	99.092,00	1.281.062,00	231.692,00	1.692.940,00	3.304.786,00	1
						4.553.071,00	
2	CR	321,00	1.256.684,00	-	-	1.257.005,00	12
	CP	88.135,00	1.284.178,00	266.741,00	1.990.767,00	3.629.821,00	1
						4.886.826,00	
3.1 (30%)	CR	391,00	1.265.120,00	-	-	1.265.511,00	12
	CP	88.448,00	1.285.740,00	284.265,00	2.144.452,00	3.802.905,00	1
						5.068.416,00	
3.1 (50%)	CR	434,00	1.270.229,00	-	-	1.270.633,00	12
	CP	89.074,00	1.288.872,00	319.313,00	2.495.074,00	4.192.333,00	1
						5.462.996,00	
3.2 (30%)	CR	279,00	1.248.006,00	-	-	1.248.285,00	12
	CP	87.811,00	1.282.560,00	248.630,00	1.860.330,00	3.479.330,00	1
						4.727.615,00	
3.2 (50%)	CR	279,00	1.248.006,00	-	0	1.248.285,00	12
	CP	88.013,00	1.283.568,00	259.916,00	1.971.871,00	3.603.368,00	1
						4.851.653,00	
3.3 (30%)	CR	391,00	1.265.120,00	-	-	1.265.511,00	12
	CP	88.750,00	1.287.254,00	301.202,00	2.311.842,00	3.989.048,00	1
						5.254.559,00	
3.3 (50%)	CR	434,00	1.270.229,00	-	-	1.270.633,00	12
	CP	89.578,00	1.291.392,00	347.537,00	2.776.917,00	4.505.424,00	1
						5.776.087,00	

Fonte: Elaborada pela autora.

6.1.1. Cenários e Custos

Conforme pode ser analisado na Tabela 15, as soluções encontradas demonstram que o Cenário 1 e o Sub-Cenário 3.2 (30%) apresentam os resultados mais baixos para a localização e abertura de facilidades na rede reversa do ORF no Distrito Municipal KaMpfumo. Os custos totais ótimos deste cenário e sub-cenário são os mais baixos, compreendidos no intervalo entre R\$ 4,5 a 4,8 milhões por ano. Ambos, o Cenário 1 apresenta o custo ótimo, ou seja, o custo mais baixo para a rede logística reversa quando comparado ao Sub-Cenário 3.2 (30%). O baixo custo deste cenário deve-se ao fato deste apresentar a menor quantidade de ORF coletado, o que acarreta em menores custos de operação, variável e transporte.

Ressalta-se que o Cenário 1 considera a realidade da área de estudo em relação a geração de ORF, tendo sido este Cenário a base para construção dos demais Cenários analisados neste estudo.

Verifica-se que os custos fixos de instalação do Cenário 1 são ligeiramente superiores aos do Sub-Cenário 3.2 (30%), mas esta elevação é compensada por menores custos de operação, transporte e variável. Isso é um *trade of* conhecido nos problemas de localização, o balanceamento entre custos de instalação e de transporte (CHOPRA; MEINDLL, 2003).

O Sub-Cenário 3.2 (50%), Cenário 2, e o Sub-Cenário 3.1 (30%) apresentam um custo total intermediário em relação aos demais cenário e sub-cenários, os seus valores encontram-se na faixa entre R\$ 4,8 a 5,1 milhões por ano. Neste grupo, o Cenário 2 apresenta melhores resultados em termos econômicos, seguido pelo Sub-Cenário 3.2 (50%), e por último é o Sub-Cenário 3.1 (30%). O menor custo do Cenário 2 deve-se também ao fato dele apresentar a menor quantidade de ORF coletado comparativamente aos demais sub-cenários deste grupo de custos intermediários. O Cenário 2 foi criado com base no aumento do volume de geração do ORF em função da projeção populacional para o ano de 2020, para o grupo dos pequenos geradores de ORF.

Os Sub-Cenários 3.3 (30%), 3.1 (50%) e 3.3 (50%) são os resultados mais custosos em termos econômicos, os seus valores encontram-se na faixa entre R\$ 5,2 a 5,8 milhões por ano. O Sub-Cenário 3.3 (50%) apresenta o custo mais elevados em relação aos restantes sub-cenários do grupo, uma vez que apresenta maior quantidade de ORF coletado de todos os sub-cenários. Este sub-cenário foi criado com base no aumento de 50% no volume de produção de ORF tanto para o grupo de pequenos geradores, como para o de grandes geradores.

Verifica-se, que a elevação dos custos é diretamente proporcional ao aumento do volume de ORF coletado, ambos tem um crescimento/aumento linear, vide Tabela 16, e Gráfico 1, que apresentam o comportamento dos custos em função do aumento do volume de ORF coletado.

Tabela 16 - Comportamento dos custos em função do aumento do volume de ORF coletado.

CENÁRIOS	VOLUME COLETADO (litros/ano)	CUSTOS TOTAIS (R\$/ano)
C1	330.989	4.553.071,00
C3.2(30%)	355.185	4.727.615,00
C3.2(50%)	371.309	4.851.653,00
C2	381.059	4.886.826,00
C3.1(30%)	406.093	5.068.416,00
C3.3(30%)	430.289	5.254.559,00
C3.1(50%)	456.163	5.462.996,00
C3.3(50%)	496.482	5.776.087,00

Fonte: Elaborada pela autora

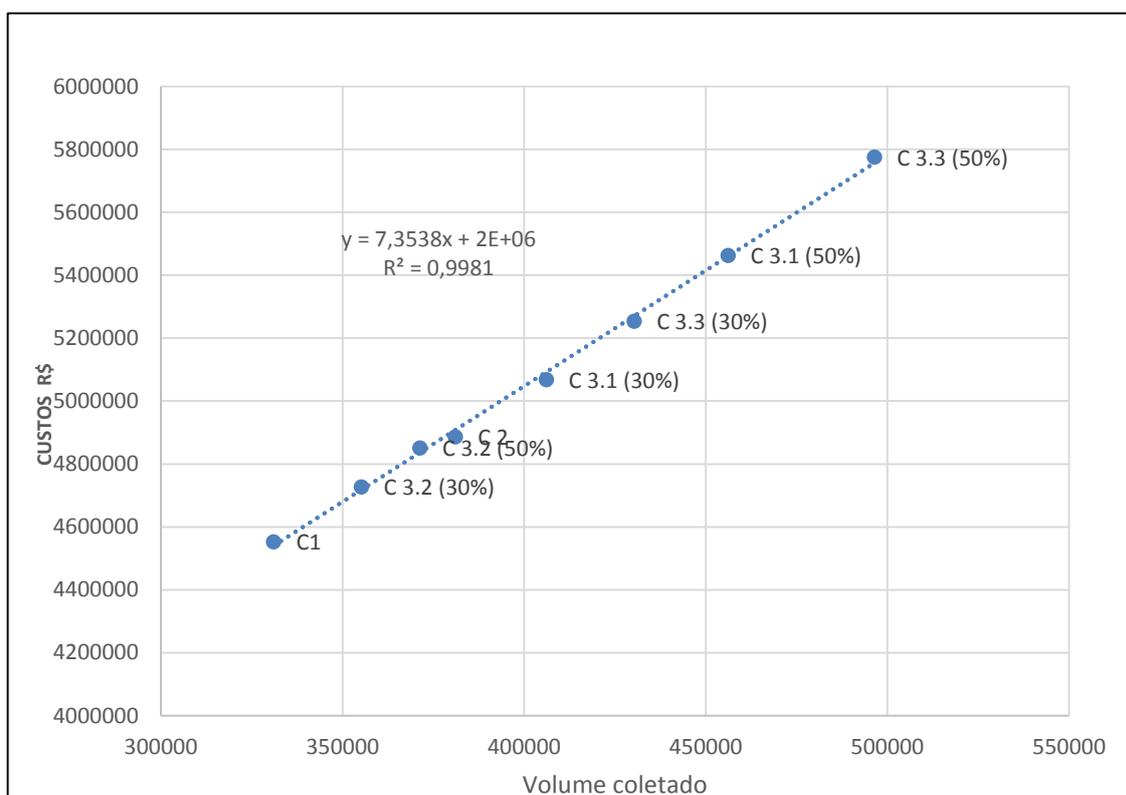


GRÁFICO 1 - COMPORTAMENTO DOS CUSTOS EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO VOLUME DE ORF COLETADO

Fonte: Elaborado pela autora

Como forma de comprovar a proporcionalidade direta existente entre os custos totais e o volume coletado, no Gráfico 1 efetuou-se uma regressão linear, com auxílio das ferramentas do *microsoft excel*. Foi possível obter a equação linear da relação custo/volume ($y = 7,3538x + 2E+06$), e o coeficiente de determinação R^2 . Na equação linear a variável Y representa os custos totais, a variável X representa

o volume, e $2E+06$ é o ponto onde a reta cruza o eixo Y. Segundo Peternelli (2003), esta equação é importante, pois permite que tendo os valores de uma das variáveis (X ou Y) é possível estimar o valor da variável em falta. O resultado do coeficiente de correlação R^2 (0,9981) indica que 99,81% da variação de Y é explicada pela fórmula matemática obtida por meio da regressão, o que significa que a relação entre ambas as variáveis é forte, e que é possível explicar a variação dos custos totais pelo volume do ORF (PETERNELLI, 2003). A regressão linear com forte correlação entre as variáveis é importante para o Gestor, pois irá permitir entender a variação dos custos e volumes, assim como projetar os custos totais para situações de maior o menor variação do volume do ORF, possuindo apenas uma estimativa do volume do ORF.

Os resultados demonstram também que, de todos os custos envolvidos com a rede logística reversa proposta, os mais elevados são os custos fixos operacionais e custo de transporte do ORF, respectivamente. Os custos operacionais são referentes aos gastos de manter as facilidades abertas em funcionamento. Os seus valores são diretamente proporcionais à quantidade/volume de ORF que os Centros irão receber, ao número de Centros abertos e às faixas em que estes forem abertos. Os custos de transporte são referentes ao encaminhamento do ORF dos Centros de Retorno (CR) e do grupo de grandes geradores (produção comercial) até os Centros de Pré-tratamento (CP). Estes custos são diretamente proporcionais à quantidade de ORF transportado dos centros de retorno e grupos de grandes de geradores, em função do custo de frete de ORF até CP (que é diretamente influenciado pelas distâncias que precisam ser percorridas). Vide Gráfico 2. a comparação entre os custos em cada cenário.

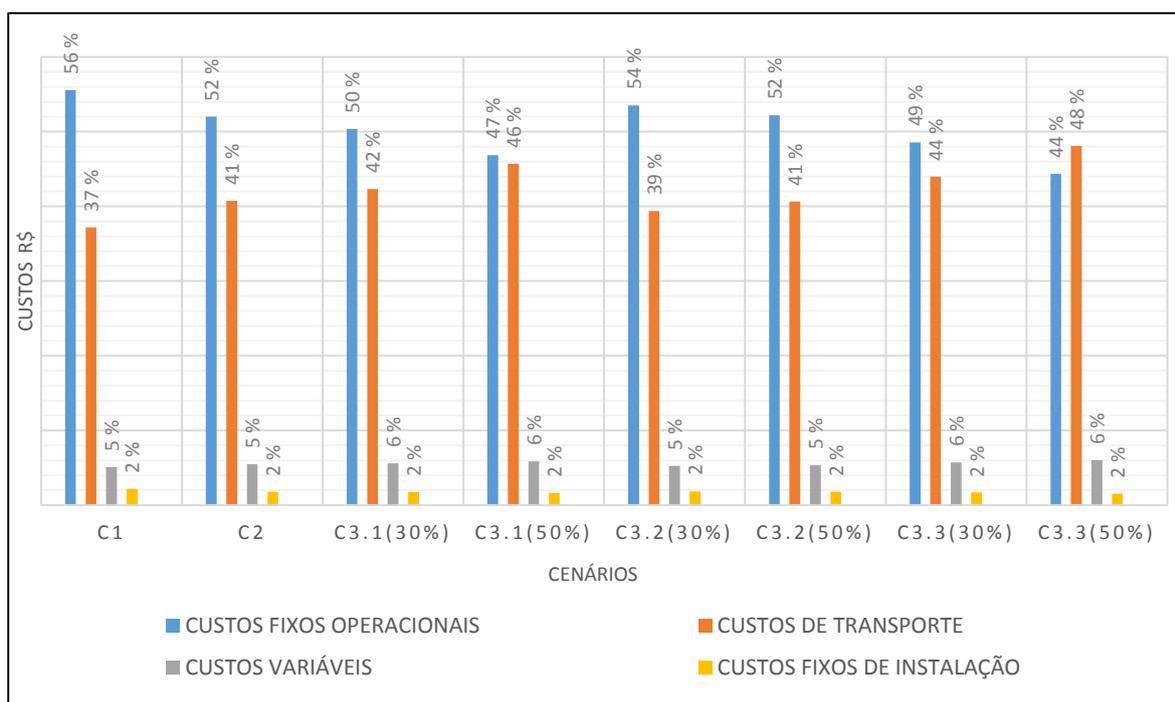


GRÁFICO 2 - COMPARAÇÃO ENTRE OS CUSTOS OPERACIONAIS, DE TRANSPORTE, VARIÁVEIS E DE INSTALAÇÃO

Fonte: Elaborado pela autora

O Gráfico 2, demonstra que os Custos Fixos Operacionais e Custos de transporte são os mais elevados, e os Custo Variáveis e os Custo Fixos de Instalação são os mais baixos.

Entre os custos de operação e de transporte, o operacional é o mais elevado na maioria todos cenários, uma vez que, neste trabalho assume-se que a entrega do ORF nos CR é de responsabilidade do grupo de consumidores pertencentes aos pequenos geradores-população, não tendo sido estimado um custo de transporte de ORF entre estes elos da rede. Este custo não foi estimado, pois espera-se que os pequenos geradores irão arcar com o mesmo, não impactando as empresas e/ou governo que devem arcar com os demais encargos financeiros da rede logística de ORF. No entanto, isso não significa que este custo não exista, mas que seu impacto para os pequenos geradores é reduzido ao ser oferecido pelo menos um centro de retorno em cada bairro para minimizar a distância percorrida por este elo da cadeia para a realização do descarte. Sabe-se que o descarte nos centros de retorno ou Pontos de Entrega Voluntária – PEV, dependem de outros fatores tais como um programa de educação ambiental continuada, penalidades ou incentivos

econômicos, por exemplo (BRASIL, 2011). A existência destes elementos não foi discutida, mas foram estimados no Cenário 3, que prevê um aumento percentual no volume de ORF coletado em função da existência destes incentivos.

Caso os custos desse fluxo tivessem sido considerados, a componente transporte possivelmente apresentaria o custo mais elevado. Percebe-se isso, quando analisam-se os custos totais dos centros de retorno, isolados dos custos dos centros de pré-tratamento. Por exemplo, no Cenário 1 e no Sub-Cenário 3.3 (50%) para abertura do centro de pré-tratamento, os valores do custo fixo operacional são menores que os custos de transporte. O Cenário 1 que é o que apresenta melhor resultado econômico, tem R\$ 1,2 milhões por ano para custos operacionais, e R\$ 1,6 milhões por ano para custo de transporte. O Sub-Cenário 3.3 (50%) que é o que apresenta o maior custo, tem R\$ 1,2 milhões por ano para custos operacionais e R\$ 2,7 milhões por ano para custos de transporte.

O Gráfico 2, demonstra também que, no Cenário 1 que representa a realidade atual, o custo operacional é muito maior que o custo de transporte. Isso acontece, pois as faixas de capacidade dos centros de retorno redefinidas ainda estão superdimensionadas para este cenário. Isto faz com que os resultados da rodagem da modelagem apresentem o ORF distribuído de forma prioritária pelos bairros mais próximos do bairro onde o CP será aberto para minimizar o custo de transporte. No entanto, na prática, isso não vai ocorrer, visto que a população vai destinar o ORF para as facilidades mais próximas de suas residências. Portanto, acredita-se que, na prática, a ociosidade de alguns CR conforme apontados pelos resultados não irão ocorrer de forma desproporcional entre os CR, além de que os custos de transporte serão maiores. Por outro lado, o Sub-Cenário 3.3 (50%), referente à hipótese de estabelecimento de políticas de biodiesel à favor do ORF, e baseado no aumento percentual de 50% da coleta de ORF para ambos os fornecedores (pequeno e grande gerador), é o único que possui o custo de transporte maior que o custo fixo de operações, as faixas de capacidade do centro de retorno redefinidas, para este sub-cenário já encontram-se mais ajustadas. Este sub-cenário apresenta níveis de ociosidade e subestimação de transportes bastante reduzidos. Isto demonstra que a redefinição de faixas de capacidade para os centros de retorno gerou um resultado positivo. Além disso, esta subestimação dos custos de transporte para volumes de ORF coletados inferiores aos do Sub-Cenário 3.3 (50%)

deve ser considerada caso este estudo seja utilizado para proposição de uma rede logística reversa.

É importante referir que os custos dos reagentes para controle de qualidade do óleo limpo (*Titration Kit*) são custos variáveis, contudo neste trabalho foram considerados como custos operacionais. Como foi explicado na Seção 5.5, não encontrou-se na revisão de literatura efetuada nenhum trabalho que especificasse a quantidade de reagentes necessários para testar a qualidade de uma amostra de óleo. No entanto, sabe-se que o teste de qualidade do óleo limpo é efetuado por meio de amostragem. Mistura-se uma amostra da quantidade do óleo limpo diariamente/semanalmente/mensalmente e mistura-se a uma quantidade pequena de reagentes (*Titration Kit*) para testar a sua qualidade (Utah Biodiesel Supply, 2014). Não tendo a quantidade exata de reagentes necessários para o teste da qualidade de um determinado volume de ORF, não é possível estimar os custos variáveis. No entanto, caso estas informações sejam obtidas, é possível estimar os custos variáveis, o que poderá alterar os custos operacionais e os custos variáveis, tornando os custos operacionais mais baixos e os variáveis mais elevados. Contudo acredita-se que essa variação não será muito elevada para os custos operacionais, pois os custos dos reagentes representam cerca 1,8% dos custos operacionais.

Por fim, estes resultados comprovam também que o volume de ORF é o principal fator para a variação dos custos, sendo que atribuição dos custos mais altos e mais baixos, para os cenários e sub-cenários é ditada pela seguinte lógica, os cenários/sub-cenários com maior quantidade de ORF coletados, apresentam os custos mais altos. No entanto, apesar de maior custo para a rede logística reversa de ORF, os sub-cenários com maior movimentação de ORF minimizam os custos socioambientais e estes não foram mensurados neste estudo. Caso seja possível mensurar este custo socioambiental, certamente estes sub-cenários com maior coleta de ORF teriam um melhor equilíbrio entre os custos da rede logística reversa e minimização dos custos socioambientais.

É importante ressaltar que, os custos desta rede reversa, não levaram em consideração o volume de ORF gerado em todos os estabelecimentos comerciais do ramo alimentar, (grupo de grandes geradores) existentes na área de estudo. E este fato, faz com que os resultados referentes aos custos do centro de pré-

tratamento, nomeadamente custos de instalação, operação, variáveis e de transporte, estejam subestimados, em relação a aquilo que será a realidade. Isto porque, as faixas de capacidade dos centros de pré-tratamento, assim como os seus custos, foram determinados em função do volume de ORF gerado pelos 83 estabelecimentos inquiridos e pela população. Como está explicado nas Seções 3.3 e 5.3.3, definiu-se 100 como o número total da amostra dos estabelecimentos comerciais, contudo, dessa amostra foi apenas possível inquirir 83 estabelecimentos, existindo no total, 60 estabelecimentos dos quais não se obteve qualquer tipo de informação, referente a geração do ORF.

No decorrer do processo de análise dos dados coletados nos estabelecimentos comerciais, percebeu-se que, não existe uma uniformidade em relação ao volume de ORF gerado em cada estabelecimento dos estratos da amostra. Relembrar que a amostra está dividida em três estratos: hotéis, bares e pastelarias, e por último restaurantes. Por exemplo, existem hotéis que geram maior volume de ORF, quando comparados aos restaurantes, da mesma forma que, existem restaurantes que geram maior quantidade de ORF que os hotéis, e o mesmo acontece entre elementos do mesmo grupo, um restaurante que gera maior volume de ORF que outros restaurante. Na verdade, o volume de ORF gerado em cada estabelecimento na área de estudo, acaba por não estar especificamente associado ao tipo de estabelecimento que este é (ao estrato que pertence), mas sim a quantidade de clientes que recebem mensalmente, as preferencias alimentares do cliente, a comida típica feita em cada estabelecimento, e ao horário de funcionamento (Diurno ou noturno/ ambos). Perante essa situação não foi possível, estabelecer uma estimativa credível do volume de ORF gerado pelos estabelecimentos não inquirido, tendo sido, essa a razão da sua não inclusão ao estudo. Contudo, para elucidar o Gestor sobre o provável potencial de geração de ORF do GGG de toda área de estudo, e sobre os custos de centro de pré-tratamento subestimados neste estudo, com base nos valores do Cenário 1, projetou-se ambos (volume e custos), através de uma estimativa grosseira baseada na regra de três simples, vide Tabela 17.

Tabela 17 - Projeção dos custos de centro de retorno em relação ao GGG.

	ESTABELECIMENTOS INQUIRIDOS (83)	ESTABELECIMENTOS NÃO INQUIRIDOS (60)	TOTAL (143)
Volume de ORF gerado (L/Ano)	80.640	58.294	138.934
Custo de Instalação GGG (R\$/Ano)	99.092,00	71.632,00	170.724,00
Custo de Operação GGG (R\$/Ano)	1.281.062,00	926.069,00	2.207.158,00
Custo varável GGG (R\$/Ano)	56.448,00	40.806,00	97.254,00
Custo de Transporte GGG-CP (R\$/Ano)	557.861,00	403.273,00	961.113,00

Fonte: Elaborado pela autora

Vale ressaltar também, que os custos totais da rede logística reversa não envolvem o elo industrial de processamento deste ORF, pelos motivos já abordados no Capítulo 4. Portanto, os reais custos totais desta rede serão maiores, ao envolverem o custo de transporte até as indústrias, assim como os custos de operação e custos variáveis.

6.1.2 Cenários e Facilidades abertas

No modelo, existe uma restrição que exige a abertura de, no mínimo, 12 facilidades para alocar Centros de Retorno (CR), de maneira que todos os bairros tivessem no mínimo um CR para atender a demanda da população (grupo dos pequenos geradores). Essa restrição foi considerada com objetivo de garantir um mínimo de proximidade com a população e, assim, aumentar a probabilidade de entrega de ORF. A população é o grupo de consumidores que individualmente gera pequenas quantidades de ORF, contudo esse resíduo quando agrupado/armazenado/organizado em centros de retorno representa a maior quantidade de ORF gerado. Porém, existe a necessidade de impulsionar a população a proceder com a entrega do ORF. A existência de centros de retorno próximos dos locais de geração é uma das formas de proceder na motivação da participação da população. Conforme discutido no Capítulo 2, a participação deste grupo de consumidores é essencial para o sucesso de qualquer rede reversa, pois este elo inicia todo o processo.

Em todos os cenários analisados, houve um comportamento uniforme relativamente ao número de facilidades alocadas e abertas. O resultado da modelagem

demonstra a abertura de 12 facilidades, uma em cada bairro envolvido no estudo, com exceção do Bairro Alto Maé B (AB) no qual foram abertas duas facilidades. Este bairro foi selecionado para ter duas facilidades, por ser o mais próximo ao bairro selecionado para instalar o CP e, deste modo, minimizar os custos de transporte. O bairro AB possui uma população de 12.461 habitantes, sendo o segundo bairro mais populoso do Distrito Municipal KaMpfumo.

Quanto a escolha dos locais para abrir as facilidades dentro dos Bairros, os resultados da modelagem foram também bastante uniformes, abriram-se centros de retorno nos mesmos locais para todos Cenários, existindo apenas uma variação nas faixas de capacidade. A Tabela 18, apresenta as facilidades abertas e as suas respectivas faixas de capacidade em cada Cenário e Sub-Cenário.

Tabela 18 - Facilidades e Faixas de Capacidade

CENÁRIO 1, SUB-CENÁRIO 3.2 (30%), SUB-CENÁRIO 3.2 (50%)					
ID	Bairros	Faixa de capacidade	Volume de ORF recebido	Percentual do total recebido	Percentual de uso da capacidade da facilidade
3	AA	1	10.344	4%	52%
5	AB	3	40.000	16%	100%
7	AB	3	40.000	16%	100%
8	CA	3	40.000	16%	100%
14	CB	3	40.000	16%	100%
17	CC	3	40.000	16%	100%
18	CP	3	40.000	16%	100%
20	MA	1	1	0	0
23	MB	1	1	0	0
25	PA	1	1	0	0
29	PB	1	1	0	0
30	SD	1	1	0	0
Observações		6 Facilidades usadas na integra 6 Facilidades ociosas (1 usada parcialmente, 5 não usadas)			
CENÁRIO 2					
ID	Bairros	Faixa de Capacidade	Volume de ORF recebido	Percentual do total recebido	Percentual de uso da capacidade da facilidade
3	AA	1	20.000	6,6%	100%
5	AB	3	40.000	13,31%	100%

(Continua...)

Tabela 198 - Facilidades e Faixas de Capacidade

(Continuação)

7	AB	3	40.000	13,31%	100%
8	CA	3	40.000	13,31%	100%
14	CB	3	40.000	13,31%	100%
17	CC	3	40.000	13,31%	100%
18	CP	3	40.000	13,31%	100%
20	MA	1	1	0	0
23	MB	1	416	0,13%	2,08%
25	PA	1	1	0	0
29	PB	3	40.000	13,31%	100%
30	SD	1	1	0,00033286	0

Observações 8 Facilidades usadas na integra
4 Facilidades ociosas (1 usada parcialmente, 3 não usadas)

SUB-CENÁRIO 3.1 (30%) E SUB-CENÁRIO 3.3 (30%)

ID	Bairros	Faixa de Capacidade	Volume ORF recebido	Percentual do total recebido	Percentual de uso da capacidade da facilidade
3	AA	3	40.000	12,29%	100%
5	AB	3	40.000	12,29%	100%
7	AB	3	40.000	12,29%	100%
8	CA	3	40.000	12,29%	100%
14	CB	3	40.000	12,29%	100%
17	CC	3	40.000	12,29%	100%
18	CP	3	40.000	12,29%	100%
20	MA	1	1	0	0
23	MB	1	1	0	0
25	PA	1	5.450	1,67%	27,25%
29	PB	3	40.000	12,29%	100%
30	SD	1	1	0	0

Observações 8 Facilidades usadas na integra
4 Facilidades Ociosas (1 usada parcialmente, 3 não usadas)

SUB-CENÁRIO 3.1 (50%) E SUB-CENÁRIO 3.3 (50%)

ID	Bairros	Faixa de Capacidade	Volume ORF recebido	Percentual do total recebido	Percentual de uso da capacidade da facilidade
3	AA	3	40.000	10,7%	100%
5	AB	3	40.000	10,7%	100%
7	AB	3	40.000	10,7%	100%
8	CA	3	40.000	10,7%	100%
14	CB	3	40.000	10,7%	100%
17	CC	3	40.000	10,7%	100%
18	CP	3	40.000	10,7%	100%

(Continua...)

Tabela 18 - Facilidades e Faixas de Capacidade

(Continuação)

20	MA	1	5.521	1,4%	28%
23	MB	1	20.000	5%	100%
25	PA	2	30.000	8%	100%
29	PB	3	40.000	10,7%	100%
30	SD	1	1	0	0
Observações		10 Facilidades usadas na integra 2 Facilidades Ociosas (1 usada parcialmente, 1 não usadas)			

Fonte: Elaborada pela autora

Como pode ser observado na Tabela 18, todos os cenários não utilizam na totalidade os centros de retorno que abrem, existindo até mesmo facilidades que não são utilizadas. Isso acontece, porque os resultados da rodagem da modelagem apresentam o ORF distribuído de forma prioritária pelos os bairros mais próximos do CP para minimizar o custo de transporte do CR para o CP. Contudo, estes resultados possuem facilidades ociosas em cada um dos cenários, o que em termos de estratégia de gestão, representa um aspecto negativo, não desejável na prática. Dos aspectos negativos destes resultados, destacam-se o custo para se manter a capacidade ociosa dos demais centros de retorno de ORF e o não atendimento do critério de proximidade mínima necessária estabelecer com a população dos restantes bairros. No entanto, na prática a distribuição do ORF pelos CR não acontecerá deste modo. A população não se deslocará para um CR que for muito distante do seu bairro, nem que estiver fora do seu roteiro/ área de circulação habitual. Na verdade, o critério para alocação/instalação de um CR, não deve ser apenas definido pelo fator distância, deve ser incluído à essa análise também o fluxo de tráfego e acessibilidade, fluxo de circulação, proximidade com pontos estratégicos como mercados, supermercados, postos de abastecimento de combustível, pontos de ônibus, etc. Aspectos estes, que a modelagem desenvolvida não leva em consideração ao selecionar os CR.

Mesmo tendo um CR no seu bairro, não significa necessariamente que um indivíduo vá proceder a entrega do ORF nesse CR, ele pode optar por entregar em outro CR que esteja próximo do seu local de trabalho (que pode ser bastante longe de casa), ou outro CR que faça parte do seu roteiro de circulação habitual. No entanto, determinar todos estes fatores não foi o objetivo desta pesquisa, mas verificou-se

que o fator para garantir a disposição em descartar o ORF pelos pequenos geradores pode ser aperfeiçoado. Este comportamento ressalta a questão da subestimação geral do custo de transporte em todos os cenários.

O Cenário 1, Sub-Cenário 3.2 (30%) e Sub-Cenário 3.2 (50%), são os que recolhem menor quantidade de ORF a nível do grupo de pequenos geradores, onde os Sub-Cenários 3.2 (30% e 50%) apesar de serem referentes à hipótese do estabelecimento de políticas de incentivo de biodiesel à favor do ORF apenas para o grupo dos grandes geradores, mantendo-se o grupo dos pequenos geradores igual ao Cenário 1. Este grupo possui 6 facilidades com percentual de utilização da capacidade de 100%, uma facilidade com percentual de utilização de 52% e cinco facilidades totalmente ociosas. Estes cenário/sub-cenários possuem custos baixos, contudo menor volume de ORF coletado, mais facilidades ociosas e maior subestimação dos custos de transporte.

O Cenário 2, foi criado com base no aumento do volume de geração do ORF em função da projeção populacional para o ano de 2020, especificamente para o grupo dos pequenos geradores. Possui maior volume de ORF coletado que os três cenários referidos anteriormente, tem 8 facilidades com percentual de utilização da capacidade de 100%, 1 facilidade com percentual de utilização de 2,08% e três facilidades ociosas. O seu custo é mais elevado que os dos cenários anteriores, tem menor volume de coleta, contudo, menos facilidades ociosas e menor subestimação dos custos de transporte.

Os Sub-Cenário 3.1 (30%) e Sub-Cenário 3.3 (30%), são referentes à hipótese de estabelecimento de políticas de biodiesel à favor do ORF, possuem o mesmo percentual (30%) de crescimento para a coleta do ORF, a nível do grupo de pequenos geradores. Este grupo de sub-cenários, tal como o Cenário 2, possui 8 facilidades com percentual de utilização da capacidade de 100%, três facilidades ociosas, entretanto o que os difere é percentual de utilização de uma facilidade, este grupo de sub-cenários tem uma facilidade com percentual de utilização de 27,25%, enquanto que o Cenário 2 tem uma facilidade com percentual de utilização muito menor que esse. Os seus custos são mais elevados, entretanto, tem menor ociosidade e subestimação do custo de transporte em relação aos cenários e sub-cenários descritos acima.

Os Sub-Cenário 3.1 (50%) e Sub-Cenário 3.3 (50%) são os que recolhem maior quantidade de ORF. Tal como os Sub-Cenários 3.2 (30% e 50%), Sub-Cenário 3.1 (30%) e Sub-Cenário 3.3 (30%), são referentes à hipótese de estabelecimento de políticas de biodiesel à favor do ORF. Possuem o mesmo percentual (50%) de crescimento para a coleta do ORF a nível do grupo de pequenos geradores. Com 10 facilidades com percentual de utilização da capacidade de 100%, uma facilidade com percentual de utilização de 28% e apenas uma facilidade totalmente ociosa, é o grupo de sub-cenários com menores níveis de ociosidade e subestimação do custo de transporte, chegando até o sub-cenário 3.3 (50%) a ter maior custo de transporte que custo de operação. Contudo, este grupo tem os custos totais mais elevados comparativamente aos demais cenários/sub-cenários.

É importante ressaltar que, a ociosidade existentes nos cenários, além de estar relacionada ao fato da modelagem priorizar o envio do ORF para os CR mais próximos do CP que ele escolhe abrir, está também associada as faixas de capacidade em que os centros de retorno serão abertos. Os cenários que possuem CR com faixas de capacidade superdimensionadas (maior que a sua capacidade de geração do ORF), apresentam maior nível de ociosidade. Entretanto, ao se planejar a abertura ou instalação de facilidades para utilidade pública como é o caso dos CR, é importante que, no seu dimensionamento considere uma certa folga de maneira a salvaguardar/garantir a sua conveniência para um longo período de tempo, levando em consideração, as projeções de crescimento da população, estratégias de desenvolvimento de políticas locais atuais e futuras, assim como, projeções de estabelecimento e desenvolvimento da economia e mercados. Por essa razão, o dimensionamento de facilidades para uso da sociedade, é sempre projetado para uma margem de utilização maior do que realidade atual. Contudo, e como já foi referido, espera-se que a ociosidade apresentada não seja desproporcional entre os CR em função do comportamento da população na entrega do ORF.

Relativamente à abertura do Centro de pré-tratamento (CP), a solução encontrada foi o Bairro de Luís Cabral (BL) para instalar uma facilidade em todos os cenários estudados. A Faixa de Capacidade escolhida foi a Faixa 3 em todos os casos. A escolha do CP deveu-se ao fato deste bairro estar localizado em uma área mais

próxima da área de estudo, comparado com os demais CP candidatos. Vide Figura 10, o fluxo do ORF dos CR para o CP.

O Bairro Luís Cabral possui um vantagem em relação aos demais bairros que é localizar-se em uma região central, entre o distrito municipal KaMpfumo, e os parques industriais de Maputo, locais mais prováveis para a localização das futuras indústrias de biodiesel da região. Mesmo o trabalho não analisando o fluxo do ORF para a indústria, é importante que o modelo tenha escolhido uma região que facilite esse fluxo futuramente.



Figura 10 - Fluxo do ORF dos centros de retorno de instalados para o centro de pré-tratamento
Fonte: Adaptado de Instituto Nacional de Estatísticas, 2014

Ressalta-se que o objetivo do trabalho não é identificar ou escolher o melhor cenário, mas sim avaliar o custo e impacto da coleta do ORF na área de estudo. Não existe melhor ou pior cenário, cada um deles apresentam o impacto das políticas públicas ou ação do mercado que impacta na rede logística reversa. Cabe ao Gestor proceder com a tomada de decisão, sobre as ações de incentivo para a coleta deste resíduo em detrimento do custo que a rede pode alcançar para implantação e operação. No entanto, verifica-se que o aumento dos custos com a rede reversa em função do aumento do volume de ORF coletado não é muito significativo, visto os benefícios que a coleta deste resíduo pode trazer, já discutidos

na seção introdutória. Para que a tomada de decisão seja equilibrada, sugere-se que esta seja feita, com base nas estratégias de desenvolvimento, projeções de crescimento, planejamento e políticas, que se tenciona implementar/criar para futuro nas diversas áreas envolvidas no setor em questão. Este planejamento deve ser feito considerando o crescimento e desenvolvimento do país, e não apenas centrado na realidade atual.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo de projetar a rede de logística reversa para viabilizar a coleta e transporte do óleo residual de fritura de forma a garantir o volume e escala necessários para a produção de biodiesel no Distrito Municipal KaMpfumo foi alcançado. A estrutura de funcionamento da rede de logística reversa proposta apresenta um modelo de coleta abrangente e sustentável, por incluir todos os potenciais geradores do resíduo da área de estudo, e dar uma atenção diferenciada à camada de geradores com maior potencial de geração. Para além disto, este cenário de coleta permite também a participação das cooperativas de catadores ou catadores individuais que podem atuar tanto na coleta do ORF quanto como um ponto de coleta deste resíduo, promovendo deste modo a inclusão social. A inclusão dos catadores/cooperativas constitui uma mais-valia ao sistema reverso onde há uma dispersão espacial de oferta (como é o caso em questão), pois estes podem ajudar a consolidação da carga nos centros de retorno, em troca de alguma renumeração. Apesar de não discutida neste trabalho, esta inserção segue como sugestão e foi discutida em SABESP (2011), e Zucatto *et al.*, (2013).

A estrutura e funcionamento da rede de logística do ORF no distrito Municipal KaMpfumo apresentada neste estudo, é apenas uma proposta do que poderá vir a ser o processo reverso do ORF da região, caso um dia venha a ser implementado. Os parâmetros usados para alimentar o modelo, conforme foram discutidos na Seção 5 são baseados em estimativas, projeções e entrevistas informais. Portanto, caso este modelo venha a ser implementado na prática, os parâmetros podem ser alterados ou adequados a realidade proposta. Ressalta-se, desta forma, a flexibilidade deste modelo em se adequar e se ajustar para melhor retratar a realidade em questão.

A contribuição deste trabalho reside na proposição de um modelo matemático adequado às questões específicas que envolvem a logística reversa no ORF na região metropolitana no distrito municipal KaMpfumo - cidade de Maputo com a demonstração da importância e relevância da existência e localização das infraestruturas logísticas, no processo reverso, de recaptura de valor do ORF por meio da sua realocação no processo produtivo. As infraestruturas logísticas projetadas (centro de retorno e centro de pré-tratamento) contribuem para o

funcionamento eficaz e eficiente da logística reversa do ORF. Por um lado, os centros de retorno agem como consolidadores de grandes volumes de ORF, possibilitando a maximização do retorno e da coleta em regiões com um grande número de pontos de coleta e baixos volumes de produção do ORF que precisam ser atendidos como é o caso da área de estudo. Por outro lado, os centros de pré-tratamento possuem a função de limpeza e purificação do ORF, agregando-lhe valor, antes deste resíduo ser encaminhado para a indústria.

O alcance destes resultados é importante, pois permite também comprovar as premissas sobre os direcionadores da logística reversa sobre o ORF, que também estão associados as hipóteses levantadas no início do estudo, que indicam que, estes podem variar entre econômicos ou legislativos, ou ainda podem ser os dois simultaneamente. Os direcionadores econômicos destacam-se por criarem possibilidades de remuneração de todos os elos da cadeia reversa, conferindo efetividade ao processo e os legislativos destacam-se por promover uma maior participação e envolvimento da sociedade, complementando os direcionadores econômicos. O impulso mútuo destes dois direcionadores garante eficiência ao processo reverso.

Os resultados deste estudo poderão ser utilizados pela Câmara Municipal da cidade de Maputo, pois fornecem informações que auxiliam a tomada de decisão quanto à localização de centros de retorno e centros de pré-tratamento para o gerenciamento de ORF, para além de suscitar a criação de uma iniciativa de cooperação pública-privada na gestão e valorização do resíduo (com as indústrias de biodiesel), assim como integrar catadores e suas associações. Os resultados poderão também servir de base para outros municípios tomarem iniciativa de coleta estruturada de ORF. Os resultados do estudo poderão também ser úteis para sustentar o Ministério da Energia na diversificação da matéria-prima para produzir biodiesel e, assim, atrair e encorajar o empresariado principalmente o nacional a investir no setor.

Contudo, devido a atual situação de oferta e gestão do ORF no país, sugerem ações que o Governo local deverá efetuar para que haja uma materialização da disponibilidade do volume necessário para o mercado do biodiesel:

1. Os órgãos municipais em parceria com os Ministérios do Meio Ambiente, Saúde e Turismo devem implementar um Programa de Educação Ambiental

e que envolva o ORF, composto por uma série de campanhas de sensibilização sobre o resíduo, com que sejam explicitadas as implicações negativas do seu descarte indiscriminado e da sua reutilização para no setor alimentar, e as opções de valorização existentes para o resíduo. O público-alvo do programa deverá ser a sociedade civil no geral, mas deverão ser envolvidas diretamente as escolas, as associações de bairro, cooperativas, hotéis, restaurantes. Devido ao hábito cultural de reutilização por grande parte da população, o Ministério da Saúde em parceria com o Ministério da Ação social, deveriam lançar um alerta especialmente focado nos efeitos negativos do ORF para saúde. Para a garantia da sua efetividade, estes programas devem ser continuados.

2. Os órgãos municipais devem criar e implementar um sistema para gestão do ORF, criando parcerias com as futuras indústrias de biodiesel, para a viabilização da revalorização do resíduo.
3. O Ministério do Meio Ambiente, em parceria com os órgãos municipais, deve criar uma legislação específica para o ORF, em que se estabeleça a proibição do seu descarte indiscriminado, exponham-se as opções de descarte adequadas existentes, estabelecendo multas e punições para o caso de não cumprimento. O ORF deverá também ser incluso na lista dos resíduos domésticos perigosos.
4. As Direções Provinciais do Turismo, em parceria com os órgãos municipais, devem fiscalizar o descarte do ORF nos estabelecimentos de hotelaria e os restaurantes. Uma metodologia de controle é exigência, por meio de um cadastro de coleta de ORF atualizado como requisito para renovar o alvará de funcionamento. O cadastro deverá incluir as datas de entrega do ORF e a confirmação do centro de pré-tratamento do recebimento do ORF.

Para as empresas que tem projetos de biodiesel no país, este trabalho representa uma orientação em relação a escolha de matéria-prima, e sua disponibilidade, uma vez que foi feita uma simulação envolvendo o potencial de produção, e os custos envolvidos.

A contribuição teórica do presente trabalho está na aplicação da modelagem matemática e da logística reversa para resolução de um problema específico,

utilizando dados de uma realidade específica e comprovando os benefícios desta metodologia.

Das limitações encontradas na elaboração deste estudo, destaca-se a o acesso a informação de uma forma geral. No Moçambique, a falta de acesso à informação constitui um grande obstáculo na elaboração de estudos. A disponibilização de informação, supostamente de domínio público, está à mercê da vontade individual de quem a detém. Especificamente, no nível das instituições governamentais, existe uma indisponibilidade de fornecimento e publicação de informações atualizadas, além de uma falta de formação técnico profissional dos funcionários. Isto faz com que, muitas vezes, os dados sejam produzidos, mas não chegam a ser compilados, validados, divulgados publicamente e periodicamente. Esse constrangimento acabou por culminar em uma série de fatores que limitaram os resultados obtidos neste trabalho. São considerados como fatores limitantes os seguintes aspectos:

1. O fato de só ter sido analisado apenas um distrito municipal, devido a inexistência de dados atuais e confiáveis relativos aos distritos restantes;
2. O fato de se ter estimado de consumo de óleo no Moçambique, por não estarem disponíveis ao público dados relativos ao consumo e importação do óleo do país;
3. O fato de se ter utilizado dados estáticos da população a nível dos distritos municipais de 2007, por não existirem dados atualizados;
4. O fato de apenas se ter considerado o volume de ORF gerado pelos estabelecimentos inquiridos ao definir os custos e faixas de capacidade dos centros de pré-tratamento, pois não foi possível estimar o volume de ORF gerado pelos restantes estabelecimentos do ramos alimentar;
5. O fato de não se ter analisado as indústrias de biodiesel como elo da rede reversa na modelagem matemática, devido ao estado incipiente de desenvolvimento do setor de biodiesel;
6. Utilizou-se o dado de custo de transporte brasileiro, já que não foi possível obter esta informação para a realidade de Moçambique, mesmo em pesquisa de campo.

Para trabalhos futuros, recomenda-se um estudo que inclua na modelagem do presente estudo a localização das indústrias. Uma vez que em 2015 será divulgado

um senso populacional atualizado, recomenda-se também um estudo com uma área maior de abrangência (incluindo os demais distritos municipais da Cidade de Maputo) e que, além do estudo da localização das facilidades, analise a roteirização da coleta do resíduo. A análise dos fatores socioambientais da processo reverso do ORF deverá também ser levada em consideração nas pesquisas futuras.

Seria importante também que os fatores mais adequados, para garantir o acesso da população aos centros de retorno sejam determinados e incorporados ao modelo. Desta forma, ajusta-se melhor o modelo ao comportamento da população.

Com este estudo espera-se ter contribuído para o aumento da literatura no âmbito de pesquisas acadêmicas sobre Moçambique. De igual modo, esperamos que as autoridades competentes, levem em consideração os aspectos aqui mencionados e discutidos no processo de tomada de decisão sobre ORF no Moçambique, e que este estudo, possa servir de exemplo e ser aplicado para outros resíduos. E por final esperamos ter contribuído, mesmo que de modo teórico apenas, para ideias/propostas para melhorar a segurança e soberania energética do Moçambique.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHILLAS, C.; VLACHOKOSTAS, C.; AIDONIS, D.; MOUSSIOPOULOS, N.; IAKOVOU, E.; BANIAS, G. Optimising reverse logistics network to support policy-making in the case of Electrical and Electronic Equipment. **Waste Management**, v 30, p. 2592–2600, 2010.

AKDOGAN, M.S.; COSKUM, A. Drivers of Reverse Logistics Activities: An Empirical Investigation. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 58, p.1640 – 1649, 2012.

ALUMUR, S.A.; NICKEL, S.; SALDANHA-DA-GAMA F.; VERTER, V. Multi-period reverse logistics network design. **European Journal of Operational Research**, v 2020, p.67–78, 2012.

ALVES, G.C.S. **Utilização dos óleos de fritura para produção de biodiesel**. 2010. 59 p. Trabalho de final de curso (Licenciatura em Tecnologia Em Biocombustíveis) - Faculdade De Tecnologia De Araçatuba, Araçatuba, 2010.

Apenas 40% da população moçambicana é que têm acesso à energia eléctrica. Notícias MMO. Moçambique. 25 Mar. 2014. Disponível em <http://noticias.mmo.co.mz/2014/03/apenas-40-da-populacao-mocambicana-e-que-tem-acesso-a-energia-electrica.html#ixzz3TI81w3tc>. Acessado 3 de Março de 2015

ARRUDA, J. B. F.; GUIMARÃES, L. R.; ROCHA, M. S. Localização de Usinas de Tratamento de Óleos Residuais Urbanos como Insumo na Cadeia Produtiva de Biodiesel. In: **Rio Oil & Gas Expo and Conference 2010**, 13-16 de Setembro de 2010, p.1-10, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.**NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004

ASSOCIAÇÃO MOÇAMBICANA DE RECICLAGEM. **Catálogo de Projectos**. Maputo. p.12-13. 2013 Disponível em: http://www.associacao-mocambicana-reciclagem.org/sites/default/files/resources/AMOR%20%20CAT%20%81LOGO%20DOS%20PROJECTOS%20-%20%20Fev%2013_0.pdf. Acessado em 20 de Julho de 2013.

ATANASSOV, B.; MACHUMA, L.; MACLEAN, A. **Bioenergy in Africa – Opportunities and Risks of Jatropha and Related Crops - Mozambique Country Study on Biofuel Policies and Trade**. Stockholm Environment Institute, GreenLight. Maputo, 2011.

BALLOU, R. H., Unresolved Issues in Supply Chain Network Design. **Information Systems Frontiers**, v. 3, n. 4, p.417-426, 2001.

BARCELOS, F. B.; PIZZOLATO, N. D.; LORENA, L. A. N. Localização de escolas do ensino fundamental com modelos capacitado e não-capacitado: caso de Vitória/ES. **Pesquisa Operacional**, v.24, n.1, p.133-149, 2004.

BENNEKROUF, M.; AGGOUNE-MTALLA, W., SARI, Z. A Generic Model for Network Design Including Remanufacturing Activities. **Supply Chain Forum**, ISSN online1624-6039, v.14, n 2, p.4-17, 2013.

BINOTO, R. **Definição de Rotas para Coleta Port-Porta de Óleo Residual de Fritura visando o Reuso**. 2010. 82 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

BIODIENET. **Manual de iniciativas locais para valorização do óleo alimentar usado em biodiesel**. Programa de Energia Inteligente para a Europa, p.153, 2007.

BHATNAGAR, R.; JAYRAM, J.; PHUA, Y.C. Relative Importance of Plant Location Factors: a Cross National Comparison Between Singapore and Malaysia. **Journal of Business Logistics**, n.24, p.147-170, 2003.

Boeing to refine waste cooking oil into biofuel in china. **Waste Management Word**. 17 August 2012. Disponível em <http://www.waste-management-world.com/articles/2012/08/boeing-to-refine-waste-cooking-oil-into-biofuel-in-china.html>. Acessado em 20 de Maio de 2014.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). Boletim Mensal do Biodiesel. **Superintendência de Refino, Processamento de Gás Natural e Produção de Biocombustíveis**. Dezembro 2013.

BRASIL. Fundação Estadual do Meio Ambiente; Fundação Israel Pinheiro. **Plano de Gerenciamento Integrado do Resíduo Óleo de Cozinha**. Belo Horizonte, p. 25, 2009.

BRASIL. Ministério do Ambiente; Secretaria De Recursos Hídricos E Ambiente Urbano. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília, p. 207, 2011.

MPES - Ministério Público do Espírito Santo; Promotoria de Justiça Civil de Linhares. **Termo de Compromisso Ambiental**, TCA 01/13-MPE/MPT/município de Linhares. Aracruz, p.6, 2013

BRASIL. Prefeitura Municipal de Niteroi. **Posto Cidadão amplia locais de descarte de óleo de cozinha usado**. Imprensa. 2012. Disponível em http://www.niteroi.rj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1283:posto-cidadao-amplia-locais-de-descarte-de-oleo-de-cozinha-usado. Acessado Julho de 2014.

BROILO, C.F.; RODRIGUES, S.A. Diagnóstico comparativo do conhecimento de estudantes do município de Dom Pedrito - RS sobre as implicações do resíduo de óleo vegetal no meio ambiente. In: **3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente**, 25 a 27 de Julho de 2010, Bento Gonçalves – RS, p 1-8. 2012.

CALLE, F.R.; VITO, L.P.; WALTER, A. **A Global Overview of Vegetable Oils, With Reference to Biodiesel**. International Energy Agency Bioenergy. 2009. p.10.

Disponível em <http://bioenergytrade.org/downloads/vegetableoilstudyfinaljune18.pdf>. Acessado em Julho de 2013.

CARTER, C.; ELLRAM, L. Reverse Logistics: A Review of the Literature and Framework for Future Investigation. **Journal of Business Logistics**, v. 19, n.º I, p. 85-102, 1998.

CEMPRE - COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Impressa**. 2014. Disponível em: < http://www.cempre.org.br/ft_latas.php>. Acesso em: 10 de Jan 2014.

CEMPRE - COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Ficha Técnica-Papel Ondulado**. 2014. Disponível em: < http://www.cempre.org.br/ft_papel_ondulado.php >. Acesso em: 10 de Jan 2014.

CHAVES, G. L. D. **Logística reversa de pós-venda para alimentos derivados de carne e leite: análise dos retornos de distribuição**. 2009. 303 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v 23. 2000.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento de Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação**. New York: Prentice Hall, 2003.

CHUA, C.B.H.; LEE, H.M.; LOW, J.S.C. Life cycle emissions and energy study of biodiesel derived from waste cooking oil and diesel in Singapore. **Life Cycle Management**, v 15, p. 417- 423. 2010.

CHURCH, R.L. Geographical information systems and location science. **Computers & Operations Research**, v. 29, p. 541-562, 2002.

CURRET, J., DASKIN, M., SCHILING, D. **Discrete Network Location Models**. Facility Location: Applications and Theory. Springer-Verlag, ISBN 3-540-42172-6. p. 83-120, 2001.

DASKIN, M.S. What You Should Know About Location Modeling. **Wiley InterScience, Inc. Naval Research Logistics**, v. 55, p. 283-294, 2008.

DA COSTA, M.B.B. **Utilização de modelo de localização-alocação para identificação de zoneamento logístico integrado ao planejamento estratégico de transportes**. 2014. 192 p. Tese (Doutorado em Engenharia dos Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

DA SILVA, T.A.R., NETO, W.B. Estudo da Redução da Acidez do Óleo Residual para a Produção de Biodiesel Utilizando Planejamento Fatorial Fracionado. **Revista Virtual Química**, v.5, p.828-839, 2013.

DE BRITO, M. P. **Managing reverse logistics or reversing logistics management?** 2003. 324 p. Tese (Doutorado) – Erasmus University Rotterdam, Rotterdam, 2003.

DE BRITO, M.P.; DEKKER, R. A Framework for Reverse Logistics. **Erim Report Series Research In Management**. Erasmus Research Institute of Management. ERS-2003-045-LIS. Netherlands.p.1-29, 2003.

DEKKER, R., FLEISCHMANN, M., **Reverse logistics: quantitative models for closed-loop supply chains**. Springer Science & Business Media, 2004.

DIB, F.H. **Produção De Biodiesel A Partir De Óleo Residual Reciclado E Realização De Testes Compar Ativos Com Outros Tipos De Biodiesel E Proporções De Mistura Em Um Moto-Gerador**. 2010. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharias Mecânica) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, São Paulo, 2010

DUBKE, A. F. **Modelo de localização de terminais especializados: um estudo de caso em corredores de exportação da soja**. 2006. 141 p. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

ECONERGY. **Mozambique Biofuels Assessment**. Maputo, p.515, 2008.

ECOFYS. **Trends in the UCO market**. London, p.36, 2013.

EIM. **Relatório de avaliação concurso recolha de óleos alimentares usados nas escolas 2012**. Portugal, p.2, 2012.

EUR. **Euro (EUR) Para Real brasileiro (BRL)**. 2014. Disponível em <<http://eur.pt.fxexchangerate.com/brl-exchange-rates-history.html>>. Acessado em 02 de Junho de 2014.

FAO –Food and Agriculture Organization of the U.N. Recent Trends and Medium-Term Prospects in Global Vegetable Oil Market. In: **10th International Conference “Fat-and-Oil Industry- 2011”** 23-25 November 2011, Ukraine, 2011.

FARAHANI, R. Z.; STEADIESEIFI, M.; ASGARI, N. Multiple criteria facility location problems: A survey. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, p. 1689 – 1709, 2010.

FERRI, G. L. **Proposta de rede de logística reversa para os resíduos sólidos urbanos**. 2014. 124 p. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2014.

FERRI, G. L; CHAVES, G. de L. D; RIBEIRO, G. M. Análise e localização de centros de armazenagem e triagem de resíduos sólidos urbanos para a rede de logística

reversa: um estudo de caso no município de São Mateus/ES. **Revista Produção**. 2015.

FIGUEIREDO, J.N.; MAYERLE, S.M. Designing minimum-cost recycling collection networks with required throughput. **Transportation Research Part E**, v. 44, p.731–752, 2008.

FINANCEONE. **Conversor de Moedas**. 2014. Disponível em <<http://financeone.com.br/moedas/conversor-de-moedas>>. Acessado em 24 de Julho de 2014.

FLEISCHMANN, M.; RUWAARD – BLOEMHOF, J.M.; DEKKE, R.; LAAN, E.V.D.; NUNEN, J.A.E.V.; WASSENHOVE, L.N.V. Quantitative Models for Reverse Logistics: A Review. **Journal of Operational Research**, V103, n.1, p. 01-17,1997.

FLEISCHMANN, M. **Quantitative Models for Reverse Logistics**. 2000. 223 p. Tese (Doutorado). Erasmus University Rotterdam. Netherlands, 2000.

FLEISCHMANN, M.; BEULLENS. P.; BLOEMHOF-RUWAARD, J.M.; WASSENHOVE, L.V. **The impact of product recovery on Logistics Network Design**. INSEAD – R & D. França, n. 33, p.1- 28, 2000.

FLEISCHMANN, M.; KRIKKE, H. R.; DEKKER, R.; FLAPPER, S. D. P. A characterisation of logistics networks for product recovery. **OMEGA**, v. 28, p. 653 – 666, 2000.

FLEISCHMANN, M. Reverse Logistics Network Structures and Design. **Erim Report Series Research In Management**. Erasmus Research Institute of Management. ERS-2001-52-LIS. Netherlands.p.1-26, 2001.

FOREXTICKET. **Câmbio Metical/Real Brazilian**. 2014. Disponível em <http://www.forexticket.com/pt/moeda/conversor-MZN-BRL?_ga=1.1834485.517761853.1401760372>. Acessado em 02 de Junho de 2014.

FREITAS, C.F.; BARATA, R.A.; NETO,L.S .M. Utilização Do Óleo De Cozinha Usado Como Fonte Alternativa Na Produção De Energia Renovável, Buscando Reduzir Os Impactos Ambientais.In:**Encontro Nacional De Engenharia De Produção Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos, SP, Brasil, 12-15 de Outubro de 2010**. Disponível em http://www.resol.com.br/textos/enegep2010_tn_stp_123_796_16087.pdf. Acessado em 15 Maio 2013.

FURBINO, Z.; FRANCO, P. Reciclar óleo é garantia de lucro na Grande BH. **EM**, Belo Horizonte, 27, Agost 2011. Disponível em: http://www.em.com.br/app/noticia/economia/2011/08/27/internas_economia,247375/reciclr-oleo-e-garantia-de-lucro-na-grande-bh.shtml .Acessado em 15 de Maio 2013.

GALVÃO, R.D., Modelos e algoritmos para problemas de localização em redes. **Pesquisa Operacional**, v.1, n.1, p. 3-22, 1981.

GALVÃO, R. D.; NOBRE, F.F.; VASCONCELLOS, M. M. Modelos matemáticos de localização aplicados à organização espacial de unidades de saúde. **Revista de Saúde Pública**, v. 33, n. 4, p. 422-34, 1999.

GALVÃO, R. D. Uncapacitated Facility Location Problems: Contributions. **Pesquisa Operacional**, v.24, n.1, p.7-38. 2004.

GENCHEV, S.E.; RICHEY, R.G.; GABLER, C.B. Evaluating reverse logistics programs: a suggested process formalization. **International Journal of Logistics Management**, v 22, p 242-263, 2011.

GIL, A. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª Edição, Editora Atlas S.A. São Paulo, p. 42-45, 2002.

GUABIROBA, R. C. S. **O processo de roteirização como elemento de redução do custo de coleta em área urbana de óleo residual de fritura para produção de biodiesel**. 2009. 173 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

GUNSTONE, D.F. **Major producing and consuming countries/regions - a general view** . Oils and fats in the market place. 2013. Disponível em <http://lipidlibrary.aocs.org/market/countries.htm>. Acessada em junho de 2014.

GREEN FUELS. **Food Brands**. Disponível em: <http://greenfuels.co.uk/welcome/food-biodiesel/>. Acessado em 20 de Maio de 2013.

HATEFI, S.M.; JOLAI, F. Robust and reliable forward–reverse logistics network design under demand uncertainty and facility disruptions. **Applied Mathematical Modelling**. 2013.

HUANG, G. G.; HUAICHENG, G.; GUANGMIG, Z. A Mixed Integer Linear Programming Approach for Municipal Solid Waste Management. **Journal of Environmental Sciences**, v. 9, n. 4, p 431 – 445, 1997.

IGLESIAS,L.; LACA, A.; HERRERO, M. A life cycle assessment comparison between centralized and decentralized biodiesel production from raw sunflower oil and waste cooking oils. **Journal of Cleaner Production**, v 37, p. 162-171, 2012.

INE - INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. **Projeções Anuais da População Total, Urbana e Rural 2007 – 2040**. Maputo, p.47. 2010.

INE - INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. **Estatística do Distrito KaMphumo**. Maputo, p.47. 2010.

IRENA – International Renewable Energy Agency. **workshop on business models for renewable energy deployment in cities**. Abu Dhabi, p. 2, 2014.

Disponível em
<http://www.irena.org/documentdownloads/events/2014/march/Outcome.pdf>
Acessado 12 de Maio 2014.

JACINTO, D. Óleo residual terá 170 postos de coleta. **Cruzeiro Azul**, Sorocaba, 12, Mai 2012. Disponível em <http://www.cruzeirodosul.inf.br/materia/386847/oleo-residual-de-fritura-tera-170-pontos-de-coleta>. Acessado em Julho de 2014.

JACINTO, J., P.; ROSA, R., A.; BANOS, R., S. Heurística para solução do problema da coleta de resíduos sólidos domiciliares (RSD) com base no problema do carteiro chinês capacitado com múltiplas viagens (PCCC-MV). **Transportes**, v. 22, p. 44, ISSN: 2237-1346, 2014.

JAYARAMAN, V.; PATTERSON, R.A.; ROLLAND, E. The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures. **European Journal of Operational Research**, v 150, p. 128-149, 2003.

KRIKKE, H.; VAN HARTEN, A.; SCHUUR, P. Business case Océ: Reverse logistics network design for copiers. **OR Spectrum**, v. 21, p.381 – 409, 1999.

KLOSE, A.; DREXL, A. Facility location models for distribution system design. **European Journal of Operational Research**, v. 162, p. 4-29, 2005.

LACERDA, L. **Logística Reversa: Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Centro de Estudos em Logística (COPPEAD). Rio de Janeiro. 2002. Disponível em http://www.paulorodrigues.pro.br/arquivos/Logística_Reversa_LGC.pdf. Acesso em Janeiro. 2014.

LAMBERT, S.; RIPOEL, D.; ABDUL-KADER, W., A reverse logistics decisions conceptual framework. **Computers & Industrial Engineering** , v. 61, p. 561–581 , 2011.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, ISBN 85-87918-62-1. São Paulo, 2003.

LEITE, P.R. Direcionadores Estratégicos Em Programas De Logística Reversa No Brasil. **Revista Alcance**, v.19, n.02. p. 182-201. 2012.

LIECKENS, K.; VANDAELE, N. Reverse logistics network design with stochastic lead times. **Computers & Operations Research**. 2005.

LOPEZ, R.A.; HENDERSON, N.R.. The Determinants of Location Choices for Food Processing Plants. **Agrobusiness**, v.5, p.619-632,1989.

LORENA, L.A.N., SENNE, E.L.F. Local Search Heuristics For Capacitated P-Median Problems. **Network and Spatial Economics**, v.3, p. 407-419, 2003.

LORENA, L.A.N. Análise Espacial de Redes com Aplicações em Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Científica de Engenharia de Produção, Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO**, v. 3, n. 2, 2003.

LOUWERS, D.; KIP, B.; PETERS, E.; SOUREN, F.; FLAPPER, S. A facility location allocation model for reusing carpet materials. **Computers and Industrial Engineering**, v. 36, p.855–869, 1999.

LRS - LEADING RESOURCE SUSTAINABILITY **The market for biodiesel production from used cooking oils and fats, oils and greases in London**. London, p. 44.2013.

LUNA, B. Sequência Básica na Elaboração de Protocolos de Pesquisa. **Arquivo Brasileiro Cardiol**, v. 71, n 6, p. 735-740.

MAPA, S. M. S **Localização-alocação de Instalações com sistema de Informações geográficas e Modelagem matemática**. 2007. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

MAPA, S. M. S.; LIMA, R. S. Uso combinado de sistemas de informações geográficas para transportes e programação linear inteira mista em problemas de localização de instalações. **Gestão e Produção**, v. 19, n. 1, p. 119-136, 2012.

MATAVEL, N. I. ; CHAVES, G. L. D. Caracterização do Sector de Biodiesel em Moçambique. in **XV Congresso Brasileiro de Energia**, 22 – 24 de Outubro 2013, Rio de Janeiro, p .16 2013.

Mattel faz recall de 850 mil brinquedos no Brasil. **G1**. Brasil. 14 Agost. 2007. Disponível em http://g1.globo.com/Noticias/Economia_Negocios/0,,MUL87766-9356,00-MATTEL+FAZ+RECALL+DE+MIL+BRINQUEDOS+NO+BRASIL.html. Acessado 12 de Fevereiro 2014.

MATTOSINHO, C. M. D. S.; DA SILVA, I. R. As Contribuições Dos Canais Reversos De Óleo Vegetal De Fritura Para O Empreendedorismo Social: Um Estudo Em Organizações Não Governamentais. In: **XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO** 12-15 de Outubro, São Paulo, p 1-14, 2010.

MEI, L.B.; CHRISTIANI, V.S.; LEITE, P.R. A Logística Reversa No Retorno Do Óleo De Cozinha Usado. In: **XXXV Encontro da ANPAD**, Rio de Janeiro 4 a 7 de Setembro 2011. 2011.p.1-17.

MELO, M.T.; NICKEL, S.; SALDANHA-DA-GAMA, F. Facility location and supply chain management – A review. **European Journal of Operational Research**, v 196, n 2, p. 401–412, 2009.

MFRURAL. **Classificados-Procuo/compro/troco**. 2013 Disponível em <<http://comprar-vender.mfrural.com.br/detalhe/compro-oleo-de-fritura-usado-119592.aspx> > Acessado 24 de Maio 2014.

MIYASHIRO, C.S.; OLIVEIRA, D.C.; CAMPOS,E.; TELEKEN,G.J. Produção De Biodiesel A Partir Da Transesterificação De Óleos Residuais. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 1, p.63-76. 2013.

MOÇAMBIQUE. CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO. **Perfil estatístico do Município de Maputo**. Maputo. 2010.

MOÇAMBIQUE. Decreto nº 72/2013 de 23 de Dezembro. Regime de Amortizações. Maputo. **Boletim da República de Moçambique**. Maputo, 23 de Dez.2013, p. 10-22, 2013.

MOÇAMBIQUE. MINISTÉRIO DA ENERGIA. **Realizações do Setor de Energia 2005-2008**. Maputo. 2009.

MOÇAMBIQUE. MINISTÉRIO DA ENERGIA. **Estatística de Energia 2000- 2011**. Maputo. 2012.

MOÇAMBIQUE. MINISTÉRIO DA ENERGIA. Balanço do Plano Económico e Social de 2011. **Reunião de apresentação do Balanço do Plano Económico e Social de 2011**, 15 -17 de Agosto, Nampula. 2012

MOÇAMBIQUE. Resolução nº 22/2009 de 21 de Maio. Política e Estratégia de Biocombustíveis. **Boletim da República de Moçambique**. Maputo, 1 de Mai.2009.

MEU SALÁRIO. **Salário Mínimo em Mozambique, a partir de 01-05-2014 a 30-04-2015**. 2014. Disponível em < <http://www.meusalario.org/mocambique/main/salario/salario-minimo>> Acessado 12 de Agosto 2014.

OLIVEIRA, J.P. **Estudo da Geração de Biodiesel a partir de Resíduos Oleosos do Saneamento Ambiental**. 2013. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Do Espírito Santo, Vitória, 2013.

OWEN , S. H.; DASKIN, M. S.Strategic facility location: Areview. **European Journal of Operational Research**, v.111, p. 423-447, 1998.

PA Biodiesel Supply. **Produts - WVO Centrifuge Waste Oil Centrifuge Filtration Unit**. 2014. Disponível em: < <http://pabiodieselsupply.com/shop/wvo-centrifuge-waste-oil-centrifuge-filtration-unit-open/>>. Acesso em junho de 2014.

PARAÍBA, O.; TSOUTSOS, T.D; TOURNAKI, S.; ANTUNES, D.; LINO, J.; MANNING, E. Strategies for optimization of the domestic used cooking oil to biodiesel chani. The European project Recoil. In: **20th European Biomass Conference & Exhibition**, 18– 22 June 2012, Milan, p. 3, 2012.

PATI, R.; VRAT, P.; KUMAR, P. A goal programming model for paper recycling system. **Omega**, v. 36, p. 405–417, 2008.

PEIXOTO, K. ; CAMPOS, V.B.G.; D'Agosto, M. A. LOCALIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA COLETA SELETIVA DE LIXO RECICLÁVEL EM ÁREA

URBANA. In: **2º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento, Urbano, Regional, Integrado, Sustentável**, 27-29 de Setembro, Portugal, 2006.

PEREIRA, D. E. ; SALUM, M. I. S.; COELHO, A. S.; RODRIGUEZ, A. M. T. Localização de centros de coleta eps utilizando p-medianas: uma alternativa para logística reversa do setor. IN: **XXVII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET**, 4-8 Novembro 2013, Belém, AC. 206, p. 1-12, 2013.

PETERNELLI, L., A.; INF 162 Estatística I - **Capítulo 9 Regressão linear e correlação**. Universidade Federal de Viçosa, p. 1-12, 2003. Disponível em <http://www.dpi.ufv.br/~peternelli/inf162.www.16032004/materiais/CAPITULO9.pdf>.

PIMENTEL, F. G. **Localização de centros de distribuição em uma cadeia de suprimentos**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Transportes)-Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2004.

PINNA, R.; CARRUS, P.P. Reverse Logistics and the Role of Fourth Party Logistics Provider, Pathways to Supply Chain Excellence, Dr. Ales Groznik (Ed.), ISBN: 978-953-51-0367-7, **INTECH**, DOI: 10.5772/33047, 2012.

PINTO, J. M. B. **Proposta De Localização De Uma Unidade De Tratamento De Óleo E Gordura Residual De Fritura Na Cidade Do Natal/Rn Para Produção De Biodiesel**. 2009. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, Rio Grande do Norte, 2009.

PINTO-COELHO, M.R. **Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Recóleo. 2009.

PISHVAEE, M.S., FARAHANI, R.Z., DULLAERT, W. A memetic algorithm for bi-objective integrated forward/reverse logistics network design. **Computers & Operations Research**, v 3, p. 1100-1112 , 2010.

PISHVAEE, M.S., RABBANI, M., TORABI, S., A. A robust optimization approach to closed-loop supply chain network design under uncertainty. **Applied Mathematical Modelling** v.35, n.2, p. 637-649, 2011

PITTA-JUNIOR, O,S,R; NETO, M.S.N.; SACOMANO, J.B., LIMA, A. Reciclagem do Óleo de Cozinha Usado: uma Contribuição para Aumentar a Produtividade do Processo. In: **International Workshop Advances in Clean Production**, 20-22 de Maio, São Paulo, p.10, 2009.

PIZZOLATO, N. D., RAUPP, F. M. P., ALZAMORA , G. S. Revisão de desafios aplicados em localização com base em modelos da p-mediana e suas variantes. **Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 4, n.1, p. 13-42, 2012.

POMMER, W. M. **Conceitos e Aplicações de Estatística para cursos de Ciências Gerenciais: Uma abordagem introdutória**, ISBN 978-85-914891-0-7, 1ª edição, São Paulo, 2013.

RAMOS FILHO, L.S.N. **A Logística Reversa de Pneus Inservíveis: O Problema da Localização dos Pontos de Coleta**. 2005. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

REALFF, M.; AMMONS, J.; NEWTON, D. Robust reverse production system design for carpet recycling. **IIE Transactions**, v. 36, p.767–776, 2004.

RECOIL. **Analysis of previous experiences in UCO collection transport and recycling**. Intelligent Energy for Europe Programme, p.13, 2012.

RECOIL. **Comparative analysis of the different legal frameworks**: Identification of barriers and opportunities. Intelligent Energy for Europe Programme, p.38, 2013.

RECOIL. **Guide on UCO processing and biodiesel distribution methods**: Assessment of best practices in UCO processing and biodiesel distribution. Intelligent Energy for Europe Programme. p.37. 2013.

Reutilização excessiva de óleo de cozinha em restaurantes causa danos à saúde. **Soalagoas**. Brasil. 27 Abr. 2009. Disponível em <http://www.soalagoas.com/2009/04/reutilizacao-excessiva-de-oleo-de.html>. Acessado 29 de Agosto 2014.

ROCHA, M.D.S. **Análise Da Cadeia Produtiva Dos Óleos De Gordura Residuais Com Foco Nos Agentes Coletadores De Resíduos Urbanos: Estudo De Caso De Fortaleza**. 2010. 167 p. Dissertação (Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional) - Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza, 2010.

ROGERS, D.S.; TIBBEN-LEMBKE, R.S. **Going backwards**: reverse logistic trends and practices, University of Nevada. Reno: CLM. p. 283, 1998.

ROGERS, D.S.; TIBBEN-LEMBKE, R.S. An examination of reverse logistic trends and practices. **Journal of Business Logistics**, v 22, n 2, p. 129-148, 2001.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – **Programa de Reciclagem de Óleo de Fritura**. 2011 Disponível em:< http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/programa_reciclagem_oleo_completo.pdf >. Acessado em 2013.

SALES, D. S. **Uma heurística para o problema de localização multiobjetivo de plataforma de produção de petróleo multicapacitada**. 2010. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2010.

SAVASKAN, R., C.,BHATTACHARYA, S.,VAN WASSENHOVE, L.,N. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing. **Management science**, v.50, n.2, p. 239-252, 2004.

SILVA FRIAS, A. D. **A configuração da cadeia logística inversa para o tratamento dos pneus usados – um problema de otimização de localização**.

2010. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Empresariais) - Universidade dos Açores, Portugal. 2010.

SCHULTMANN, F.; ENGELS, B.; RENTZ, O. Closed-loop supply chains for spent batteries. **Interfaces**, v. 33, p. 57–71, 2003.

TIBBEN-LEMBKE, R. S.; ROGER, D.S. Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. Special Feature – Reverse Logistics. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 7, n 5, p 271 – 282, 2002.

Utah Biodiesel Supply. Titrating Waste Vegetable Oil (WVO) For Biodiesel - Utah Biodiesel Supply. Online video clip. 13'52". 6 de Fevereiro de 2011. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=UNv9wdOA70Y>. Acessado em Agosto de 2014.

UNIÃO NACIONAL DE CAMPONESES (UNAC) e JUSTIÇA AMBIENTAL (JA!). *Jatropha!* **A Socio-Economic Pitfall for Mozambique**. Maputo. 2009

VINYES, E.; SOLÀ-OLIVEIRA, J.; UGAYA, C.; RIERADEVALL, J.; GASOL, C.M. Application of LCSA to used cooking oil waste management. **Life Cycle Management**, v 18, p.445-455, 2012.

VITÓRIA E.L.; BARCELOS, F.F.; GOUVEIA, T.R. Estudo De Um Processo De Obtenção De Biodiesel E Comparação Do Biodiesel B100 Com Diesel Comercial (B5) E Com Óleo De Soja Reutilizado Em Um Motor Estacionário. **Enciclopédia Biosfera**. v. 7, n. 13, p. 1735-1749 2011, 2011.

XAVIER, L. H.; CORRÊA, H. L. **Sistemas de Logística Reversa**: criando cadeias de suprimento sustentáveis. São Paulo: Atlas, 2013.

WANG, L. Life Cycle Assessment of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil in Western Australia. In: **3rd International Conference on Chemical, Ecology and Environmental Sciences (ICCEES'2013)**, January 4-5, 2013 Bali (Indonesia). Disponível em: <http://psrcentre.org/images/extraimages/113003.pdf>. Acessado em 25 de Maio 2013.

YANG, J.; LEE, H. A AHP Decision Model for Facility Location Selection. **Facilities**, n.15, p.241-254, 1997.

YIN, Robert K. **Estudo De Caso – Planejamento E Métodos**. (2Ed.), Porto Alegre: Bookman, 2003.

YONG, Z.; XIANGTAI, B.; GANG, R.; XIAOHUA, C.; JIAN, L. Analysing the status, obstacles and recommendations for WCOs of restaurants as biodiesel feedstocks in China from supply chain' perspectives. **Resources, Conservation and Recycling**. v 60, p. 20-37, 2012.

YONGSHENG, Z.; SHOUYANG, W. Generic Model of Reverse Logistics Network Design. **Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology**. v 8, n. 3, p. 1-8, 2008.

ZHANG, Y.; DUBE, M.A.; MCLEAN, D.D.; KATES, M. Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis. **Bioresource Technology**, v 90, p. 229 - 240, 2003.

ZUCATTO, L.C.; WELLE, I.; SILVA, T.N. Cadeia Reversa do Óleo de Cozinha: Coordenação, Estrutura e Aspectos Relacionados. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 53, n. 5, ISSN 0034-7590, p. 1-12. 2013.

ZAR. **Rand África do Sul(ZAR) Para Real brasileiro(BRL)**. 2014<
<http://zar.pt.fxexchangerate.com/brl/>>. Acessado em 28 de Julho de 2014.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO SOBRE A GERAÇÃO DO ORF PARA O GGG

QUESTIONÁRIO SOBRE GERAÇÃO DE ÓLEO RESIDUAL

Este questionário faz parte da coleta de dados de uma pesquisa de mestrado em Energia, na linha de eficiência energética, tendo como objetivo obter informações sobre a quantidade de óleo residual de fritura produzido na Cidade de Maputo, bem como, o destino dado à este resíduo. Estas informações serão utilizadas para fins acadêmicos e o nome do estabelecimento não será revelado no trabalho, ou seja, garante-se o sigilo das informações fornecidas

Nome do estabelecimento:

Tipo de estabelecimento:

Pessoa de Contato:

Telefone: _____ **Dias e horário de funcionamento:**

1. Qual é a quantidade de óleo vegetal consumido mensalmente?

- a) Época alta _____ b) Época normal _____ c) Época baixa _____

2. Qual destino do óleo vegetal após à fritura?

- a) () Descarte (deitado fora) pelo lava loiça.
b) () Descarte no lixo. Sem embalagem () ou Como embalagem () Indique o tipo de embalagem _____.
c) () Entregue a empresa/associação de reciclagem. Indique o nome _____.
d) () Entregue aos coletores individuais de lixo.
e) () Outros. Indique aqui o outro destino _____.

3. Qual é a frequência de descarte de óleo?

- Mensalmente () ; Semanalmente () ; Diariamente () ; Outro () _____.

4. Indique a quantidade de óleo descartado (mensalmente, semanalmente ou diariamente, relacionado com a resposta à questão anterior)?

- 1litro () ; 2 litros () ; 5 litros () ; 10 litros () ; 20 litros () ; Outro () _____.

5. No caso entrega (relacionado com a questão 3) , indique como é feito o processo:

- a) () A empresa/ associação ou o coletor individual vai buscar o óleo no vosso estabelecimento
a.1.) () A empresa ou coletor fornece alguma embalagem para coleta. Indique o tipo de embalagem _____.
a.2.) () O estabelecimento (vocês) utilizam uma embalagem própria. Identifique tipo de embalagem _____
b) () O estabelecimento (vocês) vai até algum local para entregar o óleo.
b.1.) Indique onde o óleo é armazenado para ser entregue _____.
b.2.) Diga o nome do local onde é feita a entrega _____.

6. Identifique os principais constrangimento/ dificuldades no processo de entrega em que está envolvido?

7. Sabe dizer o que as pessoas/empresas que fazem com o óleo de fritura coletado?
a) () Reutilizar para cozinhar; b) () fazer sabão; c) () fazer combustível (biodiesel); d) () fazer tintas; e) () Revender

8. O que motiva o estabelecimento (vocês) a fazer entrega?

9. O estabelecimento ganhou algum lucro financeiro com a entrega do óleo?

a) Se sim, indique quanto

10. O estabelecimento paga algum valor pela entrega do óleo?

b) Se sim, indique quanto

11. O estabelecimento (vocês) teria interesse em participar de uma rede formal de coleta de óleo residual?

a) () sim ; b () não

12. Se sim. Indique a condição que exigiria para participar de uma rede de recolha:

a) () Que a empresa/ associação responsável fosse responsável pela coleta do óleo.

b) () Que a empresa/ associação responsável fornecessem embalagem para armazenamento do óleo no estabelecimento até o dia da coleta.

c) () Que a empresa/ associação responsável fornecessem embalagem para o transporte do óleo.

d) () Que a recolha fosse: diária (); semanal (); mensal (); () outro _____

e) () Outra. Indique qual _____.

f) () Nenhuma

13. Tem conhecimento de alguma iniciativa de recolha de óleo de fritura? Se sim indique qual.

APÊNDICE B

ROTEIRO DE ENTREVISTAS NÃO ESTRUTURADAS

I. Indústria de biodiesel

1. Qual é a capacidade de produção da empresa?
2. Quais são os seus principais fornecedores de ORF da empresa?
3. Estime a quantidade de óleo de cozinha comprada mensalmente.
4. A qualidade do óleo era boa?
5. A qualidade do ORF interfere no processo de produção biodiesel e na sua qualidade?
6. Qual era o valor de compra do ORF?
7. A empresa recolhia o ORF, ou os seus fornecedores faziam entrega do óleo?
8. Quais foram os principais constrangimentos enfrentados pela empresa na produção de biodiesel através do ORF?
9. Em termos de eficiência e rentabilidade, considera o ORF uma matéria-prima complementar para produção do biodiesel?
10. O que é necessário para impulsionar a utilização do ORF como matéria-prima para produção de biodiesel?
11. Entre a compra, a recolha, a tratamento e a produção, qual das etapas é mais cara, no processo reverso do ORF para transformação em biodiesel em Moçambique? Explique porque.
12. Caso existisse uma empresa que fosse responsável pela recolha o óleo, e limpeza do mesmo, para vender posteriormente para a vossa empresa, estariam interessados em compra-lo?
13. Qual é o preço justo de compra do óleo de cozinha limpo?
14. Considerado o ORF matéria-prima complementar as existentes no país? Na sua opinião, qual é quantidade mínima de ORF, que considera interessante para ponto de partida de abastecimento de uma empresa para a produção de biodiesel?
15. Qual é a sua visão sobre o setor de biodiesel Moçambicano?

II. Empresa coleta ORF

1. Há quanto tempo a associação recolhe o óleo?
2. Quantos clientes possui?
3. Qual a quantidade de recolhe mensalmente?
4. Qual a qualidade do ORF recolhido?
5. Depois de recolhido qual é o destino que a associação dá ao ORF?
5. Quanto biodiesel já foi produzido?
6. Entraves/dificuldades no processo de recolha? Quais são os custo envolvidos no processo de coleta?
7. Existe um controle de qualidade de coleta? Qual?
8. Possui algum processo de pré-tratamento?
9. A associação possui contratos com os seus fornecedores?
10. Ganha ou paga pelo óleo recolhido? Quanto?
11. Qualidade do óleo interfere na qualidade do biodiesel?
12. A associação possui alguma dificuldade associadas a comercialização do ORF?
13. Existe algum apoio governamental para a sua iniciativa?
14. Divulgação/ campanha dos vossos trabalhos?
15. Nível de aceitação nos restaurantes?
16. O que é necessário para impulsionar o uso do óleo como matéria-prima para biodiesel?
17. Qual seria o preço ideal de venda /compra do óleo tratado e biodiesel?

APÊNDICE C

Custos de transporte do ORF do CR para CP

Facilidades	BH	BL	BIL
1	10.89	6.6	12.98
2	11.33	6.05	12.32
3	11.44	5.94	11.66
4	11.66	4.7	13.09
5	12.1	4.4	10.67
6	11.99	4.51	10.78
7	11	3.74	10.12
8	12.21	4.29	10.56
9	11.11	5.5	11.55
10	11.33	9.24	12.1
11	10.89	5.39	14.41
12	11.33	5.28	11.11
13	11.88	5.61	11.88
14	11.88	5.06	11.33
15	11.99	5.5	11.77
16	15.4	6.71	12.98
17	12.43	4.62	11.11
18	12.65	4.73	11.33
19	9.13	7.48	13.86
20	8.91	7.59	13.97
21	9.9	8.36	14.74
22	10.67	7.59	13.97
23	10.01	6.93	13.31
24	11.88	7.37	13.75
25	14.08	6.93	13.2
26	12.65	8.03	14.3
27	11.77	6.27	12.65
28	12.43	6.38	12.65
29	11.55	5.94	12.32
30	9.79	8.14	14.52
31	11.55	9.9	16.28
32	10.67	9.13	15.51

APÊNDICE D

Custos de transporte do ORF do GGG para CP

Facilidades	BH	BL	BIL
1	14.9	7.04	13.42
2	12.21	5.28	11.6
3	13.53	7.26	13.53
4	10.78	6.38	12.65
5	12.54	5.17	11.44
6	12.65	6.05	12.54
7	11.22	6.05	12.43
8	11.55	3.85	11.55
9	12.21	5.39	11.66
10	11.99	6.05	12.32
11	13.64	7.26	13.53
12	13.31	7.37	13.53
13	12.98	7.7	13.97
14	13.09	7.26	13.64
15	15.51	6.6	12.87
16	12.75	7.48	13.75
17	15.73	6.49	12.87
18	12.98	7.07	13.31
19	12.32	5.39	11.66
20	13.42	5.94	12.32
21	12.21	5.83	12.21
22	10.78	6.49	11.77
23	12.87	6.38	12.65
24	12.76	6.49	12.76
25	12.13	5.72	12.32
26	13.09	5.06	11.44
27	12.54	5.17	12.43
28	11.99	5.5	11.88
29	11.77	5.72	12.1
30	10.45	8.8	15.18
31	9.9	8.36	14.74
32	12.13	5.72	12.32
33	12.13	5.72	12.32
34	13.42	5.94	12.32
35	12.1	6.16	12.43
36	12.76	5.39	11.66
37	10.67	9.13	15.51
38	12.54	5.17	11.55
39	12.75	7.26	13.53
40	13.2	7.37	13.75
41	13.31	6.6	13.2
42	11.77	6.27	12.54
43	16.06	6.05	12.32
44	12.13	5.72	12.32
45	12.13	5.72	12.32
46	12.98	9.13	15.51
47	15.07	7.26	13.53
48	11.33	9.24	12.1
49	13.2	7.15	13.2
50	12.1	6.16	12.54
51	11	5.83	12.21
52	12.13	5.72	12.32

53	13.64	7.37	13.53
54	13.64	6.71	12.98
55	21.21	4.51	10.67
56	13.53	6.38	12.76
57	13.31	11.55	17.93
58	14.96	10.12	16.5
59	14.08	10.89	17.27
60	14.96	10.12	16.5
61	13.42	7.7	14.08
62	13.09	7.26	13.53
63	13.53	6.38	12.76
64	15.53	6.38	12.76
65	15.62	6.82	13.2
66	13.2	7.26	13.53
67	15.4	6.71	12.98
68	12.1	6.6	12.87
69	11	8.03	14.41
70	12.32	4.95	11.33
71	13.31	7.77	13.97
72	9.02	7.78	13.86
73	13.75	7.26	13.53
74	9.02	7.78	14.41
75	12.76	7.37	13.75
76	12.65	6.27	12.65
77	13.42	5.94	12.21
78	12.13	5.72	12.32
79	12.13	5.72	12.32
80	15.4	6.71	12.98
81	13.31	7.7	13.97
82	12.13	5.72	12.32
83	12.65	6.6	12.87