



## MESTRADO EM EMPREENDEDORISMO E GESTÃO DE PME

A otimização e a viabilidade de rotas na integração da Associação de Municípios de Raia - Pinhal na VALNOR, S.A.

Sandra José da Silva Nicolau

Projeto para a obtenção do grau de mestre, sob a orientação do Prof. Doutor Nicolau Miguel Almeida e coorientação da Mestre Cláudia Simões

Portalegre, dezembro de 2012

"Nós não herdamos a terra dos nossos antepassados: pedimo-la emprestada aos nossos filhos".  
Provérbio dos nativos americanos

## Agradecimentos

Venho desta forma prestar o meu reconhecimento a todos os que me apoiaram, de modo determinante na elaboração deste trabalho, bem como a todos aqueles que fizeram parte do processo de aprendizagem que é uma carreira profissional:

Ao Professor Doutor Nicolau de Almeida, pela orientação na elaboração do presente documento, bem como a “confiança”, o “sentido crítico”, “o entusiasmo”, os “ensinamentos”, o “incondicional apoio” e as “oportunidades de trabalho” em todo o meu percurso académico.

À minha coorientadora e amiga Cláudia Simões pelos “ensinamentos e ajuda”, na elaboração deste projeto.

Aos meus colegas da VALNOR, Vítor Modesto e Sandra Beirão, um obrigado pela “ajuda”, pela forma como me acolheram e pelo “Bom Ambiente de Trabalho”. Ao Engenheiro Pinto Rodrigues, Administrador da VALNOR, agradeço a oportunidade de elaboração deste projeto e a confiança depositada em mim.

*Agradeço ainda:*

Aos meus amigos Sónia e César pela ajuda em várias fases destes projeto, ao João Marques pelas “dicas” no SIG e á Maria pelas “dicas” no inglês.

Aos meus pais e irmã, o meu porto seguro, o incentivo, o apoio, a presença amiga que sempre me proporcionaram.

Ao Rui por todo o apoio que me concedeu e pelo tempo que lhe retirei com a elaboração deste trabalho.

A Todos...

*Muito Obrigado!*

## Resumo

No final do ano de 2010, a VALNOR, S.A. viu alargada a sua área de abrangência, em seis novos municípios, sendo eles os de Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Oleiros, Proença-a-Nova, Sertã e Vila Velha de Ródão, os quais compõem o denominado Pólo de Castelo Branco.

Este aumento na área de abrangência e o conseqüente aumento de investimentos, requeriam a definição das rotas ótimas, resultando na diminuição do número de veículos, da distância total a percorrer e do tempo, e originando a redução dos custos logísticos, o que só seria possível de alcançar com uma nova gestão de resíduos.

A recolha e o transporte de resíduos, sendo duas componentes críticas da atividade da empresa, logo da gestão logística, não podem deixar de ser conjugadas com o comportamento dos produtores de resíduos, sejam eles munícipes ou industrias.

O problema da otimização dos percursos de recolha nos vários circuitos foi abordado com recurso à metodologia composta por dois procedimentos: 1) Utilização do Sistemas de Informação Geográfica (SIG); 2) Utilização de um algoritmo com aplicação a uma amostra por conveniência, para validar as rotas definidas pelo SIG.

Com os procedimentos metodológicos adotados prosseguiu-se os objetivos de determinar a rota mais eficiente, em termos de custo – distância, para a recolha de resíduos recicláveis (papel e cartão, embalagem, e vidro) na região denominada por Pólo de Castelo Branco e de delinear orientações estratégicas para a logística de forma a melhorar o sistema de recolha seletiva (RS), numa situação de exploração própria, face a uma atividade subcontratada.

Através das rotas ótimas e pela viabilidade de rotas com exploração própria da VALNOR, os resultados obtidos permitem concluir que é preferível a exploração própria à subcontratação ao fim de oito anos.

Palavras-chave: Logística, Otimização de Rotas; Recolha Seletiva (RS) de Resíduos, Sistema de Informação Geográfica (SIG); Viabilidade.

## *Abstract*

By the end of the year 2010, VALNOR, S.A. has extended its coverage area to six new municipalities: Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Oleiros, Proenca-a-Nova, Sertã and Vila Velha de Ródão, which compose the so-called Pólo of Castelo Branco.

This coverage area enlargement and the consequent increase of investments required the definition of optimal routes and consequent reduction of number of vehicles, of the total road distance and of time. All of this would reduce the logistic costs only possible with a new urban waste management.

The collection and transportation of urban waste - the two critical components of the enterprise activity and thus belonging to the logistics management, have to be combined with the behaviour of urban waste producers whether residents or industries.

The optimization of collection routes in the various circuits was introduced by using a methodology composed by two procedures: 1) the use of Geographic Information Systems (GIS); 2) The use of an algorithm with application to a convenience sample to validate the routes defined by the GIS.

With the adopted methodological procedures the objectives to determine the most efficient route, in terms of cost - distance, for the collection of recyclable waste (paper and cardboard, packaging and glass) were carried on in the region named Polo de Castelo Branco and to outline strategic directions for logistics in order to improve the system of selective collection (SC), in a situation of VALNOR's operation against a subcontractor activity.

The obtained results show that through the optimal routes and the viability of routes, the operation by VALNOR is preferable to the outsourcing after eight years.

*Keywords:* Logistics, Route Optimization; Selective Collection (SC) of urban waste, Geographic Information System (GIS); Viability

Índice geral	
Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	iv
<i>Abstract</i> .....	v
Índice geral .....	vi
Índice de figuras .....	ix
Índice de tabelas .....	xi
Índice de gráficos.....	xii
Lista de abreviaturas .....	xiii
Lista de anexos .....	xv
CAPITULO I - INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Problemática da investigação .....	1
1.2 Relevância e atualidade do tema .....	2
1.3 Enquadramento legal e normativo.....	4
1.3.1 Plano estratégico para os resíduos sólidos urbanos 2007-2016 (PERSU II).....	4
1.3.2 Regime geral da gestão de resíduos em Portugal .....	7
1.3.3 Classificação dos resíduos a nível europeu .....	11
1.3.4 Regras do transporte de resíduos.....	13
1.3.5 Lei de bases do ambiente .....	14
1.4 Objetivo de investigação .....	15
1.5 Estrutura do projeto.....	15
CAPITULO II – CARACTERIZAÇÃO E LOGÍSTICA DA VALNOR .....	17
2.1 Constituição e objetivos .....	17
2.2 Missão .....	18
2.3 Localização .....	19
2.4 Pontos de recolha de resíduos recicláveis - ecopontos.....	21
2.5 Certificação .....	22

2.6 Momentos de destaque na história da VALNOR.....	23
2.7 Integração da Associação da Raia Pinhal na VALNOR .....	26
2.8 Operações logísticas de recolha, transporte e de triagem (separação) de resíduos .....	28
<b>CAPITULO III – ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>35</b>
3.1 Logística.....	35
3.2 Operações logísticas.....	40
3.2.1 Recolha seletiva de resíduos .....	40
3.2.1.1 A logística da recolha de resíduos.....	43
3.2.1.2 Tipos de serviço de recolha.....	44
3.2.1.3 Sistemas de recolha, equipamentos e requisitos de pessoal .....	46
3.2.1.4 Equipamentos e requisitos dos operadores no sistema de contentores estacionários (SCS – <i>Stationary Container System</i> ).....	47
3.2.2 Transporte .....	51
3.3 Modo de transporte rodoviário.....	59
3.4 Rotas.....	62
3.5 Fatores tempo e custo.....	69
3.6 Condicionantes da recolha de resíduos .....	72
3.7 Subcontratação de serviços de recolha de resíduos ou exploração própria.....	75
<b>Capítulo IV - METODOLOGIA .....</b>	<b>78</b>
4.1 Sistema de informação geográfica .....	79
4.2 Análise da especificação do algoritmo.....	84
4.3 Procedimentos de recolha de dados dos ecopontos.....	88
4.4 Procedimentos de tratamento de dados dos ecopontos .....	89
4.4.1 Gestão de resíduos.....	89
4.4.2 Rotas em sistema de informação geográfica .....	89
4.4.3 Validação de rotas com o algoritmo.....	90
4.5 Otimização de rotas.....	93
4.6 Análise de viabilidade de rotas com recurso à subcontratação e à exploração própria.....	93

Capítulo V – RESULTADOS E SUA DISCUSSÃO .....	99
5.1 Resultados associados á otimização de rotas .....	99
5.2 Resultados associados á viabilidade de rotas .....	109
Capítulo VI – CONCLUSÕES .....	116
6.1 Principais conclusões .....	116
6.2 Limitações .....	118
6.3 Recomendações de investigação futura.....	119
ANEXOS .....	127

## Índice de figuras

Figura 2.1 – Estrutura acionista da VALNOR .....	18
Figura 2.2 – Localização geográfica da VALNOR.. .....	19
Figura 2.3 – Número de concelhos, área de abrangência e população servida pela VALNOR nos anos de 2001, 2005 e 2011 .....	20
Figura 2.4 – Ecopontos utilizados na atividade de recolha seletiva .....	21
Figura 2.5 – Modelo técnico implementado .....	28
Figura 2.6 - Separador balístico .....	31
Figura 2.7 - Separador ótico .....	32
Figura 2.8 – Funcionamento da triagem automática de embalagens leves .....	34
Figura 3.1 – A evolução da logística empresarial .....	36
Figura 3.2 – Logística, valor, competitividade, estratégia e futuro .....	38
Figura 3.3 – Estrutura multivariáveis da rede de recolha de resíduos recicláveis da Associação de Municípios Raia-Pinhal .....	41
Figura 3.4- Sistema de contentores estacionários .....	47
Figura 3.5 – Viatura de recolha seletiva .....	58
Figura 3.6 – Exemplos de piores e melhores sequências em rotas .....	62
Figura 3.7 – Localização de ecopontos e sugestão de melhor rota .....	63
Figura 3.8 - Caminho mais curto entre uma origem (O) e um destino (D) .....	66
Figura 3.9 - Transportes com depósitos intermédios .....	67
Figura 3.10 - Problema do caixeiro-viajante .....	67
Figura 3.11 - Problema de rotas de veículos(vehicle routing problem) .....	68
Figura 3.12 – Fontes de vantagem de base logística .....	70
Figura 3.13 – Custo em função da distância .....	71
Figura 3.14 – Custo em função do volume .....	72
Figura 4.1 – Fases do trabalho a realizar .....	79
Figura 4.2 – Fases de desenvolvimento e implementação de um SIG .....	81
Figura 4.3 – Modelo concetual do processo de gestão de resíduos recicláveis com recurso ao SIG.....	84
Figura 4.4 – Conceito de poupança .....	85
Figura 4.5 – Rede logística .....	86

Figura 5.1 – Otimização da rota de recolha de resíduos recicláveis no Pólo de Castelo Branco .....	101
Figura 5.2 – Otimização da rota de recolha de resíduos recicláveis com ecopontos no Pólo de Castelo Branco .....	102

## Índice de tabelas

Tabela 1.1 – Principais definições relacionadas com a gestão de resíduos .....	8
Tabela 1.2 – Princípios gerais da gestão de resíduos .....	10
Tabela 2.1 – Distribuição de população residente por município .....	27
Tabela 3.1 - Serviços típicos de recolha seletiva e recolha seletiva na origem .....	45
Tabela 3.2 - Sistemas para recolha de resíduos sólidos .....	46
Tabela 3.3 – Sistema de contentores estacionários com e sem compactador mecânico ....	48
Tabela 3.4 – Componentes principais sobre os estímulos .....	50
Tabela 3.5 - Tipo de decisões na área dos transportes em função do nível de planeamento .....	55
Tabela 3.6 – Classificação da recolha e transporte de resíduos sólidos urbanos .....	56
Tabela 3.7 - Estrutura de custos no transporte rodoviário .....	61
Tabela 4.1 – Resultados relacionados com a recolha .....	92
Tabela 4.2 – Cenários relativos à viabilidade .....	94
Tabela 4.3 – Recolha de resíduos pela empresa subcontratada e valor pago .....	95
Tabela 4.4 – Comparação do número de ecopontos disponibilizados para a RS até 2010 e após o início da gestão por parte da VALNOR em 2011 .....	98
Tabela 5.1 – Resíduos recicláveis recolhidos em cada uma das rotas do Pólo de Castelo Branco .....	99
Tabela 5.2 – Resultados relacionados com a recolha de papel e cartão .....	105
Tabela 5.3 – Resultados relacionados com a recolha de embalagens .....	107
Tabela 5.4 – Resultados relacionados com a recolha de vidro .....	108
Tabela 5.5 – Estimativa do consumo de combustível por concelho .....	110
Tabela 5.6 – Comparação de custos da recolha seletiva .....	114

## Índice de gráficos

Gráfico 2.1 – Evolução da Recolha Seletiva, entre 2011 e 2002 .....29

Gráfico 2.2 – A Recolha Seletiva em Castelo Branco no Ano de 2011 .....30

## Lista de abreviaturas

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

CIVTRS - Centro Integrado de Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos de Avis e Fronteira

CDR - Combustíveis derivados de resíduos

CVO – Central de Valorização Orgânica

DA - Digestão Anaeróbica

DCI - Departamento de Comunicação e Imagem

EC - Ecocentro

ECAL - Embalagens de cartão para alimentos líquidos

EC C.B. – Ecocentro de Castelo Branco

EGF - Empresa Geral do Fomento

EMAS - Sistema Comunitário de Eco Gestão e Auditoria

EPI - Equipamentos de Proteção Individual

ESRI – *Environmental Systems Research Institute*

ET - Estação de transferência

ET C.B. – Estação de transferência de Castelo Branco

ETL - Estação de tratamento de lixiviados

kg - quilograma(s)

km - quilómetro(s)

l - litros

MAC - Manutenção Assistida por Computador

min – minuto(s)

MST - *Minimum Spanning Tree*

M€ - Milhões de euros

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PET - Politereftalato de Etileno

PREn - Plano de Racionalização Energético

RS – Recolha Seletiva

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SIG – Sistema de Informação Geográfica

Shp - *shape.files*

ton - toneladas

VRP – *Vehicle Routing Problem* (Problema de otimização de rotas)

## Lista de anexos

Anexo 1 – Cadastro dos ecopontos

Anexo 1.1 – Ecopontos do subsistema de Castelo Branco

Anexo 1.2 – Ecopontos do subsistema de Idanha-a-Nova

Anexo 1.3 – Ecopontos do subsistema de Oleiros

Anexo 1.4 – Ecopontos do subsistema de Proença-a-Nova

Anexo 1.5 – Ecopontos do subsistema da Sertã

Anexo 1.6 – Ecopontos do subsistema de Vila Velha de Ródão

Anexo 2 – Georreferenciação dos ecopontos no *Google Earth*

Anexo 2.1 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema de Castelo Branco

Anexo 2.2 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema de Idanha-a-Nova

Anexo 2.3 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema de Oleiros

Anexo 2.4 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema de Proença-a-Nova

Anexo 2.5 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema da Sertã

Anexo 2.6 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema de Vila Velha de Ródão

Anexo 3 – Definição da rota em SIG

Anexo 3.1 – Definição da rota em SIG no subsistema de Castelo Branco

Anexo 3.2 – Definição da rota em SIG no subsistema de Idanha-a-Nova

Anexo 3.3 – Definição da rota em SIG no subsistema de Oleiros

Anexo 3.4 – Definição da rota em SIG no subsistema de Proença-a-Nova

Anexo 3.5 – Definição da rota em SIG no subsistema da Sertã

Anexo 3.6 – Definição da rota em SIG no subsistema de Vila Velha de Ródão

Anexo 4 – Definição da rota com ecopontos em SIG

Anexo 4.1 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema de Castelo Branco

Anexo 4.2 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema de Idanha-a-Nova

Anexo 4.3 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema de Oleiros

Anexo 4.4 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema de Proença-a-Nova

Anexo 4.5 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema da Sertã

Anexo 4.6 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema de Vila Velha de Ródão

Anexo 5 – Rota em km definida pelo SIG

Anexo 5.1 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema de Castelo Branco

Anexo 5.2 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema de Idanha-a-Nova

Anexo 5.3 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema de Oleiros

Anexo 5.4 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema de Proença-a-Nova

Anexo 5.5 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema da Sertã

Anexo 5.6 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema de Vila Velha de Ródão

# CAPITULO I - INTRODUÇÃO

## 1.1 Problemática da investigação

A problemática levantada com a elaboração deste projeto visa contribuir para um melhor desempenho do setor da Recolha Seletiva (RS), através da utilização de conceitos e ferramentas da logística, que permitam otimizar as rotas desta atividade.

Com a integração da Associação de Municípios Raia Pinhal na VALNOR, Valorização e Tratamento de Resíduos, S.A., notou-se a necessidade de um melhor planeamento da RS a realizar nos novos municípios integrantes na área de abrangência, gerida pela mesma, uma vez que esta atividade era realizada por uma empresa subcontratada, o que era considerado inviável, face à visão de gestão da Administração da VALNOR.

Considerando que a VALNOR é uma empresa denominada de *Consumidora Intensiva de Energia* (de acordo com a definição descrita no Decreto-Lei nº. 71/2008, de 15 de Abril e na Portaria nº. 228/1990, de 27 de Março), foram realizadas ao longo do ano de 2011 auditorias energéticas, demonstrando estas, que grande parte do consumo energético da VALNOR se encontra relacionado com o consumo de combustíveis na sua frota.

Face ao resultado destas auditorias a VALNOR elaborou um Plano de Racionalização Energético (PREn), aprovado pela Agência para a Energia (ADENE), tutelada pelo Ministério da Economia e do Emprego, no qual se definiram metas e objetivos com vista à diminuição dos consumos de energia elétrica e combustível. Nesse mesmo Plano, foi definida a necessidade de uma otimização de rotas, que visem a diminuição do consumo de combustíveis nas diferentes atividades desenvolvidas pela Empresa.

Desta forma, no presente trabalho optou por estudar, como área piloto, o Pólo de Castelo Branco, por ser uma área onde a VALNOR iria ter de iniciar esta atividade, com o objetivo de posteriormente, de acordo com a metodologia apresentada, poder implementar-se este estudo em toda a área de abrangência da VALNOR.

## 1.2 Relevância e atualidade do tema

Um dos maiores problemas da sociedade moderna é a quantidade de resíduos que produz e o destino a dar-lhes. Independentemente do tipo e quantidade de resíduos produzidos, esta é sempre superior à capacidade natural de biodegradação e reciclagem no ambiente. De acordo com a composição desses resíduos, poderão ser desenvolvidas e implementadas soluções de tratamento e valorização, rentáveis financeiramente e equilibradas do ponto de vista ambiental.

Desde a sua constituição em 2001 que tem sido preocupação constante da VALNOR integrar as questões relacionadas com as três dimensões de análise do Desenvolvimento Sustentável – Económica, Social e Ambiental nas suas estratégias de curto, médio e longo prazo. Como resultado deste trabalho, para além dos benefícios diretamente perceptíveis no desempenho da empresa, a VALNOR tem conseguido induzir e estimular a adoção de comportamentos que, direta e indiretamente, têm contribuído para o desenvolvimento sustentável da região onde se insere (Simões, 2010).

A problemática da gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) assume, cada vez mais importância em termos económicos e ambientais, devido às restrições impostas e ao cumprimento de legislação nacional e europeia.

Neste sentido, no contexto atual da gestão de resíduos, muitos têm sido os avanços, quer em termos tecnológicos, quer em formas de valorização dos mesmos.

O desenvolvimento económico, o crescimento demográfico e o consumismo, têm originado o aumento da produção de resíduos.

A gestão e o tratamento dos resíduos produzidos têm vindo a assumir uma importância crescente (Simões, 2010), em termos gerais e em termos particulares, na análise dos custos associados aos sistemas de recolha e de transporte de resíduos que representam, em termos orçamentais, cerca de 40% a 70% do custo total de um sistema de gestão de RSU (Martinho & Gonçalves, 2000), o que significa que as melhorias realizadas neste campo podem permitir obter reduções significativas nos custos associados ao sistema de recolha e transporte de resíduos.

É este o âmbito do presente projeto, estudar, através de uma nova metodologia, uma forma de melhoria de sistemas de recolha e transporte de RS – Recolha Seletiva, aplicando-o a um caso de estudo real no denominado Pólo de Castelo Branco da VALNOR, com vista à obtenção de melhorias significativas, em termos de custos e de tempo.

De acordo com Carvalho (2010b), a empresa é uma empreitada com tantos anos como a humanidade. Passou por várias formas e sofreu diferentes influências. Saber olhar a empresa hoje e prever o seu futuro é trabalho para vários tipos de investigação e várias áreas do conhecimento. As áreas da Logística e da Gestão da Cadeia de Abastecimento, os seus investigadores e os seus profissionais não podem deixar de participar nesta empreitada de análise e de previsão da empresa, com contributos tão variados e expressivos quanto o permitam a área que desenvolvem e onde trabalham.

Considerando este como o contexto haverá um conjunto de princípios que devem estruturar um tipo de abordagem possível a este trabalho, em termos de Logística e de Gestão da Cadeia de Abastecimento. Tomam-se esses princípios como sendo os seguintes Carvalho (2010b):

- Princípio 1 - O desenvolvimento da logística e da gestão da cadeia de abastecimento estão fortemente dependentes do desenvolvimento de outras áreas do conhecimento empresarial. Não é possível pensar o futuro da Logística e da Gestão da Cadeia de Abastecimento sem pensar o futuro destas áreas (dir-se-á que o inverso é também verdadeiro).

As abordagens desenvolvidas numa lógica de logística e, mais amplamente, de gestão da cadeia de abastecimento, sofrem influência decisiva de outras áreas do conhecimento que a justificam e que, sumariamente, se podem apontar como sendo a área militar, a área da biologia, a área da economia, a área dos sistemas, a área da psicossociologia, a área dos métodos quantitativos, a área da comunicação, as áreas da criatividade e do pensamento complexo e a área da estratégia, entre várias outras.

- Princípio 2 - A interligação entre diferentes áreas do conhecimento de que a logística e a gestão da cadeia de abastecimento beneficiam deve fazer emergir uma lógica própria para a gestão da cadeia de abastecimento, lato senso, e que sustente a necessidade da sua continuidade e do seu desenvolvimento, em termos empresariais, nomeadamente

com características idiossincráticas na criação de vantagens competitivas. Só assim será possível perspetivar o seu futuro.

### 1.3 Enquadramento legal e normativo

Nesta secção procura-se identificar os principais documentos legais e estratégicos que no contexto nacional e comunitário regulamentam a gestão de resíduos.

Restringe-se este enquadramento legal e normativo à legislação relativa à recolha e transporte de resíduos sólidos urbanos, interessando para o estudo das rotas de recolha de resíduos de embalagens (papel, cartão, plástico, metais e vidro), isto é, frações recicláveis de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Identifica-se, então, os seguintes documentos:

- Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016 (PERSU II);
- Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho, que estabelece o regime geral aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos;
- Lista Europeia de Resíduos (LER), que procede à classificação dos resíduos a nível europeu – Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março;
- Portaria 335/1997, de 16 de Maio, que estabelece as regras a que fica sujeito o transporte de resíduos;
- Lei de Bases do Ambiente – Lei n.º 11/87, de 07 de Abril (A proposta da nova Lei de Bases do Ambiente, foi aprovada em Conselho de Ministros no dia 14 de Junho de 2012. Aguarda-se contudo a sua publicação).

#### 1.3.1 Plano estratégico para os resíduos sólidos urbanos 2007-2016 (PERSU II)

Em 2007 foi aprovado, através da Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro, o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos para o período de 2007 a 2016 (PERSU II), que dá continuidade à política de gestão de resíduos, tendo em atenção as novas exigências entretanto formuladas a nível nacional e comunitário, assegurando, designadamente, o cumprimento dos objetivos comunitários em matéria de desvio de

resíduos urbanos biodegradáveis de aterro e de reciclagem e valorização de resíduos de embalagens, e procurando colmatar as limitações apontadas à execução do PERSU I (Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos para o período de 1997 a 2007) (APA, 2012).

Na sequência e em complemento do PERSU II, foi aprovada a Estratégia para os Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR), através do Despacho n.º 21295/2009, de 26 de Agosto, dos Ministros do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional e da Economia e da Inovação (APA, 2012).

De acordo com o disposto no artigo 15.º do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, o PERSU II estabelece as prioridades a observar no domínio dos RSU, as metas a atingir, ações a implementar e as regras orientadoras da disciplina a definir pelos planos multimunicipais, intermunicipais e municipais de ação (MAOTDR, 2007).

Parte das orientações estratégicas definidas no PERSU II emanam do Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados (PIRSUE), aprovado pelo Despacho n.º 454/2006 (II Série), de 9 de Janeiro, no âmbito do qual foram diagnosticados os principais problemas inerentes à gestão dos RSU e identificados os eixos de intervenção, medidas e ações a concretizar pelos diversos agentes do sector, com destaque para os sistemas plurimunicipais de gestão de RSU (MAOTDR, 2007).

O PERSU II teve como princípios orientadores (MAOTDR, 2007):

- A importância de uma política de RSU ajustada aos compromissos de redução das emissões de gases com efeito de estufa, assumidos no âmbito do Protocolo de Quioto, e concretizadas no Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006, de 23 de Agosto;

- A necessidade de articulação com os outros documentos de orientação estratégica, aprovados pelo Governo que são relevantes para o enquadramento da política específica para os RSU, nomeadamente a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável, a proposta à Assembleia da República do Programa Nacional da política de Ordenamento do Território, o Programa Nacional de Ação para o Crescimento e Emprego e o Plano Tecnológico.

Dois aspetos fundamentais marcam ainda o PERSU II (MAOTDR, 2007):

- O facto de a proposta da Diretiva Quadro da Gestão de Resíduos conferir um papel de maior relevo aos planos nacionais, para a gestão de resíduos;

- O facto de ser amplamente reconhecido que o sucesso de uma gestão exigente e consequente dos RSU passa pelo crescente envolvimento e responsabilização dos agentes e dos cidadãos em geral (Dashöfer, 2007).

Neste sentido, desde 2007, que as empresas de gestão de resíduos, sejam elas Municipais, Intermunicipais, ou Multimunicipais, seguem as linhas orientadoras definidas no PERSU II, para realizar os seus Planos de Ação, definindo investimentos e criação de novas infraestruturas, até ao horizonte de 2016.

As linhas orientadoras estratégicas essenciais definidas no PERSU II são (MAOTDR, 2007):

- Reduzir, reutilizar e reciclar;
- Separar na origem;
- Minimizar a deposição em aterro;
- *Waste to energy*, para a fração de rejeitos (fração não reciclável);
- Protocolo de Quioto: compromisso determinante na política de resíduos;
- Informação validada a tempo de se poderem tomar decisões;
- Estratégia de Lisboa: Sustentabilidade dos Sistemas de Gestão.

Para a concretização das referidas linhas orientadoras estratégicas preconizam-se cinco eixos de atuação no período de 2007 a 2016 (MAOTDR, 2007):

- Eixo I – Prevenção: Programa Nacional, que comporta duas medidas, nomeadamente a redução da quantidade de resíduos e a redução da sua perigosidade;

- Eixo II – Sensibilização e mobilização dos cidadãos, que é equacionado sob dois pontos de vista, nomeadamente a sensibilização e mobilização dos cidadãos, enquanto consumidores, e sensibilização e Mobilização dos cidadãos, enquanto Agentes Económicos;

- Eixo III – Qualificação e Otimização da Gestão de Resíduos, que preconiza um conjunto de medidas chave, nomeadamente a Otimização dos Sistemas de Gestão de RSU, por via de um processo de reconfiguração e integração, a sustentabilidade dos Sistemas de Gestão de RU, o envolvimento dos Sistemas de Gestão de RSU na prossecução da estratégia, o reforço dos sistemas ao nível da infraestruturas e equipamentos necessários a uma gestão integrada dos resíduos, o reforço da reciclagem (valorização material), o reforço da investigação e marketing no domínio da reciclagem, o estabelecimento de critérios de qualidade para os materiais reciclados, composto e CDR/CSR e a abertura ao mercado da gestão das infraestruturas de tratamento dos resíduos, para além das recolhas seletiva e indiferenciada;

- Eixo IV – Sistema de Informação como pilar de gestão de RSU, tendo como base o facto de a informação ser um dos instrumentos fundamentais, para dar corpo à prossecução dos objetivos definidos a nível destas políticas, em geral, e de gestão de resíduos, em particular;

- Eixo V – Qualificação e otimização da intervenção das entidades públicas no âmbito da Gestão de RSU, que será concretizado através da implementação de uma série de medidas, como sejam a simplificação dos procedimentos de licenciamento das instalações de gestão de RSU, ao abrigo da Diretiva-Quadro “Resíduos” e do Programa SIMPLEX, o reforço da fiscalização/inspeção pelos organismos competentes e o reforço da regulação.

### 1.3.2 Regime geral da gestão de resíduos em Portugal<sup>1</sup>

O Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho, que estabelece a terceira alteração do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro e transpõe a Diretiva n.º 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, relativa aos resíduos, prevê, no seu enquadramento legislativo (APA, 2012):

- Reforço da prevenção da produção de resíduos e fomentar a sua reutilização e reciclagem, promover o pleno aproveitamento do novo mercado organizado de resíduos, como forma de consolidar a valorização dos resíduos, com vantagens para os agentes económicos, bem como estimular o aproveitamento de resíduos específicos com elevado potencial de valorização;
- Clarifica conceitos-chave como as definições de resíduo, prevenção, reutilização, preparação para a reutilização, tratamento e reciclagem, e a distinção entre os conceitos de valorização e eliminação de resíduos, prevê a aprovação de programas de prevenção e estabelece-se metas de preparação para reutilização, reciclagem e outras formas de valorização material de resíduos, a cumprir até 2020;
- Incentivo à reciclagem que permita o cumprimento destas metas, e de preservação dos recursos naturais, prevê a utilização de pelo menos 5% de materiais reciclados em empreitadas de obras públicas;
- Definição de requisitos, para que substâncias ou objetos resultantes de um processo produtivo possam ser considerados subprodutos e não resíduos;

---

<sup>1</sup> Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho

- Critérios para que determinados resíduos deixem de ter o estatuto de resíduo;
- Introduce o mecanismo da responsabilidade alargada do produtor, tendo em conta o ciclo de vida dos produtos e materiais e não apenas a fase de fim de vida, com as inerentes vantagens do ponto de vista da utilização eficiente dos recursos e do impacto ambiental.

Com base no artigo.3º do Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho, é elaborada a Tabela 1.1 que se segue, onde se encontram explicitadas as principais definições relacionadas com a gestão de resíduos.

Tabela 1.1 – Principais definições relacionadas com a gestão de resíduos

Conceito	Definição
Resíduo	Qualquer substância ou objeto de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou a obrigação de se desfazer.
Resíduos Urbanos (RU)	O resíduo proveniente de habitações bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações. Os RU incluem resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços, incluindo as frações que podem ser recolhidas seletivamente (papel, cartão, vidro, plásticos, metais, matéria orgânica). Alguns destes resíduos podem ser considerados perigosos, pois apresentam características de perigosidade para a saúde ou para o ambiente.
Fluxo de resíduos	O tipo de produto componente de uma categoria de resíduos, transversal a todas as origens, nomeadamente embalagens, equipamentos elétricos e eletrónicos, pilhas e acumuladores, pneus, VFV, RCD, entre outros.
Fileira de resíduos	O tipo de material constituinte dos resíduos, nomeadamente fileira do vidro, fileira do plástico, fileira do metal, fileira da matéria orgânica ou fileira do papel e cartão.
Gestão de Resíduos	“A recolha, o transporte, a valorização e a eliminação de resíduos, incluindo a supervisão destas operações, a manutenção dos locais de eliminação no pós-encerramento, bem como as medidas adotadas na qualidade de comerciante ou corretor”
Hierarquia da Gestão de Resíduos	Significa que, preferencialmente, se deve optar pela prevenção e redução e que os resíduos cuja produção não pode ser evitada sejam, preferencialmente, reutilizados, reciclados ou valorizados sempre que possível, sendo a sua eliminação em aterro reduzida ao mínimo indispensável. A eliminação é considerada a pior opção para o ambiente, dado implicar uma perda de recursos e poder transformar-se numa responsabilidade ambiental futura.

Conceito	Definição
Recolha	Recolha: a apanha de resíduos, incluindo a triagem e o armazenamento preliminares dos resíduos, para fins de transporte para uma instalação de tratamento de resíduos; Recolha na origem: operação de transferência interna dos resíduos do local de produção para os equipamentos de deposição (e.g. recipientes de tara perdida, contentores de recolha indiferenciada e contentores de recolha seletiva) ou para os locais de armazenamento temporário.
Recolha Seletiva	A recolha efetuada de forma a manter o fluxo de resíduos separados por tipo e natureza com vista a facilitar o tratamento específico;
Reciclagem	Qualquer operação de valorização, incluindo o reprocessamento de materiais orgânicos, através da qual os materiais constituintes dos resíduos são novamente transformados em produtos, materiais ou substâncias para o seu fim original ou para outros fins mas que não inclui a valorização energética nem o reprocessamento em materiais que devam ser utilizados como combustível ou em operações de enchimento;
Triagem	Ato de separação de resíduos mediante processos manuais ou mecânicos, sem alteração das suas características, com vista à sua valorização ou a outras operações de gestão.
Transporte	Operação de transferência dos resíduos do local de deposição até aos locais de tratamento ou destino final, com ou sem passagem por estações de transferência.
Valorização	Qualquer operação cujo resultado principal seja a transformação dos resíduos de modo a servirem um fim útil, substituindo outros materiais que, caso contrário, teriam sido utilizados para um fim específico ou a preparação dos resíduos para esse fim na instalação ou conjunto da economia.
Produtor	“Qualquer pessoa, singular ou coletiva, cuja atividade produza resíduos (produtor inicial de resíduos) ou que efetue operações de pré-processamento, de mistura ou outras que alterem a natureza ou a composição de resíduos”
Detentor	A pessoa singular ou coletiva que tenha resíduos, pelo menos, na sua simples detenção, nos termos da legislação civil.
Ecoponto	Conjunto de contentores utilizados para depositar materiais como papel e cartão, plástico, vidro e pilhas.
Aterro Sanitário	Instalação de eliminação para deposição de resíduos acima ou abaixo da superfície natural.

Fonte: Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho

Qualquer termo técnico relacionado com a gestão de resíduos, utilizado no decorrer deste projeto, tem a interpretação das definições apresentadas na Tabela 1.1.

No Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho encontram-se também definidos oito princípios gerais da gestão de resíduos, os quais são a seguir indicados na Tabela 1.2.

Tabela 1.2 – Princípios gerais da gestão de resíduos

Princípios Gerais	Descrição
Princípio da autosuficiência e da proximidade	As operações de tratamento devem decorrer em instalações adequadas com recurso às tecnologias e métodos apropriados para assegurar um nível elevado de proteção do ambiente e da saúde pública, preferencialmente em território nacional e obedecendo a critérios de proximidade.
Princípio da responsabilidade pela gestão	A responsabilidade pela gestão dos resíduos, incluindo os respetivos custos, cabe ao produtor inicial dos resíduos, sem prejuízo de poder ser imputada, na totalidade ou em parte, ao produtor do produto que deu origem aos resíduos e partilhada pelos distribuidores desse produto se tal decorrer de legislação específica aplicável. As pessoas singulares ou coletivas que procedem, a título profissional, à recolha ou transporte de resíduos devem entregar os resíduos recolhidos e transportados em operadores licenciados para o tratamento de resíduos.
Princípio da saúde humana e do ambiente	Constitui objetivo prioritário da política de gestão de resíduos evitar e reduzir os riscos para a saúde humana e para o ambiente, garantindo que a produção, a <i>recolha e transporte</i> , o armazenamento preliminar e o tratamento de resíduos sejam realizados recorrendo a processos ou métodos que não sejam suscetíveis de gerar efeitos adversos sobre o ambiente, nomeadamente poluição da água, do ar, do solo, afetação da fauna ou da flora, ruído ou odores ou danos em quaisquer locais de interesse e na paisagem.
Princípio da hierarquia dos resíduos	A política e a legislação em matéria de resíduos devem respeitar a seguinte ordem de prioridades no que se refere às opções de prevenção e gestão de resíduos: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Prevenção e redução;</li> <li>b) Preparação para a reutilização;</li> <li>c) Reciclagem;</li> <li>d) Outros tipos de valorização;</li> <li>e) Eliminação.</li> </ul> Os produtores de resíduos devem proceder à separação dos resíduos na origem de forma a promover a sua valorização por fluxos e fileiras.
Princípio da responsabilidade do cidadão	Os cidadãos contribuem para a prossecução dos princípios e objetivos da gestão de resíduos, adotando comportamentos de carácter preventivo em matéria de produção de resíduos, bem como práticas que facilitem a respetiva reutilização e valorização.

Princípios Gerais	Descrição
Princípio da regulação da gestão de resíduos	É proibida a realização de operações de tratamento de resíduos não licenciados; São igualmente proibidos o abandono de resíduos, a incineração de resíduos no mar e a sua injeção no solo, a queima a céu aberto, bem como a descarga de resíduos em locais não licenciados para realização de tratamento de resíduos.
Princípio da equivalência	O regime económico e financeiro das atividades de gestão de resíduos visa a compensação tendencial dos custos sociais e ambientais que o produtor gera à comunidade ou dos benefícios que a comunidade lhe faculta, de acordo com um princípio geral de equivalência.
Princípio da responsabilidade alargada do produtor	Consiste em “atribuir, total ou parcialmente, física e ou financeiramente, ao produtor do produto a responsabilidade pelos impactes ambientais e pela produção de resíduos decorrentes do processo produtivo e da posterior utilização dos respetivos produtos, bem como da sua gestão quando atingem o final de vida”. O produtor do produto pode ser obrigado a promover alterações na conceção do produto de modo a assegurar a aplicação do princípio da saúde humana e do ambiente. Deste modo, a responsabilização do produtor do bem, permite colocar o ónus da gestão do resíduo no interveniente que poderá ter maior impacto em todo o ciclo de vida do material, incentivando alterações na conceção do produto, maximizando a poupança de matérias-primas e, minimizando a produção de resíduos.

Fonte: Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho

Em matéria de transporte de resíduos, o mesmo está sujeito a registo eletrónico ou em formato de papel na denominada Guia de Acompanhamento de Resíduos - Modelo A – Mod. 1428 da Imprensa Nacional da Casa da Moeda. Encontra-se ainda previsto a aprovação de normas técnicas sobre o transporte de resíduos em território nacional (Artigo 21.º do Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho).

### 1.3.3 Classificação dos resíduos a nível europeu<sup>2</sup>

A Lista Europeia de Resíduos (LER) encontra-se publicada no anexo I da Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.

A LER pode ser definida da seguinte forma (APA, 2012):

<sup>2</sup> Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março

- É uma lista harmonizada de resíduos, a ser examinada periodicamente à luz dos novos conhecimentos e, em especial, dos resultados da investigação e, se necessário, revista (em conformidade com o artigo 18º da Diretiva 75/442/CEE);
- Deverá ser salvaguardado que o facto de um determinado material estar incluído na lista não significa que o mesmo constitua um resíduo em todas as situações, uma vez que os resíduos poder ser reutilizados, por exemplo no âmbito da venda ou doação de artigos utilizados. Com efeito, um material só é considerado resíduo quando corresponde à definição de resíduo da alínea a) do artigo 1.º da Diretiva 2006/12/CE;
- Nesta lista identificam-se os resíduos considerados perigosos com a simbologia (\*), de acordo com critérios estabelecidos na Diretiva 91/689/CEE relativa a resíduos perigosos;
- Os diferentes tipos de resíduos incluídos na lista são totalmente definidos pelo Código LER - código de seis dígitos para os resíduos e, respetivamente, de dois e quatro dígitos para os números dos capítulos e subcapítulos.

A LER encontra-se numerada em capítulos (de 01 a 20). Cada capítulo coincide com a fonte geradora do resíduo. Por exemplo:

- **01** — Resíduos da prospeção e exploração de minas e pedreiras, bem como de tratamentos físicos e químicos das matérias extraídas;
- **15** — Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de proteção não anteriormente especificados;
- **20** - Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as frações recolhidas seletivamente.

Por sua vez, cada capítulo está dividido em códigos de quatro dígitos (subcapítulos):

- **01 01** - Resíduos da extração de minérios;
- **15 01** – Embalagens (incluindo resíduos urbanos e equiparados de embalagens, recolhidos separadamente);
- **15 02** – Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção;
- **20 01** – Frações recolhidas seletivamente (excepto 15 01);
- **20 02** – Resíduos de jardins e parques (incluindo cemitérios).

Os diferentes tipos de resíduos ficam totalmente definidos pelo código de seis dígitos.

No âmbito do presente projeto, destacam-se os seguintes códigos de resíduos, pois correspondem a resíduos urbanos e equiparados que devem ser recolhidos separadamente:

- **15 01 01** - Embalagens de papel e cartão;

- **15 01 02** - Embalagens de plástico;
- **15 01 07** – Embalagens de vidro;
- **15 01 04** - Embalagens de metal.

### 1.3.4 Regras do transporte de resíduos

Sempre que se pretenda proceder ao transporte de resíduos, o produtor e o detentor devem garantir que os mesmos são transportados de acordo com a Portaria n.º 335/1997, de 16 de Maio, bem como assegurar que o seu destinatário está autorizado a recebê-los.

O transporte rodoviário de resíduos apenas pode ser realizado por:

- O produtor de resíduos;
- O eliminador ou valorizador de resíduos, com licença nos termos da legislação aplicável;
- As entidades responsáveis pela gestão de resíduos perigosos hospitalares, autorizadas nos termos de legislação específica;
- As entidades responsáveis pela gestão de resíduos urbanos;
- As empresas com licença, para o transporte rodoviário de mercadorias por conta de outrem, nos termos do Decreto-Lei n.º 366/90, de 24 de Novembro.

O transporte de resíduos deve ser efetuado em condições ambientalmente adequadas, de modo a evitar a sua dispersão ou derrame, e observando, designadamente, os seguintes requisitos:

- Os resíduos líquidos e pastosos devem ser acondicionados em embalagens estanques, cuja taxa de enchimento não exceda 98%;
- Os resíduos sólidos podem ser acondicionados em embalagens ou transportados a granel, em veículo de caixa fechada ou veículo de caixa aberta, com a carga devidamente coberta;
- Todos os elementos de um carregamento devem ser convenientemente arrumados no veículo e escorados, por forma a evitar deslocações entre si ou contra as paredes do veículo;
- Quando, no carregamento, durante o percurso ou na descarga, ocorrer algum derrame, a zona contaminada deve ser imediatamente limpa, recorrendo a produtos absorventes, quando se trate de resíduos líquidos ou pastosos.

O transporte de resíduos urbanos está isento de Guia de Acompanhamento (Modelo A – Mod. 1428), com exceção dos resultantes de triagem e destinados a operações de valorização. As guias devem ser feitas em triplicado e devem ser arquivadas por um período de cinco anos pelo produtor ou detentor, transportador e destinatário.

### 1.3.5 Lei de bases do ambiente

Não menos importante é a Lei 11/87, de 07 de Abril, que define as bases da política de ambiente.

De acordo com esta Lei, a política de ambiente tem por fim otimizar e garantir a continuidade de utilização dos recursos naturais, qualitativa e quantitativamente, como pressuposto básico de um desenvolvimento autossustentado.

Em matéria de gestão de resíduos, no seu artigo 24.º faz referência aos resíduos e efluentes, sendo que:

- Os resíduos sólidos poderão ser reutilizados como fontes de matérias-primas e energia, procurando-se eliminar os tóxicos pela adoção das seguintes medidas:
  - aplicação de «tecnologias limpas»;
  - aplicação de técnicas preventivas orientadas para a reciclagem e reutilização de produtos como matérias-primas;
  - aplicação de instrumentos fiscais e financeiros que incentivem a reciclagem e utilização de resíduos e efluentes.
- A emissão, transporte e destino final de resíduos e efluentes ficam condicionados a autorização prévia;
- A responsabilidade do destino dos diversos tipos de resíduos e efluentes é de quem os produz;
- Os resíduos e efluentes devem ser recolhidos, armazenados, transportados eliminados ou reutilizados de tal forma que não constituam perigo imediato ou potencial para a saúde humana nem causem prejuízo para o ambiente;
- A descarga de resíduos e efluentes só pode ser efetuada em locais determinados para o efeito pelas entidades competentes e nas condições previstas na autorização concedida.

## 1.4 Objetivo de investigação

Este projeto tem como objetivo geral otimizar as rotas de recolha seletiva (RS) com o intuito de contribuir para a diminuição do consumo de combustível associado a esta atividade, assim como contribuir para uma melhoria da qualidade ambiental.

De forma a atingir-se este objetivo, pretende-se especificamente:

1. Determinar a rota mais eficiente, em termos de custo – distância, para a recolha de resíduos recicláveis (papel e cartão, embalagem, e vidro) na região denominada por Pólo de Castelo Branco;
2. Delinear orientações estratégicas para a logística de forma a melhorar o sistema de RS, implementando novos circuitos de RS, com vista à otimização das rotas existentes e diminuição dos consumos, numa situação de exploração própria, face a uma atividade subcontratada.

Com o presente estudo e no prosseguimento dos objetivos pretende-se demonstrar se, numa situação de exploração própria, as rotas utilizadas por uma empresa subcontratada poderão sofrer melhorias consideráveis, permitindo reduzir custos.

As principais contribuições do presente projeto são a melhoria do sistema de recolha e transporte de resíduos recicláveis, no denominado Pólo de Castelo Branco da VALNOR, através do ajuste na frequência de recolha e na otimização de rotas, sendo no futuro a mesma metodologia adaptada a todos os municípios que integram a área de abrangência da VALNOR.

## 1.5 Estrutura do projeto

Este projeto encontra-se estruturado em seis capítulos, sendo este o da parte introdutória com a apresentação da problemática, do enquadramento legal, da relevância e atualidade do tema e dos objetivos do projeto.

No Capítulo II é descrita a empresa na qual é realizado o presente trabalho, abrangendo a sua constituição, os objetivos da sua criação, a sua missão, a sua localização, os pontos de recolha, as certificações, os momentos de destaque na sua história, a

integração da Associação Raia Pinhal na VALNOR e as operações logísticas de triagem de resíduos.

O Capítulo III refere-se ao enquadramento teórico, com realce para a logística, modo de transporte rodoviário e métodos de definição de rotas.

Por sua vez, no Capítulo IV é descrita a metodologia para a realização do trabalho de investigação, com recurso a sistemas de informação geográfica e métodos matemáticos, nomeadamente validação com algoritmo e análise de viabilidade.

No Capítulo V são sintetizados e discutidos os principais resultados do trabalho realizado.

No Capítulo VI são apresentadas as principais conclusões, com indicação dos principais resultados e da sua análise à luz do exposto no capítulo da introdução, bem como as perspetivas de desenvolvimentos futuros, sendo ainda indicadas as limitações.

## CAPITULO II – CARACTERIZAÇÃO E LOGÍSTICA DA VALNOR

### 2.1 Constituição e objetivos

A VALNOR – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A. foi constituída em 2001 pelo Decreto – Lei nº 11/2001, de 23 de Janeiro, e tem por objeto social a exploração e gestão do Sistema Multimunicipal de Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos do Norte Alentejano (VALNOR, 2012).

A VALNOR é hoje uma empresa com forte implantação nos distritos de Portalegre, Santarém e Castelo Branco, reconhecida e certificada nacional e internacionalmente pela qualidade da sua gestão, pelo seu rigor na atenção às normas que legislam a Proteção do Ambiente, a Segurança e a Saúde no Trabalho, assim como pela prevalência dos princípios do Desenvolvimento Sustentável e da otimização de recursos na evolução da sua atividade (VALNOR, 2012).

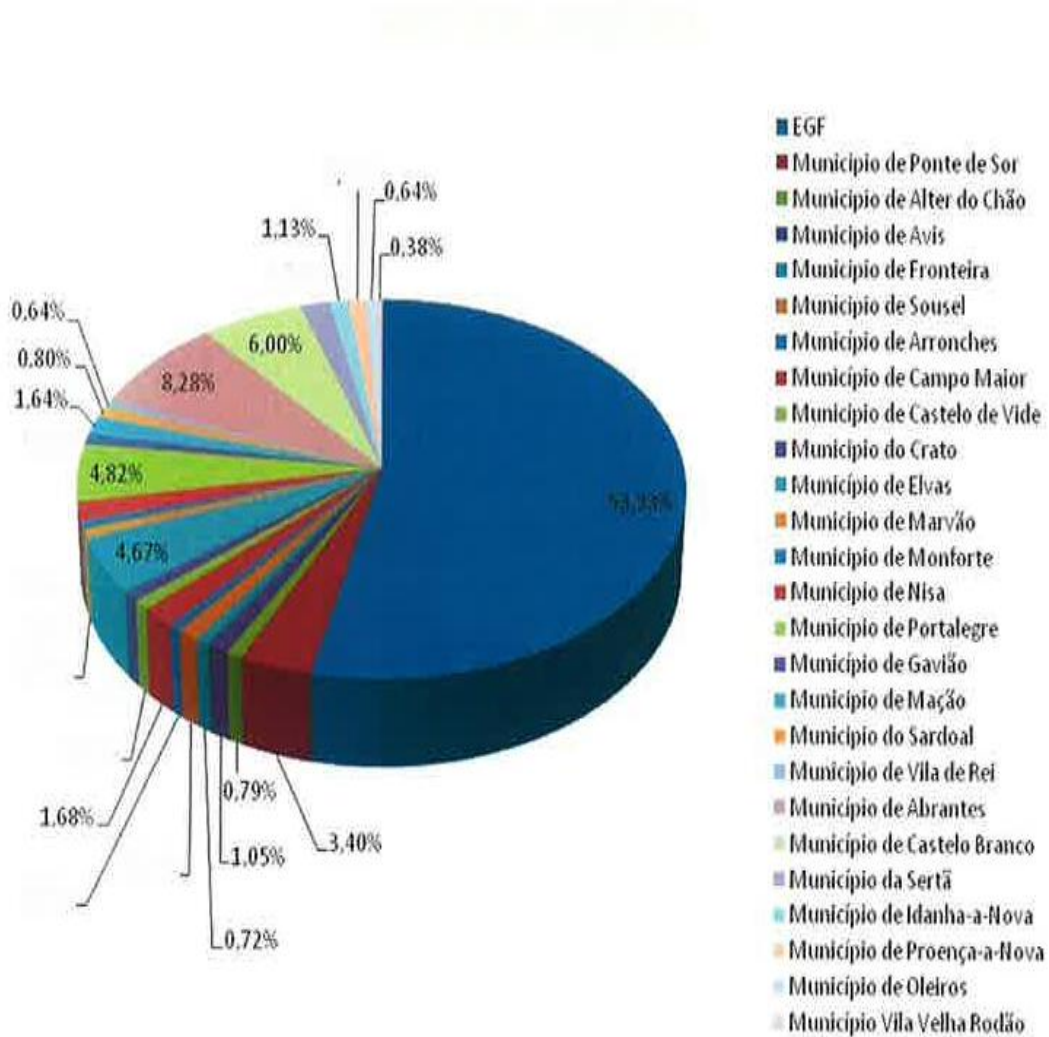
Atualmente, a VALNOR abrange uma área de 11.980 km<sup>2</sup>, correspondendo a 25 municípios e a cerca de 13,5% do território nacional. Nesta área, 271.765 habitantes usufruem dos serviços prestados pela VALNOR (VALNOR, 2012)<sup>3</sup>.

A sua estrutura acionista encontra-se representada na Figura 2.1, realçando a maior percentagem de participação no capital por parte da Empresa Geral do Fomento (EGF), *sub-holding* da Empresa Águas de Portugal, SGPS, com 53,3 %, sendo a restante constituição acionista (46,7%) pertencente aos Municípios integrantes na área de abrangência da VALNOR, em função da população residente em cada um.

---

<sup>3</sup> De acordo com os Censos 2011 (INE)

Figura 2.1 – Estrutura acionista da VALNOR



Fonte: VALNOR (2012)

## 2.2 Missão

Consiste em adotar um sistema de excelência de valorização e tratamento de resíduos sólidos urbanos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região e assegurando o bem-estar das populações da área de abrangência, numa lógica de melhoria de atendimento às populações e preservação dos ecossistemas (VALNOR, 2012).

## 2.3 Localização

A área de intervenção da VALNOR abrange os Municípios de Abrantes, Alter do Chão, Arronches, Avis, Campo Maior, Castelo Branco, Castelo de Vide, Crato, Elvas, Fronteira, Gavião, Idanha-a-Nova, Mação, Marvão, Monforte, Nisa, Oleiros, Ponte de Sor, Portalegre, Proença-a-Nova, Sardoal, Sertã, Sousel, Vila de Rei e Vila Velha de Ródão.

A localização geográfica da VALNOR, no contexto nacional, apresenta-se na figura 2.2.

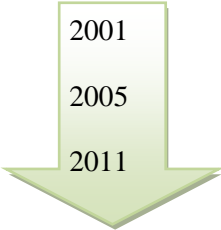
Figura 2.2 – Localização geográfica da VALNOR



Fonte: VALNOR (2012)

O Sistema Multimunicipal da VALNOR, desde a sua constituição em 2001 até 2011, passou de 14 para 25 conselhos, de uma área abrangida de 5.700 para 11.980 km<sup>2</sup>, e de uma população servida de 122.131 para 271.765 habitantes, conforme se indica na figura 2.3.

Figura 2.3 – Número de concelhos, área de abrangência e população servida pela VALNOR nos anos de 2001, 2005 e 2011



	<b>Número de Concelhos</b>	<b>Área de Abrangência (km<sup>2</sup>)</b>	<b>População Residente (Hab.)</b>
2001	14	5.700	122.131
2005	19	7.500	180.596
2011	25	11.980	271.765

Fonte: Elaboração própria

A VALNOR assume, desde o início da sua constituição, o objetivo de constituir na região um sistema integrado de tratamento de todos os tipos de resíduos não perigosos.

Ao longo dos anos, este objetivo tornou-se uma realidade e a VALNOR tem alargado a sua intervenção, assumindo-se hoje como um sistema de tratamento e valorização de resíduos verdadeiramente integrado (VALNOR,2012).

As principais áreas de intervenção são:

- Gestão, tratamento e valorização de resíduos sólidos urbanos;
- Recolha seletiva;
- Gestão e tratamento de resíduos de construção e demolição (RCD's);
- Triagem e desmantelamento de resíduos volumosos vulgarmente definidos como “Monos” ou “Monstros;”
- Descontaminação e desmantelamento de veículos em fim de vida (VFV's);
- Descontaminação e desmantelamento de resíduos elétricos e eletrónicos (REEE's);
- Recolha e valorização de óleos alimentares usados (OAU);
- Produção de energia através da utilização do biogás produzido no aterro sanitário encerrado, existente em Abrantes, no denominado Centro Electro Produtor e através da Unidade de Preparação de Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR's), que permite tratar rejeitados de outras instalações existentes na VALNOR, permitindo que os mesmos

sejam utilizados, após tratamento, em fornos de cimenteira como substituição de combustíveis fósseis.

## 2.4 Pontos de recolha de resíduos recicláveis - ecopontos

Os ecopontos (figura 2.4) são contentores diversificados (contentor verde, contentor amarelo, contentor azul e contentor vermelho) utilizados para a recolha seletiva de resíduos sólidos urbanos (RSU), os quais, depois de devidamente tratados, são encaminhados para posterior valorização física (reciclagem).

O ecoponto facilita a separação e acondicionamento dos resíduos destinados à reciclagem.

Figura 2.4 – Ecopontos utilizados na atividade de recolha seletiva



Fonte: VALNOR

No ecoponto azul destinado à colocação de resíduos de embalagens de papel e cartão, pode colocar-se jornais e revistas, embalagens de cartão, que deverão ser espalmadas, e papel de embrulho.

No ecoponto amarelo destinado à colocação de resíduos de embalagens de plástico e metal, pode colocar-se: garrafas e garrafões de plástico, embalagens de plástico de

detergentes, champôs, pacotes de bebidas (leite, sumos e vinhos), sacos de plástico, latas de bebida, latas de conservas, embalagens vazias de *sprays* e esferovite.

No ecoponto verde destinado à colocação de embalagens de vidro, pode colocar-se garrafas de vidro (vinho, água, sumos), frascos e boiões. Estes contentores (vidrões) podem ainda aparecer de forma isolada, apresentando as cores verde e branca.

O ecoponto vermelho, normalmente agregado ao ecoponto verde, destina-se à colocação de pilhas e baterias usadas. Este contentor (pilhão) pode aparecer de forma isolada, apresentando a cor amarela.

## 2.5 Certificação

A VALNOR tem pautado a sua atividade de acordo com os padrões exigentes de funcionamento, padrões estes necessários para atingir o grau de excelência que posicionam atualmente a VALNOR como um sistema de valorização de excelência reconhecido ao nível nacional e internacional.

A sua meta constante e fundamental é a prestação de serviços de qualidade, com respeito pelos aspetos essenciais de ordem social e ambiental, aperfeiçoando e valorizando a atividade de modo a merecer o reconhecimento dos clientes e das populações que são servidas (VALNOR,2012).

A VALNOR possui a certificação integrada nos sistemas de gestão da qualidade, ambiente e segurança no trabalho (NP EN 9001:2000 / NP EN ISO 14001 / OHSAS 18001).

A VALNOR tem vindo a consolidar um Sistema Integrado de Gestão, Qualidade, Ambiente, Segurança e Saúde no Trabalho e Responsabilidade Social devidamente certificado, tendo sido a primeira empresa europeia do sector de tratamento de RSU a obter a certificação integrada relativamente ao Sistema Integrado de Gestão da Qualidade ISO 9001, ao Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001 e ao Sistema de Segurança e Saúde no Trabalho OHSAS 18001 (VALNOR, 2012).

No domínio da Responsabilidade Social, a VALNOR encontra-se igualmente certificada através da Norma SA 8000. Neste domínio particular, o Conselho de Administração da VALNOR definiu os seguintes princípios orientadores do seu desenvolvimento:

- Não utilizar e não apoiar a utilização de mão-de-obra infantil;

- Não se envolver ou apoiar a utilização de trabalho forçado e compulsório;
- Proporcionar um ambiente de trabalho seguro e saudável, implementando as medidas de prevenção adequadas e assegurando a formação regular dos seus colaboradores;
- Respeitar o direito dos colaboradores de formarem ou se associarem a sindicatos ou órgãos representativos de sua categoria profissional;
- Não utilizar práticas disciplinares abusivas ou qualquer tipo de discriminação (raça, origem nacional ou social, classe social, nascimento, religião, deficiência, sexo, orientação sexual, responsabilidades familiares, estado civil, associação a sindicato, opinião política, idade ou qualquer outra condição);
- Cumprir a legislação laboral em vigor;
- Assegurar aos seus colaboradores remunerações que satisfaçam, pelo menos, a padrões mínimos da área de negócio em que está inserida (VALNOR,2012).

A VALNOR obteve pela primeira vez o registo no Sistema Comunitário de Eco Gestão e Auditoria (EMAS), em 2007. A Declaração Ambiental é validada anualmente por um verificador e organismo independente, acreditado para o efeito, sendo posteriormente aprovada pelo organismo público responsável pelo EMAS em Portugal (VALNOR,2012).

A VALNOR realiza revisões pela gestão, no âmbito da Norma ISO 9001 e de acordo com o Referencial SA (Responsabilidade Social), que têm como objetivo avaliar o Sistema Integrado de Gestão, para assegurar que este se mantém apropriado, adequado e eficaz face aos requisitos do sistema. Estas revisões são executadas em intervalos de tempo planeados e enquadram-se nas certificações da Qualidade, Ambiente, Segurança e Responsabilidade Social (VALNOR,2012).

## 2.6 Momentos de destaque na história da VALNOR

Nos registos internos da VALNOR constam os factos a seguir descritos e que demonstram o que define a evolução da empresa.

2001 - Constituição da VALNOR, início de atividade, encerramento e requalificação ambiental de 22 lixeiras e início da implementação da Recolha Seletiva.

2002 - Implementação do Sistema de Recolha Seletiva, construção da Estação de Triagem e entrada em operação da mesma infraestrutura, construção de quatro Estações de Transferência (locais geograficamente dispersos criados para a entrega de resíduos

provenientes da recolha indiferenciada, por parte dos municípios responsáveis pela sua recolha. Estas instalações são geridas pela VALNOR, sendo a mesma responsável pelo transporte dos resíduos para o seu destino final.

2003 - Obtenção da certificação integrada dos sistemas de Gestão da Qualidade, Gestão Ambiental e de Segurança e Saúde no Trabalho, no mês de março, reforço do sistema de recolha seletiva com mais 150 ecopontos, totalizando 550 ecopontos nos 14 concelhos, sendo de um ecoponto por cada 215 habitantes, em média. Criação do Departamento de Comunicação e Imagem (DCI), com vista à sistematização de ações de comunicação e de sensibilização, realização da exposição itinerante “Mundo Limpo,” criação de um “Ecoponto Doméstico” no âmbito da sensibilização das populações para a temática dos resíduos e da importância da deposição seletiva dos RSU valorizáveis. Adoção do sistema de Manutenção Assistida por Computador (MAC), para a gestão eficiente dos equipamentos móveis e fixos ao serviço da empresa.

2004 - Ocorrem intervenções no denominado Centro Integrado de Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos (CIVTRS) de Avis e Fronteira. Estas intervenções compreendem a construção e ampliação de um conjunto de infraestruturas num investimento que ascendeu a 4,5 milhões de euros, nomeadamente:

- A construção de uma nova célula suplementar de deposição de RSU's;
- A construção do centro oficial, permitindo uma gestão eficiente dos equipamentos móveis e fixos da empresa e garantindo que a manutenção preventiva dos mesmos seja realizada na empresa;
- A remodelação da Estação de Tratamento de Lixiviados (ETL), nomeadamente a construção de uma nova lagoa, o que permitiu um aumento significativo da eficiência de tratamento dos lixiviados produzidos;

2005 - Inauguração das novas instalações técnicas e administrativas no CIVTRS de Avis e Fronteira, com uma área de 500m<sup>2</sup>, tendo sido abandonado as antigas instalações de Alter do Chão. Neste ano ocorreu ainda a integração na área de abrangência do Sistema dos cinco municípios que compunham o sistema municipal AMARTEJO – Abrantes, Gavião, Mação, Sardoal e Vila de Rei, significando o aumento da população servida de 120 mil para cerca de 180 mil habitantes<sup>4</sup>. Neste mesmo ano teve ainda início a atividade de Recolha de Óleos Alimentares Usados.

---

<sup>4</sup> De acordo com os Resultados Provisórios dos Censos 2011 (INE)

2006 - A VALNOR obtém a Certificação em Responsabilidade Social, segundo o referencial SA 8000, e viu validado pelo Instituto do Ambiente (atual Agência Portuguesa do Ambiente) o seu registo no EMAS – Sistema Comunitário de Eco-Gestão e Auditoria. Como marcos importantes deste ano, pode ainda referir-se:

- Início da Exploração de dois aterros de Resíduos Inertes (Resíduos de Construção e Demolição - RCD) localizados em Campo Maior e Ponte Sor;

- Lançamento do Concurso Público Internacional e início da obra de empreitada de Conceção e Construção da Central de Valorização Orgânica (CVO).

2007 – Início de novas áreas de atividade, como sejam:

- Desmantelamento de Resíduos Elétricos e Eletrónicos (REEE);

- Descontaminação e Desmantelamento de veículos em fim de vida (VFV);

- Início da exploração da Unidade de Produção de biodiesel.

2008 - Início da exploração da Central de Valorização Orgânica, cujo investimento ascendeu a 18 milhões de euros. Neste ano foram também efetuadas obras de ampliação e automatização na Estação de Triagem de Embalagens, unidade na qual se efetua a triagem dos resíduos provenientes da recolha seletiva. Ainda durante este ano, a gestão de Resíduos de Construção e Demolição foi alargada, tendo sido para o feito construídas cinco Estações de Transferência, Triagem e Fragmentação de RCD, que permitiram dotar a área de abrangência da VALNOR de infraestruturas preparadas para o tratamento deste tipo de resíduos. Estas instalações recebem a Unidade de Crivagem e Britagem Móveis, também adquiridas no mesmo ano.

2009 - Entrada em funcionamento da Unidade de Triagem Automática de Embalagens e consolidação da exploração da Central de Valorização Orgânica.

2010 - Integração de seis novos municípios, anteriormente geridos pela Associação de Municípios de Raia Pinhal, sendo eles Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Oleiros, Proença-a-Nova, Sertã, Vila Velha de Ródão, o que significa um aumento da população servida e da área de abrangência do Sistema. Durante este ano tem início a construção da Unidade de Digestão Anaeróbia (DA).

2011 – Início da exploração do CIVTRS de Castelo Branco, também denominado por Pólo de Castelo Branco, e da Unidade de Digestão Anaeróbia, encerramento do Aterro sanitário existente em Abrantes e início da construção da Unidade de Preparação de Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR) e do Centro Electroprodutor de Energia de Abrantes.

2012 - Consolidação da exploração da Unidade de Digestão Anaeróbia, início da exploração da Unidade de Preparação de Combustíveis Derivados e Resíduos. Nesta última instalação são processados os rejeitos das instalações do Tratamento Mecânico da Central de Valorização Orgânica e da Unidade de Triagem Automática de Embalagens Leves, permitindo a produção de combustíveis encaminhados para valorização energética em cimenteiras, e a exploração do Centro Electroprodutor de Energia de Abrantes, na qual é utilizado o biogás produzido no aterro encerrado de RSU, para a produção de energia elétrica.

## 2.7 Integração da Associação da Raia Pinhal na VALNOR

O Decreto-Lei n.º 294/94, de 16 de Novembro, consagra um quadro legal de carácter geral, contendo os princípios informadores do regime jurídico de construção, exploração e gestão dos Sistemas Multimunicipais de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos quando atribuídos por concessão a empresa pública ou a sociedade de capitais exclusiva ou maioritariamente públicos.

O Decreto-Lei n.º 11/2001, de 23 de Janeiro, cria o Sistema Multimunicipal de triagem, recolha seletiva, valorização e tratamento de resíduos sólidos urbanos do Norte Alentejano, integrando os Municípios de Alter do Chão, Arronches, Avis, Campo Maior, Castelo de Vide, Crato, Elvas, Fronteira, Marvão, Monforte, Nisa, Ponte de Sor, Portalegre e Sousel. Através deste diploma legal é atribuída a exploração e gestão do Sistema Multimunicipal do Norte Alentejano, em regime de concessão exclusiva, à VALNOR – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A., pelo período de concessão de trinta anos, sendo constituída inicialmente por um capital social de 1,5 M€ e aumentado, no ano de 2002, para 3 M€.

Com a publicação do Despacho n.º 26 172/2004 (2ª Série), de 17 de Dezembro, o Sistema Multimunicipal do Norte Alentejano é alargado aos concelhos de Abrantes, Gavião, Mação, Sardoal e Vila de Rei, passando a contar com um capital social no valor de 5,33 M€.

Mais recentemente, com a publicação do Despacho n.º 16 510/2010 (2ª. Série), de 29 de Outubro, o Sistema Multimunicipal da VALNOR, sofreu novo alargamento, passando a integrar os municípios de Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Oleiros, Proença-a-

Nova, Sertã e Vila Velha de Ródão, contando atualmente com um capital social no valor de 10 M€.

Após a integração destes últimos seis municípios, a VALNOR passa a gerir os resíduos produzidos por 271.765 habitantes<sup>5</sup>, dispersos numa área de 11.980 km<sup>2</sup>, distribuídos pelos Municípios, conforme é indicado na tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Distribuição de população residente por município

Municípios	População Residente
Abrantes	39.325
Alter do Chão	3.562
Arronches	3.119
Avis	4.559
Campo Maior	8.456
Castelo Branco	56.109
Castelo de Vide	3.407
Crato	3.708
Elvas	23.078
Fronteira	3.410
Gavião	4.132
Idanha-a-Nova	9.716
Mação	7.338
Marvão	3.512
Monforte	3.329
Nisa	7.450
Oleiros	5.721
Ponte de Sor	16.722
Portalegre	24.930
Proença-a-Nova	8.314
Sardoal	3.941
Sertã	15.880
Sousel	5.074
Vila de Rei	3.452
Vila Velha de Ródão	3.521

Fonte: INE (2011)

<sup>5</sup> De acordo com os Resultados Provisórios dos Censos 2011 (INE)

O modelo técnico implementado na VALNOR integra as infraestruturas indicada na figura 2.5. No âmbito da integração, este modelo consiste em cobrir toda a área de abrangência da VALNOR com infraestruturas que permitam um correto tratamento de resíduos, sejam elas, destinadas a armazenamento temporário ou definitivo.

Figura 2.5 – Modelo técnico implementado



Fonte: VALNOR (2012)

## 2.8 Operações logísticas de recolha, transporte e de triagem (separação) de resíduos

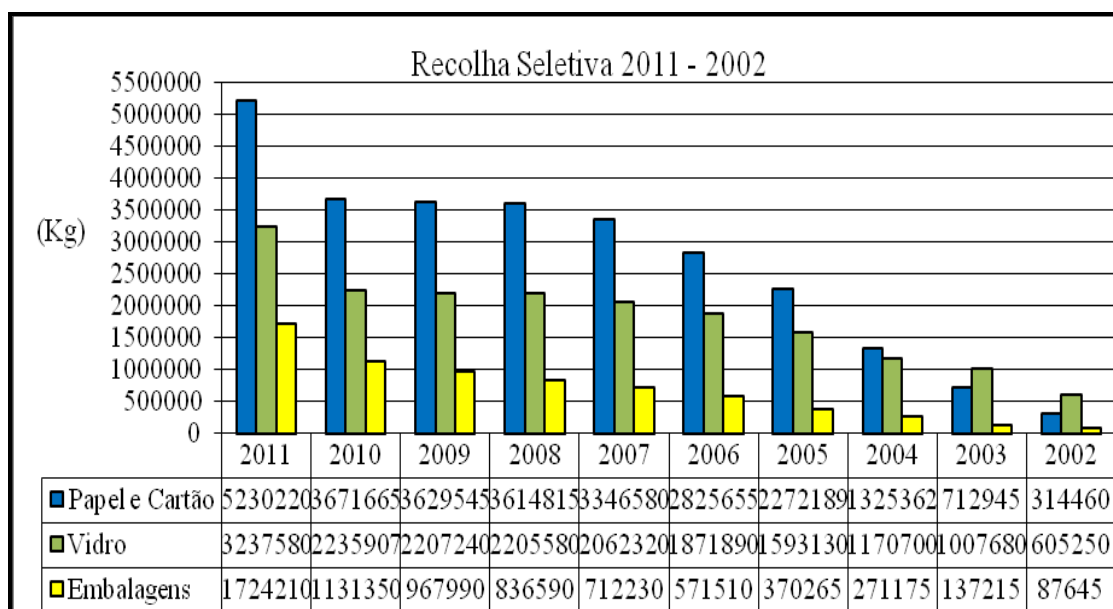
Em qualquer operação logística importa, segundo Carvalho (2004), ter em atenção os aspetos do tempo adequado, da qualidade do serviço a prestar ao cliente e do custo mínimo. Estes aspetos constituem preocupações de qualquer empresa no exercício da sua atividade.

Na recolha seletiva, os resíduos recicláveis devem ser separados pelos munícipes (produtores) e voluntariamente colocados em ecopontos específicos. Para que a recolha seletiva seja efetuada adequadamente nos 25 municípios servidos pela VALNOR, a empresa dispõe de uma frota de 19 camiões que asseguram a recolha, separadamente por tipo de material, e o transporte dos resíduos colocados nos ecopontos e ecocentros, para a Central de Triagem onde os materiais são finalmente triados e, posteriormente, enviados para valorização.

Ao Pólo de Castelo Branco encontram-se alocados 3 destes camiões, com funcionamento diário.

A evolução das quantidades recolha seletiva de papel e cartão, de vidro e de embalagens, em kg, entre 2002 e 2011, regista um crescimento da ordem de 16 vezes mais em relação ao ano de 2002 no papel/cartão, para o vidro regista-se um crescimento de 5 vezes mais em relação ao ano de 2002 e de 19 vezes mais em relação ao ano de 2002 nas embalagens, assim no global registou-se um crescimento de 10 vezes mais na recolha em relação ao ano de 2002, respetivamente, comparando

Gráfico 2.1 – Evolução da Recolha Seletiva, entre 2011 e 2002.

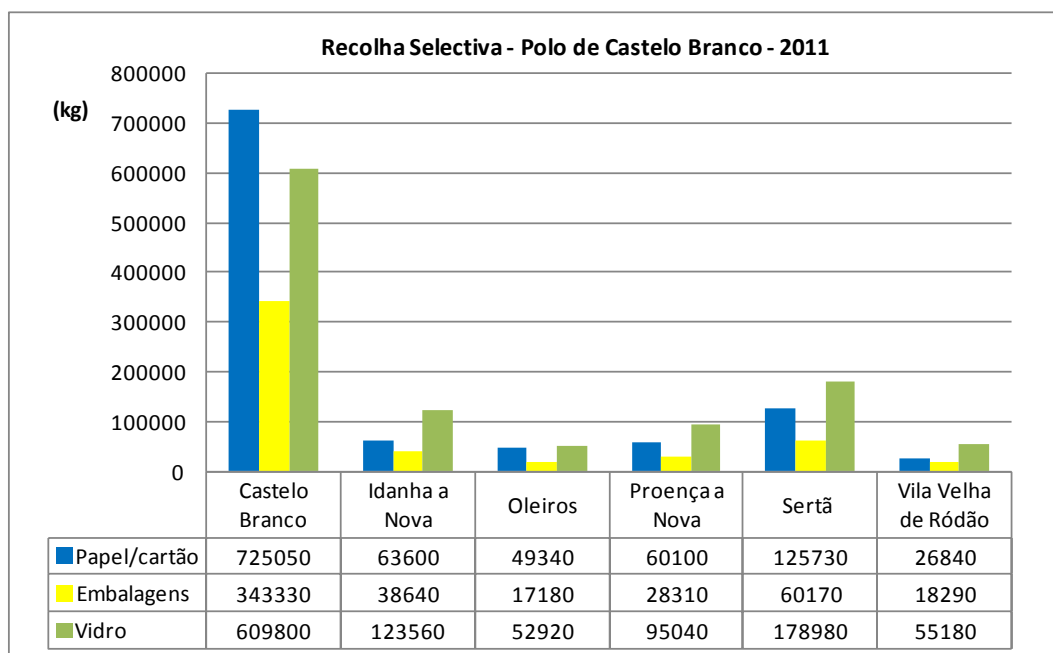


Fonte: VALNOR (2012)

No Gráfico 2.2 apresenta-se os dados relativos à recolha seletiva, para o ano de 2011 no Polo de Castelo Branco. Verifica-se que o papel/cartão recolhido no Pólo de Castelo Branco representa 20% da quantidade total recolhida pela VALNOR, assim como

as embalagens recolhidas no Pólo de Castelo Branco representam 29% da quantidade total recolhida pela VALNOR e o vidro recolhido no Pólo de Castelo Branco representa 34% da quantidade total recolhida pela VALNOR.

Gráfico2.2 – A Recolha Seletiva em Castelo Branco no Ano de 2011



Fonte: Elaboração própria

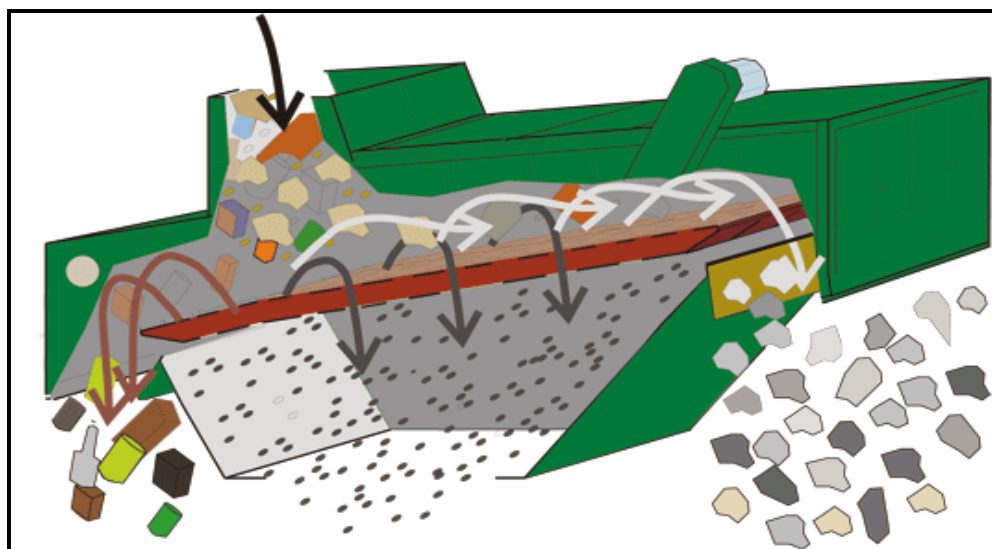
A instalação de Triagem Automática de Embalagens Leves, em funcionamento desde 2009, foi incorporada na Estação de Triagem Manual em funcionamento desde 2002, de forma a permitir a separação automática por fluxo ótico dos produtos PET, PEAD e Plásticos Mistos, assim como de filme plástico por aspiração e de metais ferrosos por separação magnética.

Esta instalação encontra-se dimensionada de forma a alterar a anterior capacidade instalada de 0,4 ton/hora, para um fluxo de 2,5 ton/hora, o que permite, através de equipamentos mecânicos e automáticos, efetuar, nas melhores condições possíveis, a retoma de produtos recicláveis, nos termos das especificações técnicas da Sociedade Ponto Verde, bem como o cumprimento das metas previstas no Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos II (PERSU II).

A referida instalação garante ainda uma ligação com a linha de triagem já existente, de forma a ser possível o funcionamento da triagem manual, promovendo a afinação de materiais separados automaticamente.

Os resíduos que se encontram na área de receção são transportados por um tapete de alimentação da máquina abre -sacos. O material é então descarregado no abre -sacos, que consiste numa máquina, com lâminas incorporadas, que permite romper os sacos e ao mesmo tempo dosear o material que segue no tapete transportador até ao Separador Balístico (Figura 6).

Figura 2.6 - Separador balístico



Fonte: VALNOR (2009)

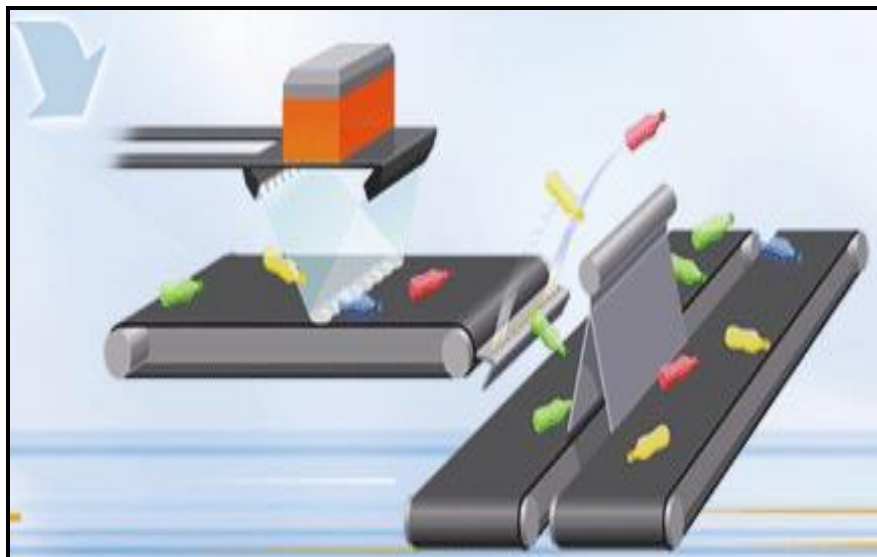
O separador balístico consiste num conjunto de chapas perforadas, montadas paralelamente umas em relação às outras, numa posição inclinada, funcionando como crivo e permitindo separar as seguintes frações: Finos, Planos e Rolantes.

Os resíduos denominados de finos, constituem rejeito desta instalação e são encaminhados para deposição final do aterro sanitário. Os resíduos planos são encaminhados para posterior triagem na Cabine de Triagem Manual. Por sua vez, os resíduos rolantes são encaminhados para a linha de separação automática de embalagens.

Nesta Linha de Triagem Automática, o primeiro passo consiste em retirar os resíduos ferrosos. Estes resíduos passam por um Separador Magnético, onde são extraídos e posteriormente enfardados na prensa existente para o efeito. Seguidamente, os resíduos,

agora livres de elementos ferrosos, são submetidos a uma leitura ótica e consequente separação (figura 7).

Figura 2.7 - Separador ótico



Fonte: VALNOR (2009)

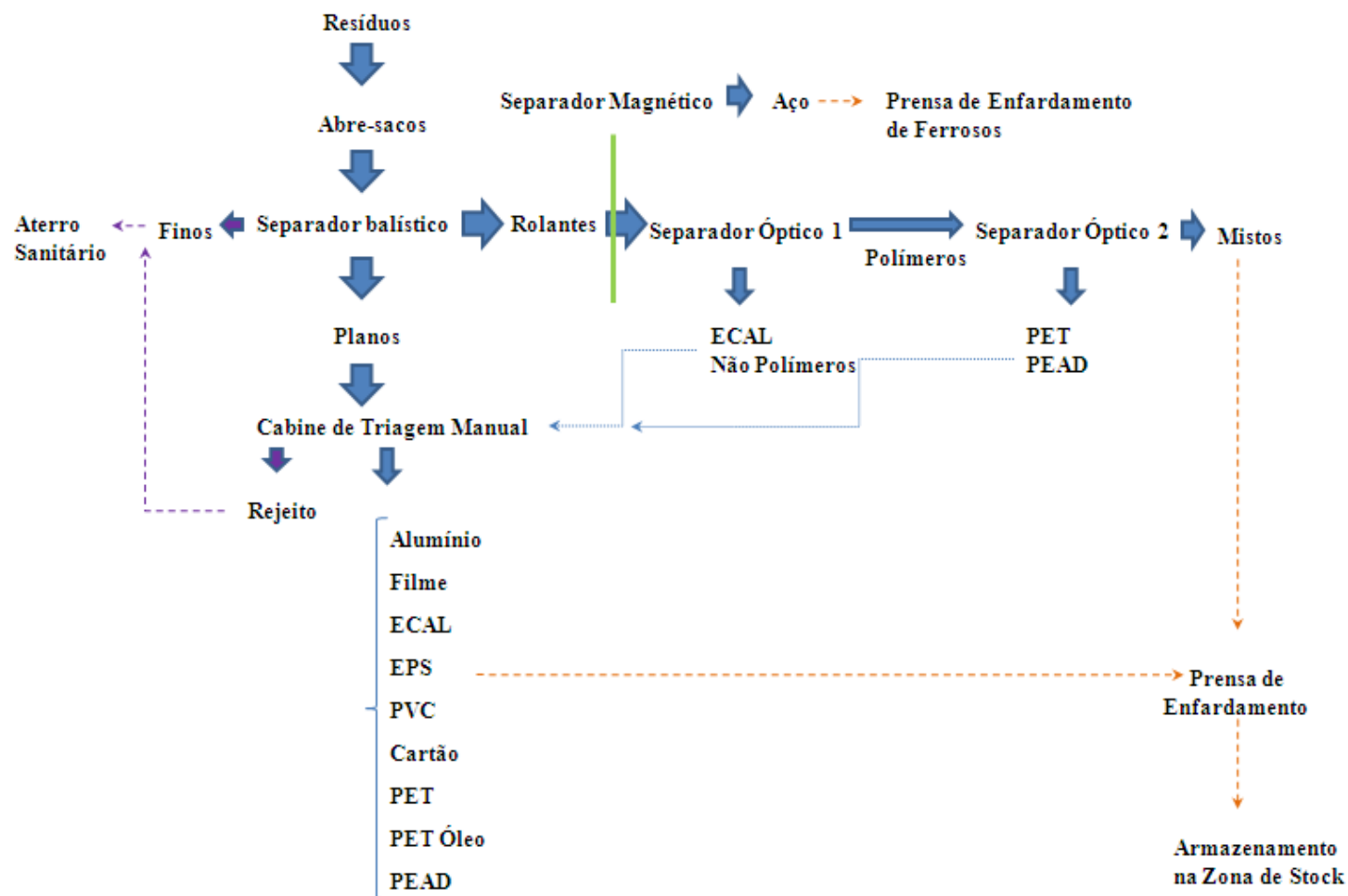
O separador ótico permite uma automatização total do processo de separação dos materiais recicláveis, incluindo um dispositivo de leitura ótica que capta a luz refletida pelos resíduos que se deslocam ao longo do transportador de aceleração, detetando ainda, para cada unidade, o tipo de material e a sua posição no transportador.

As três frações separadas (TETRA-PACK, não polímero e polímeros) seguem os seguintes trajetos, tal como é resumido na figura 2.8:

- Os **TETRA-PACK** são recolhidos e encaminhados através do tapete para uma baía de acumulação deste material;
- Os **não polímeros** são recolhidos por um tapete transportador, que os lança na Cabine de Triagem Manual existente; nesta cabine são separadas eventuais componentes valorizáveis;
- Os **polímeros** (ex: PET, PEAD e Mistos) são encaminhados pelo tapete acelerador, para o segundo Separador Ótico; após a passagem por este segundo separador, as três frações separadas seguem os seguintes trajetos:

- Os **PET** são recolhidos pelo transportador e descarregados numa zona onde é feita a separação do PET óleo, para uma baía dedicada;
- Os **Mistos** são recolhidos pelo transportador e descarregados na respetiva baía;
- Os **PEAD** são recolhidos pelo transportador e descarregado na respetiva baía.

Figura 2.8 – Funcionamento da triagem automática de embalagens leves



Fonte: Simões (2011)

## CAPITULO III – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### 3.1 Logística

No capítulo anterior verifica-se que nas operações logísticas são utilizados veículos de transporte de resíduos, cujo estudo é relevante para o presente projeto, tendo igualmente sido considerados uma matéria de análise por parte dos investigadores, nomeadamente no que se refere à sua utilização ótima, em termos de custos, distâncias e de consumo de combustível, o que se enquadra na logística.

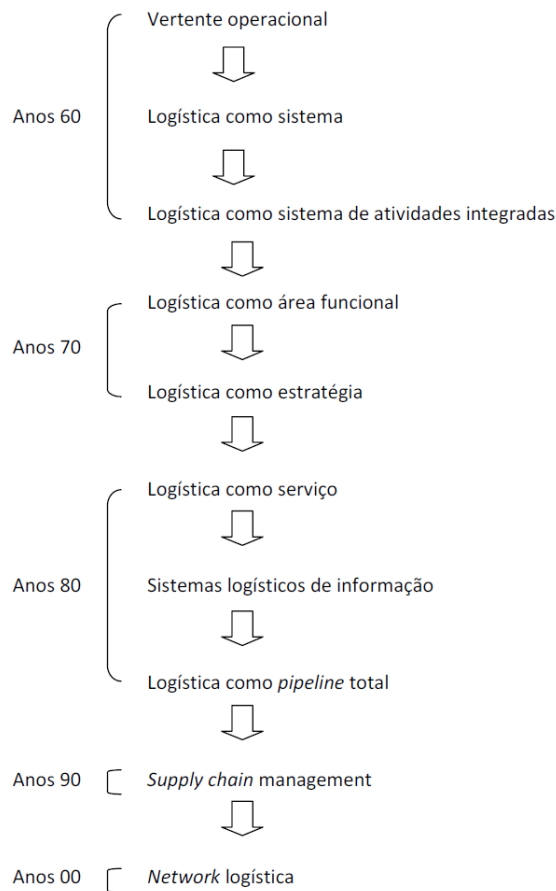
Segundo Carvalho (2004), a logística é entendida como um sistema de atividades integradas pelo qual fluem produtos e informação, desde a origem ao ponto de consumo, isto é, um sistema que responda no tempo certo, com a quantidade correta e nos locais mais apropriados, devendo estar implícita a busca de um ponto de equilíbrio ótimo para a organização, em termos de custo.

A logística também é entendida como sendo um processo estratégico de planeamento, implementação e controlo dos fluxos de materiais/produtos, serviços e informação relacionada, desde o ponto de origem ao de consumo (se bem que hoje se ponha em causa a lógica da origem e do destino, de acordo com as necessidades dos elementos a serem servidos pelo sistema logístico em causa), dado que acrescenta valor, permite diferenciação, cria vantagem competitiva, aumenta a produtividade e rendibiliza a organização (Carvalho, 2004)

Para Christopher (2005), a logística é essencialmente a orientação e a estrutura de planeamento que permite criar um plano único para o fluxo de produtos e de informação ao longo de um negócio.

Ainda de acordo com Carvalho (2004), logística é mais do que apenas distribuição física, mais do que simples gestão de materiais, mais do que simples (re)abastecimento, ou seja, é tudo isso e mais toda a informação. O conceito de logística empresarial tem evoluído ao longo do tempo, desde a logística como sistema até à *network* logística, integrando os fluxos numa rede (*network*) de fluxos físicos e informacionais, tal como se apresenta na figura 3.1.

Figura 3.1 – A evolução da logística empresarial



Fonte: Carvalho (2004: 32)

Independentemente do modelo logístico que possa ser definido por uma organização empresarial (Carvalho, 2004):

- A logística cria valor quando origina algum grau de satisfação por parte do cliente;
- As mudanças no sistema logístico só são interessantes a partir do momento em que permitem a passagem da resposta reativa para a resposta rápida e pró ativa, para que a criação de valor seja sustentável;
- A logística serve como motor para um caminho de profundas alterações empresariais, no sentido de eliminar “silos” funcionais e integrar a cadeia de abastecimento, para permitir acréscimos na qualidade do serviço e criação efetiva de valor;

- Os resultados tipo ganho – ganho (*win-win*), em *partnerships*, são possíveis e conduzem à geração adicional de valor;
- A logística cria valor através da eficácia do modelo logístico adotado, da performance efetiva, da eficiência, da capacidade de resposta, e da diferenciação conseguida e da qualidade do serviço proporcionado.

Segundo Zubrod (1999), o valor logístico é reconhecido em empresas onde se verifique que:

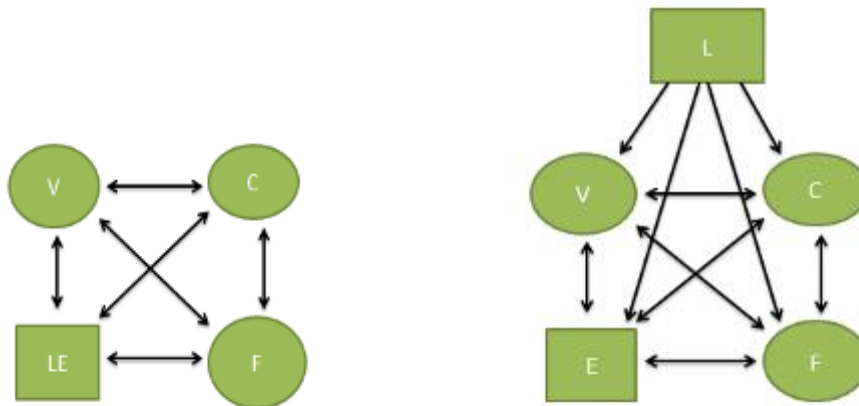
- tudo começa a jusante, ou seja, no cliente;
- a logística se apresenta integrada;
- a logística se estende para lá das fronteiras da empresa, ao *pipeline* logístico;
- a logística é percebida pelo cliente como um benefício no processo de transformação;
- a empresa desenvolve capacidades e competências;
- o valor criado satisfaz os clientes.

Já para Christopher (2005), o sucesso ou o fracasso de qualquer negócio será determinado pelo valor entregue ao cliente no segmento de mercado escolhido, para a empresa desenvolver a sua vantagem competitiva, ou seja, diferenciar-se da concorrência, entregando mais valor ao cliente. Este autor define o valor para o cliente como a diferença entre os benefícios percebidos pelo cliente numa transação e os custos totais incorridos para possuir a propriedade do produto ou para o serviço lhe ser prestado, nos quais se encontra o preço e outros custos.

Por isso, a gestão logística pode possuir a capacidade de causar impacto tanto na qualidade, em termos de funcionalidade, desempenho e especificação técnica da oferta, no serviço, em termos de disponibilidade e compromisso com o cliente, como no custo e no tempo necessário para responder às exigências dos clientes (Christopher, 2005).

Na gestão logística, o objetivo é a formulação da estratégia mais competitiva, quer funcionando tendo a própria logística como motor ou tão só, enquanto e apenas, ferramenta ou suporte dessa mesma estratégia (Dias, 2005), como se pode verificar na Figura 3.2.

Figura 3.2 - Logística, valor, competitividade, estratégia e futuro



Onde: L – Logística; V – Valor; C – Competitividade; E – Estratégia; F – Futuro; LE – Logística associada à Estratégia.

Fonte: Dias (2005)

De qualquer forma, a logística apresenta-se como vetor-base essencial da empresa que se pretenda orientar pela visão estratégica do valor acrescentado e do serviço aos clientes (Dias, 2005).

Assim, pode concluir-se, de acordo com Dias (2005), que os sistemas logísticos, ao configuraram-se adequadamente de forma a poderem ser cada vez mais competitivos e criarem mais valor na prestação de um melhor serviços aos clientes, com mais qualidade e fidelização de entrega, ao mais baixo custo, devem ter em conta não só os territórios e a sua especificidade quanto à eficácia logística e os mercados existentes mas também, a criação de oportunidades com vista a um aumento de competitividade.

Para Cruz (2008), a logística consiste no processo de planear, implementar e controlar a eficiência dos fluxos de armazenamento dos bens e dos fluxos de serviços e fornecer informação desde o ponto de origem ao consumidor final, com o objetivo de satisfazer as necessidades dos consumidores. Significa que, num mundo cada vez mais complexo e dinâmico, as organizações enfrentam varias mudanças, tanto internas como externas, que suscitam respostas rápidas e eficientes no mercado e perante a concorrência. Neste contexto, a logística pode ser um aliado precioso ou manter vantagens competitivas, assim como poderá ajudar as organizações a manter ou transitar de uma etapa do ciclo para outra.

Tal como se referiu antes, o conceito de logística tem evoluído ao longo dos tempos. A ênfase inicial no transporte, baseado principalmente na economia agrícola, passou para uma visão mais abrangente, onde a logística abrange uma diversidade de componentes - chave para a estratégia e diferenciação dos negócios e para a ligação com os consumidores (Cruz, 2008). A logística, identificada com a distribuição física apareceu pela primeira vez na literatura académica no ano de 1900.

Para Cruz (2008), são poucas as áreas que envolvem a complexidade ou abarcam tantas áreas geográficas como a logística. A logística preocupa-se em ter produtos ou serviços onde são necessários e quando são desejados e, sendo assim, é difícil de visualizar qualquer prática de marketing ou de produção sem suporte logístico.

De acordo com Carvalho (2010), as atividades logísticas, tomando como válido o racional logístico aplicável a tangíveis e intangíveis, e a definição genérica e mais central de logística como sendo a gestão de fluxos físicos e informacionais, com o objetivo de servir o cliente a custo mínimo. Diversos autores, tais como Shapiro & Heskett (1985), McGee, Copacino & Rosenfield (1985), Coyle, Bardi & Langley (1988), Lambert & Stock (1992), Carvalho (1996), Johnson & Wood (1996) e Langley *et al.* (2009), indicam as seguintes como atividades logísticas:

- Transporte e gestão do transporte;
- Armazenagem e gestão da armazenagem;
- Embalagem (industrial) e gestão da embalagem;
- Manuseamento de materiais (matérias-primas, produtos em vias de fabrico e produtos finais) e gestão de materiais;
- Gestão de *stocks*;
- Gestão do ciclo de encomenda;
- Previsão de vendas;
- Planeamento da produção e programação;
- *Procurement* e gestão do ciclo de *procurement*;
- Localização e gestão de instalações;

- Manuseamento de materiais retornados;
- Suporte para serviço ao cliente;
- Eliminação, recuperação e reaproveitamento de materiais e gestão logística inversa.

## 3.2 Operações logísticas

### 3.2.1 Recolha seletiva de resíduos

A recolha e consequentemente o número de locais a percorrer para proceder à recolha têm implicações diretas nos custos do transporte e nos custos de armazenagem (Fleischmann, Krikke, Dekker & Flapper, 2000), bem como na gestão do sistema de recolha (Abeliotis, Karaiskou, Togia & Lasaridi, 2009).

As empresas que prestam serviços de transporte e as que transportam os produtos, numa perspetiva da sua distribuição procuram otimizar a recolha logística através do estudo da rota mais eficiente, isto é, aquela que permite a recolha de produtos no produtor e a sua entrega ao cliente no menor tempo e aos menores custos (Fleischmann *et al.*, 2000). Pressuposto semelhante pode ser considerado na logística da recolha de resíduos.

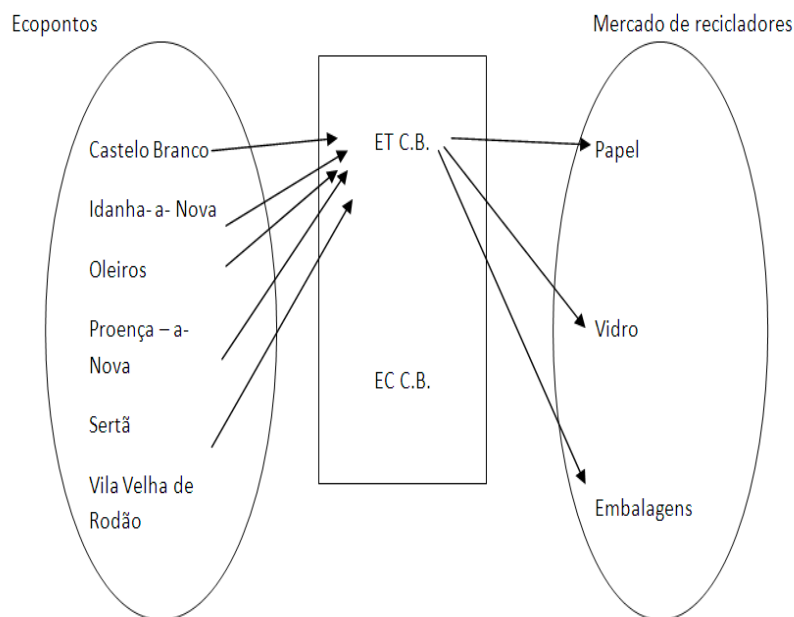
De acordo com Fleischmann *et al.* (2000), na logística ainda se encontra por determinar o número ótimo e a localização eficiente dos pontos de recolha e, para definir rotas deve utilizar-se um modelo multivariáveis. Este modelo considera como custos variáveis a deposição, os custos de transporte, a reparação, a inspeção e a manutenção (nas fábricas estes custos são externos à cadeia de abastecimento).

Ainda segundo Fleischmann *et al.* (2000), o que há em comum dentro de qualquer rede tradicional de logística são as seguintes atividades: i) recolha; ii) inspeção/separação; iii) deposição; e iv) redistribuição. Regra geral, o modelo multivariáveis não considera a rede de transportes e a armazenagem como atividades distintas mas sim com ligações entre elas. Não obstante, o transporte e a armazenagem são necessários para cada uma das atividades referidas.

Por exemplo, em relação às operações de recolha impostas por requisitos legais, como é o caso da recolha de resíduos sólidos urbanos (por exemplo, a fração reciclável de

RSU - papel, vidro, plástico e metal), inclui-se as atividades de recolha, transporte e armazenagem. Assim, com base no modelo multivariáveis, procede-se a uma adaptação esquemática do sistema de recolha de resíduos recicláveis na Associação de Municípios Raia-Pinhal, atualmente efetuada pela VALNOR (Figura 3.3).

Figura 3.3 – Estrutura multivariáveis da rede de recolha de resíduos recicláveis da Associação de Municípios Raia-Pinhal.



Fonte: Adaptado de Fleischmann *et al.* (2000)

Com este exemplo, pode referir-se que o principal objetivo da estrutura multivariáveis é conduzir à determinação do número de pontos de recolha e do local, sendo esta uma tarefa central do problema, ou seja, a distribuição geográfica. Mas, pode haver diferenças relacionadas com as variáveis de estudo consideradas, nomeadamente:

- O grau de centralização – refere-se ao número de localizações em cada atividade semelhante, o que, no exemplo, pode ser o número de ecopontos. A rede de descentralização está em pontos diferentes e, em paralelo, é efetuada em pontos diferentes;
- O número de níveis (por exemplo, ET – Estação de Transferência ou EC - Ecocentro) – refere-se ao número sequencial de passagem dos bens (neste contexto, resíduos recolhidos seletivamente);
- A ligação com outras redes – novas ligações que integram a rede logística existente;

- A estrutura aberta e fechada – novas ligações que integram a rede logística existente, isto é, as entradas e saídas de rede (no caso em estudo, poderá ser considerada uma estrutura aberta, uma vez que os materiais recicláveis recolhidos, após processamento na triagem, são encaminhados para valorização física e reciclagem, não voltando a entrar no processo. Esta recolha poderá ser efetuada pela VALNOR ou ser subcontratada a outra empresa ou ainda ocorrer uma combinação destas duas hipóteses;
- O grau de cooperação entre as variáveis intervenientes no processo.

Para determinar o número de pontos de recolha e o seu local, tal como antes referido, são analisados os diferentes tipos de rede logística utilizados na recolha de produtos recicláveis.

A estrutura típica de uma rede de logística considera a recolha ou o processamento e encaminhamento para o mercado de deposição. Esta rede inclui um mercado de deposição direto, para a empresa. A especificidade da rede depende da existência de transformação de materiais, o que, no exemplo da VALNOR, é mais simples porque apenas se procede à recolha, transporte, separação (ou triagem) e encaminhamento, não existindo na sua atuação a transformação de materiais.

Devido à existência de um programa de separação, alguns estudos (Konstantinidis, Giarikis & Kaldelis, 2006; Sonesson, 2000; Beullens, Wassenhove & Oudheusden, 2002) evidenciam as mudanças observadas nos custos de recolha e quantidade de resíduos.

O objetivo deste programa de separação consiste em: i) facilitar a separação de cada fileira de reciclagem específica, tal como, por exemplo, papel e cartão, plástico e metal, vidro; ii) decidir quando recolher em cada ecoponto.

No que se refere ao custo de transporte e aos custos ambientais associados, Beullens *et al.* (2002) realça que não existe consenso na literatura relativamente ao método de recolha que será mais eficiente. Ainda assim, segundo Beullens *et al.* (2002), os objetivos comuns em todos os casos de recolha são: i) adquirir os bens que retomam com o menor custo possível; ii) medir a taxa de recolha, ou seja, a quantidade (relativa) que é possível recuperar por período de tempo. São exemplos de sistemas de recolha de resíduos os seguintes casos:

- Recolha indiferenciada de resíduos sólidos urbanos
- Recolha seletiva de resíduos
- Recolha de veículos em fim de vida
- Recolha de tinteiros para impressora para reciclagem, entre outros.

Numa infraestrutura de recolha são necessários contentores ou ecopontos localizados em determinados pontos. A infraestrutura deve proporcionar meios para compactação de volumes e ou a separação na fonte. No caso de se tratar de reutilização de produtos, esta operação exige que os produtos sejam devolvidos nas melhores condições possíveis (Beullens *et al.*, 2002).

Nas instalações da rede de logística inversa, os produtos são transformados com eficiência e responsabilidade ambiental. Na logística inversa (*reverse logistic*) são considerados os seguintes aspetos (Beullens *et al.*, 2002): i) a infraestrutura de recolha; ii) a política de recolha; iii) a combinação de diferentes níveis de recolha; e iv) as características dos veículos de recolha.

A combinação de diferentes níveis de recolha está relacionada com as diferentes classes de fluxos de bens (entenda-se nesta situação, diferentes tipologias de resíduos, como por exemplo papel e embalagens) que podem ser combinados de várias maneiras. Por exemplo, o mesmo veículo pode recolher papel e embalagens para diferentes compartimentos.

De acordo com Tchobanoglous & Kreith (2002), a recolha das misturas de resíduos sólidos ou resíduos sólidos recicláveis é uma parte crítica de qualquer programa de gestão de resíduos sólidos. A recolha é iniciada com a colocação dos resíduos nos contentores e termina com o transporte dos resíduos sólidos e ou recicláveis para locais de processamento intermédio e temporário, ou seja, para as Estações de Transferência, ou para os locais de processamento final, em concreto, as Centrais de Valorização Orgânica ou Digestão Anaeróbia, ou ainda para a deposição nos Aterros Sanitários.

### 3.2.1.1 A logística da recolha de resíduos

A gestão da recolha de resíduos é mais difícil e complexa em ambiente urbano devido à produção de resíduos sólidos domésticos e provenientes do comércio, da

indústria, bem como das ruas, parques e de todas as áreas de lazer. Como os padrões de produção de resíduos se tornam mais difusos e a quantidade total de resíduos está a aumentar, a logística da recolha de resíduos torna-se mais complexa (Tchobanoglous & Kreith, 2002). Os gestores dos sistemas de recolha devem reconhecer e lidar com as preocupações relacionadas com os valores que as populações pagam por este serviço que reflete elevados custos de combustível e de mão-de-obra, o que requer a tomada de decisão suportada no planeamento operacional (Oliveira & Borenstein, 2007).

Do dinheiro despendido na gestão de resíduos sólidos (recolha, transporte, processamento, reciclagem e deposição), entre 50 a 70% é gasta nas atividades de recolha (Tchobanoglous & Kreith, 2002). Dado que grande parte da fração dos custos totais está associada à operação de recolha, uma pequena melhoria percentual nas operações de recolha pode contribuir para poupanças significativas nos custos totais dos sistemas de gestão de resíduos. Por exemplo, ao implementar uma diminuição de distâncias, do número de vezes de recolha de contentores e do custo do combustível pode otimizar-se as rotas de recolha.

#### 3.2.1.2 Tipos de serviço de recolha

O termo recolha inclui não só a recolha dos resíduos sólidos das várias fontes, mas também a carga destes resíduos para os contentores em veículos de recolha, assim como a descarga das mesmas viaturas no seu destino final (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

Enquanto as atividades associadas à carga e descarga são semelhantes na maioria dos sistemas de gestão de resíduos, a deposição e a recolha dos mesmos pode variar com as características e especificidades existentes nas instalações de gestão e tratamento, com os locais de produção de resíduos, com a forma e meios utilizados nos locais de armazenamento temporário existentes entre recolhas (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

Os principais tipos de serviço de recolha utilizados atualmente para a recolha seletiva ou recolha de mistura de resíduos encontram-se resumidos na Tabela 3.1.

Devido a vários prestadores de serviços contabilizarem o serviço de acordo com as características dos produtores de resíduos, é conveniente desenvolver grupos de produtores de resíduos para descrição e apresentação de dados (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

Tabela 3.1 - Serviços típicos de recolha seletiva e recolha seletiva na origem

Método de Preparação para a Recolha de Resíduos	Tipo de Serviço
Misturas de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Serviço de recolha diária, de grandes contentores de mistura de resíduos de habitações e resíduos de jardim;</li> <li>- Serviço de recolha separativa das misturas de resíduos de habitações e resíduos de jardim contentorizados;</li> <li>- Serviço de recolha separativa das misturas de resíduos de habitações (RSU) e resíduos de jardim não contentorizados.</li> </ul>
Separação na origem e mistura de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Serviço de recolha de um único contentor com resíduos separados na origem (fonte) e colocados em sacos de plástico juntamente com misturas de resíduos e resíduos de jardim;</li> <li>- Serviço de recolha separativa de resíduos separados na origem colocados em sacos de plástico, mistura de resíduos no mesmo contentor e resíduos de jardim não contentorizados;</li> <li>- Serviço de recolha única de resíduos separados na origem, mistura de resíduos e resíduos de jardim, utilizando um contentor com dois compartimentos;</li> <li>- Serviço de recolha separativa de resíduos separados na origem, mistura de resíduos, utilizando um contentor de dois compartimentos e resíduos de jardim contentorizados ou não contentorizados;</li> <li>- Serviço de recolha separativa, para resíduos separados na origem e mistura de resíduos contentorizados e resíduos de jardim;</li> <li>- Serviço de recolha separativa, para resíduos separados na origem, mistura de resíduos e resíduos de jardim contentorizados;</li> <li>- Serviço de recolha separativa, para resíduos separados na origem, mistura de resíduos e resíduos de jardim não contentorizados.</li> </ul>
<p><b>Nota:</b> os métodos de preparação dos resíduos para recolha são selecionados por conveniência e eficiência, rendimento ou capacidade dos serviços de recolha e das subseqüentes atividades de processamento dos materiais.</p>	

Fonte: Tchobanoglous & Kreith (2002).

### 3.2.1.3 Sistemas de recolha, equipamentos e requisitos de pessoal

Quando se considera a tecnologia de recolha de resíduos, as variáveis a analisar são (Tchobanoglous & Kreith, 2002): 1) estado das ruas (do inglês *surface streets*); 2) existência e tipo de acessos aos locais de recolha; 3) tempo de duração dos percursos; 4) tamanho dos camiões; 5) sistema de recolha implementado e 6) tamanho dos contentores, para recolha e armazenamento temporário. Verifica-se que as alterações tecnológicas permitem a melhoria da eficiência, por via dos equipamentos de recolha e do desempenho dos trabalhadores.

Os diferentes sistemas de recolha de resíduos sólidos utilizados em Portugal encontram-se especificados na Tabela 3.2.

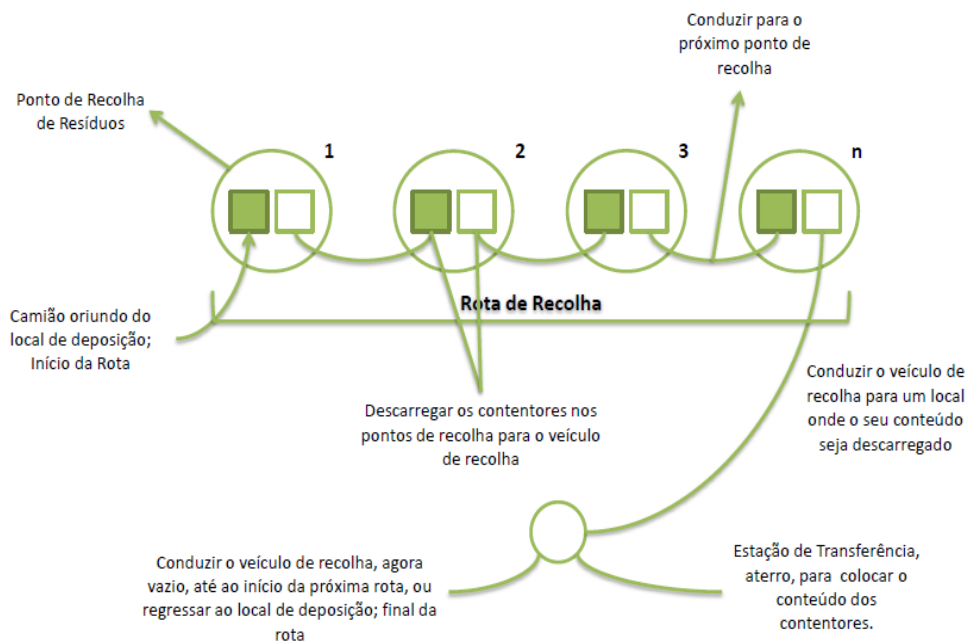
Tabela 3.2 - Sistemas para recolha de resíduos sólidos

Sistema de recolha de resíduos	Descrição do sistema
Sistema de levantamento e transporte de contentores (modo convencional)	Os contentores usados para armazenagem dos resíduos são transportados para uma estação de transferência, ou aterro, são descarregados e voltam a ser colocados na sua localização original.
Sistema de transporte de contentores (troca de módulo de contentor)	Os contentores usados para armazenagem dos resíduos são transportados para uma estação de transferência, ou aterro, são descarregados e esvaziados, e retornam a uma localização diferente em sistemas de troca. O modo de troca funciona melhor quando os contentores são de tamanho semelhante. Na troca, o condutor deve iniciar a rota de recolha com um contentor vazio no veículo, que será colocado no primeiro local de recolha.
Sistema de contentores estacionários	Os contentores são descarregados no veículo de recolha. O local de armazenagem dos resíduos em contentor permanece no ponto de produção dos resíduos, exceto quando estes são colocados em cubas ou em outra localização para serem esvaziados. O veículo de recolha circula de ponto de recolha em ponto de recolha, até o veículo estar com a carga completa.

Fonte: Tchobanoglous & Kreith (2002)

Por exemplo, o sistema implementado pela VALNOR, para a recolha de contentores de resíduos recicláveis (ecopontos) é o sistema de contentores estacionários descrito na tabela 3.2, cujo esquema simplificado deste sistema de recolha é apresentado na figura 3.4.

Figura 3.4 - Sistema de contentores estacionários



Fonte: Tchobanoglous & Kreith (2002)

### 3.2.1.4 Equipamentos e requisitos dos operadores no sistema de contentores estacionários (SCS – *Stationary Container System*)

Os contentores usados para a armazenagem de resíduos ficam no ponto de recolha, exceto quando os resíduos são removidos para cubas ou outra localização, sendo esvaziados.

O sistema de contentores estacionários pode ser usado na recolha de todo o tipo de resíduos. Existem dois tipos de sistemas estacionários (Tchobanoglous & Kreith, 2002):

1. Sistema no qual existe recolha e carga mecânica;

## 2. Sistema no qual se usa a recolha e carga manual.

Devido às vantagens económicas envolvidas, quase todos os veículos de recolha atualmente usados estão equipados com mecanismos internos de compactação, especialmente quando se está perante distâncias de longo - curso (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

Para otimizar a carga útil, muitos dos novos veículos de recolha podem conter sistemas de peso a bordo, incluindo células de carga nos braços das gruas mecânicas, para pesar os contentores individualmente, e/ou células de carga nos chassis do camião, para pesar o material carregado (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

No sistema de recolha, utilizando veículos com meios de carga mecânicos, o tamanho dos contentores e a sua localização não são fatores tão críticos como acontece no sistema de recolha e carga manual (Tchobanoglous & Kreith, 2002). Assim, a utilização de meios, possuindo carga mecânica, são muitas vezes dotados de contentores compactadores, ao contrário do que acontece com o sistema que utiliza camiões grua. A viagem para o local de deposição, estação de transferência ou estação de processamento é efetuada depois de determinado número de contentores ter sido recolhido e compactado, e ou depois do veículo de recolha estar cheio.

Uma comparação entre a utilização de viaturas com e sem compactador mecânico é apresentada na tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Sistema de contentores estacionários com e sem compactador mecânico

Sistema de contentores estacionários	Método de carga	Taxa de compactação	Tempo necessário para esvaziar os contentores que se encontram carregados (horas/contentor)	Tempo no local (horas / volta)
Compactador mecânico	Mecânico	2 – 2,5	0,050	0,10
Sem compactador mecânico	Mecânico	-	-	0,10*

\* O tempo de descarga vai depender do número de compartimentos.

Fonte: Tchobanoglous & Kreith (2002)

A partir da análise da Tabela 3.3, verifica-se que não existem diferenças significativas quanto ao tempo de carga dos dois tipos de contentores. No entanto, do ponto de vista logístico, o tipo de equipamento a utilizar torna-se importante, uma vez que a utilização do contentor compactador permite transportar uma maior quantidade de resíduos, diminuindo desta forma o número de rotas a efetuar.

As exigências de formação e requisitos dos operadores que efetuam a recolha de acordo com o SCS podem variar, dependendo se o veículo utiliza meios de carga mecânicos ou manuais (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

Tipicamente, o sistema de recolha manual pode originar a fadiga do(s) operador(es), podendo resultar possíveis danos ou lesões com possíveis implicações no aumento de absentismo.

No sistema de contentores estacionários, em que os veículos são carregados manualmente, o número de colaboradores varia entre um e três, dependendo do tipo de serviço e do equipamento de recolha (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

De acordo com Vicente & Reis (2007), a prossecução de uma estratégia nacional capaz de solucionar o problema da produção excessiva de resíduos sólidos urbanos e da sua recolha tem-se baseado na promoção da separação e deposição seletiva de resíduos com vista à sua reciclagem junto das empresas e da sociedade civil em geral. A recolha destes materiais faz-se sobretudo através de ecopontos. Neste sentido, para identificar fatores determinantes da intenção das empresas em aderirem à reciclagem, pode ser aplicado o modelo de regressão logística, permitindo comparar o efeito das variáveis independentes na intenção das empresas em aderirem à separação e deposição seletiva de resíduos, sendo recomendado que a qualidade do modelo seja avaliada antes da sua aplicação definitiva.

As razões identificadas como motivadoras da colaboração, dos intervenientes na separação e deposição dos resíduos para reciclagem são (Vicente & Reis, 2007): **i)** conservação dos recursos naturais e ambiente; **ii)** redução de áreas de terreno ocupado por aterros sanitários; **iii)** contribuir para a resolução de um problema nacional.

No estudo de Vicente & Reis (2007), antes da especificação do modelo de regressão logística destinado a identificar os referidos fatores, foi aplicada uma Análise de

Componentes aos catorze estímulos à separação e deposição seletiva que permitiram encontrar cinco novas componentes, as quais estão indicadas na tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Componentes principais sobre os estímulos

<b>Componentes</b>
<b>Componente 1 – Melhorar a manutenção dos Ecopontos</b>
Manter os Ecopontos limpos
Colocar os ecopontos em lugar agradável e seguro
Despejar os Ecopontos com regularidade
<b>Componente 2 – Dispor de mais informações sobre reciclagem</b>
Dispor de informação sobre todo o processo de separação, recolha, triagem e reciclagem
Dispor de mais informação de como e quando fazer, e que materiais são aceites
Dispor de informação sobre os resultados da adesão da população do concelho e do país à recolha seletiva
<b>Componente 3 – Facilidade em fazer a separação e deposição</b>
Receber recipientes para efetuar a separação
Dispor de recolha porta - a - porta
<b>Componente 4 – Sancionar as empresas que não colaboram e recompensar as empresas que colaboram</b>
Sancionar as empresas que não separam os resíduos
Receber um prémio monetário por separar e colocar os resíduos para reciclar
Saber que personalidades de elevada notoriedade pública separam os resíduos
<b>Componente 5 – Ter a participação e o apoio de outros</b>
Saber da participação de outras empresas
Ter o apoio dos trabalhadores na separação dos resíduos

Fonte: Vicente & Reis (2007)

A regularidade de esvaziamento dos ecopontos deve ser diferenciada por zonas, para evitar que se encontrem sempre cheios e em condições de não poderem ser utilizados,

tendo em atenção a localização do ecoponto, a sua manutenção e limpeza (Vicente & Reis, 2007).

Apesar de muito se ter feito para melhorar e aumentar as práticas de reciclagem em Portugal, o empenho para prosseguir as estratégias com resultados positivos na adesão das empresas à separação e deposição seletiva de resíduos deve continuar e deve ser sustentado por conhecimento empírico apoiado em investigações (Vicente & Reis, 2007).

Segundo Vicente & Reis (2007), os estudos futuros sobre este tema podem considerar outras variáveis explicativas da adesão das empresas à reciclagem, como o tipo de zona onde a empresa se insere, seja meio urbano ou rural, podendo também focalizar-se no impacto que estratégias específicas de comunicação terão na alteração de práticas e na vontade de cooperação por parte dos diferentes intervenientes, no processo de reciclagem.

### 3.2.2 Transporte

De acordo com Carvalho (2004), o transporte é e será um dos elementos mais importante na cadeia de abastecimento, visto que cada trajeto, quando eficiente e devidamente pensado, gera um ganho de valor.

O transporte pode ser dividido em rodoviário, ferroviário, marítimo, aéreo, por *pipeline* (ou oleoduto) e fluvial. Segundo Bowersox, Closs & Cooper (2007), o transporte é a componente que mais significado tem nos custos logísticos, sendo estes afetados pela economia do transporte e pelo preço. No desenvolvimento da estratégia logística torna-se necessário compreender esses dois fatores, assim como as suas características.

Bowersox *et al.* (2007) referem que uma visão geral da economia de transporte e de preços consiste em quatro temas interrelacionados: fatores económicos; custos; estratégia de preços de transporte e a classificação do transporte. De entre os fatores económicos, os autores indicam a distância, o peso, a densidade do produto, entendida pela combinação do peso com o volume, o ajustamento das dimensões do produto ao equipamento de transporte, a manipulação (*handling*), a responsabilidade financeira por danos, uma vez que as características do produto podem resultar em perda ou dano, e os fatores de mercado, como seja a localização da procura e a sazonalidade.

De acordo com a metodologia defendida por Slater (1992), independentemente da escolha do modo de transporte a adotar, existem fatores determinantes como: as características do cliente, as características ambientais, as características do produto e das características da empresa.

As características dos locais de recolha, quando, por exemplo, se refere a contentores de deposição de resíduos, a ter em atenção são: a localização geográfica, as restrições de tempo, o conhecimento do produto para efeitos de carga, o equipamento mecânico para manuseamento do produto, o nível de serviço requerido e o tempo de resposta.

Requer-se também em atenção às características ambientais, tais como infraestrutura, tecnologia do veículo e equipamento, clima, considerações legais, tendências rodoviárias, uma vez que estas são as mais graves para o ambiente, e as tendências ambientais.

Em relação às características do produto, o peso, a forma e volume, a deterioração e o perigo no transporte deverão ser analisados.

Entre as características da empresa a requererem atenção encontra-se a política do nível de serviço, a localização de depósitos ou de centros de distribuição, a localização de instalações fabris e as políticas financeiras.

Por isso, torna-se importante estabelecer a articulação entre as diferentes variáveis, identificando os fatores que afetam a escolha do modo de transporte; categorizar os fatores mais significativos, que afetam o modo de transporte e identificar os riscos de mudança potencial desses fatores; determinar a rede de distribuição, tendo em atenção a localização de ecopontos e centros de distribuição; usar uma aproximação matricial para a decisão; medir o sucesso da escolha, avaliar e recolher o *feedback* (Carvalho, 2004).

Tal como antes referido ao citar-se Bowersox *et al.* (2007), também Ballou (2004) defende que o transporte é uma decisão chave da área logística, uma vez que corresponde à percentagem mais elevada de custos orçamentados de qualquer empresa que atue nesta área. Neste sendo, a seleção do modo de transporte ou o serviço a prestar depende de várias características do serviço. Para McGinnis (1990) *cit in* Ballou (2004) são seis as variáveis chaves para a escolha do serviço: i) custo do transporte; ii) segurança do serviço; iii) tempo

de percurso; iv) perdas, danos e reclamações; v) requisitos de mercado do cliente; vi) requisitos da empresa que efetua o transporte.

Existem instrumentos que auxiliam na tomada de decisão de escolha sobre o sistema de transporte a utilizar. Neste sentido, segundo Slater (1992), a escolha do modo de transporte (Quando?), da especificação do equipamento (O quê?), das opções financeiras (Porquê?) e das operações (Onde?), deverá ter sempre em atenção o número e o tamanho dos depósitos ou centros de distribuição.

Na criação de valor logístico, tal como defendido por Christopher (2005), é importante distinguir as empresas de sucesso, as quais são caracterizadas por:

- A criatividade e aprendizagem;
- Orientação para o cliente;
- Desenvolvimento de capacidades e competências;
- Estrutura do sistema logístico;
- Sofisticação da informação no sistema logístico;
- Resposta rápida e pró - ativa;
- Flexibilidade e precisão no serviço, de maneira a permitir acrescentar valor.

De acordo com Guedes (2010), o transporte de mercadorias é um elemento essencial da cadeia de abastecimento e não pode ser gerido de forma isolada, pois cada opção sobre o modo e a solução de transporte tem um impacto significativo na estrutura de custos e na capacidade de reação das empresas à procura. As opções de transporte possíveis dependem essencialmente de três variáveis:

- Tamanho da carga por encomenda, também muito dependente da frequência de entrega por encomenda;
- Distancia, que depende da geografia de atuação da organização;
- Densidade de valor da mercadoria, a qual depende do valor por tonelada ou do valor por m<sup>3</sup>.

Quanto maior for o valor de cada uma das duas primeiras variáveis e menor o da terceira, mais económico terá de ser o meio ou a solução de transporte. Os modos de transporte mais económicos são os mais lentos e com maior variabilidade de prazos (por

exemplo, o marítimo), o que pode causar maiores necessidades de *stocks* para acautelar essa variabilidade de prazo de entrega (Guedes, 2010).

Segundo Arantes (2010), o planeamento é um processo pelo qual a organização empresarial traça um rumo, faz planos, define a orientação que lhe permite atingir objetivos, tendo em conta as contingências exógenas, presentes e previstas para o futuro, impostas pelo exterior, e os seus recursos internos, as suas competências, e, assim, alcançar a sua visão e cumprir a sua missão.

O processo de planeamento, que é complexo, acaba por resultar de um equilíbrio entre a vertente externa, as ameaças e oportunidades, e a vertente interna da organização, as forças e fraquezas, visando satisfazer a longo prazo os diferentes *stakeholders* (os clientes, os acionistas e outras entidades em geral com interesse. na organização) do qual, por sua vez, resulta uma visão sustentada por um conjunto de objetivos (Wheelen & Hunger, 2008).

O planeamento estratégico é para um horizonte temporal de longo prazo, sendo utilizado pela organização empresarial para definir a sua eficácia futura, em termos das opções logísticas, entre outras, a considerar. Por sua vez, o planeamento tático é para o médio prazo e, em termos de transportes, por exemplo, planifica-se as necessidades de frota, quer em número de camiões quer de distribuição das necessidades de transporte a longo prazo, se o modo de transporte escolhido for o rodoviário, ou a quem subcontratar se houver lugar à subcontratação (Arantes, 2010).

O planeamento operacional abrange questões e decisões de planeamento de curto prazo, relacionadas com a gestão das operações no dia-a-dia das organizações. Exemplos do planeamento operacional de rotas de distribuição no dia-a-dia são a receção de produtos e a expedição das encomendas, com o objetivo final a obtenção da satisfação dos clientes (Simchi-Levi & Kaminsky, 2003).

O planeamento operacional inclui também a otimização, a monitorização e o controlo das rotas. Na vertente de otimização de rotas, o objetivo do planeamento operacional direciona - se para a rentabilização máxima dos recursos e meios envolvidos na operação da organização.

Assim, nesta vertente, uma das preocupações do gestor logístico consiste em, por exemplo, consolidar as cargas e reduzir ao máximo os retornos dos camiões em vazio.

Assim, na vertente de monitorização e controlo, o objetivo do planeamento operacional direciona-se para a monitorização das ações levadas a cabo pela organização com vista ao seu controlo (Carvalho & Carvalho, 2010), o qual permite, caso assim se determine, rever de imediato o planeamento operacional e apontar para soluções alternativas. É também no nível de planeamento operacional que a eficiência da operação da organização é assegurada.

O tipo de decisões a tomar face ao nível de planeamento para a área logística dos transportes encontra-se identificado na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Tipo de decisões na área dos transportes em função do nível de planeamento

Área	Nível de Planeamento		
	Estratégico	Tático	Operacional
Transportes	Seleção do modo de transporte	Nível de serviço sazonal e escolha do operador	Consolidação de cargas

Fonte: Arantes (2010), citando Ballou (2004)

Ainda segundo Arantes (2010), as aplicações de planeamento e gestão do transporte permitem a determinação das melhores alternativas de transporte em termos de eficiência para uma eficácia pretendida. De uma forma simplificada, dado uma operação de transporte, com um determinado nível de serviço exigido (eficácia), estas aplicações determinam o transporte mais económico (eficiência). Na realidade, estas aplicações são mais complexas e integram no seu algoritmo de busca da solução mais eficiente parâmetros como: escolha da empresa de transporte mais vantajosas; identificação de hipóteses de consolidação; localização, separação e sequenciação (importante para o transporte de distribuição) de cargas; otimização da utilização dos veículos; programação dinâmica de rotas e horários.

Neste sentido, segundo Arantes (2010), se os meios de transporte disponíveis para uma determinada região geográfica não apresentarem a eficácia desejável (em tempos de trânsito), ou a eficiência pretendida (em termos de custos), talvez não reste outra opção que

localizar um armazém, ou centro de distribuição adicional, nessa região, ou noutra suficientemente próxima.

De acordo com Carvalho (2010), a necessidade do transporte de mercadorias surge na sequência do aparecimento das primeiras trocas comerciais. À medida que esta atividade económica se foi desenvolvendo e o comércio internacional foi ganhando peso, novos desafios se foram colocando aos transportadores, novos métodos e tecnologias foram surgindo. Nos nossos dias, o transporte de mercadorias é uma atividade económica essencial ao crescimento económico e um dos seus motores de competitividade.

Embora existam, na literatura (por exemplo, Tchobanoglous, Theisen & Vigil, 1997), algumas referências a meios de transporte de RSU não rodoviários, como o transporte ferroviário, marítimo ou fluvial, as mesmas referem-se a casos muito específicos e que não representam a generalidade dos sistemas de recolha de RSU. Na Tabela 3.6 apresentam-se as formas mais comuns de recolha e transporte de RSU.

Tabela 3.6 – Classificação da recolha e transporte de resíduos sólidos urbanos

<b>CLASSIFICAÇÃO DA RECOLHA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS</b>		
Deposição dos resíduos		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indiferenciada</li> <li>• Seletiva, com mistura de recicláveis</li> <li>• Seletiva, com separação por tipo de resíduo</li> </ul>
Tipo e local de recolha		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individualmente, porta a porta</li> <li>• Coletivamente, em zonas residenciais ou industriais</li> <li>• Coletivamente, em centros para depósito de resíduos</li> </ul>
Contentores de recolha		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contentores isolados</li> <li>• Ecopontos</li> <li>• Ecocentros</li> <li>• Depósitos móveis</li> </ul>

## CLASSIFICAÇÃO DA RECOLHA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Veículos	Caixa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aberta</li> <li>• Fechada com zona de carregamento aberta</li> <li>• Hermética</li> </ul>
	Carregamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traseiro</li> <li>• Lateral</li> <li>• Frontal</li> <li>• Superior</li> </ul>
	Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual</li> <li>• Mecânica, com ou sem compactação</li> </ul>
Transporte*		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em veículos separados</li> <li>• Comum, em compartimentos separados</li> <li>• Comum, com mistura de recicláveis</li> </ul>

\*Aplicado apenas à recolha seletiva.

Fonte: Beijoco (2011)

É importante referir, desde já, que este projeto não pretende traduzir-se num estudo de base para um sistema global de gestão de resíduos sólidos. Ao invés, o enquadramento teórico é efetuado para suporte de um modelo definido com base no sistema de recolha seletiva de ecopontos, tomando como caso de estudo o Pólo de Castelo Branco, para auxiliar a tomada de decisão no que se refere à recolha de resíduos para reciclagem pela VALNOR.

Não obstante, o modelo desenvolvido tem aplicabilidade a outros sistemas semelhantes, desde que exista um estudo estatístico prévio do histórico das características dos contentores de recolha seletiva e que sejam efetuadas as alterações necessárias relativas aos recursos disponíveis do novo sistema, nomeadamente dentro do território português em que a recolha e transporte de RS seguem uma metodologia bastante uniforme (Beijoco, 2011:7).

Um dos aspetos mais importantes na organização de um sistema de recolha seletiva de RSU é a escolha do tipo de viatura de transporte e depende das características dos locais e do tipo de recipientes existentes, para a deposição dos resíduos.

De um modo geral, as viaturas de transporte devem cumprir os seguintes requisitos (Martinho & Gonçalves, 2000; Levy & Cabeças, 2006):

- Rapidez no acondicionamento de resíduos;
- Facilidade de enchimento e descarga;
- Capacidade de carga adequada;
- Funcionamento com baixo índice de ruído;
- Facilidade de manobra na circulação;
- Boas características de estanqueidade;
- Facilidade de manutenção e lavagem;
- Correta distribuição sobre os eixos;
- Órgãos de segurança adequados;
- Segurança e estética.

A título de exemplo e na verificação destes requisitos, apresenta-se na figura 3.5 uma imagem das viaturas de recolha seletiva.

Figura 3.5 – Viatura de recolha seletiva



Fonte: VALNOR (2012)

### 3.3 Modo de transporte rodoviário

A referência ao modo de transporte rodoviário no presente projeto, em termos de enquadramento teórico, é devido às suas características, à localização da empresa exemplificada e ainda ao serviço prestado.

Não obstante, quando se pretende referir o modo de transporte, o problema da escolha recai na seleção do melhor sistema de transporte, para uma determinada carga, considerando vários fatores como os que estão relacionados com as características dos diferentes modos de transporte (capacidade, custos, velocidade, frequência do serviço, entre outros), as características do produto e o contexto onde o transporte se desenvolve (Carvalho, 2010).

A escolha do modo de transporte, seguindo a metodologia de aproximação de Slater sugerida por Carvalho (2004) não é aqui tratada, pelo que é referido no parágrafo anterior e ainda pela flexibilidade do modo de transporte rodoviário e possibilidade de serviço ponto-a-ponto.

A flexibilidade refere-se à sua capacidade do meio de transporte em estabelecer uma ligação direta entre qualquer par de pontos numa rede. O Modo de Transporte Rodoviário é considerado como um modo de grande flexibilidade. Por capacidade entende-se a possibilidade de o meio de transporte movimentar qualquer tipo e tamanho de mercadorias. A natureza do produto a movimentar (sólido, líquido, a granel, pacotes, entre outros), o seu peso, densidade e dimensão serão decisivos na escolha do tipo de transporte (Carvalho, 2010). Assim, o modo rodoviário de transporte tem a dimensão da carga a transportar, como a principal limitação.

Segundo Carvalho (2004: 192), as vantagens do modo de transporte rodoviário são:

- A flexibilidade do serviço;
- Grande cobertura geográfica;
- Muito competitivo em distâncias curtas e médias;
- Elevado grau de adaptabilidade;
- Rápido, normalmente serviço ponto a ponto;

- Manuseamento mais fácil (cargas menores).

Carvalho (2004: 192) indica também as seguintes desvantagens:

- Unidades de carga limitadas;
- Dependente do trânsito;
- Dependente da regulamentação (circulação, horários);
- Mais caro em grandes distâncias.

Entretanto, Carvalho (2004: 192) sugere que a evolução tecnológica permite a introdução das seguintes melhorias:

- Vários Sistemas de comunicação;
- Sistema de localização por coordenadas geográficas e por via ou estrada;
- Melhoria de carregamentos e sistemas de classificação em terminais;
- Incremento no uso de contentores ou paletes *standard*;
- Aumento dos sistemas semiautomáticos de carga ou descarga dos veículos;
- Melhoria nos contentores para se adaptarem a outros modos de transporte (interface multimodal).

Segundo Carvalho (2010), a escolha do meio de transporte é uma decisão que passa, em última instância, pelo balanceamento entre os custos do serviço de transporte e a qualidade do serviço ao cliente, um exercício que requer o domínio dos fatores de natureza operacional e das características dos meios de transporte, entre outros. O custo do serviço de transporte inclui, para além do custo da movimentação das mercadorias, outros custos relacionados com o manuseamento dos produtos em operações de carga e descarga, seguros, eventuais perdas e estragos, e ainda custos associados ao inventário em trânsito.

Uma estrutura de custos no transporte rodoviário é apresentada na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Estrutura de custos no transporte rodoviário

Modo de transporte	Custo Fixo	Custo Variável	Comentários
Rodoviário	Baixo - as infraestruturas rodoviárias são públicas, não pertencendo ao operador	Médio - custos de combustíveis, taxas, manutenção	15-25% dos custos estão associados às operações de manuseamento, recolha e entrega

Fonte: Carvalho, S. (2010)

De acordo com Carvalho. (2010), o sistema de transporte rodoviário caracteriza-se por um serviço de transporte que envolve a utilização de vários tipos de recursos e, consequentemente, de vários tipos de custos. Assim, o custo de transporte tem duas componentes fundamentais:

- Custos variáveis (por km ou por ton/km) - custos que são função do nível de atividade num determinado período e incluem os custos diretos associados ao transporte de cada carga, nomeadamente:

- Combustíveis - consumos específicos (l/100 km);
- Pneus;
- Manutenção e reparação;
- Manuseamento, recolha e entrega;

- Custos fixos (por unidade de tempo) - custos que não variam com o nível de atividade e que podem incluir:

- Despesas com infraestruturas e instalações;
- Depreciações e encargos financeiros;
- Gastos com o pessoal;
- Equipamento;
- Administração;
- Seguros e taxas.

Um outro aspeto tem a ver com a velocidade média associada ao meio de transporte, a qual acaba por ser determinante no tempo médio de trânsito. Considera-se

como tempo médio, o tempo gasto no transporte, de forma a movimentar uma mercadoria do seu ponto de origem ao seu ponto de destino. A velocidade média associada ao modo de transporte rodoviário pode variar até aos 90 km/h (Carvalho, 2010: 203).

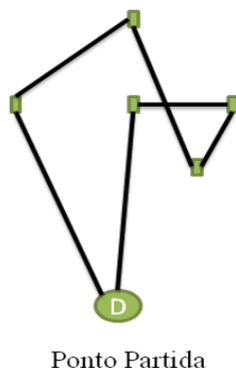
### 3.4 Rotas

Para Ballou (2004), os problemas nas rotas de veículos têm vindo a ser resolvidos através de uma rede. Por exemplo, a forma mais simples e o melhor método é o da rota mais curta. Nesta abordagem, representa-se uma rede por linhas e pontos, onde os pontos são de ligações entre linhas e as linhas são os custos (distância, tempo ou uma combinação de ambos formada por uma ponderação média do tempo e da distância), para a deslocação e movimentação de um ponto ao outro.

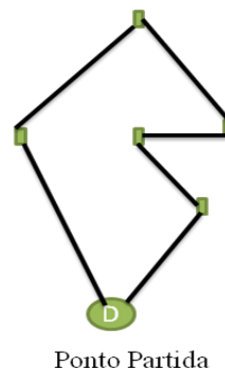
Conforme referido por Ballou (2004), inicialmente todos os pontos são considerados não solucionados, isto é, não estão ainda definidos para uma rota. Um ponto definido é considerado na rota. Os cálculos de uma rota são efetuados com base em métodos estatísticos, utilizando programas matemáticos, como, por exemplo, o SOLVER. De acordo com esta metodologia, os pontos estão espacialmente relacionados. Sabe-se que as boas sequências de paragem são formadas quando os caminhos das rotas não se cruzam, conforme exemplos representados na figura 3.6.

Figura 3.6 – Exemplos de piores e melhores sequências em rotas

a) Rota Pobre –  
caminhos cruzam-se



b) Boa Rota – não se  
cruzam os caminhos

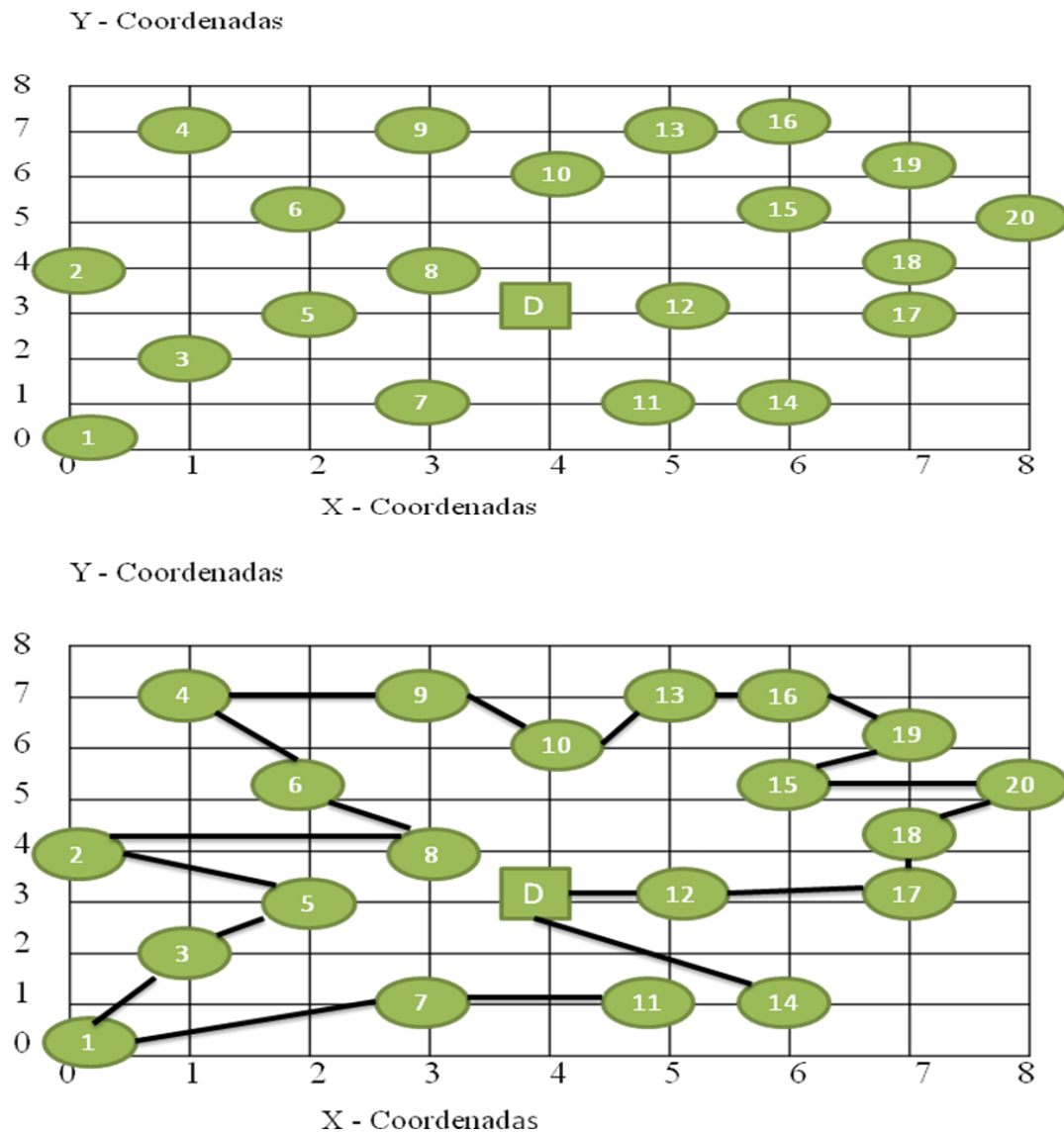


Fonte: Ballou (2004)

O caminhão inicia o percurso no ponto de origem e regressa ao mesmo ponto, passando por todos os outros pontos, como, por exemplo, os ecopontos no presente projeto. Este termo ecoponto também é utilizado, como exemplo, na Figura 3.8. O percurso deverá ser feito de forma a percorrer a menor distância possível (Ballou, 2004).

Deste modo, o problema de rotas de veículos (*vehicle routing problem*) pode ser resolvido através de solução possível e por aproximação das rotas ótimas a definir, as quais minimizam os custos totais. Neste âmbito, é apresentado um esquema na figura 3.7, com o exemplo dos ecopontos.

Figura 3.7 – Localização de ecopontos e sugestão de melhor rota



Fonte: Adaptado de Ballou (2004)

Os problemas de transporte mais frequentes e a decisão a tomar, torna esta uma das mais importantes na logística. Estes problemas de decisão podem ser abordados e resolvidos com razoabilidade recorrendo à elaboração de algoritmos (Ballou, 2004).

No geral, a definição das rotas de recolha envolve uma série de ensaios. Não existe um conjunto de regras universais que possam ser aplicadas a todas as situações. Assim, a definição e otimização das rotas dos veículos de recolha tem recorrido, até hoje, a processos heurísticos (Ballou, 2004).

Algumas das orientações heurísticas que devem ser tomadas em consideração, quando se definem rotas de recolha, são (Ballou, 2004):

- ✓ Existências de políticas e regulamentação relacionada com esta matéria, como seja a localização do ponto de recolha e a frequência de recolha deve ser identificada;
- ✓ Sistemas existentes, tais como o tamanho das equipas de recolha e tipos de veículos, devem ser coordenados;
- ✓ Quando possível, as rotas devem ser definidas de modo a começar e terminar perto de vias principais, utilizando barreiras topográficas e físicas, como limites das rotas;
- ✓ Em áreas mais declivosas (terrenos mais acidentados), as rotas devem começar nos pontos mais elevados e prosseguir no sentido descendente, até o veículo de recolha ficar carregado;
- ✓ As rotas devem ser definidas de maneira a que o último contentor a recolher esteja localizado mais próximo do local de deposição final dos resíduos (aterro);
- ✓ Os resíduos produzidos nas zonas de trânsito mais congestionadas devem ser recolhidos o mais cedo possível (no início do dia);
- ✓ Fontes ou locais em que existe grande produção de resíduos devem ser servidos durante a primeira parte do dia;
- ✓ Pontos de recolha dispersos, onde pequenas quantidades de resíduos sólidos são produzidas e que têm a mesma frequência de recolha, devem, se possível, ser servidos durante uma viagem ou no mesmo dia;
- ✓ Equipamentos de processamento eletrónico de dado se o seu *software* apropriado são usados para auxiliar no planeamento e avaliação de rotas de recolha.

Por exemplo, na VALNOR existem quatro etapas gerais no estabelecimento de rotas de recolha:

1. Preparação de mapas de localização que mostrem dados relevantes e informação relacionada com fontes (locais de produção de resíduos);
2. Análise de dados e, conforme necessário, preparação de informação em tabelas;
3. Traçado preliminar das rotas;
4. Avaliação dos traçados preliminares das rotas e o desenvolvimento de rotas equilibradas através de ensaios sucessivos.

Deve ser notado que as rotas equilibradas preparadas em gabinete são depois entregues aos motoristas que as implementam no terreno.

A eficácia das rotas de recolha pode ser avaliada pela quantidade de pontos de sobreposição e intersecção no decorrer da rota. Quanto menos ponto de sobreposição e intersecção mais eficaz será a rota. Neste sentido, Carvalho (2010) refere que, no planeamento de rotas, a definição da rede de transportes, estabelecendo o conjunto de nodos e rotas ao longo das quais se vai processar o fluxo de mercadorias, tem um grande impacto no desempenho da Cadeia de Abastecimento. Uma rede ótima permite obter um elevado nível de serviço ao menor custo mas exige uma abordagem complexa que integra várias dimensões como, por exemplo, os custos de transporte e os custos de inventário.

Os circuitos definidos para transporte dos resíduos, desde o local da sua recolha, até um local de depósito intermédio ou final, representam uma parte substancial da recolha e transporte de resíduos.

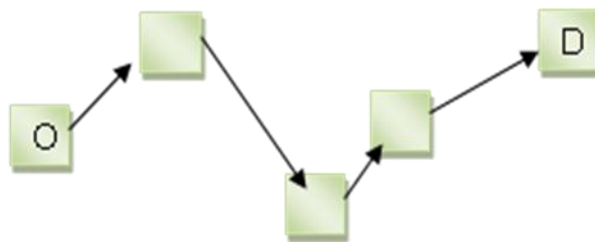
No itinerário de recolha deve constar as ruas a percorrer, os pontos de recolha, dias e horários e é utilizado o transporte rodoviário para a recolha de resíduos.

A obtenção de uma solução para uma operação de transporte numa rede envolve complexidade e esforço de análise, pelo que é frequente o recurso a modelos matemáticos complexos integrados em sistemas de apoio à decisão que permitem ao decisor optar pela solução mais adequada (Carvalho, 2010). Alguns dos desenvolvimentos no âmbito da Investigação Operacional ajudam na procura de soluções ótimas para os diferentes problemas que se colocam neste âmbito. Destacam-se de seguida, alguns dos problemas mais comuns, conforme referido por Carvalho (2010: 210).

### Problema do caminho mais curto (Figura 3.8)

Transporte entre dois pontos distintos da rede; dada uma rede com nodos e ramos, o objetivo consiste em encontrar a sequência de nodos e ramos a percorrer, para se minimizar o custo total.

Figura 3.8 - Caminho mais curto entre uma origem (O) e um destino (D)



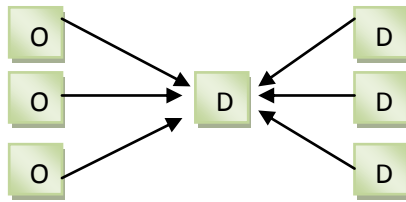
Fonte: Carvalho, S. (2010)

### Problema de transportes com depósitos intermédios (Figura 3.9)

O transporte entre origens e destinos é efetuado através de uma plataforma que depois assegura o envio para os destinos finais. A plataforma pode funcionar como ponto de acumulação de inventários ou como simples cais de operações de *cross-docking* (Carvalho, 2010: 211).

Neste tipo de rede, os custos de transporte diminuem como resultado das consolidações de cargas. O primeiro caso (depósito como local de armazenamento de inventários) envolve custos de inventários e armazenagem. No segundo caso, (cais de operações de *cross-docking*) os custos de inventário diminuem consideravelmente, mas aumentam as exigências de coordenação (Carvalho, 2010: 211).

Figura 3.9 - Transportes com depósitos intermédios

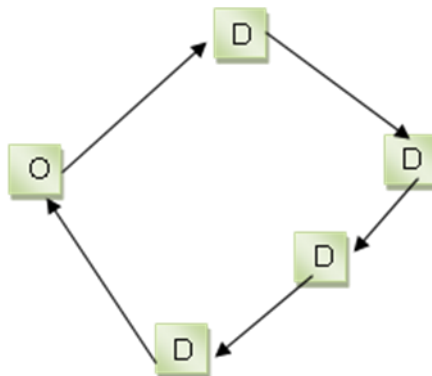


Fonte: Carvalho, S. (2010)

### **Problema do caixeiro viajante (*traveling salesman problem*)**

A origem e o destino são coincidentes (Figura 3.10). O objetivo consiste em definir a sequência de pontos (clientes) a visitar numa rede, partindo e regressando ao mesmo ponto (nodo), em que cada ponto só é visitado uma única vez, minimizando os custos totais (Carvalho, 2010: 212).

Figura 3.10 - Problema do caixeiro viajante



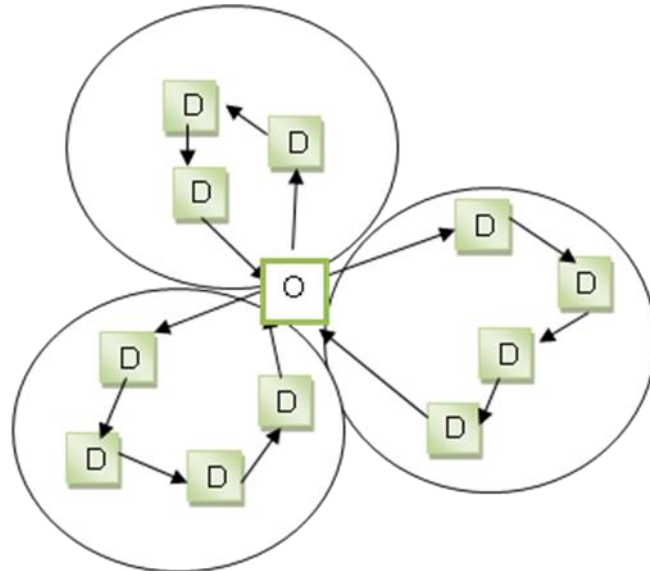
Fonte: Carvalho, S. (2010)

### **Problema de rotas de veículos (*vehicle routing problem - VRP*)**

Dada uma origem, vários pontos (destinos) a visitar e vários veículos com capacidades limitadas, o objetivo consiste em encontrar o caminho de menor custo a percorrer por cada veículo, ou seja, a sequência de clientes que cada veículo deve visitar (Figura 3.11). Este problema é comum na área da distribuição e retalho, para entregas e ou recolhas de produtos. Existem várias extensões ao modelo VRP para acomodar situações

de vários depósitos, janelas temporais, recolhas e entregas simultâneas, inventários, entre outros, normalmente designados por problemas de escalas (Carvalho, 2010: 212).

Figura 3.11 - Problema de rotas de veículos (*vehicle routing problem*)



Fonte: Carvalho, S. (2010)

De entre os métodos de solução referidos por Desaulniers, Lavigne & Soumis. (1997) e Laporte (1992) destacam-se os métodos exatos, através da programação linear, que permitem a obtenção de soluções ótimas, a maior parte das vezes com custos computacionais elevados, dada a dimensão e complexidade dos problemas reais na elaboração de algoritmos, e os métodos heurísticos, de onde se destaca o método das poupanças ou de Clarke-Wright (Clarke & Wright, 1964).

Por sua vez, Ballou (2004) propõe o seguinte conjunto de princípios básicos para elaboração de rotas:

- Coordenação espacial - afetar um veículo a clientes que estão próximos, tendo em consideração as capacidades dos veículos;
- Coordenação temporal - combinar entregas do mesmo dia da semana;
- Entregas e recolhas - combinar entregas e recolhas num ponto sempre que possível;
- Construção das rotas - partir com os pontos mais afastados do depósito e incluir viagens no regresso;

- Veículos – usar, em primeiro lugar, os veículos maiores para evitar os custos de não utilização;
- Restrições - evitar janelas temporais apertadas, negociando com os clientes;
- Subcontratar - explorar meios alternativos de distribuição, para entregas e recolhidas de ou para lugares remotos ou com volumes pequenos.

A definição das rotas ótimas que minimizem o custo total, quer em termos de número de veículos quer de custo associado à distância total a percorrer e ao tempo disponível, para satisfazer os pedidos de recolha e entrega, implica prestar atenção aos fatores tempo e custo, para que os custos logísticos possam registar uma diminuição (Cardoso, 2009).

### 3.5 Fatores tempo e custo

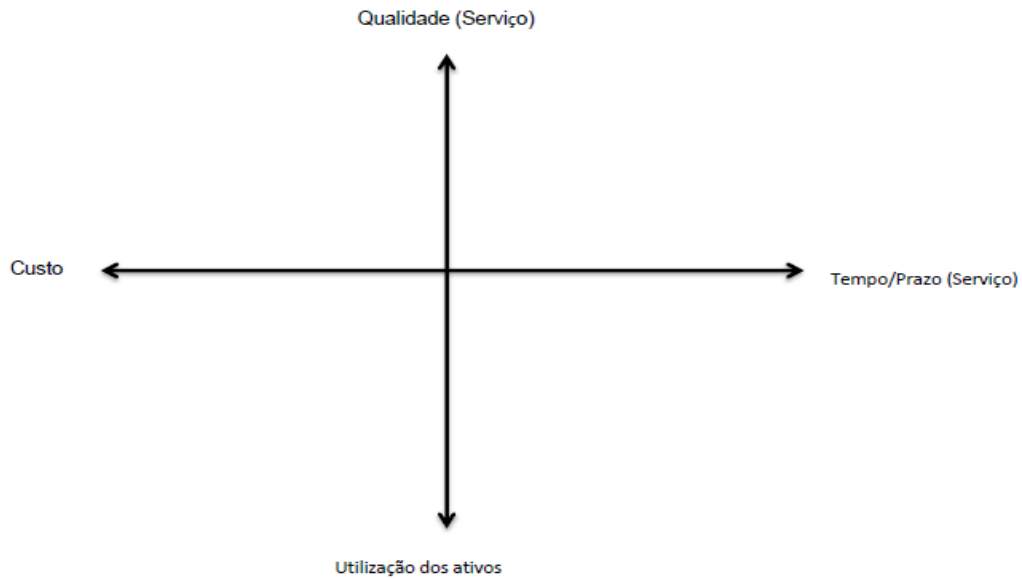
Segundo Guedes (2008) *cit in* Letão, Ferreira & Azevedo (2008), as empresas orientadas para o serviço a clientes demonstram possuir níveis de competências logísticas mais elevados do que as empresas orientadas para a minimização do custo.

As competências logísticas que podem suportar ou criar vantagens competitivas genéricas são, de uma forma geral, agrupadas nas seguintes fontes de vantagem competitiva (Guedes, 2008):

- Vantagem em termos de qualidade do serviço;
- Vantagem em termos de tempo;
- Vantagem em termos de custos ou de eficiência.

Em termos de análise das competências logísticas centrais, é comum utilizar, pelo menos, três das quatro dimensões passíveis de criar vantagens competitivas, conforme se pode verificar na Figura 3.12.

Figura 3.12 - Fontes de vantagens competitivas de base logística.

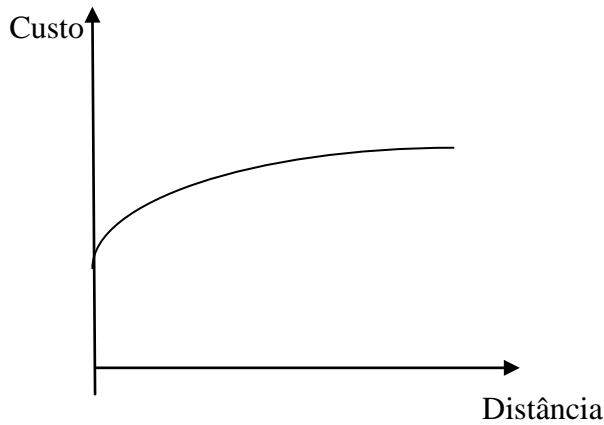


Fonte: Guedes (2008) *cit in* Letão, Ferreira & Azevedo (2008)

Segundo Carvalho (2010: 221), os fatores que mais impacto tem no custo de um serviço de transporte são a distância percorrida e o volume transportado. A distância contribui diretamente para os custos variáveis, pelo que, em norma, os custos aumentam proporcionalmente com a distância percorrida. Esta relação aplica-se nos casos do transporte aéreo e do transporte rodoviário, onde os custos fixos são relativamente baixos, comparados com os variáveis.

Quando a componente de custos fixos aumenta (custos elevados de manuseamento), o crescimento dos custos com a distância tende a verificar-se a uma taxa decrescente, devido a trajetos longos tenderem para ter uma maior percentagem de percurso interurbano, menores operações de manuseamento, como apresentado na Figura 3.13. Pode verificar-se que a curva de custos não começa na origem, havendo sempre custos associados a uma viagem que não dependem da distância (Carvalho, S., 2010: 222).

Figura 3.13 – Custo em função da distância



Fonte: Carvalho, S. (2010)

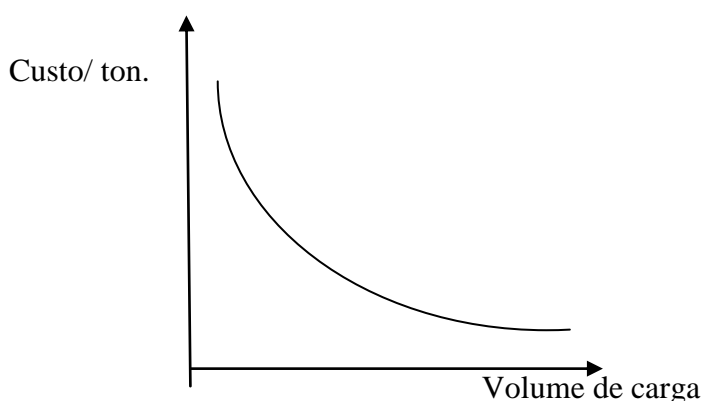
Segundo Ballou (2004), o serviço de transporte pode ou não ser usado para fornecer uma vantagem competitiva, tendo em atenção o seu preço.

Os preços dos transportes são normalmente um terço ou dois terços dos valores totais da logística, melhorando assim a utilização de transporte e o pessoal (Ballou, 2004).

O transporte serve para melhorar o serviço aos clientes, encontrando os melhores caminhos a percorrer, a rede de caminhos que deve executar, minimizando o tempo ou a distância, o que constitui um problema de decisão frequente. Para Ballou (2004), há variações dos problemas, sendo que uma consiste em encontrar um caminho por uma rede onde o ponto de origem é diferente do ponto de destino, uma outra consiste em múltiplas origens e múltiplos pontos de destino e ainda uma outra que consiste numa origem e em um ponto de destino.

Tal como antes referido e segundo Carvalho (2010), o volume transportado também tem impacto no custo do serviço de transporte, visto que o custo deste serviço está dependente da dimensão da carga transportada. A estrutura de custos de um serviço de transporte traduz-se, em regra, em economias de escala, uma vez que os custos de transporte por unidade de volume transportado decrescem com o aumento do volume, como resultado da diluição dos custos de carga, entrega, administrativos, entre outros, conforme se pode verificar na Figura 3.14.

Figura 3.14 - Custo em função do volume.



Fonte: Carvalho, S. (2010)

Para além do tempo e do custo, a densidade da carga, o tipo de carga e a procura também influem no preço do transporte por unidade de medida do que é transportado (Carvalho, 2010). Assim, no que se refere à densidade, o preço do transporte por tonelada diminui com o aumento da densidade da carga. Para o manuseamento existe a necessidade de equipamentos especiais de carga, o que influi igualmente nos custos logísticos e, consequentemente, no preço do transporte.

Segundo Carvalho (2010), estas operações envolvem a assunção de responsabilidade, devido a riscos associados a algumas cargas de produtos perecíveis, frágeis, explosivos, suscetíveis de roubo, entre outros, o que implica subscrever uma apólice de seguro com o objetivo de eliminar ou reduzir a responsabilidade perante riscos associados ao manuseamento dos produtos. O regresso em vazio também tem efeito nos custos logísticos, e, consequentemente, no preço do transporte.

### 3.6 Condicionantes da recolha de resíduos

De acordo com Tchobanoglous & Kreith (2002), atualmente, o aspeto económico da recolha inclui os custos de armazenagem e manutenção dos contentores colocados nos pontos de produção de resíduos, os custos de proporcionar serviços de recolha e os custos das estações de transferência que processam materiais para reconversão, consolidação e transporte para os locais de deposição.

Os gestores medem o custo da recolha como uma componente dos custos dos sistemas integrados de gestão de resíduos (Tchobanoglous & Kreith, 2002). Nestes termos, a eficiência do trabalho na recolha de resíduos é medida pela produtividade de cada colaborador nas rotas de recolha e os parâmetros importantes para medir a produtividade são:

- ✓ Tamanho das equipas;
- ✓ Tempo de serviço;
- ✓ Tempo de viagem;
- ✓ Tempo no local de descarga.

O tamanho da equipa é função do tipo de serviço prestado aos produtores de resíduos. Em grandes cidades, onde existem congestionamentos e competição intensa por espaços nas ruas, as equipas de trabalho chegam a ter quatro elementos por veículo. Em outros locais, com menos veículos e onde existe espaço disponível para estacionamento adequado e movimento facilitado dos contentores, a equipa é composta por uma pessoa e o veículo de recolha é carregado mecanicamente (Tchobanoglous & Kreith, 2002).

Os gestores dos sistemas de recolha avaliam a disponibilidade de equipamento e as combinações do número de trabalhadores na seleção do melhor serviço para os produtores de resíduos.

Segundo Piedade & Aguiar (2010), os fatores condicionantes da recolha de resíduos com maior peso são:

- a adesão da população;
- a facilidade de deposição e de recolha;
- o nível de complexidade das operações a jusante;
- o custo das operações.

A adesão da população, sendo a RS, a recuperação e depois o encaminhamento de diversos materiais constitui a população como o elemento mais importante nesta primeira fase, pois é quem inicia a operação da separação na origem dos resíduos, que, para Piedade & Aguiar (2010), é um fator determinante na maior ou menor complexidade das operações a jusante.

A situação ideal será por parte dos produtores que tivessem um bom conhecimento dos diferentes materiais, da sua separação e disponibilidade de espaço de armazenamento até á sua recolha (Piedade & Aguiar, 2010). Esta situação também pode levar a um aumento de quantidades na origem, o que implica um aumento de números de ecopontos, podendo levar a um maior número de circuitos de recolha, com o provável aumento de custos.

Piedade & Aguiar (2010: 7) referem que devia procurar-se um ideal entre o esforço exigido à população e o equilíbrio de custos, tentando assim:

- Simplificar a separação na origem, tendo em consideração a minimização do esforço do utente e a garantia de uma seleção adequada a submeter a tratamento;
- Disponibilizar, dentro do possível, meios de deposição adequados, quer em número quer em tipologia, para que se comece a fazer disto uma tarefa de rotina;
- Localizar os meios de deposição, para facilitar o acesso aos potenciais utilizadores.

Para que esta operação se torne mais simples, é importante que a população adira, e, neste sentido, deveria haver mais campanhas de sensibilização (Piedade & Aguiar, 2010). Adaptar novos símbolos às embalagens de forma a facilitar a população, uma vez que Portugal tem um grande número de idosos na população e muitos não sabem ler. Assim, para uma maior facilidade de deposição e de recolha, deve haver meios ou equipamentos para garantir essa mesma deposição. Os equipamentos estão adaptados às características dos materiais a receber, o utilizador deve despende do mínimo esforço, ter a máxima segurança e ter acesso á informação sobre os materiais a depositar (Piedade & Aguiar, 2010).

Ainda segundo Piedade & Aguiar (2010), é necessário ter em conta:

- As frequências de recolhas ótimas, consoante a tipologia dos matérias e o volume dos resíduos a recolher;
- Que a recolha individual leva a circuitos diferenciados, afetando os custos associados.

Relativamente à remoção seletiva em ecopontos, à remoção seletiva porta-a-porta e aos ecocentros, ou seja, à modalidade da recolha seletiva multimaterial tem que se estabelecer um ponto de equilíbrio, para a recolha e depois para a triagem de materiais,

considerando também as suas características impostas pelas empresas recicladoras. Neste sentido, Piedade & Aguiar (2010) indicam:

- O papel;
- O vidro;
- Os plásticos, metais e embalagens de cartão para alimentos líquidos (ECAL), são todos depositados no mesmo ecoponto, pois a sua separação na linha de triagem é fácil, uma vez que existem separadores eletromagnéticos para os metais ferrosos, separadores de metais não ferrosos e a separação manual através de sistemas ótimos para os restantes materiais. Em relação às embalagens, a separação é complexa, devido à mistura de materiais e ao grau de contaminação com resíduos não recicláveis.

Deve-se tentar, segundo Piedade & Aguiar (2010):

- A utilização de meios de deposição que permitam uma utilização polivalente das viaturas de recolha;
- A redução da frequência da remoção indiferenciada, libertando meios para a execução da RS;
- A mecanização da recolha, reduzindo a dependência de meios humanos;
- A utilização de veículos movidos a combustíveis alternativos com menor intensidade energética e emissões atmosféricas.

### 3.7 Subcontratação de serviços de recolha de resíduos ou exploração própria

De acordo com Carvalho, S. (2010), o transporte é uma das atividades mais estruturantes da Logística e responsável por uma boa parte dos custos logísticos. Um dos grandes focos da Logística é precisamente a movimentação dos fluxos físicos de materiais, sejam eles quais forem, através da *network* por onde se movem ou deslocam. A seleção dos modos de transporte, a contratação de prestadores de serviços de transporte (externos à empresa) e a gestão contratual desses prestadores, quaisquer que sejam os materiais a transportar, é uma atividade crítica em termos logísticos. Adicionalmente, o planeamento das rotas de transporte, a escolha da tipologia dos veículos, modos e suas combinações são atividades Logísticas também enquadráveis numa lógica de transporte e gestão do transporte.

De acordo com Carvalho, S. (2010), a subcontratação de um determinado serviço logístico é uma prática que tem vindo a ser adotada por muitas empresas a uma taxa crescente, desde a década de 90. As opções variam de empresa para empresa, quer no tipo de serviço que é subcontratado quer nas razões que levam uma empresa a contratar os serviços a entidades externas, com referência a uma atividade ou um conjunto das suas atividades.

Algumas das razões frequentemente invocadas para a adoção de soluções contratação de serviços a entidades externas na área dos transportes são (Carvalho, M.S., 2010):

- Focalização nas atividades críticas do negócio da empresa e a possibilidade de entregar atividades não crítica a empresas especializadas;
- Menores encargos financeiros, traduzindo-se na redução de custos fixos associados à compra e gestão de uma frota de veículos que elimina a componente fixa dos custos de transportes, libertando a empresa de encargos financeiros e aumentando sua disponibilidade de capital para investimento;
- Menores custos operacionais, visto que a gestão eficiente de um sistema de transportes obriga a um enorme investimento em recursos humanos altamente especializados e sistemas de apoio à decisão, por um lado, e as empresas prestadoras de serviços ao servirem vários clientes, podem, em regra, oferecer serviços a preços competitivos, como resultado das economias de escala e da utilização eficiente de recursos especializados, por outro;
- Flexibilidade aumentada em resposta a variações nas condições em que a rede logística opera como, por exemplo, com picos sazonais da procura.

Em oposição à subcontratação, Carvalho (2004) e Carvalho (2010) referem que uma empresa tem vantagem em manter a opção exploração própria do transporte, uma vez que:

- Pode haver um decréscimo acentuado de custos, se a empresa reunir condições e competências para a gestão do transporte;
- A facilidade no controlo e monitorização dos custos;
- Uma melhor prestação de serviço logístico aos clientes;

- A fidelização do cliente à empresa, podendo esta tornar-se uma “entidade única” e não um subconjunto de operadores dependentes de subcontratos;
- A imprescindibilidade da inovação tecnológica, ou seja, reunir mais competências e usufruir de maiores capacidades para o negócio;
- A utilização de economias de escala, através da concentração de um maior número de atividades na própria empresa.

## Capítulo IV - METODOLOGIA

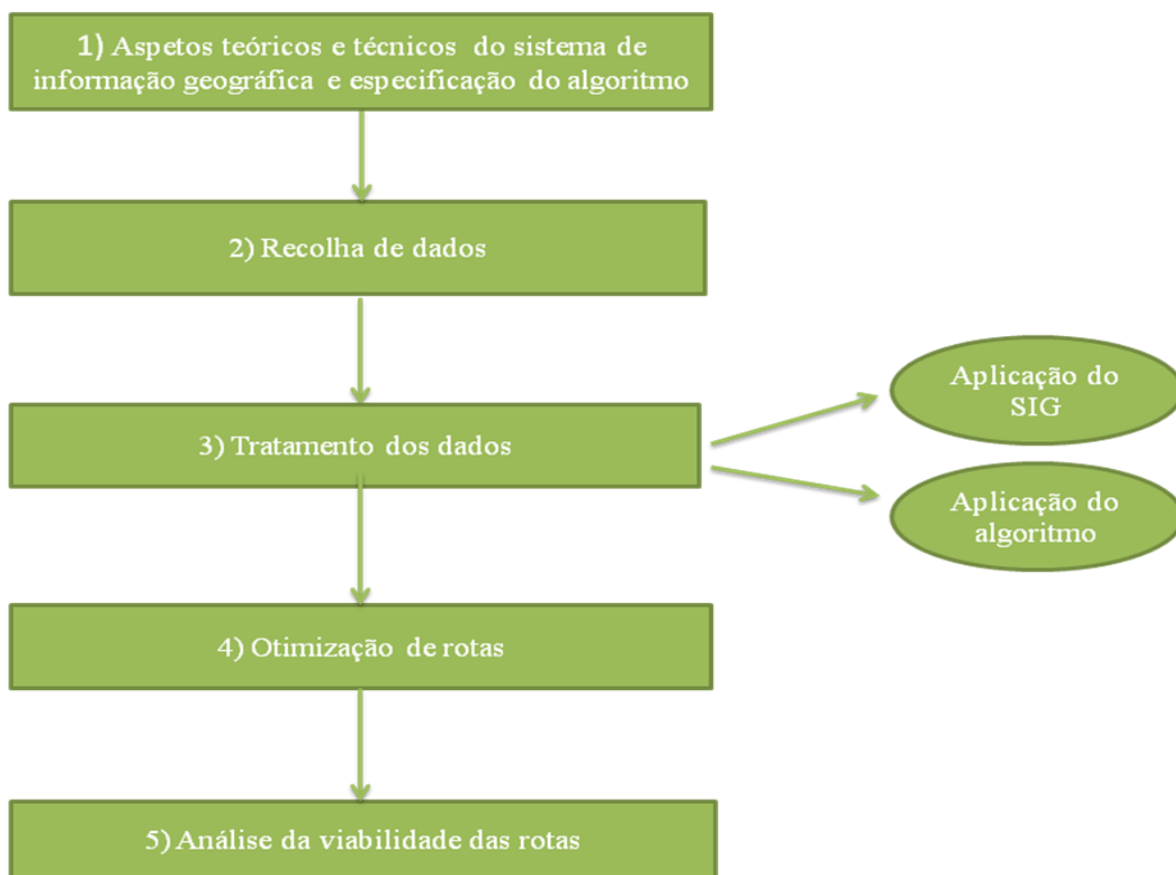
De acordo com Sekaran & Bougie (2011), a produção de conhecimento científico exige a aplicação de um método com técnicas adequadas que assegure a exatidão desse conhecimento. Assim sendo, é possível afirmar que o estudo do problema de investigação, a captação e o processamento da informação para a sua resolução na procura do conhecimento, e o alcance do método a utilizar na investigação estão relacionados com a orientação metodológica de construção do conhecimento a seguir neste trabalho. Esta orientação metodológica tem a ver com a utilização do método científico como um instrumento ou conjunto de procedimentos que conduzem o investigador na observação da realidade.

No que se refere á recolha de informação importante para o desenvolvimento do conhecimento e conseqüente enriquecimento do trabalho, adota-se uma abordagem essencialmente quantitativa, embora inclua aspetos qualitativos e quantitativos, mas considerando a recolha e análise de dados quantitativos. Segundo Saunders, Lewis & Thornhill (2009), os dados quantitativos em significados dos números, a recolha resulta em dados numéricos e estandardizados e a análise é conduzida através do uso de diagramas e de estatísticas, enquanto os dados qualitativos são baseados em significados expressos através de palavras, a recolha resulta de dados não estandardizados, requerendo a classificação em categorias, e a análise é conduzida através do uso de concetualizações.

De acordo com os objetivos estabelecidos para o presente projeto, define-se um conjunto de diferentes fases do trabalho a realizar, que se encontram identificadas na Figura 4.1, para que se possa compreender e interpretar os resultados.

Segundo Fernandes (2002), o trabalho de recolha, observação, análise, sistematização e explicação dos fenómenos obedece a uma certa orientação (perspetiva de investigação), recorre a diversos meios (métodos e técnicas), e respeita padrões (regras de elaboração e apresentação), sendo apenas indicadas as informações pertinentes à investigação.

Figura 4.1 – Fases do trabalho a realizar



Fonte: Elaboração própria

#### 4.1 Sistema de informação geográfica

Os sistemas de informação geográfica (SIG) deixaram de ser mais uma nova tecnologia de manipulação da informação espacial e entraram nas mais diversas áreas da atuação humana no espaço (Cosmes, 2012).

O SIG é definido como um suporte e um conjunto de procedimentos para a recolha, o armazenamento, a pesquisa, a análise, a representação, a visualização, a disponibilização e a publicação de dados geográficos. Estes dados podem ser representados por pontos, linhas, polígonos ou volumes. As questões centrais no desenvolvimento de um projeto de SIG são (Cosmes, 2002):

- Qual a sua missão, visão e objetivo central?

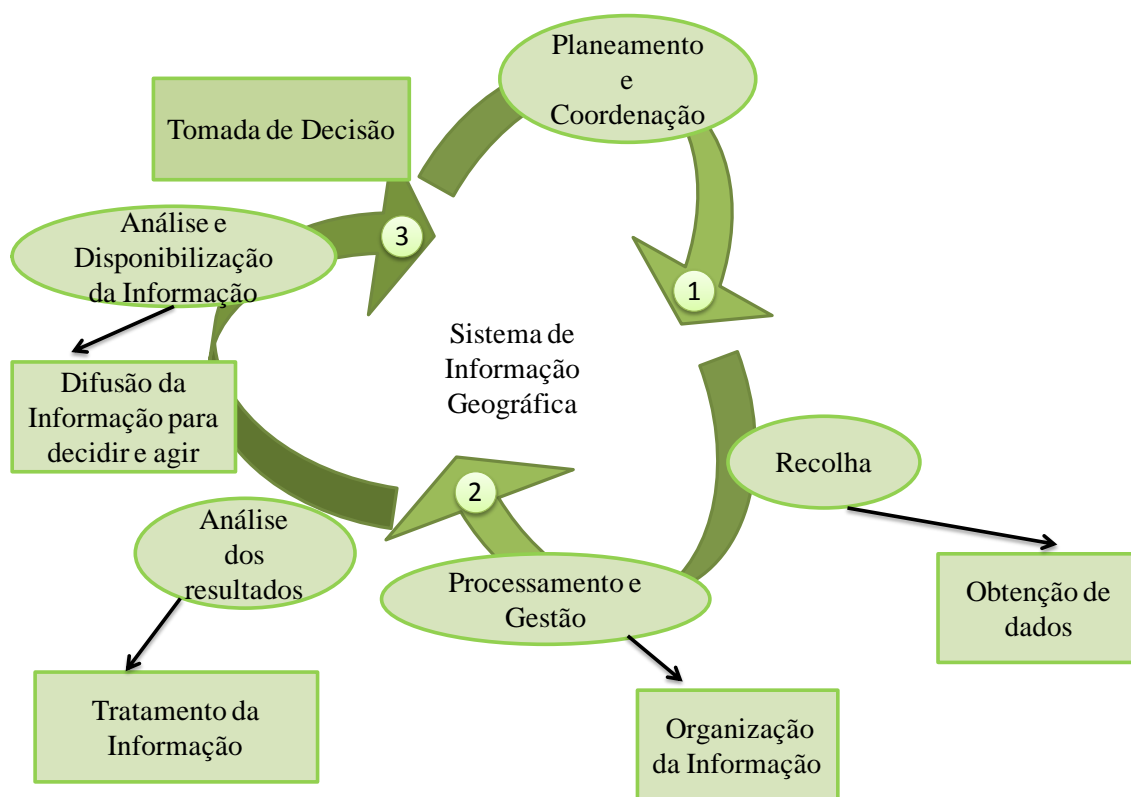
- Qual a estratégia, metodologia e objetivos a atingir?
- Como se implementa, monitoriza, avalia e mantém?
- Quais as experiências, (in) sucessos e melhores práticas no terreno?

A construção de um modelo geográfico para descrição e representação dos aspetos da realidade apresenta diversos problemas, nomeadamente, a diversidade do universo de fenómenos, a dificuldade na definição dos fenómenos e na sua especialização e caracterização. Esses aspetos da realidade designam-se por fenómenos. O conceito de fenómeno no contexto geográfico é muito próximo da aceção de Kant em que fenómeno é definido como tudo o que é objeto de experiência possível, isto é, tudo o que aparece no tempo ou no espaço (Matos, 2008).

As fases de desenvolvimento e implementação de um SIG podem dividir-se em três grandes blocos, conforme indicado na figura 4.2:

- . Planeamento e coordenação;
- . Recolha, processamento e gestão da informação;
- . Análise e disponibilização da informação.

Figura 4.2 – Fases de desenvolvimento e implementação de um SIG



Fonte: Adaptado de Cosme (2002)

No que se refere à otimização dos processos de recolha de resíduos, Nuortioa, Kytöjokib, Niskaa & Bräysy (2005) defendem que, durante a última década, tem havido numerosos avanços tecnológicos, de forma a alcançar soluções que possam permitir que as rotas já existentes se tornem mais eficientes (redução das distâncias a percorrer, dos tempos das viagens, e consequentemente, dos custos operacionais e do consumo energético, tal como também é defendido por Kuo & Wang (2011).

Neste sentido, para se obter a rota mais eficiente de recolha de resíduos em todos os ecopontos existentes na área de localização sobre a qual incide o presente projeto, procede-se à análise de redes e transportes com recurso à tecnologia SIG. A minimização de recursos despendidos na recolha e a maximização da eficiência desta recolha é fundamental, podendo esta otimização ser facilitada pelo uso de SIG.

Uma rede é uma representação gráfica baseada em formas lineares (arcos que representam canais de fluxos) e pontuais (nós que representam as suas conexões), aos quais se associam valores. Esses valores podem representar distâncias, custos, tempo, ganhos ou outros atributos que se acumulem linearmente ao longo do percurso da rede. A soma desses valores entre a origem e o destino pode, então, ser minimizada. A busca do caminho mais curto, mais rápido e mais barato no trajeto entre dois pontos é uma das formas tradicionais de se otimizar um sistema de redes (Dijkstra, 1984). Nesse contexto, o uso do SIG é a opção no processo de planejamento e apoio à gestão da recolha de resíduos, organizando as informações necessárias, uma vez que esta tecnologia possui uma estrutura de suporte de recolha de informação, armazenagem de dados, permitindo a pesquisa, análise e representação de informação, assim como a visualização da informação tratada, em tempo real.

Esta tecnologia permite separar a informação em diferentes camadas temáticas e armazená-la de forma independente. A diferença desta tecnologia, face a outras existentes, baseia-se na utilização de uma componente geográfica, que permite obter respostas a diversas questões e resolver problemas com uma maior rapidez, gerando nova informação, sempre em torno da geografia.

Os campos de aplicação do SIG são muito versáteis e vastos, podendo ser utilizado em todas as atividades baseadas em componentes espaciais, em cartografia, em estudos de impacto ambiental ou até mesmo na vigilância de doenças, na prospeção de recursos e no marketing.

Existem diversas aplicações utilizadas no estudo da informação geográfica, entre as quais o ArcGIS, desenvolvido pela ESRI, constituído por um conjunto de programas que permite a congregação, visualização e análise de dados espaciais

No presente trabalho é utilizada a versão ArcGIS® 9.3.

A otimização dos percursos ou rotas de recolha de resíduos é realizada, tendo como base um modelo realístico de otimização de circuitos, em SIG, aplicado na extensão *Network Analyst* do *software* ArcGIS 9.3.

O *Network Analyst* utiliza o algoritmo de Dijkstra (1984), para modelar dinamicamente condições realísticas de uma rede, aplicando limites de velocidade e condições do tráfego em diferentes momentos do dia. Esta extensão permite encontrar a

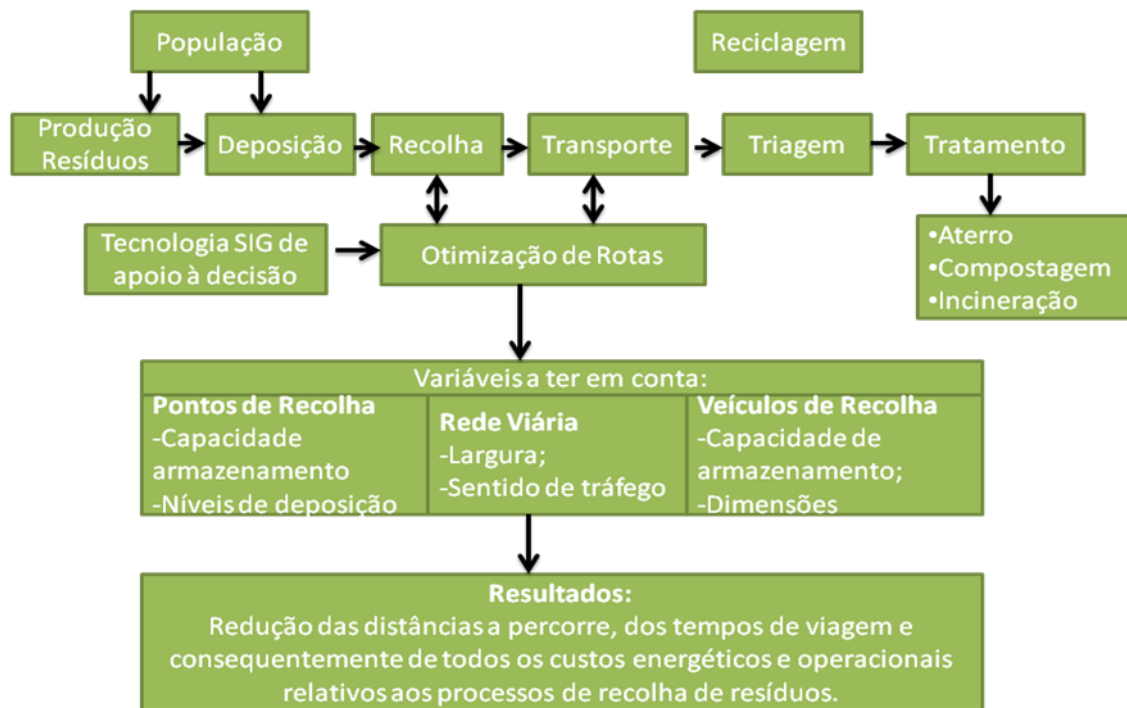
rota mais eficiente, gerar os sentidos do curso, encontrar o local mais próximo e definir áreas de serviço baseadas no custo - tempo (ESRI, 2011).

A otimização das rotas de recolha de resíduos é gerada com base em dois critérios:

- 1) Distância: a rota é gerada, tendo em consideração a localização dos resíduos e o comprimento de cada segmento rodoviário; a distância de percurso é calculada através da soma do comprimento de todos os segmentos rodoviários percorridos durante a recolha de resíduos em todos os ecopontos; o volume de tráfego nas estradas não é considerado;
- 2) Tempo: o tempo total do percurso em cada estrada deve ser considerado como total da viagem; este tempo total obtém-se através da soma do tempo de percurso do veículo com o tempo necessário para efetuar a recolha dos resíduos; o tempo de percurso do veículo é calculado, considerando a distância percorrida e a velocidade do veículo em cada estrada; o tempo de recolha de resíduos é o tempo total consumido pelos veículos na recolha de resíduos em todos os ecopontos.

Sendo o principal objetivo deste trabalho determinar a rota mais eficiente (em termos de custo-distância), para a recolha de resíduos recicláveis no Pólo de Castelo Branco, são consideradas as seguintes variáveis: **i)** quantidade de resíduos produzidos (QRP); **ii)** a rede viária (RV); **iii)** as características dos ecopontos (CE) e dos veículos de recolha (CVR), conforme apresentado na Figura 4.3.

Figura 4.3 – Modelo concetual do processo de gestão de resíduos recicláveis com recurso ao SIG



Fonte: Boieiro & Mendes (2011)

O primeiro passo deste trabalho de recolha de dados consiste em georreferenciar todos os dados nos locais.

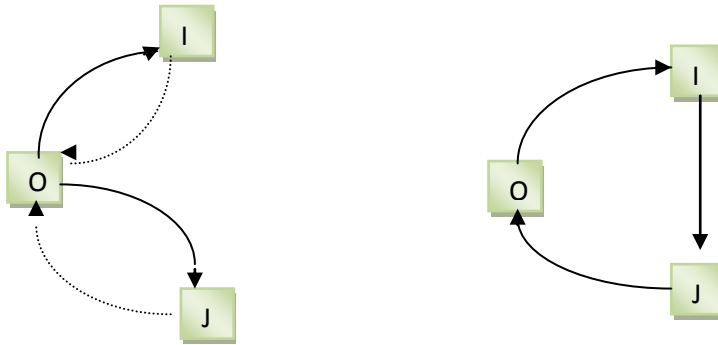
Seguidamente, os dados são introduzidos no *software Google Earth* e seguidamente importadas para o *software ARC GIS*, seguido para o *ARC MAP* e depois utiliza-se o *Network Analyst*. Este *software* permite traçar uma rota ótima (percurso com o menor número de km), passando por todos os pontos de recolha (ecopontos). Na análise destes dados é tido atenção em atenção os pontos de recolha, a rede viária e os veículos de recolha

#### 4.2 Análise da especificação do algoritmo

Segundo Carvalho (2010), a heurística das poupanças, ou seja, heurística de *Clarke and Wright* baseia-se no conceito de poupança, perspetivando a redução dos custos quando

dois clientes são combinados numa mesma rota, por oposição a envios diretos a cada um deles a partir da origem (Figura 4.4).

Figura 4.4 - Conceito de poupança



Poupança:  $DOI + DOJ - DIJ$

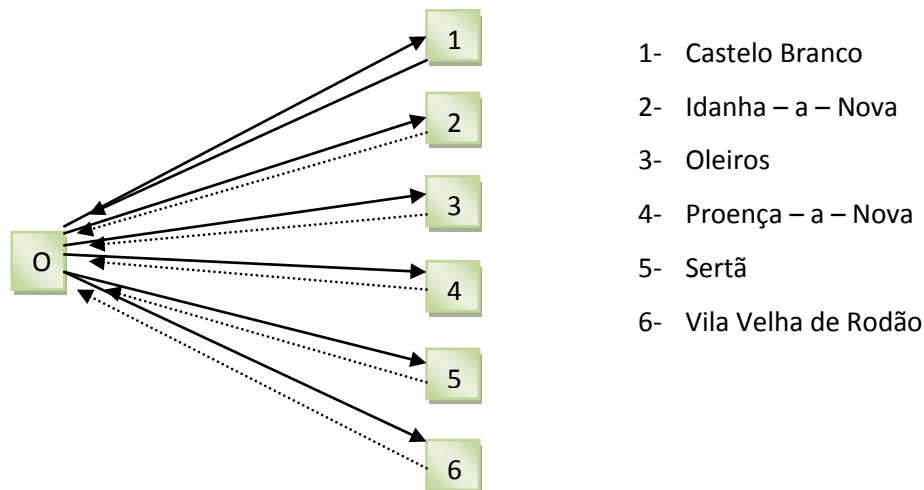
Fonte: Adaptado de Carvalho, S. (2010)

Ainda segundo Carvalho (2010), em relação ao algoritmo, existem vários passos, tais como:

- Passo 1: Calcular a matriz de poupanças entre todos os pares de clientes;
- Passo 2: Ordenar as poupanças por ordem decrescente;
- Passo 3: Selecionar a maior poupança e incluir na rota os clientes (ainda não visitados), sem que as restrições sejam violadas;
- Passo 4: Repetir o passo 3 até todos os clientes estarem incluídos numa rota;

Na Figura 4.5 é apresentado um exemplo de planeamento de recolha sem restrições e a partir de um centro de partida e chegada, sendo este sempre o mesmo. Pretende-se definir o percurso a efetuar pelos veículos de modo a minimizar a distância percorrida.

Figura 4.5 – Rede Logística



Fonte: Adaptado de Carvalho, S. (2010)

A resolução de problemas de rotas passa, em regra, pelo recurso a módulos matemáticos capazes de encontrar a solução ótima, que, minimizando os custos de transporte, satisfaz um conjunto mais ou menos alargado de restrições (Carvalho, S., 2010: 219). Contudo, em problemas reais, o grande número de variáveis e restrições envolve complexidade e custos computacionais elevados, pelo que, com frequência, são usados métodos heurísticos para a obtenção de conteúdos, técnicas de programação linear inteira mista baseadas na geração de colunas e, por isso, são, nos dias de hoje, uma poderosa ferramenta de resolução de problemas de rotas (Carvalho, 2010: 219).

Assim, torna-se possível a combinação de algoritmos de otimização com o Sistema de Informação Geográfica (SIG), com vista ao planeamento das escalas e gestão de informação sobre as rotas de veículos. De acordo com Hillier & Lieberman (2009), a otimização em redes ocorre em aplicações combinatórias que são mais facilmente perceptíveis em termos de grafos, os quais são frequentemente utilizados no desenvolvimento de algoritmos e na comprovação de novos conceitos. O problema da rota mínima (SP - *Shortest Path*) pode ser resolvido com a utilização de um grafo ligado e não-direcionado, com um nó de Origem e outro de Destino, cujo percurso correspondente à distância mínima global que se pretende determinar.

O algoritmo é calculado a partir do nó de origem, e, em ordem ascendente, identifica-se sucessivamente o percurso de rota mínima, para cada um dos nós da rede.

Este algoritmo tem como objetivo (da iteração  $n$ ) encontrar o nó de ordem  $n$  mais próximo da Origem. Os nós candidatos são aqueles nós que ainda não foram calculados e que se encontram diretamente ligado a um nó já processado.

Para o cálculo do enésimo nó mais próximo, para cada par (nó calculado; nó candidato), deve adicionar-se a distância do arco associado à distância mínima atual; e deve selecionar-se o nó candidato que proporcione uma menor distância até à origem.

Tal está relacionado com o problema da ramificação mínima (MST - *Minimum Spanning Tree*) que é aquele em que, com um grafo ligado e não direcionado, onde se encontra associada uma distância a cada arco indireto; se pretende determinar a “árvore” que permita ligar todos os nós e que apresente o menor comprimento de ligação total.

Por sua vez, o algoritmo consiste na identificação de nós desligados e no estabelecimento sucessivo de ligações entre nós ligados e desligados.

Para se calcular então o algoritmo para MST, procede-se do seguinte modo:

- 1) Inicialização - arbitrariamente, escolhe-se um nó e adiciona-se um arco até ao nó mais próximo;
- 2) Identificação e ligação - consistem em identificar o nó desligado mais próximo de um nó ligado; adicionar aí um arco indireto; repetir este procedimento, até que todos os  $n$  nós estejam ligados por  $n-1$  arcos;
- 3) Quebras de ligações - podem ocorrer situações de igualdade (“empates”) nos procedimentos 1) e 2); o tratamento usual é arbitrário, mas tal ocorrência sugere a possibilidade de soluções múltiplas, tais como, por exemplo algoritmos.

### 4.3 Procedimentos de recolha de dados dos ecopontos

Na recolha de informações, recorreu-se aos responsáveis dos seguintes departamentos da VALNOR:

<b>Departamento</b>	<b>Responsável</b>
Departamento Administrativo e Financeiro	Dra. Sandra Beirão
Direção Exploração	Dr. Vítor Modesto
Departamento da Qualidade, Ambiente, Segurança e Responsabilidade Social	Dra. Cláudia Simões

Para a elaboração do presente estudo, procede-se à obtenção dos seguintes dados relativos à área geográfica em estudo (Pólo de Castelo Branco da VALNOR):

- Localização dos ecopontos nos diferentes subsistemas, isto é, concelhos integrados no Pólo de Castelo Branco (anexo 1.1 – anexo 1.6);
- Quantidade de resíduos da recolha seletiva nas fileiras de plástico, papel e cartão, e vidro, no âmbito dos reciclados;
- Custos de subcontratação da recolha de resíduos na área geográfica em estudo;
- Frequência de recolha;
- Consumos de combustível dos veículos de recolha, incluindo a quantidade de combustível em litros (l) por km percorrido e também os custos de transporte de resíduos;
- Velocidade média atingida pelos veículos de recolha;
- Custos com a manutenção dos camiões, de compra de materiais (fundamentalmente peças de substituição), com o seguro e os gastos com o pessoal ao serviço (conjunto das remunerações), bem como as horas trabalhadas;
- Manuais relativos aos veículos de recolha.

São realizadas duas visitas de campo relacionadas com a colocação de novos ecopontos.

#### 4.4 Procedimentos de tratamento de dados dos ecopontos

Após a compilação e análise da informação a retirar dos dados recolhidos, e tendo por base casos de estudo semelhantes, tal como, por exemplo, os referidos em Beijoco (2011), Boieiro & Mendes (2011), Cardoso (2009) e Moreira (2008), procede-se ao tratamento dos dados nos seguintes temas de estudo:

- Gestão de Resíduos;
- Sistema de Informação Geográfica;
- Algoritmo matemático para validação de rotas.

##### 4.4.1 Gestão de resíduos

A partir dos dados recolhidos sobre rotas, procura-se obter a seguinte informação, adotando os respetivos procedimentos de tratamento de dados:

- Nº de circuitos de RS, através do SIG;
- Custos da RS, através de algoritmo matemático;
- Quantidade de resíduos transportados no ano de 2011, por tipologia de resíduo, por sistema e por mês, através de algoritmo matemático;
- Distâncias percorridas (km), através do SIG;
- Algoritmo matemático para otimização de rotas de recolha, desenvolvida através da utilização da folha de cálculo em Excel do *software Microsoft Office® 2007*.

##### 4.4.2 Rotas em sistema de informação geográfica

No que se refere ao SIG são cadastrados 631 ecopontos, agrupados por 6 subsistemas de recolha. Cada subsistema constitui uma rota de recolha. Um subsistema é

definido por um conjunto de ecopontos localizados na mesma área geográfica, a qual corresponde a cada um das localidades do Pólo de Castelo Branco.

Numa primeira fase, para o cadastro dos ecopontos, utiliza-se a plataforma de visualização centralizada *Google Earth*<sup>6</sup>, na qual se introduz as coordenadas de cada ecoponto.

O cadastro dos ecopontos, depois de efetuado, é importado para o SIG, cuja base é a plataforma de mapas ArcGIS<sup>7</sup>, seguido do ArcMAP, e, por fim, utiliza-se o *Network Analyst*<sup>8</sup>, que é a ferramenta para a análise de redes, numa extensão do ArcGIS.

No SIG são utilizados vários *shape.files* (shp) com pontos de localização dos ecopontos, com linhas e rede viária para o distrito de Castelo Branco, limites de concelhos e freguesias, cartas militares à escala 1:25000 do distrito de Castelo Branco e sinalização de trânsito, incluindo os sentidos proibido.

Através do SIG são definidas as várias rotas de recolha, selecionados todos os pontos, tendo em atenção qual o caminho mais perto, partindo e voltando sempre ao mesmo ponto que é a VALNOR.

#### 4.4.3 Validação de rotas com o algoritmo

Para calcular o algoritmo matemático é escolhido o concelho de Oleiros com dezassete ecopontos, considerando-se que se trata de uma amostra por conveniência por a representatividade da população na amostra não estar razoavelmente assegurada, isto é, com confiança (Guimarães & Cabral, 2007), uma vez que se pretende apenas comprovar que a informação proporcionada pelo SIG é válida, ou seja, que os resultados são coincidentes com os que são obtidos por aplicação do algoritmo. Para Zikmund, Babin, Carr & Griffin (2012), a amostra de conveniência escolhida é muitas vezes utilizada para trabalho exploratório, como é o caso de Oleiros.

---

<sup>6</sup> <http://www.google.com/earth/index.html>

<sup>7</sup> <http://www.esriportugal.pt/solucoes/sig-online/arcgis-online/>

<sup>8</sup> <http://www.esriportugal.pt/solucoes/sig-profissional/arcgis-for-desktop-extensoes/analise/network-analyst/>

Em relação à representatividade de uma população finita de ecopontos na amostra, é de salientar que não se procura extrapolar as conclusões com confiança para a população, uma vez que não há garantia de que a amostra seja razoavelmente representativa da população, mas, ainda assim, observa-se:

- os mesmos tipo de resíduos;
- a mesma gestão de resíduos;
- que Oleiros é um concelho integrado no conjunto de concelhos com ecopontos a analisar (população ou universo);
- os atributos (tipo de resíduos, estrutura e dimensão dos ecopontos, local, comportamentos observáveis da parte dos produtores de resíduos e quantidade média de resíduo por dia e por habitante) da população a analisar estão presentes na amostra.

Os valores de RS considerados são baseados no gráfico 2.2 do Capítulo II.

Em relação ao algoritmo a utilizar, através de uma folha de cálculo em Excel do *software Microsoft Office® 2007*, mantem-se a mesma rota que seja definida no SIG, mas por observação direta. Em função da altitude do terreno, opta-se por iniciar a rota pelos pontos localizados a maior altitude, para que o camião circule nos pontos mais altos com menos carga.

Para a recolha de resíduos considera-se os seguintes elementos, dando origem às colunas da Tabela 4.1 a seguir apresentada:

- (A) Origem e destino da viatura em trânsito de um ecoponto para o outro ecoponto.
- (B) Os km percorridos de ecoponto para ecoponto são verificados através do *Google Earth* antes mencionado.
- (C) Para o tempo de viagem, sabendo que a velocidade médio do camião, conforme informação do responsável do departamento, é assumida em 50 km/hora, ou seja, por exemplo, para percorrer 10 km são necessários 12 minutos, é estabelecida uma proporção para calcular o tempo de viagem em minutos.
- (D) O tempo médio de carga e descarga é de 5 minutos em cada ecoponto, por observação.
- (E) O tempo acumulado é o tempo de viagem de um ecoponto para outro, e assim sucessivamente na rede, mais o tempo de carga e descarga.

(F) Para calcular o valor médio de enchimento de cada ecoponto, sabendo que em Oleiros existem dezassete ecopontos e em 2011 se recolheu determinada quantidade de X kg, a média mensal é de X kg/mês, e a média por ecoponto resulta da divisão de X kg/mês pelo número de ecopontos.

(G) Para calcular o consumo de gasóleo assume-se que, em média, por cada 100 km percorridos, são consumidos 23 litros, segundo informação obtida junto do responsável do departamento. A partir desta indicação é estabelecida uma proporção para se efetuar os cálculos.

(H) Se no ano de 2011, a compra de gasóleo foi efetuada ao preço de 1,19€ por cada litro, então multiplica-se o preço do gasóleo pelos litros consumidos e obtém-se o valor a indicar na respetiva coluna da Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Resultados relacionadas com a recolha

(A)	km percorridos (B)	Tempo viagem (minutos) (C)	Descarga/carga (minutos) (D)	Tempo acumulado (minutos) (E)	Valor médio ecopontos acumulados (Toneladas) (F)	Consumo gasóleo (litros) (G)	Consumo gasóleo (€) (H)

Fonte: Elaboração própria

Para testar as rotas definidas pelo SIG é realizado um exercício de validação. Esta validação consiste no seguinte:

- Utilização do algoritmo referido na secção anterior;
- Explicação da forma como o algoritmo permite atribuir validade às rotas definidas pelo SIG.

#### 4.5 Otimização de rotas

Com base no SIG, procede-se à escolha da melhor rota, tendo por base os seguintes critérios:

- Menor distância percorrida;
- Custos mínimos de transporte.

Assim, com base nas distâncias percorridas, são calculados os custos de cada rota, para se verificar o custo mínimo.

#### 4.6 Análise de viabilidade de rotas com recurso à subcontratação e à exploração própria

Com os procedimentos a adotar, procura-se resposta para as seguintes questões

Qual a viabilidade de integração de novas rotas?

Qual a viabilidade da rota ótima nesta integração?

Roldão & Ribeiro (2007) defendem que uma organização deve possuir capacidade ótima, a qual pressupõe a escolha entre diferentes alternativas, devendo a decisão ser tomada de acordo com os objetivos de produção e ou serviço, os quais implicam, certamente, a formulação de várias estratégias. Estas opções estratégicas passam por:

- Recolha direta, ou seja, com recursos próprios (RP) da VALNOR, numa perspetiva de exploração própria;
- Recolha com recursos à subcontratação.

Para esta decisão estratégica associada à capacidade ótima de recolha de resíduos com a integração de novas rotas, consideram-se os cenários indicados na Tabela 4.2, os quais serão analisados, em termos de viabilidade.

Tabela 4.2 – Cenários relativos à viabilidade

Cenários	Expressão de cálculo	Descrição
Cenário 1 - Indiferença	$Q * Comp = Q * (Cvu + Cfu)$	É indiferente a contratação do serviço de recolha de resíduos por uma empresa subcontratada ou a realização deste pela VALNOR
Cenário 2 - Contratar serviço a empresa externa	$Q * Comp < Q * (Cvu + Cfu)$	É preferível recorrer à prestação do serviço a uma empresa subcontratada, dado que o valor do gasto a suportar pela recolha de Q unidades (Q x preço) por empresa subcontratada é menor do que os custos da recolha efetuada pela VALNOR [ $Q * (Cvu + Cfu)$ ].
Cenário 3 - Realização do serviço pela VALNOR	$Q * Comp > Q * (Cvu + Cfu)$	É preferível a realização do serviço pela VALNOR pois os custos de aquisição do serviço a empresa externa são superiores aos custos de realização da recolha pela VALNOR.

Fonte: Adaptado de Roldão & Ribeiro (2007)

Antes de se proceder à análise dos cenários apresentados na Tabela 4.2 é necessário calcular os custos fixos e custos variáveis.

Consideram-se as seguintes rubricas da contabilidade como custos fixos:

- Depreciação de veículos;
- Seguros, imposto automóvel e custo com operadores.

Consideram-se as seguintes elementos a título de custos variáveis:

- Pneus, combustível e mudanças de óleo. O custo associado ao combustível é estimado, conforme método de estimativa. Esta estimativa é efetuada por circuito, considerando o custo do gasóleo, a frequência de recolha, as distâncias totais percorridas, a capacidade do veículo e a quantidade recolhida de resíduo.

Quando ocorreu a integração dos municípios geridos pela Associação de Municípios de Raia Pinhal na VALNOR, vigorava uma subcontratação do serviço de recolha para a RS que a VALNOR teve de cumprir até outubro de 2011 (tabela 4.3), mês a partir do qual foi iniciada a exploração própria da atividade de RS. Tal como antes referido, recorda-se que a integração dos municípios na VALNOR ocorreu em 29 de outubro de 2010.

Na Tabela 4.3 pode verificar-se a quantidade de resíduos que foram recolhidos, o valor pago por tonelada (última coluna) pela VALNOR à empresa subcontratada durante o período de vigência do contrato.

Tabela 4.3 – Recolha de resíduos pela empresa subcontratada e valor pago

Data	Diário	N.º Diário	Descrição	Valor Pago	Valor s/IVA	Ton/kg	Valor €/ton
2010-10-30	300	100204	301 N.º 3496 João de Almeida Barata	956,86	902,70	60,18	15
2010-10-30	300	100205	301 N.º 3498 João de Almeida Barata	3.545,06	3.344,40	55,74	60
2010-10-30	300	100206	301 N.º 3499 João de Almeida Barata	4.976,49	4.694,80	21,34	220
2010-11-30	300	110143	301 N.º 3520 João de Almeida Barata	829,66	782,70	52,18	15
2010-11-30	300	110144	301 N.º 3521 João de Almeida Barata	4.696,65	4.430,80	20,14	220
2010-11-30	300	110145	301 N.º 3522 João de Almeida Barata	3.241,06	3.057,60	50,96	60
2010-12-21	300	120028	301 N.º 3549 João de Almeida Barata	584,80	551,70	36,78	15
2010-12-21	300	120029	301 N.º 3550 João de Almeida Barata	2.704,27	2.551,20	42,52	60
2010-12-21	300	120030	301 N.º 3551 João de Almeida Barata	4.747,95	4.479,20	20,36	220
2011-01-31	300	10264	301 N.º 3588 João de Almeida Barata	770,51	726,90	48,46	15
2011-01-31	300	10265	301 N.º 3589 João de Almeida Barata	3.110,04	2.934,00	48,90	60
2011-01-31	300	10266	301 N.º 3590 João de Almeida Barata	5.191,03	4.897,20	22,26	220
2011-02-28	300	20248	301 N.º 3622 João de Almeida Barata	2.863,27	2.701,20	45,02	60

<b>Data</b>	<b>Diário</b>	<b>N.º Diário</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valor Pago</b>	<b>Valor s/IVA</b>	<b>Ton/kg</b>	<b>Valor €/ton</b>
2011-02-28	300	20249	301 N° 3623 João de Almeida Barata	4.360,84	4.114,00	18,70	220
2011-02-28	300	20250	301 N° 3624 João de Almeida Barata	768,29	724,80	48,32	15
2011-03-29	300	30147	301 N° 3652 João de Almeida Barata	2.654,03	2.503,80	41,73	60
2011-03-29	300	30148	301 N° 3653 João de Almeida Barata	4.267,56	4.026,00	18,30	220
2011-03-29	300	30149	301 N° 3654 João de Almeida Barata	412,77	389,41	25,96	15
2011-04-21	300	40122	301 N° 3685 João de Almeida Barata	458,56	432,60	28,84	15
2011-04-21	300	40123	301 N° 3686 João de Almeida Barata	6.366,36	6.006,00	27,30	220
2011-04-21	300	40124	301 N° 3687 João de Almeida Barata	3.417,86	3.224,40	53,74	60
2011-05-17	300	50040	301 N° 3725 João de Almeida Barata	751,12	708,60	47,24	15
2011-05-17	300	50041	301 N° 3726 João de Almeida Barata	3.879,60	3.660,00	61,00	60
2011-05-17	300	50042	301 N° 3727 João de Almeida Barata	6.716,16	6.336,00	28,80	220
2011-06-28	300	60105	301 N° 3763 João de Almeida Barata	3.950,83	3.727,20	62,12	60
2011-06-28	300	60106	301 N° 3764 João de Almeida Barata	6.515,61	6.146,80	27,94	220
2011-06-28	300	60107	301 N° 3765 João de Almeida Barata	766,70	723,30	48,22	15
2011-07-28	300	70248	301 N° 3761 João de Almeida Barata	5.904,00	5.569,81		
2011-07-28	300	70249	301 N° 3799 João de Almeida Barata	4.920,00	4.641,51		
2011-07-28	300	70250	301 N° 3800 João de Almeida Barata	5.535,00	5.221,70		
2011-08-23	300	80072	301 N° 3824 João de Almeida Barata	4.294,27	4.051,20	67,52	60
2011-08-23	300	80073	301 N° 3826 João de Almeida Barata	6.557,58	6.186,40	28,12	220
2011-08-23	300	80074	301 N° 3825 João de Almeida Barata	937,46	884,40	58,96	15

<b>Data</b>	<b>Diário</b>	<b>N.º Diário</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valor Pago</b>	<b>Valor s/IVA</b>	<b>Ton/kg</b>	<b>Valor €/ton</b>
2011-09-11	300	90044	301 N° 3859 João de Almeida Barata	4.805,62	4.533,60	75,56	60
2011-09-11	300	90045	301 N° 3860 João de Almeida Barata	1.290,44	1.217,40	81,16	15
2011-09-29	300	90136	301 N° 3861 João de Almeida Barata	8.222,63	7.757,20	35,26	220
2011-10-20	300	100075	301 N° 3897 João de Almeida Barata	911,71	860,10	57,34	15
2011-10-20	300	100076	301 N° 3898 João de Almeida Barata	4.144,18	3.909,60	65,16	60
2011-10-20	300	100077	301 N° 3899 João de Almeida Barata	6.982,01	6.586,80	29,94	220

**130.197,02**

Papel 60 Euros  
Plástico 220 Euros  
Vidro 15 Euros

Fonte: VALNOR (2012)

Quando a VALNOR iniciou a exploração própria da RS, a partir de outubro de 2011, foram adquiridos mais ecopontos, ultrapassando os que existiam inicialmente, de maneira a dotar os novos municípios de ecopontos que pudessem contribuir para a melhoria dos indicadores de recolha seletiva obtidos até à referida data.

Na Tabela 4.4 encontra-se descrito o número de ecopontos existentes até ao ano de 2010 e após o início da exploração pela VALNOR. Em concreto, as datas determinantes são:

Integração da Associação de Municípios de Raia Pinhal na VALNOR: 29 de outubro de 2010;

Início da subcontratação do serviço de recolha: 29 de outubro de 2010;

Fim da subcontratação do serviço de recolha: 20 de outubro de 2011

Início da exploração própria de recolha pela VALNOR: 21 de outubro de 2011.

Tabela 4.4 – Comparação do número de ecopontos disponibilizados para a RS até 2010 e após o início da gestão por parte da VALNOR em 2011

<b>Associação de Municípios de Raia Pinhal (até 2010)</b>	<b>Subsistema</b>	<b>VALNOR (a partir de 2011)</b>
Ecopontos		Ecopontos
136	Castelo Branco	<b>235</b>
56	Idanha-a-Nova	82
10	Oleiros	17
46	Proença-a-Nova	98
53	Sertã	161
10	Vila Velha de Ródão	38
<b>311</b>	<b>TOTAL</b>	<b>631</b>

Fonte: Elaboração própria

No Anexo 2.1 – Anexo 2.6, apresenta-se a localização dos ecopontos considerados neste estudo.

Os dados das Tabelas 4.2 e 4.3 constituem a base de cálculo dos valores que são necessários para a análise da exploração própria, nomeadamente:

- Estimativa do consumo de combustível;
- Consumo de pneus;
- Estimativas de valores de manutenção e reparação;
- Depreciação anual dos camiões;
- Seguro e imposto automóvel;
- Gastos com o pessoal (total de remunerações e encargos sociais obrigatórios, incluindo formação, medicina no trabalho, fornecimento de equipamentos de proteção individual e seguro de saúde).

## Capítulo V – RESULTADOS E SUA DISCUSSÃO

### 5.1 Resultados associados á otimização de rotas

Após a realização do cálculo da rota otimizada, o *Network Analyst* obteve um conjunto de seis rotas, num total de 1.681 km percorridos e 2.672.060 kg de resíduos recicláveis recolhidos em 2011, passando pelos 631 ecopontos existentes nos locais em estudo, os quais estão indicados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Resíduos recicláveis recolhidos em cada uma das rotas do Pólo de Castelo Branco

Subsistema	Nº de Ecopontos	km percorridos definidos pelo SIG	Quantidade de resíduos recicláveis recolhidos (kg)		
			Papel e cartão	Embalagens	Vidro
Castelo Branco	235	394,2	725.050	343.330	609.800
Idanha-a-Nova	82	361,7	63.600	38.640	123.560
Oleiros	17	118,3	49.340	17.180	52.920
Proença-a-Nova	98	329,9	60.100	28.310	95.040
Sertã	161	333,2	125.730	60.170	178.980
Vila Velha de Ródão	38	143,7	26.840	18.290	55.180
			1.050.660	505.920	1.115.480
<b>TOTAL</b>	<b>631</b>	<b>1.681</b>	<b>2.672.060</b>		

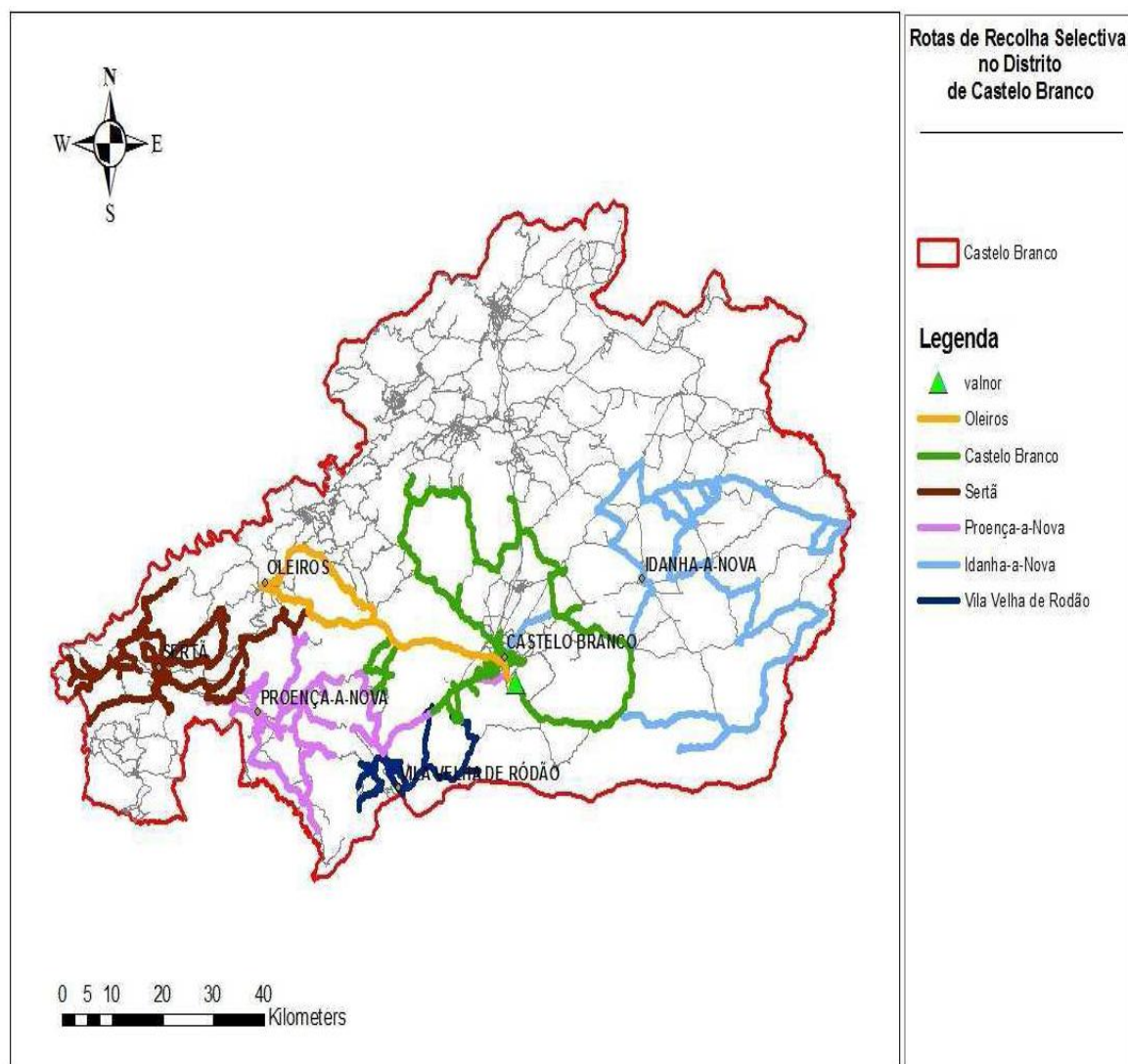
Fonte: Elaboração própria, a partir de valores disponibilizados pela VALNOR referentes ao ano de 2011

Nesta tabela encontra-se a informação relacionada com as distâncias percorridas por subsistema, número de ecopontos existentes e quantidade de resíduos recicláveis recolhidos. Em complemento à informação apresentada na tabela 5.1, importa ainda salientar os seguintes aspetos:

- A cada subsistema corresponde uma rota;
- A VALNOR possui três camiões de recolha, sendo um para o transporte do papel e cartão, outro para o transporte das embalagens e outro para o transporte do vidro. Por exemplo, o camião de transporte do papel e cartão em contentos é utilizado em todas as rotas. O mesmo acontece com o camião de transporte das embalagens em contentor e com o camião de transporte do vidro em contentor;
- Todas as rotas têm em comum o ponto de partida e o ponto de chegada, isto é, o ponto coincidente com a Estação de Transferência de Castelo Branco.

Os resultados obtidos da otimização das rotas, através da utilização do SIG, podem ser verificados na figura 5.1 com indicação das rotas que apresentam os menores custos, em termos de distância e tempo.

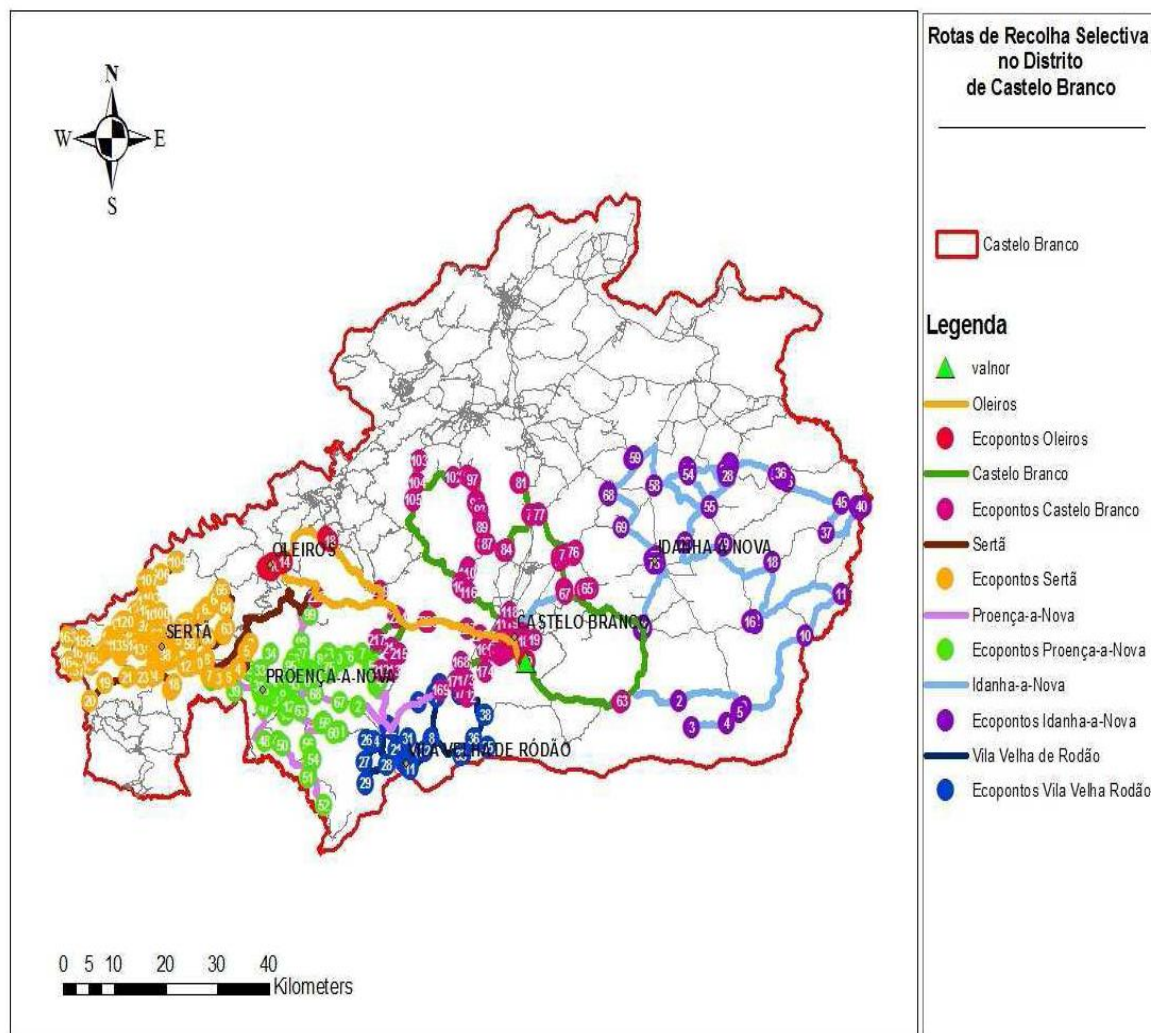
Figura 5.1 – Otimização da rota de recolha de resíduos recicláveis no Pólo Castelo Branco



Fonte: Elaboração própria com a utilização de SIG

Conforme se pode verificar na figura 5.2, foi ainda possível, com base no SIG, obter a distribuição espacial dos ecopontos em cada uma das rotas.

Figura 5.2 – Otimização da rota de recolha de resíduos recicláveis com ecopontos no Polo de Castelo Branco



Fonte: Elaboração própria com a utilização de SIG

A figura 5.1 e a figura 5.2 correspondem ao resultado final obtido, o qual se traduz no percurso mínimo em distância no Pólo de Castelo Branco, ou seja de 1.681 km (tabela 5.1), com a utilização do SIG. Para a obtenção deste resultado foi necessário calcular cada uma das rotas em separado, cujos resultados constam da tabela 5.1, obtidos a partir da informação disponibilizada nas figuras contantes do anexo 3.1 – anexo 3.6.

Tal como referido na subsecção 4.4.2, para a definição das rotas foi utilizado o ArcGIS, plataforma que integra um conjunto de *software* em extensão desenvolvido pela ESRI – *Environmental Systems Research Institute*. Esta plataforma permitiu a elaboração de mapas, consultas e análises diversas, através da disponibilização de vários instrumentos integrados em ambiente SIG, para elaboração e manipulação de informações vetoriais e matriciais. Conforme já referido, os resultados do trabalho de otimização de rotas de recolha encontram-se no anexo 3.1 – anexo 3.6, anexo 4.1 – anexo 4.6 e anexo 5.1 – anexo 5.6.

Em termos do objetivo geral deste trabalho, isto é, otimização de rotas de recolha, parametrizou-se o SIG de forma a obter a rota mais curta, em termos de distância, com base no pressuposto de que à rota mais curta corresponde um custo total mínimo, o qual inclui o custo com combustível, manutenção de veículos, horas trabalhadas, entre outros. Para se obter um resultado da rota ótima mais próximo da realidade, foi necessário utilizar vários *shape.files*, tais como:

- i) Pontos com a localização exata dos ecopontos;
- ii) Limites de concelhos e freguesias;
- iii) Sinalização de trânsito, nomeadamente os sentidos proibidos, permitindo aferir com exatidão os sentido do trânsito.

De forma a validar o trabalho desenvolvido através do SIG procedeu-se ao cálculo de um algoritmo. Como amostra para o cálculo deste algoritmo considerou-se a rota de Oleiros com a recolha dos três tipos de resíduos recicláveis (papel e cartão, embalagens, e vidro). Este algoritmo consiste na utilização de uma folha de cálculo de Excel do *software Microsoft Office® 2007*.

Para o cálculo do algoritmo utilizaram-se os valores indicados nas tabelas 5.1, 5.2 e 5.3, sendo que cada uma das colunas que integram estas tabelas tem o seguinte significado, tal como referido na subsecção 4.4.3 do capítulo anterior.

- (I) Origem e destino da viatura em trânsito de um ecoponto para o outro ecoponto.
- (J) Os km percorridos de ecoponto para ecoponto foram verificados através do *Google Earth*, sendo o total igual a 118,3 km percorridos.
- (K) Para o tempo de viagem, sabendo que a velocidade médio do camião, conforme informação do responsável do departamento, é assumida em 50 km/hora, ou seja, por exemplo, para percorrer 10 km são necessários 12 minutos, é estabelecida uma proporção para calcular o tempo de viagem em minutos.

- (L) O tempo médio de carga e descarga é de 5 minutos em cada ecoponto, por observação.
- (M) O tempo acumulado é o tempo de viagem de um ecoponto para outro, e assim sucessivamente na rede, mais o tempo de carga e descarga. Para a volta de RS do papel e cartão em Oleiros despende-se de aproximadamente 3,87 h.
- (N) Para o cálculo do valor médio de cada ecoponto, sabendo que em Oleiros existem dezassete ecopontos e em 2011 recolheu-se 49.340 kg, a média mensal é de 4.111,67 kg/mês, e a média por ecoponto é de 241,86 kg/mês.
- (O) Para o cálculo do consumo de gasóleo assume-se que, em média, por cada 100 km percorridos, são consumidos 23 litros, segundo informação obtida junto do responsável do departamento. A partir desta indicação foi estabelecida uma proporção para se efetuar os cálculos.
- (P) Se no ano de 2011, a compra de gasóleo foi efetuada ao preço de 1,19€ por cada litro, então multiplica-se o preço do gasóleo pelos litros consumidos.

Os valores totais apresentados no fim de cada uma das tabelas referem-se ao total de km percorridos, ao tempo total de realização da rota (inclui os tempos de paragem para carga e descarga) e ao consumo total de gasóleo.

Verifica-se que estes valores são coincidentes com os que os que foram obtidos no SIG (anexo 3.3, anexo 4.3 e anexo 5.3) e que, por processo de replicação, o mesmo será verificado para outros concelhos, com o mesmo tipo de resíduos. Desta forma, os resultados obtidos no SIG são considerados válidos.

Para validar os resultados obtidos no SIG (anexo 3.3, anexo 4.3 e anexo 5.3) e numa linha de coerência com o que antes foi referido, considera-se o concelho de Oleiros e os resíduos recicláveis de papel e cartão, de embalagens e de vidro.

Assim, na tabela 5.2 consideram-se os resultados relacionados com a recolha de papel e cartão, sendo a distância percorrida de 118,3 km e o tempo gasto de RS na ordem de 3,87 h (3h + 52/60 min) e 38,87€ de consumo de gasóleo.

Tabela 5.2 – Resultados relacionados com a recolha de papel e cartão

(A)	km percorridos (B)	Tempo viagem (minutos) (C)	Descarga/carga (minutos) (D)	Tempo acumulado (minutos) (E)	Valor médio ecopontos acumulados (Toneladas) (F)	Consumo gasóleo (Litros) (G)	Consumo gasóleo (€) (H)
VALNOR - O1460	54,1554	64,99	5	69,98648	241,86	12,456	14,82
O1460 - 004	1,1366	1,36	5	76,3504	483,73	0,261	0,31
O004 - O005	0,0907	0,1088	5	81,45924	725,59	0,021	0,02
O005 - O003	0,4245	0,5094	5	86,96864	967,45	0,098	0,12
O003 - O006	0,2044	0,2453	5	92,21392	1209,31	0,05	0,06
O006 - O007	0,2246	0,2695	5	97,48344	1451,18	0,05	0,06
O007 - O008	0,3204	0,3845	5	102,86792	1693,04	0,07	0,09
O008 - O0010	0,9176	1,1011	5	108,96904	1934,90	0,21	0,25
O010 - O009	0,8652	1,0382	5	115,00728	2176,76	0,20	0,24
O009 - O1470	0,6980	0,8376	5	120,84488	2418,63	0,16	0,19
O1470 - O001	0,6357	0,7628	5	126,60772	2660,49	0,15	0,17
O001 - O002	0,0783	0,0940	5	131,70168	2902,35	0,02	0,02
O002 - O011	0,8247	0,9896	5	137,69132	3144,22	0,19	0,23
O011 - O015	11,8037	14,1644	5	156,85576	3386,08	2,71	3,23
O015 - O013	0,4325	0,5190	5	162,37476	3627,94	0,10	0,12
O013 - O014	0,0960	0,1152	5	167,48996	3869,80	0,02	0,03
O014 - O012	0,4613	0,5536	5	173,04352	4111,67	0,11	0,13
O012 - VALNOR	44,8806	53,8567	5	231,90024		10,32	12,28

Total = **118,2502** **3,87** **32,37**  
 horas

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 5.3 consideram-se os resultados relacionados com a recolha de embalagens, sendo a distância percorrida de 118,3 km e o tempo gasto de RS na ordem de 3,87 h (3h + 52/60 min) e 38,87€ de consumo de gasóleo., tal como antes referido para a tabela 5.1.

Mas, em relação à coluna (F) da tabela 5.2, o cálculo do valor médio de cada ecoponto é alterado. Por exemplo, na primeira linha da tabela 5.2, a média por ecoponto é de 84,22 kg/mês, sabendo que em Oleiros existem dezassete ecopontos, que em 2011 se recolheu 17.180 kg e a média mensal é de 1.431,67 kg/mês.

Na Tabela 5.3 - Resultados relacionados com a recolha de embalagens

(A)	km percorridos (B)	Tempo viagem (minutos) (C)	Descarga/carga (minutos) (D)	Tempo acumulado (minutos) (E)	Valor médio ecopontos acumulados (Toneladas) (F)	Consumo gasóleo (Litros) (G)	Consumo gasóleo (€) (H)
VALNOR - O1460	54,1554	64,99	5	69,98648	84,22	12,456	14,82
O1460 - 004	1,1366	1,36	5	76,3504	168,43	0,261	0,31
O004 - O005	0,0907	0,1088	5	81,45924	252,65	0,021	0,02
O005 - O003	0,4245	0,5094	5	86,96864	336,86	0,098	0,12
O003 - O006	0,2044	0,2453	5	92,21392	421,08	0,05	0,06
O006 - O007	0,2246	0,2695	5	97,48344	505,29	0,05	0,06
O007 - O008	0,3204	0,3845	5	102,86792	589,51	0,07	0,09
O008 - O0010	0,9176	1,1011	5	108,96904	673,73	0,21	0,25
O010 - O009	0,8652	1,0382	5	115,00728	757,94	0,20	0,24
O009 - O1470	0,6980	0,8376	5	120,84488	842,16	0,16	0,19
O1470 - O001	0,6357	0,7628	5	126,60772	926,37	0,15	0,17
O001 - O002	0,0783	0,0940	5	131,70168	1010,59	0,02	0,02
O002 - O011	0,8247	0,9896	5	137,69132	1094,80	0,19	0,23
O011 - O015	11,8037	14,1644	5	156,85576	1179,02	2,71	3,23
O015 - O013	0,4325	0,5190	5	162,37476	1263,24	0,10	0,12
O013 - O014	0,0960	0,1152	5	167,48996	1347,45	0,02	0,03
O014 - O012	0,4613	0,5536	5	173,04352	1431,67	0,11	0,13
O012 - VALNOR	44,8806	53,8567	5	231,90024		10,32	12,28

Total = **118,2502** **3,87** **32,37**  
horas

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 5.4 consideram-se os resultados relacionados com a recolha de vidro, sendo a distância percorrida de 118,3 km e o tempo gasto de RS na ordem de 3,87 h (3h + 52/60 min) e 38,87€ de consumo de gasóleo, tal como antes referido para a tabela 5.1 e 5.2.

Mas, em relação à coluna (F) da tabela 5.4, o cálculo do valor médio de cada ecoponto também é alterado. Por exemplo, na primeira linha da tabela 5.4 a média por ecoponto é de 259,41 kg/mês, sabendo que em Oleiros existem dezassete ecopontos, que em 2011 se recolheu 52.920 kg e a média mensal é de 4.410 kg/mês.

Na Tabela 5.4 – Resultados relacionadas com a recolha de vidro

(A)	km percorridos (B)	Tempo viagem (minutos) (C)	Descarga/carga (minutos) (D)	Tempo acumulado (minutos) (E)	Valor médio ecopontos acumulados (Toneladas) (F)	Consumo gasóleo (Litros) (G)	Consumo gasóleo (€) (H)
VALNOR - O1460	54,1554	64,99	5	69,98648	259,41	12,456	14,82
O1460 004	1,1366	1,36	5	76,3504	518,82	0,261	0,31
O004 O005	0,0907	0,1088	5	81,45924	778,24	0,021	0,02
O005 O003	0,4245	0,5094	5	86,96864	1037,65	0,098	0,12
O003 O006	0,2044	0,2453	5	92,21392	1297,06	0,05	0,06
O006 O007	0,2246	0,2695	5	97,48344	1556,47	0,05	0,06
O007 O008	0,3204	0,3845	5	102,86792	1815,88	0,07	0,09
O008 O0010	0,9176	1,1011	5	108,96904	2075,29	0,21	0,25
O010 O009	0,8652	1,0382	5	115,00728	2334,71	0,20	0,24
O009 O1470	0,6980	0,8376	5	120,84488	2594,12	0,16	0,19
O1470 O001	0,6357	0,7628	5	126,60772	2853,53	0,15	0,17
O001 O002	0,0783	0,0940	5	131,70168	3112,94	0,02	0,02
Ooo2 O011	0,8247	0,9896	5	137,69132	3372,35	0,19	0,23
Oo11 O015	11,8037	14,1644	5	156,85576	3631,76	2,71	3,23
Oo15 O013	0,4325	0,5190	5	162,37476	3891,18	0,10	0,12
Oo13 O014	0,0960	0,1152	5	167,48996	4150,59	0,02	0,03
Oo14 O012	0,4613	0,5536	5	173,04352	4410,00	0,11	0,13
Oo12 VALNOR	44,8806	53,8567	5	231,90024		10,32	12,28

Total = **118,2502**

km

**3,87**

horas

**32,37**

€

Fonte: Elaboração própria

## 5.2 Resultados associados á viabilidade de rotas

Para o cálculo dos custos fixos e variáveis, tal como descrito na secção 4.6 do capítulo anterior, é necessário estimar o consumo de combustível. Para estas estimativas, por concelho, de acordo com as variáveis fileira / fluxo, o circuito, o preço / litro do gasóleo, a capacidade máxima do veículo (kg), a frequência de recolha (número de recolhas por ano), a distância do percurso (km) e a distância total percorrida por ano (km). Os dados foram obtidos a partir do SIG, por informação recolhida diretamente na VALNOR e por cálculo efetuado.

O valor em euros indicado na última coluna da tabela 5.5 (consumo de gasóleo) resulta do seguinte cálculo:

$$\frac{\text{Distância total percorrida (km/ano)} \times \text{Consumo médio (lts/100km)}}{100} \times \text{preço/lts de gasóleo}$$

Por exemplo o valor indicado na primeira linha resulta de:

$$\left( \frac{306.528,41 \text{ €} \times 28}{100} \right) \times 1,19\text{€} = 83.896,83\text{€/ano}$$

Tabela 5.5 – Estimativas do consumo de combustível por concelho

**Castelo Branco**

Fileira/ Fluxo	Circuito	Número de Ecopontos	Custo gasóleo (€/l)	Capacidade máxima do veículo de recolha (kg)	Frequência de Recolha (Nº de vezes/ano)	Distância do percurso (km)	Distância total percorrida (km/ano)	Consumo de gasóleo (€/ano)
Papel e cartão	Castelo Branco	235	1,19	2000	362,53	394,20	142907,36	<b>83896,83</b>
Embala gens				1000	343,33	394,20	135340,69	
Vidro				8500	71,74	394,20	28280,37	
<b>Total 1</b>							<b>306528,41</b>	

**Idanha-  
a-Nova**

Fileira/ Fluxo	Circuito	Número de Ecopontos	Custo gasóleo (€/l)	Capacidade máxima do veículo de recolha (kg)	Frequência de Recolha (Nº de vezes/ano)	Distância do percurso (km)	Distância total percorrida (km/ano)	Consumo de gasóleo (€/ano)
Papel e cartão	Idanha- a-Nova	82	1,19	2000	31,80	361,70	11502,06	<b>8412,44</b>
Embala gens				1000	38,64	361,70	13976,09	
Vidro				8500	14,54	361,70	5257,84	
<b>Total 1</b>							<b>30735,99</b>	

### Oleiros

Fileira/ Fluxo	Circuito	Número de Ecopontos	Custo gasóleo (€/l)	Capacidade máxima do veículo de recolha (kg)	Frequência de Recolha (Nº de vezes/ano)	Distância do percurso (km)	Distância total percorrida (km/ano)	Consumo de gasóleo (€/ano)
Papel e cartão	Oleiros	17	1,19	2000	24,67	118,30	2918,46	<b>1556,64</b>
Embala gens				1000	17,18	118,30	2032,39	
Vidro				8500	6,23	118,30	736,52	
<b>Total 1</b>							<b>5687,38</b>	

### Proença- a-Nova

Fileira/ Fluxo	Circuito	Número de Ecopontos	Custo gasóleo (€/l)	Capacidade máxima do veículo de recolha (kg)	Frequência de Recolha (Nº de vezes/ano)	Distância do percurso (km)	Distância total percorrida (km/ano)	Consumo de gasóleo (€/ano)
Papel e cartão	Proença -a-Nova	98	1,19	2000	30,05	329,90	9913,50	<b>6279,13</b>
Embala gens				1000	28,31	329,90	9339,47	
Vidro				8500	11,18	329,90	3688,67	
<b>Total 1</b>							<b>22941,63</b>	

Sertã

Fileira/Fluxo	Circuito	Número de Ecopontos	Custo gasóleo (€/l)	Capacidade máxima do veículo de recolha (kg)	Frequência de Recolha (Nº de vezes/ano)	Distância do percurso (km)	Distância total percorrida (km/ano)	Consumo de gasóleo (€/ano)
Papel e cartão	Sertã	161	1,19	2000	62,87	330,20	20758,02	<b>13022,37</b>
Embalagens				1000	60,17	330,20	19868,13	
Vidro				8500	21,06	330,20	6952,85	
<b>Total 1</b>							<b>47579,00</b>	

Vila Velha de Rodão

Fileira/Fluxo	Circuito	Número de Ecopontos	Custo gasóleo (€/l)	Capacidade máxima do veículo de recolha (kg)	Frequência de Recolha (Nº de vezes/ano)	Distância do percurso (km)	Distância total percorrida (km/ano)	Consumo de gasóleo (€/ano)
Papel e cartão	Vila Velha de Rodão	38	1,19	2000	13,42	143,70	1928,45	<b>1502,50</b>
Embalagens				1000	18,29	143,70	2628,27	
Vidro				8500	6,49	143,70	932,87	
<b>Total 1</b>							<b>5489,59</b>	

Fonte: Elaboração própria

Desta forma, na tabela 5.6 são comparados os dados relativos aos custos da recolha seletiva efetuada pela VALNOR, com exploração própria, bem como os custos de aquisição deste serviço a uma empresa externa (subcontratação), para efeitos de decisão estratégica.

O custo de aquisição do serviço à empresa externa (subcontratação) resulta do somatório do valor, antes do imposto sobre o valor acrescentado (IVA), que se encontra descrito na tabela 4.2 da secção 4.6 do capítulo anterior.

Os custos fixos resultam dos seguintes cálculos:

$$\begin{aligned} & \text{Depreciação anual do camião} (3 \text{ camiões} \times 11.875\text{€/ano}) + \text{Seguro} (3 \text{ camiões} \times 2.500/\text{ano}) \\ & + \text{Imposto Automovel} (3 \text{ camiões} \times 346/\text{ano}) \\ & + \text{Custos com Operador} (3 \text{ colaboradores} \times 10.867,07) = 76.764,21\text{€/ano} \end{aligned}$$

Sendo que os custos com operador incluem:

$$\begin{aligned} & \text{Formação} (3 \text{ colaboradores} \times 100\text{€/ano}) + \text{Medicina no trabalho} (3 \text{ colaboradores} \times 96\text{€/ano}) \\ & + \text{EPI} (3 \text{ colaboradores} \times 100 \text{€/ano}) + \text{Seguro saúde} (3 \text{ colaboradores} \times 332\text{€/ano}) \\ & = 32.601,21\text{€/ano} \end{aligned}$$

Sendo que dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) faz parte o fardamento, as botas de biqueira de aço, luvas e mascaras.

Os custos variáveis resultam dos seguintes cálculos:

$$\begin{aligned} & \text{Pneus} (3 \text{ camiões} \times 677,46\text{€}) + \text{Combustível para 3 camiões} (114.669,90\text{€/ano}) \\ & + \text{Manutenção} (3 \text{ camiões} \times 52,30/\text{ano}) = 116.859,18\text{€/ano} \end{aligned}$$

Sendo que o combustível é o somatório dos valores do consumo de gasóleo (€/ano) que se encontram na tabela 5.5, tendo em atenção que, no cálculo dos custos, são considerados três camiões e três colaboradores.

Tabela 5.6 – Comparação de custos da recolha seletiva

Custos da aquisição do serviço à empresa externa	Custo do serviço realizado pela VALNOR com exploração própria			
	Custos fixos (€)		Custos variáveis (€)	
130.197,02€	Depreciação dos 3 camiões	35.625,00	Pneus	2.032,38
	Seguros	7.500,00	Combustível	114.669,90
	Imposto Automóvel	1.038,00	Mudanças de Óleo	156,90
	Custo Operadores	32.601,21	-	
	<b>Total (1)</b>	<b>76.764,21</b>	<b>Total (2)</b>	<b>116.859,18</b>
	<b>Total (3) = total (1) + total (2) = 193.623,39€</b>			

Fonte: Elaboração própria

Aplicando a análise da tabela 4.1 do capítulo anterior ao resultados obtidos e que constam da tabela 5.6, verifica-se que:

1) o custo de aquisição do serviço a uma empresa externa é inferior ao custo do serviço realizado pela VALNOR com exploração própria no conjunto de rotas definidas pelo SIG (figura 5.1 e figura 5.2);

2) o que é referido em 1) é válido apenas durante os oito primeiros anos, devido à aquisição das três viaturas, para o ativo fixo tangível da VALNOR, as quais serão depreciadas.

A indicação de oito anos em 2) resulta do que estabelece o Decreto-lei nº 25/2009, de 14 de setembro.

A replicação deste procedimento de análise de viabilidade da decisão estratégica entre as alternativas de aquisição do serviço de recolha a uma empresa exterior e de exploração própria pela VALNOR pode ser efetuada em toda a área de abrangência da VALNOR e em outras empresas do grupo, como por exemplo, a RESISTRELA e a RESINORTE. Assim, pode-se generalizar a interpretação dos resultados efetuada nas alíneas 1) e 2), sem correr o risco significativo de efetuar a mesma interpretação de resultados que venham a ser obtidos para as restantes empresas do grupo EGF-Empresa Geral do Fomento.

Independentemente dos resultados obtidos, a VALNOR nunca adquiriu serviços de recolha a empresas subcontratadas, com exceção deste caso, visto que quando a VALNOR adquiriu a Associação Raia-Pinhal já existia este contrato. Neste contexto a VALNOR teve que cumprir o referido contrato até ao fim, visto que um dos objetivos sociais desta empresa consiste em criar e manter postos de trabalho.

Nas rotas calculadas, um dos objetivos traduz-se em passar sempre em todos os ecopontos, independentemente da taxa de enchimento ou da sua localização, para evitar as reclamações dos cidadãos residentes nos locais abrangidos.

Embora nestas rotas exista ecopontos distanciados a km uns dos outros, a VALNOR assumiu o compromisso de recolher os resíduos em todos os ecopontos, independentemente da sua localização, compromisso que também é social.

## Capítulo VI – CONCLUSÕES

### 6.1 Principais conclusões

Com as principais conclusões procura-se descrever, de forma concisa, a análise dos resultados à luz do que foi exposto na introdução, designadamente da problemática levantada, traduzindo uma resposta clara ao problema da otimização de rotas de veículos, com restrição de capacidade, no âmbito da gestão logística da recolha e transporte de resíduos.

Assim, a elaboração e pertinência do presente projeto estão relacionados com a necessidade identificada, numa fase exploratória, de a VALNOR analisar e implementar melhorias nas suas rotas, ao nível da recolha e transporte de resíduos recicláveis (colocados nos ecopontos), face ao cumprimento do seu Plano de Racionalização Energético (PREn).

No final do ano de 2010, a VALNOR viu alargada a sua área de abrangência, em seis novos municípios, sendo eles os de Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Oleiros, Proença-a-Nova, Sertã e Vila Velha de Ródão, os quais compõem o denominado Pólo de Castelo Branco.

Este aumento na área de abrangência da VALNOR resultou, necessariamente, em aumentos de investimentos, quer em infraestruturas quer em equipamentos (ativo fixo tangível), que permitissem definir as rotas ótimas, resultando na diminuição do número de veículos, da distância total a percorrer e do tempo necessário, e originando a redução dos custos logísticos em relação ao referido Pólo de Castelo Branco, o que só seria possível de alcançar com uma nova gestão de resíduos.

Com base em valores disponíveis para o Pólo de Castelo Branco relativos ao ano de 2011, verificou-se que, em termos percentuais, o papel e cartão, as embalagens e o vidro recolhidos representam 20%, 29% e 34%, respetivamente, da quantidade total recolhida pela VALNOR. Em termos absolutos e no âmbito do presente projeto, verifica-se ainda a

solução do problema de otimização da recolha de aproximadamente 1.051 toneladas de papel e cartão, 505 toneladas de embalagens e 1.115 toneladas de vidro, representando valores expressivos para a otimização de rotas de recolha e consequentemente obtenção de ganhos de eficiência para a VALNOR.

A VALNOR constitui-se atualmente como o maior Sistema Multimunicipal de Gestão de Resíduos existentes em Portugal Continental, no que se refere à área e extensão ocupada pelos diferentes Municípios que constituem a sua estrutura accionista. Este sistema implica que a atividade de recolha e transporte de resíduos recicláveis seja considerada uma das atividades da empresa com maiores custos associados, não apenas na manutenção dos equipamentos, mas também em termos energéticos, nomeadamente com o consumo de combustível (gasóleo).

Deste modo, e considerando a realização do trabalho no denominado Pólo de Castelo Branco, o presente projeto procura contribuir para a melhoria do sistema de recolha e transporte de resíduos recicláveis, evidenciando uma solução possível para o problema da otimização de rotas de veículos, com restrição de capacidade.

Com a adoção dos procedimentos metodológicos adequados, conseguiu-se chegar a resultados que permitem demonstrar que os objetivos foram alcançados, ou seja, que se definiram rotas ótimas para a recolha seletiva de papel e cartão, embalagens, e vidro na área abrangente do Pólo de Castelo Branco e respetivo transporte. Assim, os resultados demonstram: **i)** a definição da rota mais curta, considerando o número de quilómetros a percorrer na recolha de ecopontos; e **ii)** a diminuição nos custos associados a esta atividade; **iii)** a viabilidade da exploração própria ao fim de oito anos, quando comparado com a aquisição do serviço de subcontratação da recolha e transporte de resíduos.

Os resultados sugerem que a aplicação de um modelo baseado num problema de planeamento de rotas, com recolha seletiva de resíduos e transporte, permite definir rotas ótimas, o que resulta na diminuição do número de veículos, da distância total a percorrer e do tempo necessário, originando, assim, uma diminuição dos custos logísticos sugerida por diversos autores, como, por exemplo, Carvalho (2010), Christopher (2005), Ballou (2004) e Sonesson (2000).

A tomada de decisão por uma das opções estratégicas, sendo uma relacionada com a exploração própria da VALNOR e outra com o recurso à subcontratação do serviço de recolha seletiva de resíduos e transporte, encontra-se baseada no cálculo dos custos totais estimados para cada uma destas opções. Para este cálculo não se recorreu a modelos matemáticos sofisticados, os quais, pela sua complexidade, exigiriam aprofundamento, tempo e dados não disponíveis, o que se traduz numa limitação que a seguir será realçada.

Contudo, a lógica dos custos totais, tal como indicado na tabela 4.2 da secção 4.6 do Capítulo IV, permitiu encontrar um resultado que se assume como válido para apoiar a tomada de decisão relativa à exploração própria da VALNOR, sendo uma opção viável ao fim de oito anos, embora a prática de subcontratação de serviços logísticos seja uma prática que tem vindo a ser adotada por muitas empresas de forma crescente, desde a década de 90, tal como refere Carvalho (2010), no sentido de reduzir custos sem afetar a qualidade requerida do serviço.

A decisão de exploração própria permite o controlo das operações de recolha e transporte, da capacidade de resposta às exigências crescentes dos munícipes e dos industriais, enquanto produtores de resíduos, e dos custos operacionais, desde que a VALNOR possua recursos e o *know how* requeridos na gestão da frota e da natureza das operações, conduzindo a que os custos de exploração própria possam ser minimizados.

## 6.2 Limitações

A identificação de problemas de natureza metodológica e os limites das conclusões, justificando as razões da sua ocorrência, constitui uma tarefa fundamental do trabalho realizado. Neste sentido, assume-se que os resultados do presente trabalho podem ser considerados mais indicativos do que definitivos, com base nas limitações que não permitem generalizar as conclusões.

Assim, o presente projeto está limitado à análise das rotas relacionadas com o Pólo de Castelo Branco, abrangendo um total de 631 ecopontos, e ao estudo do problema da

otimização de rotas de 3 veículos de transporte, para a recolha seletiva de resíduos nos concelhos que fazem parte desse Pólo, no âmbito da gestão logística.

Essas limitações abrangem a não consideração dos aspetos que podem dificultar a recolha dos ecopontos (por exemplo, vias de circulação condicionadas ou estacionamento de viaturas em frente dos ecopontos), afetando o tempo de realização das operações de carga e descarga e a existência de zonas ou locais que ainda não possuem pontos de recolha de resíduos recicláveis, mesmo sendo objetivo da VALNOR que todos os habitantes residentes na sua área de abrangência de recolha e transporte de resíduos possuam pontos de recolha de resíduos recicláveis acessíveis.

A estratégia de gestão logística implementada na VALNOR prevê que a recolha seletiva efetuada em zonas de maior densidade populacional compensem económica e financeiramente a recolha seletiva efetuada em zonas de menor densidade populacional, visando sempre a sustentabilidade económica e ambiental da empresa, sem que seja evidenciado o benefício da utilização de um algoritmo com restrições de capacidade que defina rotas otimizadas para a referida recolha seletiva.

No que se refere à análise de viabilidade, não se determina a quantidade de recolha em cada rota, conjugado com as restrições de capacidade, que permite decidir estrategicamente entre a exploração própria e o recuso à subcontratação do serviço de recolha seletiva de resíduos. Por isso, pode ser considerado redutor efetuar a análise de viabilidade das opções estratégicas entre a exploração própria e o recurso à subcontratação, apenas por via do cálculo dos custos durante o período de depreciação do investimento nos veículos de transporte de resíduos, o que conduz às ideias de recomendação de investigação futura a seguir indicada.

### 6.3 Recomendações de investigação futura

Procura-se indicar as sugestões de melhoria do trabalho, propondo novas forma de abordar o tema ou hipóteses para prosseguir o estudo. Assim, a logística deve ser vista

como uma área dinâmica, resultando na necessidade de efetuar uma análise de custos e proveitos em cada rota estabelecida.

O problema de otimização pode ser modelado como um problema de planeamento de rotas de veículos com capacidade limitada, podendo abranger o problema do caixeiro-viajante em grafos assimétricos, ignorando as restrições de capacidade ou dividindo o circuito em rotas que respeitem as restrições de capacidade, com a técnica designada por *route-first-cluster-second*. Mas, numa segunda abordagem, o problema pode ser resolvido com base numa heurística construtiva, por Clarke & Wright.

A análise do desempenho de vários algoritmos, para se verificar as rotas mais eficientes, permite valorizar o trabalho em relação ao problema do planeamento de rotas de veículos de capacidade limitada, considerando que uma empresa de Gestão de Resíduos, como é o caso da VALNOR, possa ponderar os objetivos económicos, financeiros, ambientais e de sustentabilidade do sistema, sensibilizando as populações relativamente à forma como devem ser colocados os resíduos nos ecopontos, contribuindo desta forma para a otimização das quantidades de resíduos recolhidos em cada rota. Deste modo, a análise de viabilidade da implementação de um sistema de monitorização do estado de enchimento dos ecopontos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APA - Agência Portuguesa do Ambiente (2012). *Resíduos*. Disponível em: <<http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84>>. Acesso em: agosto de 2012.
- Abeliotis, K., Karaiskou, K. Togia, A. & Lasaridi, K. (2009). "Decision support systems in solid waste management: A case study at the national and local level in Greece." *Global WEST Journal*, Vol. 11 (2), pp. 117 – 126.
- Arantes, A.J.M. (2010). "Planeamento Agregado na Cadeia de Abastecimento." *In Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Coordenado por José Mexia Crespo de Carvalho. Lisboa: Edições Sílabo.
- Azevedo, S.G., Ferreira, J.J.M. & Leitão, J.C.C. (2007). "The Role of Logistics' Information and Communication Technologies in Promoting Competitive Advantages of the Firm". MPRA Paper n.º 1359 from University Library of Munich, Germany. Disponível em < <http://mpa.ub.uni-muenchen.de/1359>>. Acesso em: novembro de 2011.
- Ballou, R.H. (2004). *Business Logistics/Supply Chain Management*. Fifth Edition. New Jersey
- Beijoco, A.F.P. (2011). *Otimização de um sistema de recolha e transporte de resíduos sólidos urbanos – Implicações ambientais e financeiras d otimização da recolha e transporte de resíduos sólidos urbanos no Barreiro*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa.
- Beullens, P., Wassenhove, L.V. & Oudheusden, D.V. (2004). "Reverse Logistic– Quantitative Models for Closed-Loop, Supply Chains." *Collection and Vehicle Routing Issues in Reverse Logistics*, pp.95-98”
- Boieiro, I. & Mendes, F. (2011). *Análise de redes e transportes – Otimização da recolha seletiva de resíduos sólidos urbanos*. Dissertação de Mestrado em SIG e Modelação aplicados ao Ordenamento. Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.

- Bowersox, D.J., Closs, D.J. & Cooper, M.B. (2007). *Supply Chain Logistics Management*. Second Edition. Singapore: McGraw-Hill International Edition.
- Cardoso, S.R.S.N. (2009). *Otimização de Rotas e da Frota Associada: O Caso da A. A. Silva*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa.
- Carvalho, J.M.C. (2010a). "Logística e Gestão Logística." *In Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Coordenado por José Mexia Crespo de Carvalho. Lisboa: Edições Sílabo.
- Carvalho, J.M.C. (2010b). "Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento: Que Futuro?" *In Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Coordenado por José Mexia Crespo de Carvalho. Lisboa: Edições Sílabo.
- Carvalho, J.M.C. (2004). *Logística*. 3ª Edição. Lisboa: Edições Sílabo.
- Carvalho, S. (2010). "Gestão dos Transportes na Cadeia de Abastecimento." *In Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Coordenado por José Mexia Crespo de Carvalho. Lisboa: Edições Sílabo.
- Christopher, M. (2005). *Logistics and Supply Chain Management. Creating Value – Adding Networks*. Third Edition. GB: Prentice Hall.
- Cosmes, A. (2012). *Projeto em Sistemas de Informação Geográfica*. Lisboa: LIDEL. Edições Técnicas, Lda.
- Cruz, M.P.R. (2008). "Logística e Ciclo de Vida das Organizações." *In Dimensões Competitivas de Portugal – Contributos dos Territórios, Sectores, Empresas e Logística*. Leitão, J.C.C., Ferreira, J.J. M. & Azevedo, S. G. Lisboa: Centro Atlântico.
- Dias, J.C.Q. (2005). *Logística Global e Macrológica*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Dykstra, D.P. (1984). *Mathematical programming for natural resource management*. New York: McGraw-Hill.
- ESRI – *Environmental Systems Research Institute*. Disponível em: <<http://www.esriportugal.pt/solucoes/sig-online/arcgis-online/>>. Acesso em: setembro de 2011.
- ESRI – *Environmental Systems Research Institute*. Disponível em: <<http://www.esriportugal.pt/solucoes/sig-profissional/arcgis-for-desktop-extensoes/analise/network-analyst/>>. Acesso em: setembro de 2011.

- Fernandes, A.J. (2002). *Métodos e Regras para a Elaboração de Trabalhos Académicos e Científicos*. 2ª Edição. Porto Editora.
- Ferreira, J., Leitão, J. & Azevedo, S.G. (2007). "Configuration of Logistics Activities Across Life Cycle of the Firms and Their Performance: A Conceptual Model." MPRA Paper n.º 1362. Disponível em: < <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/1362>>. Acesso em: novembro de 2011.
- Fleischmann M., Krikke, H.R., Dekker, R., & Flapper, S.D.P. (2000). *A characterization of logistics networks for product recovery*. The Netherlands: Omega 28 *Google Earth*. Disponível em: < <http://www.google.com/earth/index.html>>. Acesso em: abril de 2011.
- Guedes, A.P. (2010). "Gestão da Cadeia de Abastecimento." *In Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Coordenado por José Mexia Crespo de Carvalho. Lisboa: Edições Sílabo.
- Guedes, A.P.S. (2008). "Contribuição Logística para a Competitividade das Empresas." *In Dimensões Competitivas de Portugal – Contributos dos Territórios, Sectores, Empresas e Logística*. Leitão, J.C.C., Ferreira, J.J.M. & Azevedo, S.G. Lisboa: Centro Atlântico.
- Guimarães, R.C. & Cabral, J.A.S. (2007). *Estatística*. 2ª Edição. Lisboa: McGraw-Hill.
- Hillier, F.S. & Lieberman, G.J. (2009). *Introduction to Operations Research*. Ninth Edition. McGraw-Hill.
- Instituto Nacional de Estatística (INE, 2011) - Censos 2011. Disponível em: <[http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos2011\\_apresentacao](http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos2011_apresentacao)>. Acesso em: novembro de 2012.
- Konstantinidis, P., Giarikis, A. & Kaldellis, I.K. (2006). "Registering and analysis of the waste collection and transport data of the Municipality of Nikea – optimisation proposals." *Proceedings of 2<sup>nd</sup> HSWMA Internacional Conference in Greece*.
- Kuo, Y. & Wang, C.- C. (2011). "Optimizing the VRP by minimizing fuel consumption." *Management Environmental Quality: An International Journal*, Vol. 22 (4), pp. 440 – 450.
- Levy, J.Q. & Cabeças, A.J. (2006). *Resíduos sólidos Urbanos - Princípios e Processos*. 1ª Edição. Lisboa: AEPSA.

- Ludwing, H.F., Black, R.J. (1968). "Report on the solid waste problem." *Journal of Sanitary Engineering Div 94*, Vol. 2, pp.355-370.
- MAOTDR - Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2007). *PERSU II - Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos – 2007-2016*. Lisboa: Lisboa: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. ISBN 978-989-8097-01-9.
- Martinho, M.G. & Gonçalves, M.G. (2000). *Gestão de resíduos*. Universidade Aberta.
- Matos, J. (2008). *Fundamentos de Informação Geográfica*. Lisboa: LIDEL – Edições Técnicas, Lda.
- McGinnis, M.A. (1990). "The Relative Importance of Cost and Service in Freight transporting Choice: Before and After Deregulation" *Transportation Journal*, Vol.30, pp.12-19.
- Moreira, A.R. (2008). *Análise de circuitos de recolha de RSU indiferenciados e avaliação da influência de variáveis operacionais na produtividade dos circuitos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Nuortioa, T., Kytöjokib, J., Nisjaa, H., Bräysy, O. (2005). *Improved route planning and scheduling of waste collection of transport*. Expert Systems with Applications. – An International Journal. Vol. 30, Issue 2, pp. 223 – 232 .
- Oliveira, S.E. & Borenstein, D. (2007). "A decision support sistem for the operational planning of solid wast colletion." *Wast Management*, Vol. 27, pp. 1286 – 1297.
- Piedade, M., Aguiar, P. (2010). *Opção de gestão de Resíduos Urbanos*. Série Guias Técnicos 15. ERSAR. Lisboa: Ambirumo.
- Roldão, V.S. & Ribeiro, V. S. (2007). *Gestão das Operações. Uma Abordagem Integrada*. Lisboa: Monitor.
- Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Fifth edition. Pearsoan Education Limited. ISBN: 978-0-273-71686-0.
- Sekaran, U. & Bougie, R. (2011). *Research Methods for Business. A Skill Building Approach*. Fith Edition. GB: Wiley.

- Simchi-Levi, D. & Kaminsky, P. (2003). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*. 3rd Edition. McGraw-Hill.
- Simões, C. (2010 a). "Evolução no Tratamento e Valorização de RSU – Sistema Multimunicipal da VALNOR, S.A." *Livro de Atas do Congresso Internacional de Saúde Ambiental*. Coimbra, pp 351 - 355.
- Simões, C. (2010 b). "Valorização Energética de Resíduos – Sistema Multimunicipal da VALNOR, S.A." *Livro de Atas do Congresso Internacional de Saúde Ambiental*. Coimbra, pp 429 - 432.
- Simões, C. (2011). "Funcionamento da Estação de Triagem e reencaminhamento de materiais para reciclagem." *Seminário Valorização de Resíduos, o Caminho para o Futuro*. Portalegre.
- Slater, A. (1992). *The Gower Handbook of Logistics & Distribution Management*. Fourth Edition. England: Gower Publishing Company.
- Sonesson, U. (2000). "Modelling os waste colletion – a general approach to calculate fuel consumption and time." *Waste Management and Research*, Vol. 18, pp.115-123.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S. A. (1997). *Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill International Editions.
- Tchobanoglous, G., Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*, Second Edition. Mc Graw-Hill Companies, Inc, United States of America.
- VALNOR – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos (2011). Disponível em: <<http://www.valnor.pt>>. Acesso em: outubro de 2011.
- VALNOR (2009) - Memória Descritiva do Processo de Licenciamento da Triagem Automática de Embalagens Leves, Alter do Chão, 14 pp.
- VALNOR (2012) – Declaração Ambiental – 1 de Janeiro a 31 de dezembro de 2012.  
Editor: VALNOR
- Verlag Dashöfer (2007) Disponível em: <<http://www.dashofer.pt>>. Acesso em: fevereiro de 2012.

- Vicente, P. & Reis, E. (2007). "Determinantes da adesão das empresas a programas de separação e deposição seletiva de resíduos." *Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão*, Vol. 6 (2), Maio/Junho, pp. 20-30.
- Vicente, P.& Reis, E., 2007. "Segmenting households according to recycling attitudes in a Portuguese urban area." *Resources, Conservation and Recycling*, 52, 1-12.
- Vieira, A.P. (2012). *Resíduos: Uma oportunidade – Portugal a Caminho da sustentabilidade*. Paredes: Principia Editora, Lda.
- Wheelen, T.L., & Hunger, D.J. (2008). "Strategic management and business policy: Concepts and cases (11th Ed.)." Pearson Prentice Hall: Upper Saddle River.
- Zikmund, W.G., Babin, B.J., Carr, J.C. & Griffin, M. (2012). *Business Research Methods*. Ninth Edition. USA: South – Wester, Cengage Learning.
- Zubrod, J.F. (1999). "Outsourcing: do more with less". *Transportation & Distribution*, Vol. 31 (7), pp.20-24.

# ANEXOS

## Anexo 1 — Cadastro dos ecopontos

## Anexo 1.1 – Ecopontos do subsistema de Castelo Branco

## Anexo 1.2 – Ecopontos do subsistema de Idanha-a-Nova

## Anexo 1.3 – Ecopontos do subsistema de Oleiros

## Anexo 1.4 – Ecopontos do subsistema de Proença-a-Nova

## Anexo 1.5 – Ecopontos do subsistema da Sertã

## Anexo 1.6 – Ecopontos do subsistema de Vila Velha de Ródão

## Anexo 2 – Georreferenciação dos ecopontos no Google Earth

Anexo 2.1 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema de Castelo  
Branco

Anexo 2.2 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema de Idanha-a-Nova

## Anexo 2.3 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema de Oleiros

Anexo 2.4 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema de Proença-a-Nova

## Anexo 2.5 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema da Sertã

Anexo 2.6 – Georreferenciação dos ecopontos do subsistema de Vila Velha de Ródão

## Anexo 3 – Definição da rota em SIG

## Anexo 3.1 – Definição da rota em SIG no subsistema de Castelo Branco

## Anexo 3.2 – Definição da rota em SIG no subsistema de Idanha-a-Nova

### Anexo 3.3 – Definição da rota em SIG no subsistema de Oleiros

## Anexo 3.4 – Definição da rota em SIG no subsistema de Proença-a-Nova

## Anexo 3.5 – Definição da rota em SIG no subsistema da Sertã

## Anexo 3.6 – Definição da rota em SIG no subsistema de Vila Velha de Ródão

## Anexo 4 – Definição da rota com ecopontos em SIG

Anexo 4.1 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema de  
Castelo Branco

Anexo 4.2 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema de  
Idanha-a-Nova

Anexo 4.3 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema de  
Oleiros

Anexo 4.4 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema de  
Proença-a-Nova

## Anexo 4.5 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema da Sertã

Anexo 4.6 – Definição da rota com ecopontos em SIG no subsistema de Vila Velha de Ródão

## Anexo 5 – Rota em km definida pelo SIG

## Anexo 5.1 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema de Castelo Branco

## Anexo 5.2 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema de Idanha-a-Nova

## Anexo 5.3 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema de Oleiros

## Anexo 5.4 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema de Proença-a-Nova

## Anexo 5.5 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema da Sertã

Anexo 5.6 – Rota em km definida pelo SIG no subsistema de Vila Velha de Ródão