



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Estudo da eficiência do modelo de recolha de resíduos urbanos indiferenciados no concelho de Penacova

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente

Autor

Joana Isabel Pereira Marques

Orientadores

José Carlos Miranda Góis

João Miguel Correia Gonçalves Vaz (ECOGESTUS, Lda.)

Júri

Presidente	Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra Professor Doutor Cristóvão Silva
Vogais	Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra Professor Doutor José Carlos Miranda Góis Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



**Câmara Municipal de
Penacova**



ECOGESTUS, Lda

Coimbra, setembro, 2015

Agradecimentos

Um profundo obrigado ao Professor José Carlos Góis e ao Engenheiro João Vaz, orientadores desta dissertação, pela paciência, dedicação e participação no decorrer desta.

Agradeço também à Câmara Municipal de Penacova e em particular ao Engenheiro José Figueiredo e à Engenheira Nélia Oliveira pela sua ajuda, disponibilidade e contribuição neste trabalho.

Ao Professor Alexandre Tavares do Departamento das Ciências da Terra pelo apoio na leitura e apresentação dos dados relativos à geolocalização dos contentores nos diversos circuitos de recolha.

À minha família que sempre esteve presente nos momentos bons e maus no decorrer do meu curso e sempre me apoiou em tudo o que precisei.

Aos meus amigos de curso que permaneceram até agora e que me ajudaram a crescer academicamente, mas também como pessoa.

Às minhas amigas da residência que estiveram sempre comigo e que percorreram este percurso académico comigo. Foram tempos de dedicação ao trabalho, nervosismo, e de cansaço, mas também de muita festa! Obrigada por TUDO mesmo, sem vocês isto tudo não era possível!

Aos meus amigos do peito que me acompanharam, rimos, chorámos, divertimo-nos, estudámos e depois destes anos todos, estamos todos aqui com mais maturidade e prontos para enfrentar o que vier no futuro.

A todos os outros, que não estão mencionados, que de uma maneira ou de outra contribuíram para que tudo corresse da melhor maneira.

Resumo

O sistema de recolha e transporte de resíduos urbanos constitui um desafio para a gestão dos serviços de Limpeza e Resíduos dos municípios, atualmente supervisionados pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, que impõe a conciliação do controlo de custos com exigências ao nível da qualidade ambiental.

Este trabalho analisa a gestão dos resíduos urbanos indiferenciados no município de Penacova, localizado na região centro de Portugal. Na primeira parte faz-se o levantamento de dados sobre: i) quantidade recolhida de resíduos e entregue na estação de tratamento mecânico e biológico de Vil de Matos, a norte de Coimbra e ii) custos com a gestão do serviço de recolha e transporte. Na segunda parte faz-se o tratamento de dados para a obtenção de indicadores capazes de avaliar o desempenho do sistema de recolha e transporte, nomeadamente: quilómetros por tonelada de resíduos recolhidos, litros de combustível por tonelada de resíduos recolhidos, capacidade de deposição disponível por habitante, número de contentores por alojamento, capitação de resíduos e dos custos, custo por tonelada de resíduos recolhidos. Ao mesmo tempo é feita a comparação dos indicadores obtidos com os de outros municípios da região. Na terceira parte é apresentada uma proposta de recolha porta a porta, parcial ou total e feita uma análise técnica e económica na perspetiva da sua implementação a curto prazo.

Deste estudo, concluiu-se que o atual modelo de recolha e transporte de resíduos urbanos indiferenciados do município de Penacova tem margem para ser melhorado. As propostas apresentadas melhoram significativamente o serviço em termos de poupanças económicas com o gasto em combustível. A metodologia adotada neste estudo pode servir como guia para ajudar outros municípios a analisar e a melhorar a eficiência de recolha para que possam atingir as metas estabelecidas pelo PERSU 2020.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos, Gestão de resíduos, Recolha e transporte, Indicadores de desempenho. Desenvolvimento Sustentável.

Abstract

The collection and transportation of municipal solid waste is a challenge for the municipal waste management, presently supervised by the National Regulatory Authority for Water and Waste Services, which request the compromise between costs control and environmental quality.

This paper analyses the unsorted municipal solid waste management of Penacova's district, located in the centre of Portugal. Firstly, it is conducted a data survey on: i) amount of waste collected and delivered to the mechanical and biological treatment plant located at Vil de Matos, in the north of Coimbra and ii) costs of the waste collection and transportation. Secondly the database is organised in indicators able to assess the performance of waste collection and transportation service, comprising: kilometres per tonne collected, litres of fuel per tonne collected, waste storage capacity *per capita*, number of bins for the number of apartments, waste production and cost management *per capita*, cost per tonne collected. Furthermore these indicators are compared to others from close municipalities. Finally a global and partial door to door collection and transport service are presented and a technical and economic analysis are provided pursuing a future implementation.

This study reveals that the current model for collecting and transportation of unsorted municipal wastes in Penacova has a moderate range for improvement. The proposals presented allow to reduce the costs with fuel. The methodology adopted in this study could be a guide to be used by other municipalities to analyse and improve the efficiency of collection and transportation in order to achieve the goals set by PERSU 2020.

Keywords Municipal Solid Waste, Waste management, Collection and transportation, Key performance indicators, Sustainable development.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice	iv
Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	viii
Siglas	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	3
2. INDICADORES RELATIVOS À PRODUÇÃO E RECOLHA DE RESÍDUOS URBANOS EM PORTUGAL	5
2.1. Indicadores da produção de resíduos urbanos	5
2.2. Indicadores de recolha e transporte de resíduos urbanos	6
2.3. Indicadores económicos dos municípios em relação à gestão de RU-I	9
3. ESTUDO DE CASO: PENACOVA	12
3.1. Caracterização do concelho	12
3.2. Metodologia do estudo	14
3.3. Infraestrutura e modelo de recolha e transporte	14
3.4. Resultados e discussão	18
3.4.1. Evolução da capitação de RU totais e RU-I	18
3.4.2. Indicadores de recolha e transporte de RU-I	19
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE PROPOSTA DE ALTERAÇÃO AO MODELO DE RECOLHA DE RU-I	37
4.1. Resumo do modelo atual de recolha e custos	37
4.2. Modelo de contentorização e recolha proposto	38
4.2.1. Modelo baseado na colocação de mais contentores de diferentes tipologias	38
4.2.2. Modelo baseado na redistribuição dos contentores existentes	45
4.3. Outras propostas de melhoria	47
5. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
APÊNDICE A – REGISTOS TACÓGRAFOS	53
APÊNDICE B – PROCESSO DE CÁLCULO DOS INDICADORES BASEADOS NOS REGISTOS DOS TACÓGRAFOS	54

APÊNDICE C – COMPARAÇÃO DE ID’S DE RECOLHA	55
APÊNDICE D – CIRCUITOS SEGUIDOS (AC E BC DE 5ª FEIRA).....	56
APÊNDICE E – CONTENTORIZAÇÃO E PERIODICIDADE DE RECOLHA PROPOSTA PARA AS VÁRIAS FREGUESIAS	57
ANEXO A – REPARTIÇÃO ATUAL DO CONCELHO EM TERMOS DE ÁREAS DE RECOLHA	63
ANEXO B – CIRCUITOS DE RECOLHA DE RU-I.....	64
ANEXO C – INDICADORES ECONÓMICOS	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Comparação da capitação anual de RU em Portugal e na UE-28 (Fonte: APA, INE, SREA e DREM, citado por INE, 2014).....	5
Figura 2.2 - Evolução da capitação da recolha seletiva e total em Portugal (APA, INE, SREA e DREM, citado por INE, 2014).....	6
Figura 2.3 - Evolução das despesas com a recolha dos RU e limpeza das ruas em Portugal (Fonte: INE, 2014).....	10
Figura 2.4 - Despesa <i>per capita</i> com a recolha de resíduos e limpeza urbana (Fonte: INE, 2014).....	11
Figura 3.1 - Localização do município de Penacova e municípios vizinhos (adaptado de www.skyscrapercity.com , 2015).....	12
Figura 3.2 - Distribuição das freguesias do concelho de Penacova (www.penacovaactual.pt , 2015).....	13
Figura 3.3 - Evolução da capitação anual de RU totais e RU-I no concelho de Penacova (adaptada de INE, 2015).....	18
Figura 3.4 - Evolução da capitação de RU-recicláveis em alguns municípios da região Centro de Portugal.....	19
Figura 3.5 - Quantidade mensal de RU-I recolhidos no ano de 2014.....	19
Figura 3.6 - Quantidade mensal de RU-I recolhida por veículo em 2014.....	20
Figura 3.7 - Número de recolhas anuais realizadas por cada veículo por dia útil da semana.....	21
Figura 3.8 - Média anual de carga de cada veículo por dia útil da semana.....	21
Figura 3.10 - Registo analógico de um tacógrafo de um dos veículos de recolha.....	23
Figura 3.11 - Consumo mensal de combustível (gasóleo) com os dois veículos.....	29
Figura 3.12 - Repartição dos custos associados ao serviço de recolha e tratamento de RU-I.....	30
Figura 3.13 - Comparação da densidade populacional.....	31
Figura 3.14 - Comparação da capitação dos RU-I nos diferentes municípios.....	31
Figura 3.15 - Comparação da capacidade de contentorização dos diferentes municípios.....	32
Figura 3.16 - ID referente à massa de RU-I recolhida por distância percorrida.....	33
Figura 3.17 - Tipos de RU-I e ocupação no contentor (Fonte: autor).....	33

Figura 3.18 - Comparação do consumo de combustível (gasóleo) por quantidade de RU-I recolhida e transportada.....	34
Figura 3.19 – Comparação do consumo de combustível (gasóleo) por distância percorrida na recolha e transporte de RU-I.	34
Figura 3.20 - Número de contentores por quilómetro quadrado.....	35

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 a) - Dados auxiliares para o cálculo da tabela 2.1 b).....	7
Tabela 2.1 b) - Indicadores de desempenho do serviço de recolha e transporte de RU-I em municípios da região Centro (Oliveira, 2009; Cabido, 2015).....	8
Tabela 2.2 - Comparação de indicadores de recolha entre cinco municípios (adaptado com base em Oliveira, 2009 e Cabido, 2015).....	9
Tabela 3.1 - Características dos veículos de recolha de RU-I (CM Penacova, 2015).	15
Tabela 3.2 - Contentorização por freguesia do concelho de Penacova (CM Penacova, 2015).....	17
Tabela 3.3 - Indicadores específicos de contentorização de RU-I por freguesia.....	17
Tabela 3.4 - Resultados da análise dos registos do tacógrafo para os circuitos de recolha do AC.....	25
Tabela 3.5 - Resultados da análise dos registos do tacógrafo para o circuito BC.	26
Tabela 3.6 - Custos relativos aos veículos na recolha e transporte de RU-I em 2014.	29
Tabela 4.1 - Indicadores de referência para o cálculo do novo modelo de recolha de RU-I.....	39
Tabela 4.2 - Preço unitário por tipologia de contentor.	40
Tabela 4.3 - Repartição das freguesias por veículo de recolha.....	40
Tabela 4.4 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de Carvalho.....	411
Tabela 4.5 - Resumo dos resultados de suporte à nova proposta de recolha de RU-I para a nova partição AC, para a periodicidade de recolha mais crítica.	422
Tabela 4.6 - Resumo dos resultados de suporte à nova proposta de recolha de RU-I para a nova partição BC, para a periodicidade de recolha mais crítica.	422
Tabela 4.7 - Carga excedente por freguesia em função da periodicidade da recolha.	433
Tabela 4.8 - Proposta de recolha de RU-I nas das novas partições definidas.....	444
Tabela 4.9 - N°. de recolha por veículo e poupança anual de combustível relativamente a 2014.....	444
Tabela 4.10 - Resultados do estudo económico da proposta de modelo de recolha de RU-I.....	455
Tabela 4.11 - Redistribuição de contentores de 800 L para o plano que dispensa aquisição de contentores.....	46

SIGLAS

AC – Alto Concelho

ADP – Alta Densidade Populacional

APA – Associação Portuguesa do Ambiente

BC – Baixo Concelho

BDP – Baixa Densidade Populacional

DE – Distância Efetiva

DNE – Distância Não Efetiva

DT – Distância Total

ERSUC - Resíduos Sólidos do Centro, S.A

EU – União Europeia

ID – Indicadores de Desempenho

INE – Instituto Nacional de Estatística

MDP – Maior Densidade Populacional

MVa – Massa Volúmica aparente

PERSU – Resíduos Sólidos Urbanos

PAYT – Pay As You Throw

RU – Resíduos Urbanos

RU-I – Resíduos Urbanos Indiferenciados

RU seletivos – Resíduos Urbanos seletivos

TMB – Tratamento Mecânico e Biológico

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

A gestão dos resíduos urbanos (RU) têm vindo progressivamente a merecer especial atenção por parte dos responsáveis pela sua gestão, quer devido ao aumento da produção, em países em fase de desenvolvimento económico, quer devido à necessidade de otimização da eficiência dos serviços de recolha e tratamento num quadro de crescimento sustentável, que é atualmente o paradigma dos países desenvolvidos.

No âmbito dos países desenvolvidos, a União Europeia (EU) tem sido pioneira na publicação de diretivas com orientações e metas específicas para obrigar os Estados membros a conduzir uma gestão dos RU cada vez mais eficiente. Na União Europeia (UE-28) a produção de RU aumentou sucessivamente até 2013, como consequência do crescimento económico e da contínua urbanização, atingindo 243 milhões de toneladas de RU (Eurostat, 2015), tendo nos últimos anos registado uma ligeira diminuição, motivada quer pela implementação de medidas de prevenção, quer pela crise económica, que fez descer o consumo em alguns Estados membros.

Portugal por pertencer à União Europeia tem beneficiado das políticas da Comissão e do Parlamento Europeu, e vários planos estratégicos de gestão de RU foram sendo implementados a partir de finais da década de 90, iniciados com o Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU) em 1997, depois com o PERSU II para o período 2007 – 2016, e mais recentemente com o PERSU 2020 para o horizonte de 2020, o qual tem por objetivo: (i) assegurar um alto nível de proteção ambiental e da saúde humana, através do uso de métodos e infraestruturas adequadas, (ii) promover a minimização da produção e nível de perigo dos resíduos, (iii) maximizar a recuperação de materiais secundários para reintrodução no processo produtivo, por forma a reduzir os impactes da extração de recursos naturais e assim garantir os recursos necessários à economia, fomentando o desenvolvimento económico e o emprego.

A gestão de RU é encarada como um conjunto de atividades de carácter administrativo, técnico e financeiro inerentes à deposição em contentores, recolha, transporte, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos, incluindo o planeamento e a fiscalização dessas operações, bem como a monitorização dos locais de destino final, mesmo depois de se proceder ao seu encerramento. A regulamentação destas atividades encontra-se publicada no Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, que alterou o Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de setembro, por força da Diretiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro. Neste quadro legal, é fundamental que as atividades atrás referidas sejam geridas segundo uma rede integrada, por entidades licenciadas que adotem as melhores tecnologias disponíveis com custos economicamente sustentáveis. Cabe aos cidadãos serem responsáveis e terem consciência ambiental, contribuindo para que a deposição em contentores, recolha e transporte sejam mais eficientes.

Para uma gestão integrada de RU os sistemas de recolha e de transporte adquirem uma importância fundamental, devido essencialmente aos seguintes fatores (Martinho e Gonçalves, 2000):

- Serem a componente do sistema de gestão de RU mais dispendiosa, podendo representar 40 a 70 % dos custos totais de gestão;
- Constituírem a interface entre o sistema e os utentes;
- Terem passado de sistemas independentes, para uma estratégia integrada¹ de recolha e transporte, que trouxe maior complexidade técnica, económica, social e ambiental;
- Poder a forma como os resíduos são recolhidos e transportados condicionar a eficiência dos processos de valorização e tratamento.

Em Portugal, as entidades responsáveis pela recolha de RU indiferenciados (RU-I) são os serviços municipais, e estes tem a obrigatoriedade de entregar os RU-I aos respetivos sistemas intermunicipais ou multimunicipais e estes

¹ Para Pferdehirt *et al.* (1993), uma estratégia de recolha de RU integrada: (i) Deve fornecer níveis de serviço local apropriados para atingir os objetivos políticos, regulamentares, de saúde pública e ambiente; (ii) Tentar atingir os mais baixos custos; (iii) Desenvolver acordos entre os setores público e privado; (iv) Ser flexível para as necessidades de mudança; (v) Contribuir para as políticas de redução de RU.

de os encaminham para os vários destinos. Sendo os custos da recolha e transporte significativos coloca-se aos municípios o desafio de minimizar esses custos, otimizando o serviço de recolha e transporte e sensibilizar a população para os aspetos ambientais.

Para conseguir uma recolha e transporte eficientes, num sistema integrado e com custos sustentáveis, suportável pelas tarifas e pela afetação de parte dos recursos financeiros do município, é necessário atender a vários fatores: tipologia de contentorização, clima, tipo de resíduos e sua produção, frequência de recolha e itinerário, tipo de urbanização, tipo de veículos a utilizar e meios humanos, recursos financeiros previstos, enquadrando estes fatores em programas municipais e/ou governamentais.

1.2. Objetivos

Respondendo ao desafio atrás referido, os principais objetivos desta dissertação são a recolha dados sobre o sistema de recolha de RU-I num município da região centro de Portugal, a construção e análise de indicadores de desempenho económico e ambiental, e a comparação com outros municípios da região.

O município de Penacova, a cerca de 30 km de Coimbra, foi escolhido para caso de estudo. Esta escolha deveu-se a razões de proximidade com o Campus Universitário e ao facto da dimensão e características do município se aproximarem da generalidade dos municípios em Portugal, onde o espaço rural constitui à área predominante.

Como objetivos específicos foram definidos:

- Análise bibliográfica de artigos em revistas da especialidade e relatórios sobre estudos relacionados com a eficiência económica e ambiental da recolha de RU em geral;
- Levantamento de dados sobre o sistema de recolha e transporte de RU-I no município de Penacova;
- Determinação de indicadores de desempenho (nomeadamente consumo específico e custo específico) relativos ao sistema de recolha, lavagem de contentores e outros associados à gestão dos RU-I no município de Penacova;

- Identificação e análise de aspetos positivos e negativos do sistema de recolha implementado, por comparação com outros municípios;
- Avaliação de oportunidades de melhoria da eficiência, com apresentação de propostas de alteração ao modelo de recolha, nomeadamente de aproximação a um modelo de recolha porta a porta.

2. INDICADORES RELATIVOS À PRODUÇÃO E RECOLHA DE RESÍDUOS URBANOS EM PORTUGAL

2.1. Indicadores da produção de resíduos urbanos

A produção de RU em Portugal registava pelo quinto ano consecutivo um decréscimo na quantidade global de RU recolhidos, que em 2013 foi de 4,6 milhões de toneladas, menos 4 % do que em 2012, prosseguindo uma tendência de decréscimo iniciada em 2010 (5,4 milhões em 2009). Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE, 2015), nos últimos cinco anos o decréscimo médio foi de 4,4 %. Para esta tendência contribuiu decisivamente a situação macroeconómica do país, que reduziu o nível do consumo e, conseqüentemente, a produção de resíduos.

Em 2013, a quantidade de RU recolhidos por habitante, decresceu 13 kg/hab.ano, em relação a 2012. Entre 2009 e 2013 verificou-se um decréscimo progressivo na produção de RU *per capita*, quer em Portugal, quer no conjunto dos Estados membros da EU-28. Até 2010, o indicador nacional superava o da EU-28 (com mais 12 kg/hab.ano, em 2010), ano a partir do qual este indicador baixou em relação à média europeia (INE, 2014). A Figura 2.1 compara a evolução da capitação anual de RU em Portugal com a da EU-28. Em 2009, cada habitante em Portugal produzia em média 520 kg/hab.ano de RU, caindo esse valor para 440 kg/hab.ano em 2013.

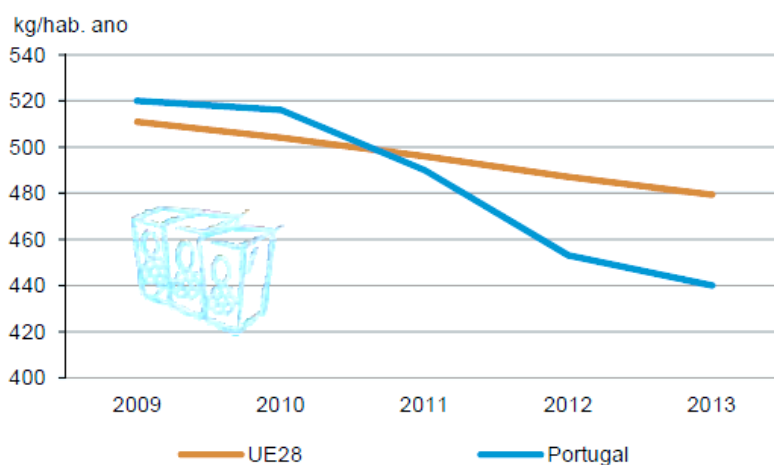


Figura 2.1 - Comparação da capitação anual de RU em Portugal e na UE-28 (Fonte: APA, INE, SREA e DREM, citado por INE, 2014).

Por força da crise económica a produção de RU seletivos também diminuiu a partir de 2010, conforme mostra a Figura 2.2, tendo atingido nesse ano 77,5 kg/hab.ano. A partir de 2010 a redução da produção de RU seletivos evoluiu a um ritmo anual aproximadamente constante de 10,1 %, fixando-se em 2013 em 56,3 kg/hab.ano (INE, 2014). A Figura 2.2, com os registos de 2009 a 2013, permite constatar que a tendência de crescimento da capitação dos RU seletivos inverteu-se em 2010, caindo em simultâneo com a capitação do total de RU.

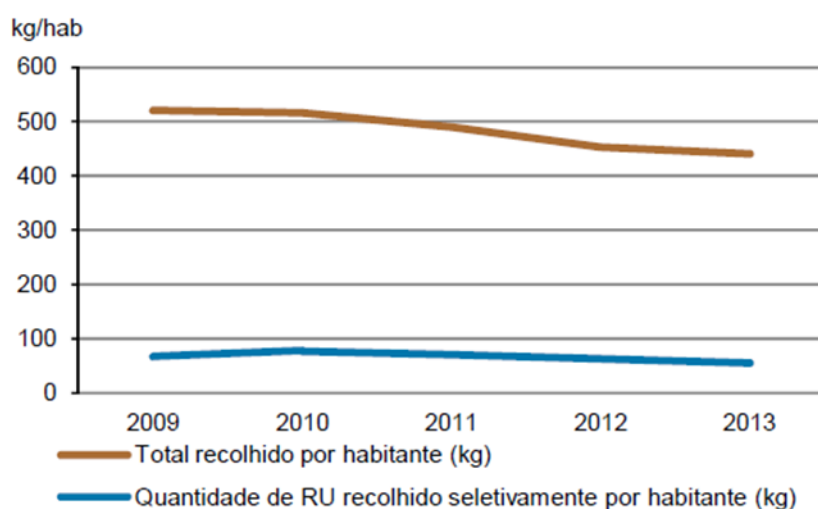


Figura 2.2 - Evolução da capitação da recolha seletiva e total em Portugal (APA, INE, SREA e DREM, citado por INE, 2014).

2.2. Indicadores de recolha e transporte de resíduos urbanos

De modo a permitir avaliar o desempenho da recolha e transporte são propostos na literatura vários indicadores. Esses indicadores de desempenho (ID's) procuram cobrir aspetos operacionais, ambientais e económicos. Conforme refere Karagiannidis *et al.* (2004), existe uma estreita ligação entre os diferentes ID's, pois um bom desempenho operacional através da aplicação das melhores práticas (económicas, técnicas, operacionais, etc.) conduz a uma gestão ambientalmente mais correta.

De acordo com recomendação da Comissão Europeia de 10 de julho de 2003 (UE, 2003), os indicadores de desempenho permitem:

- Comparabilidade: ao permitir estabelecer comparações e apontar as mudanças ocorridas em termos de desempenho ambiental;
- Equilíbrio: os indicadores ambientais devem distinguir entre áreas problemáticas (mau desempenho) e áreas com perspectivas (bom desempenho);
- Continuidade: os indicadores devem assentar em critérios similares e em períodos ou unidades de tempo comparáveis;
- Temporalidade: os indicadores devem ser atualizados com a regularidade necessária para permitir a adoção de medidas;
- Clareza: os indicadores devem ser claros e inteligíveis.

Na

Tabela 2.1 b) são apresentados alguns ID's retirados de estudos realizados para caracterizar os sistemas de recolha de RU-I na região centro de Portugal (Oliveira, 2009; Cabido, 2015) com a ajuda de dados auxiliares que estão representados na Tabela 2.1 a). Estes ID's estão orientados para a avaliação da eficiência dos circuitos de recolha, tomando em consideração: a massa de RU-I recolhidos por quilómetro, o consumo de combustível por massa de RU-I recolhidos, e incluem também a capitação, a capacidade disponível para deposição de RU-I por habitante e a densidade populacional.

Tabela 2.1 a) - Dados auxiliares para o cálculo da tabela 2.1 b)

Indicador	Unidade	A (*)	B (*)	C (*)	D (*)	Góis (#)	Penacova
Densidade populacional	hab/km ²	131,5	318,2	44,1	108,8	16,2	70,4
Capitação média de RU-I	Kg/hab.dia	0,84	0,75	1,22	1,01	0,93	0,7

Tabela 2.1 b)- Indicadores de desempenho do serviço de recolha e transporte de RU-I em municípios da região Centro (Oliveira, 2009; Cabido, 2015).

Indicador	Unidade	A (*)	B (*)	C (*)	D (*)	Góis (#)
Distância percorrida	km/ano	50178	75782	149273	49010	20525
Eficiência de recolha	km/t	9,0	7,9	12,3	8,7	15,6
Tipologia de contentores dominante [#]	L/cont	1297	78,2	1051	549	597
Consumo de combustível por quantidade recolhida	L/t	3,46	4,63	5,07	3,18	6,52
Consumo de combustível por distância percorrida	L/km	0,39	0,58	0,41	0,37	0,42
Produção de RU-I	t/ano	5580	9556	12095	5651	1385
Quantidade de RU-I recolhida por distância percorrida	t/km	0,11	0,13	0,08	0,12	0,07
Capacidade de deposição de RU-I instalada por habitante	L/hab	27,0	30,1	52,5	45,8	103,6
N.º médio de habitantes por contentorR	hab/cont	11	26	20	12	5,76

*- Resultados de 2009 (Oliveira, 2009); # - Resultados de 2013 (Cabido, 2015).

L/hab – Rácio entre o volume máximo para contentorização de RU-I e o n.º total de habitantes ($\sum_{i=1}^n C_i V_i / hab$).

- Indicador obtido pelo autor com base nos indicadores das duas referências bibliográficas.

Os resultados mostram que os municípios menos populacionais (predominantemente rurais), como são os casos de C e de Góis são fortemente penalizados em termos da eficiência de recolha (km/t) e do consumo de combustível por quantidade recolhida (L/t), pois precisam percorrer maior distância para atingir a capacidade de carga do veículo.

Nos municípios menos populacionais verificamos que a capacidade máxima para deposição de RU-I por habitante é maior do que a generalidade dos outros municípios. Entre a capitação de RU-I, o número de habitantes por contentor e a capacidade instalada por habitante não é possível estabelecer qualquer relação entre os diferentes ID's. Para determinar a tipologia dos contentores dominantes em cada município (L/cont), foi utilizada a seguinte equação:

$$\frac{L}{hab} * \frac{hab}{cont} = L/cont$$

Estes resultados mostram que no município A os contentores para deposição dos RU-I tem cerca de metade do volume dos usados pelos restantes municípios, chegando no município C a terem o triplo do volume. O município com menor densidade populacional (Góis) é o que apresenta o valor mais baixo para o

indicador do número de hab/contentor. Se a tipologia dos contentores e a capitação forem semelhantes entre municípios isso traduzir-se-á por um maior n.º de dias sem recolha.

Admitindo que a massa volúmica aparente dos RU-I é 180 kg/m^3 ⁽²⁾, é possível estimar a capitação volúmica (L/hab.dia). Dividindo a capitação volúmica pela capacidade instalada para deposição de RU-I por habitante obtém-se a razão entre o volume de RU-I produzidos por habitante.dia (L/hab.dia) e a capacidade instalada por habitante (L/hab), definido por $L_p/L.dia$ (Tabela 2.3).

Tabela 2.2 - Comparação de indicadores de recolha entre cinco municípios (adaptado com base em Oliveira, 2009 e Cabido, 2015).

Indicador	Unidade	A (*)	B (*)	C (*)	D (*)	Góis (#)
Capitação volúmica média (MVA=180 kg/m ³)	Lp/hab.dia	4,7	4,2	6,8	5,6	5,2
	Lp/L.dia	0,17	0,14	0,13	0,12	0,05
Número de dias até atingir 75% capacidade disponível		4,3	5,4	5,8	6,1	15,0

MVA - Massa volúmica aparente dos RU-I (estimada);

Lp/L.dia - Razão litros de RU-I produzidos por dia/Capacidade de deposição de RU-I disponível por habitante

À exceção do município de Góis, não existem variações significativas entre as razões dos outros municípios. Considerando a recolha apenas quando o volume de RU-I atinge 75 % da capacidade instalada de contentorização foi calculado o número de dias sem recolha. Os resultados deste exercício, apresentados na Tabela 2.3 mostram que excetuando o município de Góis, a periodicidade da recolha para um cenário otimizado (considerado para 75 % de ocupação do volume de contentorização) dever-se-á situar entre 4 e 6 dias. Este intervalo de tempo entre recolhas será menor quanto menor a massa volúmica aparente dos RU-I em contentor.

2.3. Indicadores económicos dos municípios em relação à gestão de RU-I

Em 2013, termos dos custos com a gestão de RU-I e limpeza urbana, as administrações públicas gastaram 461 milhões de euros, sendo 77,8 % desse valor relativo às atividades de recolha e transporte de resíduos (INE, 2014). A Figura 2.3

² Este valor está entre os valores máximos apresentados na literatura por a massa volúmica aparente dos RU em contentor (Worrell e Vesilind, 2010; UNEP, 2013).

mostra a evolução das despesas com a recolha e transporte de RU e limpeza urbana entre 2009 e 2013, havendo a registar apenas uma ligeira redução no ano 2012.

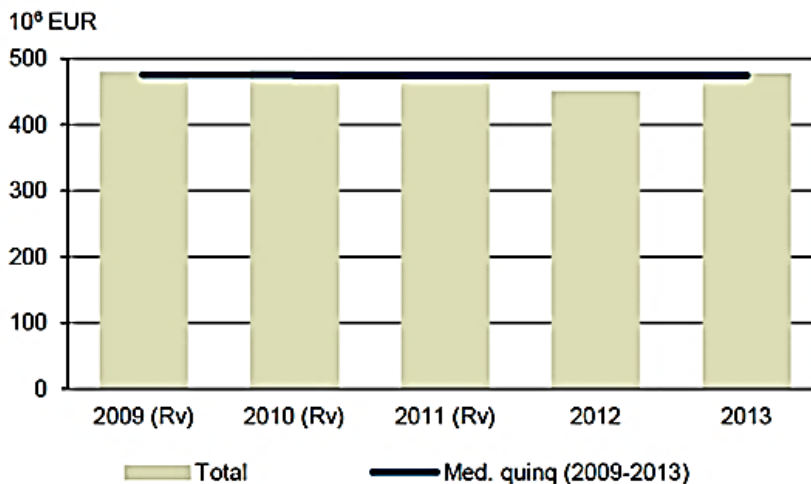


Figura 2.3 - Evolução das despesas com a recolha dos RU e limpeza das ruas em Portugal (Fonte: INE, 2014).

Em 2013, cerca de 40 % dos municípios do país gastaram, em média, entre 25 e 49 €/hab.ano com a gestão dos RU-I. Aproximadamente 20 % dos municípios, sobretudo das regiões norte e centro, gastaram até 25 €/hab.ano. Com os custos mais elevados, destacaram-se os municípios situados nas zonas turísticas do litoral do Continente e Regiões Autónomas e em alguns municípios do interior, cujos valores foram superiores a 75 €/hab.ano (Figura 2.4). No distrito de Coimbra, na qual está integrado o município do caso de estudo, os custos com a gestão de RU-I estão compreendidos entre entre 12 €/hab.ano (média entre 0 e 24) e 37 €/hab.ano (média entre 25 e 49), à exceção do município da Lousã em que são superiores. O município de Penacova integra o grupo dos municípios da região com menor custos (abaixo de 25 €/hab.ano).

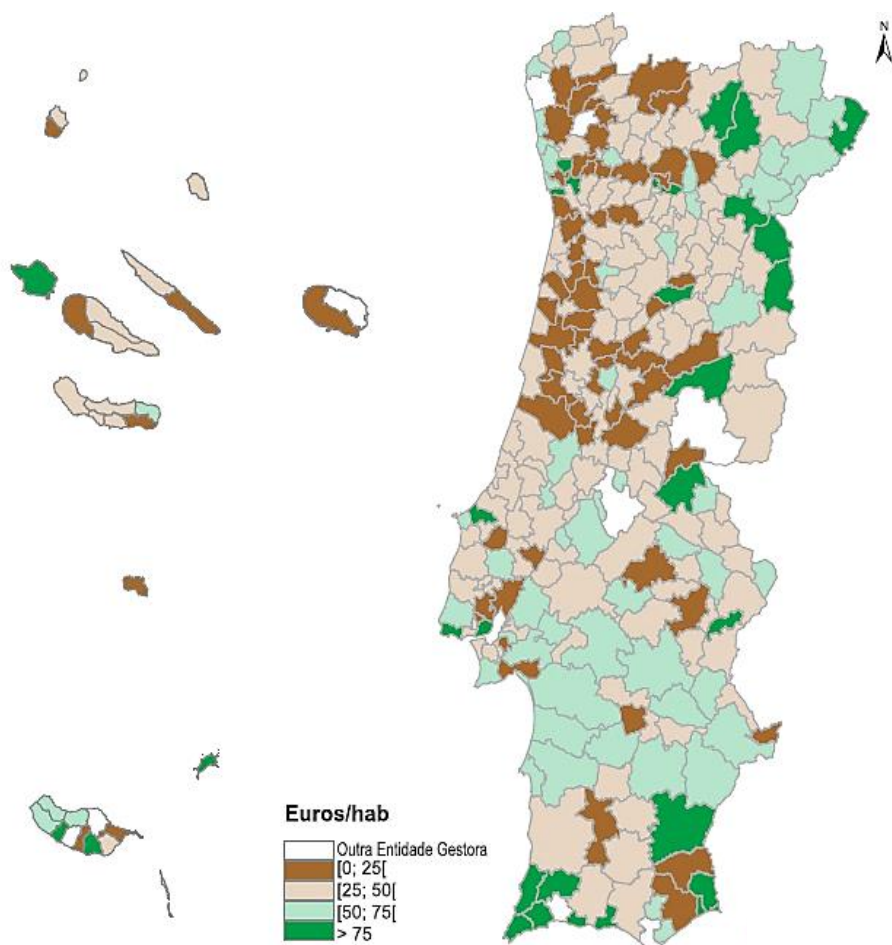


Figura 2.4 - Despesa *per capita* com a recolha de resíduos e limpeza urbana (Fonte: INE, 2014).

Em termos de custos da gestão dos RU-I, para o modelo de recolha coletiva e para o modelo recolha porta a porta, um estudo recente efetuado em Catalan (Espanha) mostra que não há diferenças relevantes (cerca de 1 %) (Sora e González, 2014). Os maiores custos na recolha a porta a porta são compensados com os menores custos de tratamento (Sora e González, 2014). Isto porque na origem já se retirou muitos dos resíduos que podem ser encaminhados para compostagem e recicláveis.

Um outro estudo efetuado em Turim (Itália) mostra que os custos do modelo de recolha porta a porta se tornam mais baixos do que o modelo de recolha coletiva se for implementado em conjunto com o sistema PAYT (Pay As You Throw), que ajuda a suportar os custos da recolha e faz com que a população produza menos resíduos (Rossi e Sanchenko, 2011).

3. ESTUDO DE CASO: PENACOVA

3.1. Caracterização do concelho

O concelho de Penacova dista cerca de 20 km de Coimbra e integra a Região Centro (NUT II) e a Sub-Região do Baixo Mondego (NUT III). Tem confrontações com os concelhos de Mealhada (distrito Aveiro), Mortágua e Santa Comba Dão (distrito de Viseu), Tábua, Arganil, Vila Nova de Poiares, Coimbra (distrito de Coimbra) (Figura 3.1). Está localizado numa meia encosta, a cerca de 290 metros de altitude, apresentando declives acentuados que podem chegar aos 60 % de inclinação. Está inserido na bacia hidrográfica do Mondego, sendo as linhas de água de maior interesse o rio Mondego e o seu afluente o rio Alva (CM Penacova, 2015).



Figura 3.1 - Localização do município de Penacova e municípios vizinhos (adaptado de www.skyscrapercity.com, 2015).

O concelho tem uma área total de 220 km², repartida por 11 freguesias (Figura 3.2): Figueira de Lorvão, Carvalho, Friúmes, Paradela, Lorvão, Oliveira do Mondego, S. Pedro de Alva, Penacova, S. Paio de Mondego, Sazes do Lorvão e Travanca do Mondego, sendo a maior a de Carvalho com 32 km² e a mais pequena Paradela com 8 km² (CM Penacova, 2015).

Em 2014 a população era de 14.678 habitantes (INE, 2014). Em 2011, 69% da população ativa empregada no concelho, residia em três das onze freguesias do concelho: Lorvão, Penacova e Figueira de Lorvão. O setor primário ocupava 3,2 % da

população e o setor secundário, 28,5 %. Os restantes setores e respetivas percentagens de emprego estão na Tabela 3.1 que é apresentada em baixo (CM Penacova, 2015).

Tabela 3.1- Tipos de atividade por freguesia

Freguesia	Tipo atividade %		
	Sector primario	Sector secundário	Sector terciario
Carvalho	≤36	≥30	48,3
Figueira de Lorvão	≤36	≤30	70,7
Friúmes	≤36	≤30	≥61,5
Lorvão	≤36	≤30	71,8
Oliveira do Mondego	≥36	≥30	≥61,5
Paradela	≤36	≥30	≥61,5
Penacova	≤36	≤30	69,7
S.P. Mondego	≤36	≤30	≥61,5
S.P. Alva	≤36	≤30	≥61,5
Sazes do Lorvão	≤36	≥30	≥61,5
Trancava do Mondego	≤36	≥30	≥61,5

O município de Penacova possui uma razoável rede viária, que permite o acesso aos principais povoamentos concelhios, não obstante a heterogeneidade de tipologias de povoamento verificadas. Para a ligação a outros concelhos a passagem do IP3 e a proximidade ao IC6 coloca-o numa posição favorável na região Centro.



Figura 3.2 - Distribuição das freguesias do concelho de Penacova (www.penacovaactual.pt, 2015).

3.2. Metodologia do estudo

Tendo por objetivo analisar e melhorar o sistema de recolha de RU-I no Concelho de Penacova foram definidas as seguintes etapas, por ordem de sequência:

1. Levantamento de dados da Câmara Municipal de Penacova relacionados com a gestão de RU-I, nomeadamente: massa de RU-I recolhidos, variação sazonal da produção de RU-I; frequência da recolha e meios técnicos e humanos; localização dos pontos de recolha e itinerários; tipologia e número de contentores para deposição de RU-I; registos dos tacógrafos dos veículos de recolha, custos da gestão com a recolha e transporte de RU-I, designadamente combustível e manutenção dos veículos e pessoal;
2. Tratamento dos resultados para construção de ID's relativos ao serviço de recolha e transporte de RU-I;
3. Interpretação dos resultados, conclusões e propostas de melhoria visando a redução dos custos.

Para o levantamento de dados foram realizadas várias visitas aos serviços municipalizados para recolha da informação e troca de impressões com os técnicos responsáveis pela coordenação dos serviços de recolha. Para dois circuitos distintos foi feito o acompanhamento do veículo de recolha para registo da percentagem ocupada pelos resíduos nos diferentes contentores e dos períodos de tempo das paragens para baldeamento e para deslocação entre contentores. Os ID's obtidos foram comparados com outros de trabalhos de investigação sobre o mesmo assunto.

Na perspetiva da melhorar o desempenho do serviço de recolha e transporte e baixar os custos globais associados foi analisada a viabilidade da recolha porta a porta, tendo como critério os dados dos censos 2011, com o número de habitações e residentes por habitação em cada freguesia do concelho.

3.3. Infraestrutura e modelo de recolha e transporte

No atual sistema de recolha de RU-I, a população coloca, sem hora pré-definida, os resíduos em contentores que se encontram nas ruas e pátios de prédios. Os

funcionários da Câmara Municipal procedem à sua recolha no período diurno (geralmente de manhã). Para efeito de recolha, o concelho está repartido em dois: Baixo Concelho (BC) e Alto Concelho (AC)³, havendo mensalmente um veículo dedicado a cada partição, em regime de rotação mensal. Em meses de maior produção de resíduos um terceiro veículo, mais pequeno, complementa o serviço de recolha. Este terceiro veículo de reserva entra também em serviço, em caso de avaria ou manutenção de algum dos veículos habituais. A Tabela 3.4 apresenta os dados característicos dos 3 veículos. Em operação cada viatura de recolha dispõe de três elementos (1 motorista e 2 cantoneiros).

Tabela 3.4 - Características dos veículos de recolha de RU-I (CM Penacova, 2015).

	Veículo 1	Veículo 2	Veículo 3 (reserva)
Matrícula	XX-XX-VE 2003	XX-XX-MC 1998	QQ-XX-XX 1989
Idade (anos)	12	17	26
Peso bruto (kg)	19000	19000	14000
Tara (kg)	12000	12000	8670
Capacid. carga máx.J (kg)	7000	7000	5330
Volume de caixa (m³)	15	15	15
Tipo de combustível	Gasóleo	Gasóleo	Gasóleo

Os contentores são de fundo retangular, em plástico de cor verde e têm 4 rodas para facilitar a sua movimentação até à traseira do veículo de recolha, o qual possui um sistema de elevação para baldeamento do contentor na caixa de carga, sendo as pegas dos diferentes contentores compatível com o sistema de elevação e baldeamento. Na Tabela 3.5 é apresentada a tipologia e número de contentores por freguesia.

³ No ANEXO A é apresentado o mapa do concelho com a repartição de recolha adotada por veículo. No ANEXO B são apresentados os circuitos de cada uma das partições, bem como as respetivas freguesias e locais “visitados”.

Os contentores são lavados e desinfetados duas vezes por ano (maio e setembro), com recurso à subcontratação de uma empresa da especialidade, que executa essa tarefa em colaboração com o serviço da C. M. de Penacova.

De modo a permitir uma melhor perceção da capacidade de contentorização por freguesia são apresentados na Tabela 3.6 indicadores específicos de contentorização: n.º de habitantes residentes/contentor, n.º de alojamentos habituais/contentor e capacidade de contentorização instalada/n.º habitantes residentes. As freguesias mais populacionais (representam 64,8 % da população do Concelho), assinaladas com cor, são as que apresentam maior número de habitantes e de alojamentos por contentor, e conseqüentemente as que oferecem menor capacidade de contentorização instalada por habitante. Nessas freguesias a capacidade média de contentorização é de 43,9 L/hab, enquanto nas de baixa densidade populacional (BDP) é de 70,4 L/hab. Para as 3 freguesias consideradas com alta densidade populacional (ADP) a recolha de RU-I é feita todos os dias úteis, ainda que não nem todos os contentores de cada freguesia sejam baldeados a cada circuito, chegando os dois veículos (1 e 2) a visitar no mesmo dia a mesma freguesia, um para recolher numa zona e outro noutra zona. Nas restantes freguesias a recolha semanal varia entre 1 e 5, de acordo com a Tabela 3.6. Como em várias freguesias nem todos os contentores aí existentes são baldeados a cada visita do veículo de recolha e como a periodicidade das visitas não é uniforme não é possível no momento da recolha calcular o grau de ocupação médio dos RU-I no volume de contentorização disponível tendo por base estes indicadores.

Tabela 3.5 - Contentorização por freguesia do concelho de Penacova (CM Penacova, 2015).

Freguesia	Contentores de RU-I				TOTAL
	Pequenos (120 L)	Médios (240 L)	Grandes (800 L)	Grandes (1000 L)	
Carvalho	23		60		83
Figueira de Lorvão	11	1	125		137
Friúmes	1		51		52
Lorvão	4		170		174
Oliveira do Mondego	21	1	50		72
Paradela	6		15		21
Penacova	24	2	234	3	263
S.P. Mondego	4		24		28
S.P. Alva	30		147		177
Sazes do Lorvão	12		64		76
Travanca do Mondego	17		39		56

Os RU-I recolhidos são entregues diretamente na estação de tratamento mecânico e biológico (TMB) da ERSUC – Resíduos Sólidos do Centro. S.A., localizada em Vil de Matos, a norte da cidade Coimbra, que dista cerca de 26 km do centro da freguesia de Penacova, considerada sensivelmente a meio do concelho. Cada veículo faz normalmente apenas um circuito e entrega por dia.

Tabela 3.6 - Indicadores específicos de contentorização de RU-I por freguesia.

Freguesia	Indicadores de contentorização de RU-I					N.º "visitas" semanais p/ recolha
	Hab. resid. (*)	Aloj. hab. (*)	Hab. resid./cont.	Aloj. hab./cont.	Cap. disp/Hab. resid. (L/hab)	
Carvalho	846	314	10	4	60,0	3
Figueira de Lorvão	2737	954	20	7	37,1	6
Friúmes	645	231	12	4	63,4	5
Lorvão	3898	1462	22	8	35,0	7
Oliveira do Mondego	658	255	9	4	65,0	2
Paradela	225	83	11	4	56,5	5
Penacova	3254	1241	12	5	59,5	9
S.P. Mondego	211	80	8	3	93,3	2
S.P. Alva	1607	605	9	3	75,4	3
Sazes do Lorvão	749	276	10	4	70,3	4
Trancava do Mondego	421	154	8	3	79,0	1
(*) - Dados de Censos, 2011.				Média-ADP	43,9	
				Média-BDP	70,4	

3.4. Resultados e discussão

3.4.1. Evolução da capitação de RU totais e RU-I

A capitação de RU totais e RU-I em Penacova cresceu desde 2002 até ao ano de 2010, vindo a decrescer a partir daí, à semelhança dos resultados nacionais por causa da crise económica no País (Figura 3.3). Em 2014 a capitação de RU-I foi de 248,2 kg/hab.ano (ERSUC, 2015).

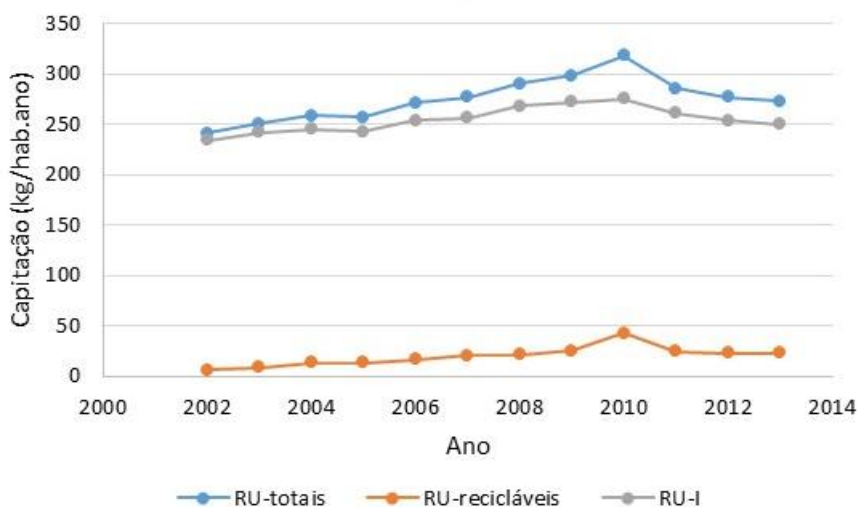


Figura 3.3 - Evolução da capitação anual de RU totais e RU-I no concelho de Penacova (adaptada de INE, 2015).

A capitação de RU seletivos seguiu a mesma tendência dos RU-I e caiu a partir de 2010. Entre os municípios da região Centro com maior semelhança ao de Penacova, o de Penacova é dos que apresenta um menor capitação anual em termos de RU-recicláveis, a par dos de Penela e Soure (Figura 3.4)

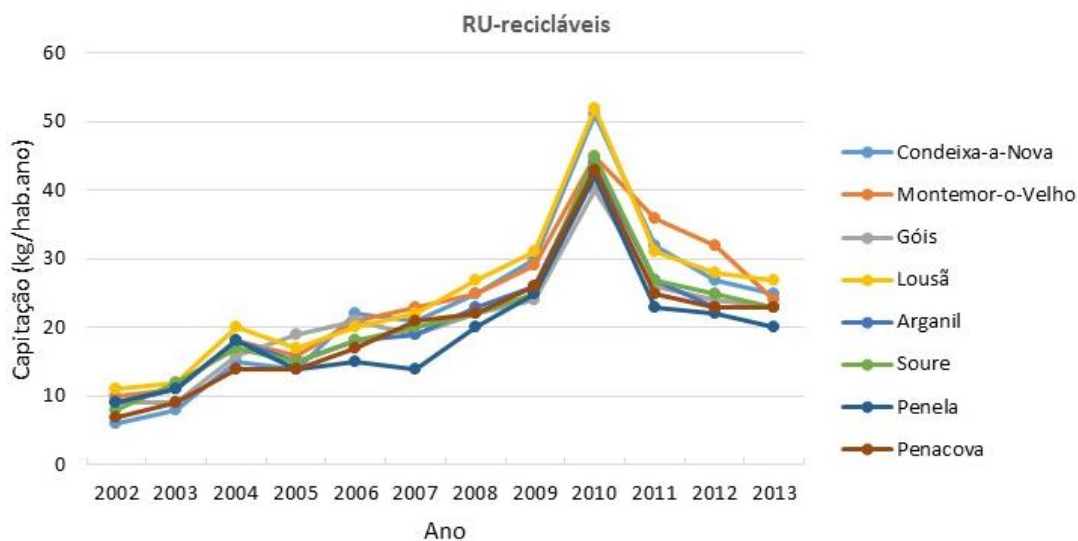


Figura 3.4 - Evolução da captação de RU-recicláveis em alguns municípios da região Centro de Portugal.

3.4.2. Indicadores de recolha e transporte de RU-I

Na Figura 3.5 são apresentados os valores mensais da recolha de RU-I em 2014, verificando-se um pico no período do verão, relativo aos meses de julho e agosto, quando as famílias gozam férias e permanecem mais tempo na região, nomeadamente os residentes não permanentes. Nos meses de janeiro, abril e dezembro registaram-se também ligeiros aumentos, associados ao maior consumismo nos períodos de Natal e Páscoa.

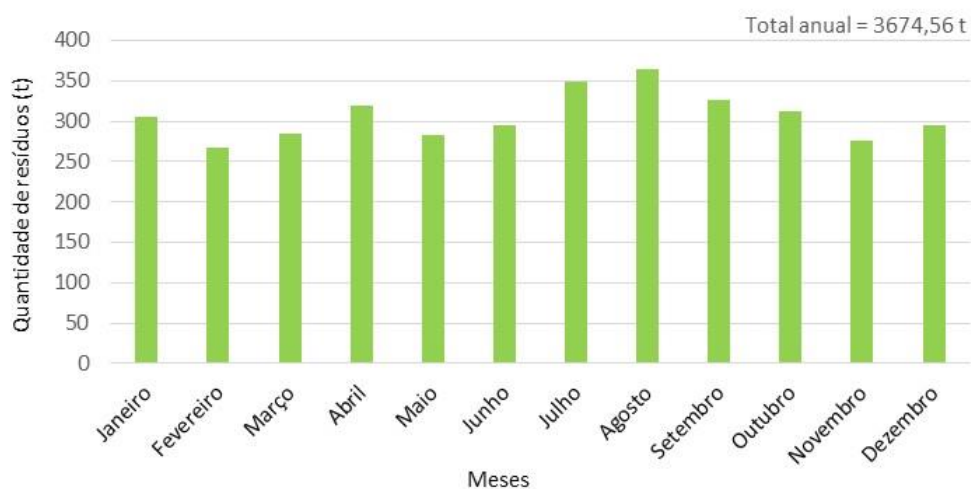


Figura 3.5 - Quantidade mensal de RU-I recolhidos no ano de 2014.

Conforme se referiu no subcapítulo 3.3, para efeito de gestão do serviço de recolha, o concelho de Penacova está repartido em Baixo Concelho (BC) e Alto Concelho (AC)⁴, havendo mensalmente um veículo dedicado a cada partição, em regime de rotação mensal, havendo um terceiro veículo de reserva, para responder a casos de avaria ou manutenção de algum dos veículos habituais ou para completar a recolha nos meses de maior produção de resíduos.

A Figura 3.6 mostra a recolha mensal de RU-I realizada por cada um dos veículos habituais em 2014, correspondendo a uma média mensal conjunta de 152,2 t/mês. As recolhas de RU-I foram realizadas em todos os dias úteis da semana e cada um dos veículos habituais fez em média 49 recolhas por mês, sendo à segunda-feira que se regista o maior número de recolhas, como seria expectável face à não recolha durante o fim de semana. A Figura 3.7 mostra o n.º anual de cargas por veículo por dia da semana (segunda-feira (2F) a sexta-feira (6F)) e a Figura 3.9 o respetivo desvio padrão. A Figura 3.8 mostra a média anual de carga do veículo por dia da semana, estando assinalado a carga máxima do veículo (*obs.* Tab.3.1). Através das duas figuras fica evidente o desequilíbrio do n.º de cargas e da massa recolhida por veículo por dia da semana.

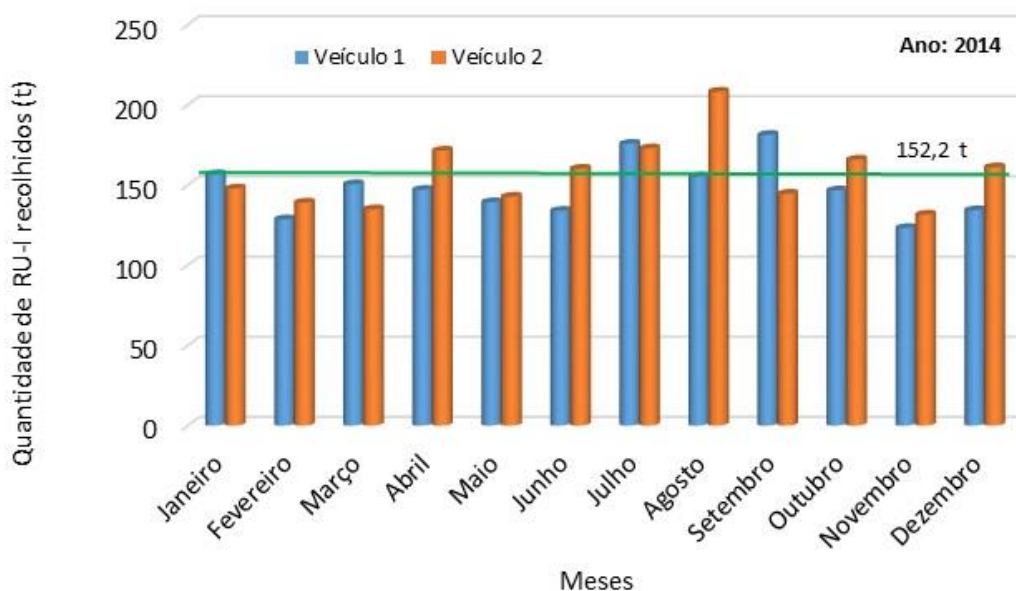


Figura 3.6 - Quantidade mensal de RU-I recolhida por veículo em 2014.

⁴ A repartição do concelho em termos de AC e BC encontra-se no ANEXO A. No ANEXO B são apresentadas as localidades dos diferentes circuitos das duas partições, bem com a localização dos contentores recolhidos e o resumo das freguesias “visitadas” em cada circuito.

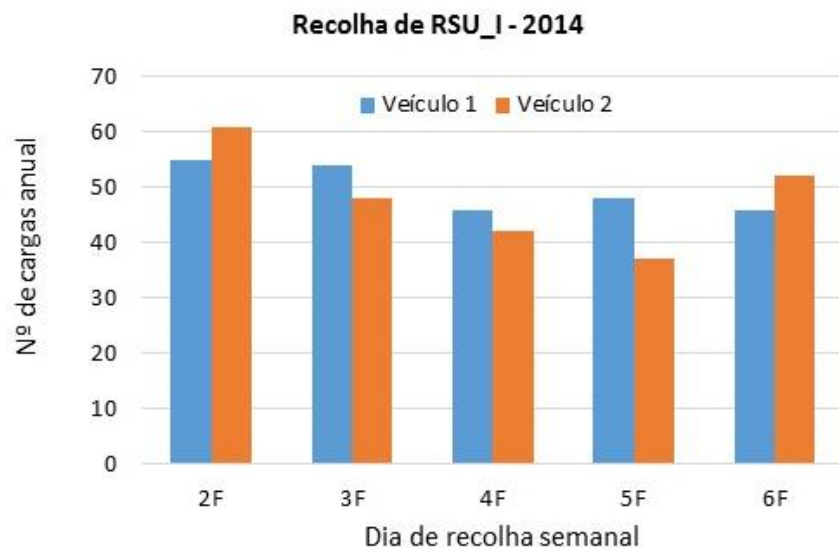


Figura 3.7 - Número de recolhas anuais realizadas por cada veículo por dia útil da semana.

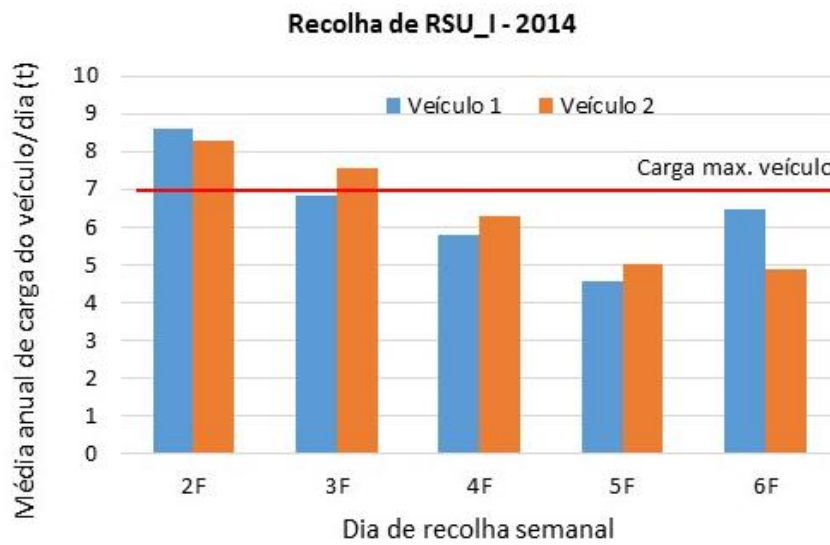


Figura 3.8 - Média anual de carga de cada veículo por dia útil da semana.

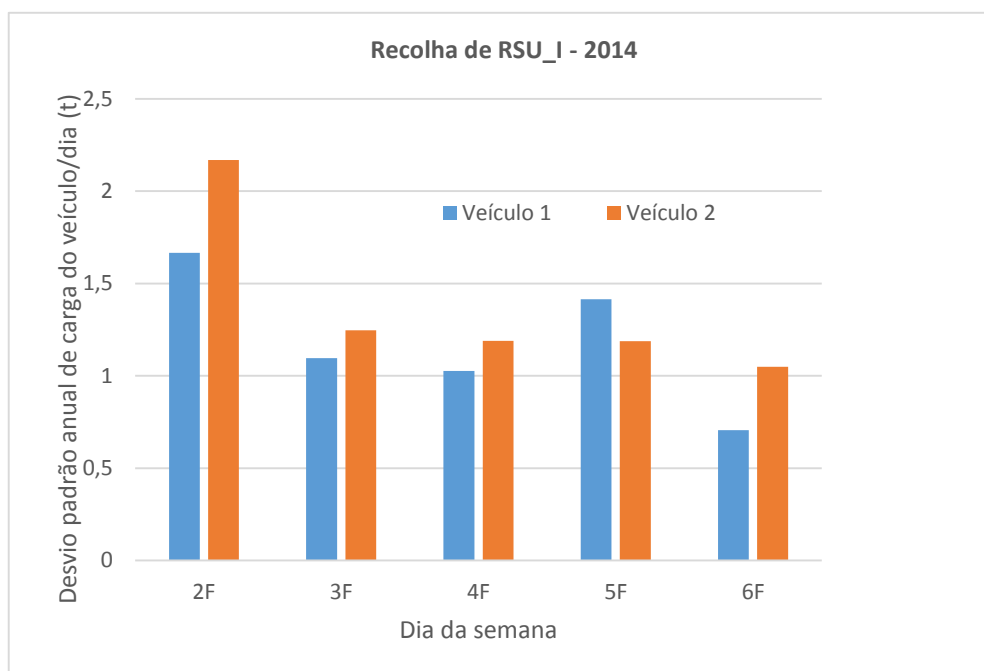


Figura 3.9 – Desvio padrão anual de carga do veículo por dia útil por semana.

Para obtenção dos tempos totais e efetivos de recolha efetuou-se a análise dos registos dos tacógrafos dos dois veículos habituais do serviço de recolha.

O tacógrafo é um dispositivo que é integrado no veículo para monitorizar o tempo em serviço, a distância percorrida e a velocidade do veículo. Essa informação é registada num disco-diagrama, conforme mostra a Figura 3.9, podendo cada disco registar a informação de um dia, uma semana ou outro período de tempo consoante a versão do aparelho. Existem versões digitais de aparelhos mais recentes, que permitem uma mais fácil leitura através da utilização de *smart cards*⁵, e que possuem complexos mecanismos de segurança que evitam a adulterações de dados. São muito utilizados em empresas de transporte para atestar que os motoristas estão a cumprir as suas horas de trabalho e de descanso, de acordo com as leis em vigor. São verificados pelas autoridades de segurança rodoviária para provar eventuais excessos de velocidade.

⁵ São cartões que têm forma de um cartão de crédito convencional e têm a capacidade de processamento, pois tem microprocessador e memória.

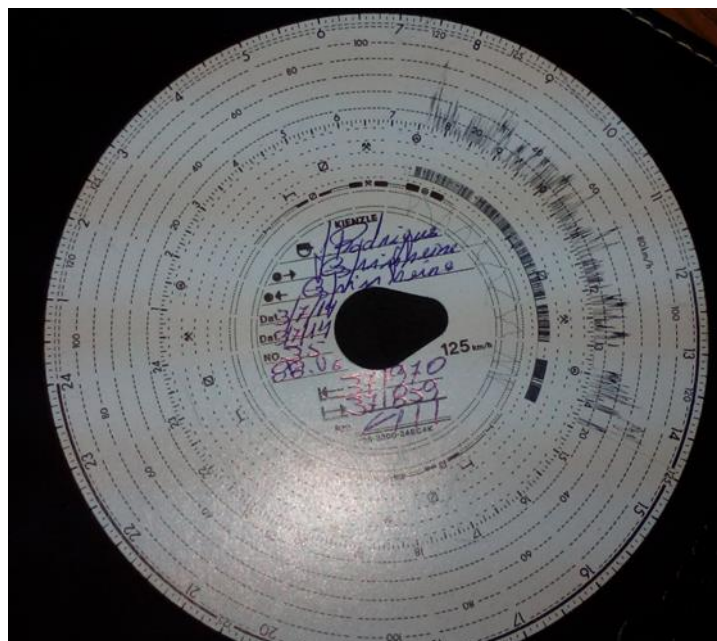


Figura 3.9 - Registo analógico de um tacógrafo de um dos veículos de recolha.

Tendo por objetivo determinar ID's do sistema de recolha de RU-I e avaliar eventuais variações destes ID's entre os meses de outono/inverno e de verão, nos diferentes circuitos, foi feita a interpretação e leitura dos registos dos tacógrafos para três meses do período outono/inverno (novembro, dezembro e janeiro) e três meses de verão (junho, julho e agosto) para os dois veículos habituais de recolha.

Os resultados da leitura dos tacógrafos estão divididos em alto concelho (AC) e baixo concelho (BC) e reportam os dias em que foram feitas recolhas em cada mês. Os resultados da leitura de um dos tacógrafos encontram-se no APÊNDICE A. Para cada dia (ou circuito) estão registadas as distâncias e respetivos tempos, desde o início de atividade do veículo, a partir do local de estacionamento, até ao final da atividade, quando o veículo regressa ao estacionamento. Entre as diferentes etapas do circuito, está a chegada ao 1º contentor, a duração do tempo de pausa, a partida do último contentor, a chegada à estação de TMB de Vil de Matos e o regresso ao estacionamento. Com base nos valores das distâncias percorridas e respetivos tempos para cada etapa do circuito (ou dia) e a capacidade de contentorização instalada foi calculado para cada circuito (ou dia) do AC e BC:

- distância total e o tempo total de recolha: entre a saída e regresso ao estacionamento;

- distância efetiva e o tempo efetivo de recolha inc/ pausa: chegada ao 1º contentor e a partida do último contentor, incluindo pausa;
- duração da pausa: tempo de paragem obrigatória, em função das horas de serviço;
- tempo de descarga: tempo na estação de TMB;
- n.º de descargas por dia: n.º de deslocações à estação de TMB;
- quantidade descarregada: massa de resíduos entregue na estação de TMB;
- n.º de contentores baldeados por circuito;
- tempo médio de deslocação entre dois contentores consecutivos inc/ baldeamento: rácio entre tempo efetivo⁶ e n.º de contentores-1;
- taxa de ocupação dos contentores⁷: percentagem entre o volume de resíduos recolhidos (expresso pelo quociente entre a massa descarregada na estação de TMB e a massa volúmica aparente média medida nos contentores baldeados) e a capacidade de deposição disponível;
- velocidade efetiva de recolha inc/ pausa: rácio entre a distância efetiva e o tempo efetivo inc/ pausa;
- velocidade efetiva de recolha exc/ pausa: rácio entre a distância efetiva e o tempo efetivo excl/ pausa;
- velocidade não efetiva de recolha ou seja velocidade fora do período de recolha: rácio entre a distância não efetiva (distância total-distância efetiva) e o tempo não efetivo (tempo total – tempo efetivo inc/ pausa) reduzido do tempo de descarga.

Para uma melhor compreensão do processo de cálculo de alguns dos indicadores atrás descritos deverá ser consultado o APÊNDICE B.

Nas Tabela 3.85 e Tabela 3.8 são apresentados os ID médios da recolha e transporte dos RU-I para o AC e BC no período de outono/inverno e de verão (com

⁶ Este tempo não inclui o período das pausas.

⁷ Este indicador não oferece grande rigor, dado ter-se tomado como referência o valor da média da massa volúmica aparente dos RU-I em contentor obtido em dois circuitos de quinta-feira, altura da semana em são recolhido menos RU-I.

base em resultados de 3 meses⁸). Para efeito do cálculo da taxa de ocupação foi considerada uma massa volúmica aparente dos RU-I em contentor de 70 kg/m³ ⁽⁹⁾.

Tabela 3.5 - Resultados da análise dos registos do tacógrafo para os circuitos de recolha do AC.

	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
Dia semana					
Circuitos (nº registos)	12	13	9	10	9
Distância total - média (km)	123,00	124,38	116,67	122,70	117,56
Distância efetiva de recolha - média (km)	75,17	62,77	58,78	75,10	61,33
Tempo total - média (horas)	06:14:35	06:10:32	05:56:07	06:20:00	05:38:53
Tempo efetivo de recolha inc/ pausa- média (horas)	04:59:05	04:36:42	04:26:07	05:05:00	04:17:11
Pausa - média (horas)	00:15:25	00:19:10	00:25:33	00:42:30	00:21:07
Tempo de descarga - média (horas)	00:05:00	00:06:00	00:08:00	00:05:00	00:09:00
Nº de descargas (nº / circuito)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Quantidade descarregada - média (kg)	7484,44	6556,44	4790,00	5062,89	6164,33
Nº de contentores baldeados	161	174	136	149	158
Capacidade disponível (L)	121440	127880	98040	109000	116880
Taxa de ocupação - média (%)	88,0	73,2	69,8	66,4	75,3
Distância total/Quantidade descarregada- média (km/t)	16,4	19,0	24,4	24,2	19,1
Distância efetiva/Quantidade descarregada - média (km/t)	10,0	9,6	12,3	14,8	9,9
Tempo total/Quantidade descarregada - média (h:m:s/t)	00:50:03	00:56:31	01:14:21	01:15:03	00:54:59
Tempo efetivo inc/pausa / Quant. descarregada - média (h:m:s/t)	00:39:58	00:42:12	00:55:33	01:00:15	00:41:43
Tempo entre 2 cont. consecutivos inc/ bald. - média (h:m:s)	00:01:46	00:01:29	00:01:47	00:01:46	00:01:30
Velocidade efetiva inc/ pausa - média (km/h)	15,1	13,6	13,3	14,8	14,3
Velocidade efetiva exc/ pausa - média (km/h)	15,9	14,6	14,7	17,2	15,6
Velocidade não efetiva - média (km/h)	40,7	42,1	42,4	40,8	46,4
AC	Verão				
Dia semana					
Circuitos (nº registos)	8	13	12	9	9
Distância total - média (km)	119,29	127,15	121,33	120,78	129,78
Distância efetiva de recolha - média (km)	71,57	71,46	61,00	68,56	74,44
Tempo total - média (horas)	06:22:30	06:34:37	06:06:55	06:20:40	06:18:00
Tempo efetivo de recolha inc/ pausa- média (horas)	05:05:43	05:08:51	04:19:27	04:50:00	04:46:30
Pausa - média (horas)	00:19:22	00:23:51	00:25:25	00:32:13	00:24:22
Descarga - média (horas)	00:04:00	00:09:00	00:13:00	00:12:00	00:11:00
Descargas (nº / circuito)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Descarga - média (kg)	7359,78	7841,67	6009,44	4095,56	7140,00
Nº de contentores baldeados	161	174	136	149	158
Capacidade disponível (L)	121440	127880	98040	109000	116880
Taxa de ocupação - média (%)	86,6	87,6	87,6	53,7	87,3
Distância total/Quantidade descarregada- média (km/t)	16,2	16,2	20,2	29,5	18,2
Distância efetiva/Quantidade descarregada - média (km/t)	9,7	9,1	10,2	16,7	10,4
Tempo total/Quantidade descarregada - média (h:m:s/t)	00:51:58	00:50:19	01:01:03	01:32:57	00:52:56
Tempo efetivo inc/pausa / Quant. descarregada - média (h:m:s/t)	00:41:32	00:39:23	00:43:10	01:10:49	00:40:08
Tempo entre 2 cont. consecutivos inc/ bald. - média (h:m:s)	00:01:47	00:01:39	00:01:44	00:01:45	00:01:40
Velocidade efetiva inc/ pausa - média (km/h)	14,0	13,9	14,1	14,2	15,6
Velocidade efetiva exc/ pausa - média (km/h)	15,0	15,0	15,6	16,0	17,0
Velocidade não efetiva - média (km/h)	39,3	43,5	38,3	39,8	41,2

Obs: MVa (RU-I) = 70 kg/m³.

⁸ Ao considerar 3 meses os resultados incorporam a rotatividade mensal dos veículos entre AC e BC.

⁹ Este valor de MVa dos RU-I corresponde à média obtida em dois circuitos de recolha, ambos de quinta-feira (em AC e BC) em que foram seguidos os veículos de recolha e feita a medição aproximada do volume ocupado pelos RU-I nos contentores, estes dois circuitos encontram-se no APÊNDICE D. O quociente da massa descarregada pelo somatório do volume de RU-I nos contentores obteve-se o valor médio de 70 kg/m³.

Tabela 3.8 - Resultados da análise dos registos do tacógrafo para o circuito BC.

	Inverno				
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
Dia semana					
Circuitos (nº registos)	11	12	11	9	11
Distância total - média (km)	106,80	97,92	106,00	110,22	90,00
Distância efetiva de recolha - média (km)	55,00	53,91	58,20	69,00	46,00
Tempo total - média (horas)	06:20:44	05:26:10	06:17:44	06:13:07	05:28:12
Tempo efetivo de recolha inc/ pausa- média (horas)	04:59:54	04:11:25	04:51:54	05:02:33	04:15:18
Pausa - média (horas)	00:21:22	00:17:05	00:20:00	00:21:40	00:41:22
Descarga - média (horas)	00:06:00	00:05:00	00:07:00	00:10:00	00:12:00
Descargas (nº / circuito)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Descarga - média (kg)	8996,43	6933,95	6495,00	4849,44	6881,67
Nº de contentores baldeados	190	160	151	198	185
Capacidade disponível (L)	147760	119840	113040	154600	145000
Taxa de ocupação - média (%)	87,0	82,7	82,1	44,8	67,8
Distância total/Quantidade descarregada- média (km/t)	11,9	14,1	16,3	22,7	13,1
Distância efetiva/Quantidade descarregada - média (km/t)	6,1	7,8	9,0	14,2	6,7
Tempo total/Quantidade descarregada - média (h:m:s/t)	00:42:19	00:47:02	00:58:09	01:16:56	00:47:42
Tempo efetivo inc/pausa / Quant. descarregada - média (h:m:s/t)	00:33:20	00:36:16	00:44:57	01:02:23	00:37:06
Tempo entre 2 cont. consecutivos inc/ bald. - média (h:m:s)	00:01:28	00:01:28	00:01:49	00:01:26	00:01:10
Velocidade efetiva inc/ pausa - média (km/h)	11,0	12,9	12,0	13,7	10,8
Velocidade efetiva exc/ pausa - média (km/h)	11,8	13,8	12,8	14,7	12,9
Velocidade não efetiva - média (km/h)	41,5	37,9	36,4	40,8	43,3
BC	Verão				
Dia semana					
Circuitos (nº registos)	7	11	9	8	8
Distância total - média (km)	109,29	107,00	101,89	105,25	97,50
Distância efetiva de recolha - média (km)	54,00	58,27	46,56	60,88	55,14
Tempo total - média (horas)	06:22:51	06:01:38	05:48:53	06:30:00	05:41:52
Tempo efetivo de recolha inc/ pausa- média (horas)	05:00:00	04:38:11	04:21:07	05:16:52	04:26:15
Pausa - média (horas)	00:27:51	00:30:30	00:19:27	00:25:52	00:15:38
Descarga - média (horas)	00:05:00	00:06:00	00:10:00	00:08:00	00:11:00
Descargas (nº / circuito)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Descarga - média (kg)	8812,10	7867,14	7248,33	5760,56	7623,89
Nº de contentores baldeados	190	160	151	198	185
Capacidade disponível (L)	147760	119840	113040	154600	145000
Taxa de ocupação - média (%)	85,2	93,8	91,6	53,2	75,1
Distância total/Quantidade descarregada- média (km/t)	12,4	13,6	14,1	18,3	12,8
Distância efetiva/Quantidade descarregada - média (km/t)	6,1	7,4	6,4	10,6	7,2
Tempo total/Quantidade descarregada - média (h:m:s/t)	00:43:27	00:45:58	00:48:08	01:07:42	00:44:51
Tempo efetivo inc/pausa / Quant. descarregada - média (h:m:s/t)	00:34:03	00:35:22	00:36:01	00:55:00	00:34:55
Tempo entre 2 cont. consecutivos inc/ bald. - média (h:m:s)	00:01:26	00:01:33	00:01:37	00:01:29	00:01:22
Velocidade efetiva inc/ pausa - média (km/h)	10,8	12,6	10,7	11,5	12,4
Velocidade efetiva exc/ pausa - média (km/h)	11,9	14,1	11,6	12,6	13,2
Velocidade não efetiva - média (km/h)	42,6	37,7	42,7	40,9	39,3

Obs: MVa (RU-I) = 70 kg/m³.

Com base nos resultados obtidos para os ID's nos dois períodos do ano considerados, verificamos que:

- as distâncias médias de recolha nos circuitos AC são superiores à do BC, mas os tempos totais médios da recolha não seguem essa diferença;

- a quantidade de RU-I recolhida no AC é menor do que no BC, o que é correspondido também por um menor número de contentores;
- no período de verão a subida na produção de RU-I é maior mais expressiva no AC do que no BC;
- a distância efetiva percorrida por quantidade recolhida (km/t) e a velocidade efetiva exc/ pausa são maiores no AC, devido aos circuitos serem em áreas de menor densidade populacional (mDP), registando-se:

	Dist./quant. recol.		Vel. efetiva (exc/ pausa)	
	km/t		km/h	
	Outono/Inverno	Verão	Outono/Inverno	Verão
AC (mDP)	11,3	11,2	15,6	15,7
BC (MDP)	8,8	7,6	13,2	12,7

Valores médios semanais.

- o tempo entre dois contentores consecutivos, incluindo o baldeamento, foi :

	m:s	
	Outono/Inverno	Verão
AC	1:40	1:43
BC	1:28	1:29

Valores médios semanais.

- a carga média do veículo de recolha foi de:

	kg	
	Outono/Inverno	Verão
AC	6020	6510
BC	6860	7490

Valores médios semanais.

- a taxa média de ocupação dos contentores por circuito variou entre 53,2 % e 87,6 %, sendo a média para as duas sub-regiões de 76,9 %. No período de verão, o valor da taxa média de ocupação em ambas as sub-regiões é de 86,8 %, com exceção dos circuitos da quinta-feira, cujo valor é de 53,5%. Estes valores estão sobrevalorizados, ao ter-se considerado o valor de MVa dos RU-I de 70 kg/m³. Nos dias de maior produção de RU-I é muito provável que o valor de

MVa seja superior, aproximando-se mais dos valores médios apresentados para RU¹⁰, que normalmente são inferiores aos dos RU-I. Se o valor mais representativo da MVa dos RU-I se aproximar de 140 kg/m³, os valores atrás referidos caem para metade. Essa confirmação, no entanto só será possível através da realização de medições para um maior número de circuitos e durante um período prolongado, para que assim se possa obter maior grau de confiança neste resultado e nos que dele dependem.

- a velocidade média não efetiva dos dois veículos para os dois períodos do ano considerados, situou-se entre 36,4 km/h e 46,4 km/h, sendo o valor médio de 40,9 km/h.
- o tempo médio de permanência dos dois veículos na estação de TMB para descarga foi de 8 minutos e 6 segundos;
- a duração média da pausa para os dois veículos foi de 24 minutos e 29 segundos.

Na Tabela 3.7 são apresentados os custos anuais e os indicadores de consumo médio dos veículos de recolha e transporte de RU-I. Conforme já anteriormente referido o veículo de reserva é de menor dimensão que os outros dois (*obs.* Tab. 3.1) e foi usado nos dias de maior produção de RU-I para completar a recolha e na substituição de algum dos outros devido a avaria ou manutenção. O menor peso bruto do veículo de reserva influencia consideravelmente no valor do consumo médio. No conjunto dos 3 veículos, em 2014, o consumo médio de gasóleo por cada 100 quilómetros na recolha e transporte dos RU-I foi de 49,3 L/100km.

¹⁰ Entre 90 e 180 kg/m³ (UNEP, 2013), entre 90 e 150 kg/m³ (Worrell e Vesilind, 2010).

Tabela 3.7 - Custos relativos aos veículos na recolha e transporte de RU-I em 2014.

Matricula	Manutenção (€)	Estação Serviço (€)	2014			
			Custo (€)	Consumo (L)	Distância (km)	Consumo médio L/100km
Veículo 1	17923,53	3328,96	18775,09	15093	29436	51,3
Veículo 2	12318,32	4738,49	18214,10	14688	27714	53,0
Veículo 3 (Res.)	7763,39	2504,68	7345,75	5924	15217	38,9
TOTAL	38005,24	10572,13	44334,94	35705	72367	49,3

Estação de serviço: inclui mudanças de óleo, mudanças de pneus e lavagens.

Na Figura 3.10 são apresentados os consumos mensais de combustível (gasóleo) dos dois veículos habituais de recolha. Para efeito da construção do gráfico os consumos do veículo de reserva foram distribuídos pelos dois veículos atrás referidos, com base na sub-região em que ele complementou a atividade do veículo habitual. Nos resultados está evidenciada a rotatividade mensal dos dois veículos entre as duas sub-regiões, já anteriormente referida. A variação mensal do consumo de combustível está em sintonia com variação mensal da massa recolhida de RU-I (*obs.* Fig. 3.4).

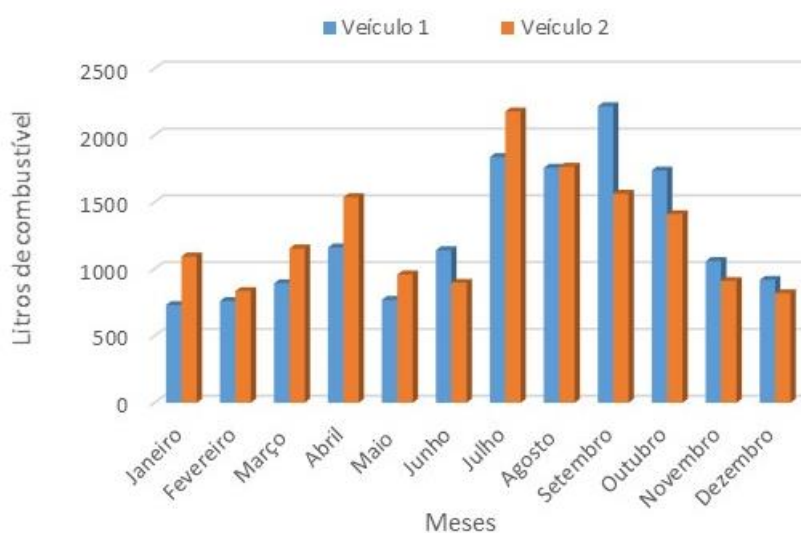


Figura 3.10 - Consumo mensal de combustível (gasóleo) com os dois veículos.

Os custos totais associados ao serviço de recolha e transporte de RU-I totalizaram em 2014 cerca de 260.541 € e incluem a mão-de-obra do pessoal afeto à recolha e transporte (1 motorista e 2 cantoneiros por cada veículo), tratamento dos RU-

I, manutenção, estação de serviço¹¹, lavagem de contentores¹² e combustível (CM Penacova, 2015).

A Figura 3.11 mostra a repartição percentual dos custos nas diferentes rubricas. A maior fatia correspondeu ao valor pago à ERSUC pelo tratamento dos RU-I, que atingiu 40 % do valor global. Desta forma os custos da recolha e transporte (incluindo lavagem contentores) totalizam 60 %. O custo conjunto de mão-de-obra e combustível totaliza 39 %. Considerando a população em 2014, de 14.678 habitantes (*obs.* Cap. 3.1), o custo anual da gestão do RU-I por habitante é de 17,75 €/hab.ano. Este valor obtido corrobora o indicador de custo *per capita*, apresentado no subcapítulo 2.2 (abaixo de 25 €/hab.ano), que já colocava o município de Penacova entre os que tinham menor custo *per capita* na gestão dos RU-I.

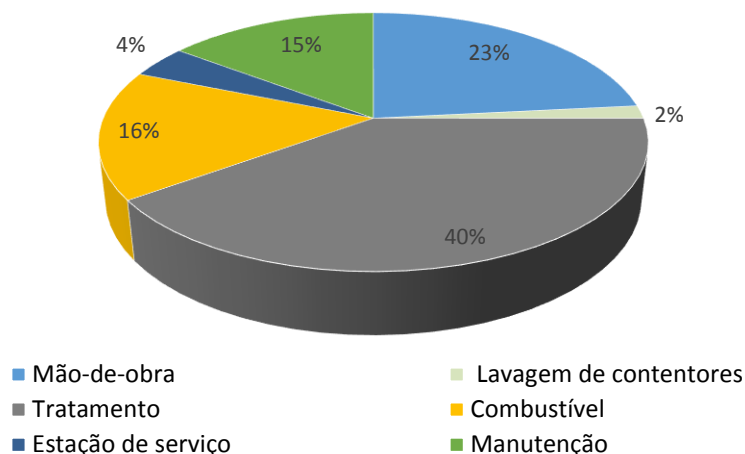


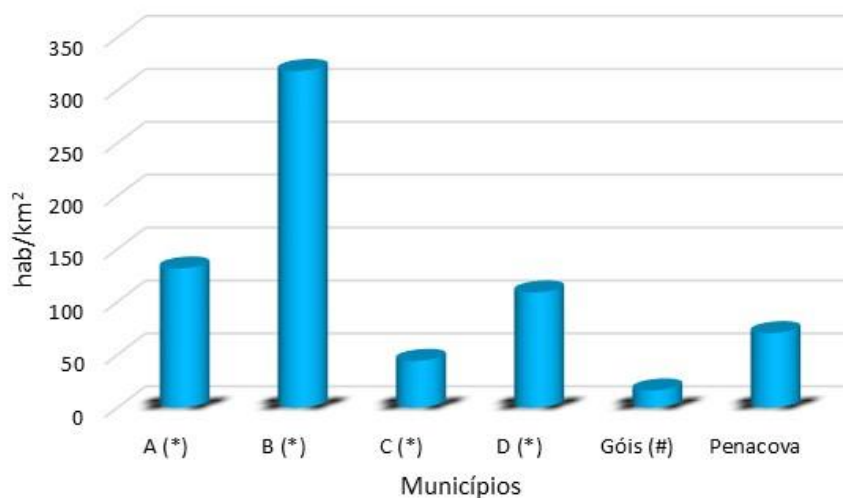
Figura 3.11 - Repartição dos custos associados ao serviço de recolha e tratamento de RU-I.

Tendo por base os resultados obtidos para 2014 foram construídos ID's à semelhança dos apresentados no subcapítulo 2.2, de modo a estabelecer comparações de desempenho com sistemas de recolha e transporte de municípios da mesma região.

A Figura 3.12, que estabelece a comparação da densidade populacional entre os diferentes municípios, mostra que a maior proximidade é para os municípios C e D.

¹¹ Estação de serviço – inclui mudança de óleo, lavagens veículo, pneus.

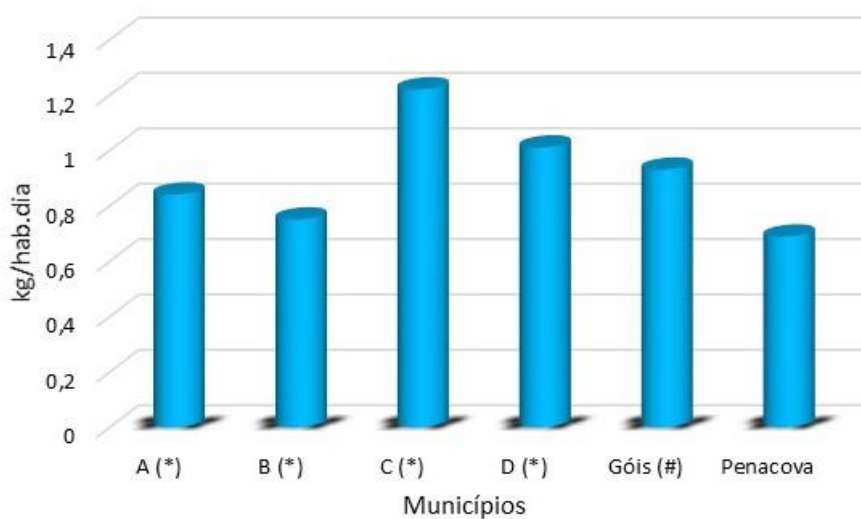
¹² Os contentores são lavados 2 vezes por ano.



*- Resultados de 2009 (Oliveira, 2009); # - Resultados de 2013 (Cabido, 2015).

Figura 3.12 - Comparação da densidade populacional.

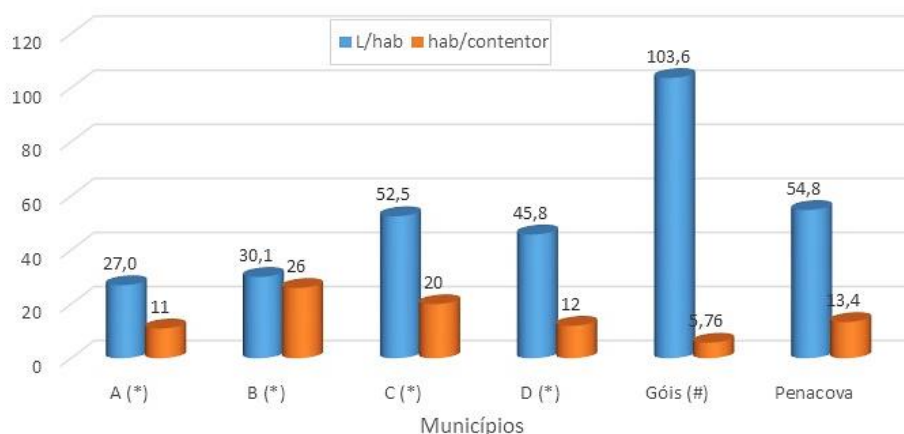
O município de Penacova é o que apresenta menor captação de RU-I (Figura 3.13), o que o coloca em vantagem em relação aos outros considerados em análise, caso esse resultado corresponda um maior desvio de resíduos recicláveis para ecopontos. Sendo este município de características rurais, este baixo resultado pode também estar relacionado com o desvio de alguns resíduos biodegradáveis, como restos de comida para a alimentação de animais domésticos ou para a deposição em terrenos agrícolas misturados com um material estruturante (mato ou palha), contribuindo para a correção dos solos que tenham deficiência de nutrientes.



*- Resultados de 2009 (Oliveira, 2009); # - Resultados de 2013 (Cabido, 2015).

Figura 3.13 - Comparação da captação dos RU-I nos diferentes municípios.

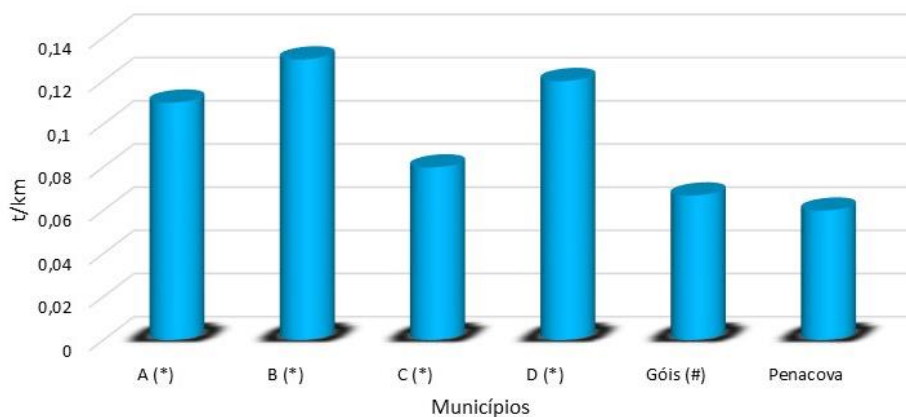
O número de habitantes por contentor (Figura 3.14) segue a mesma tendência da densidade populacional (*cf.* Figura 3.12.), estando o município de Penacova enquadrado com a generalidade dos municípios, há exceção do B e Góis, verificando-se o mesmo em relação à capacidade de contentorização disponível por habitante, sendo aqui exceção os municípios A e Góis. A capacidade de contentorização disponível por habitante para os municípios que foram alvo de estudo não permite estabelecer uma relação com a capitação. As diferenças de capacidade de contentorização instalada por habitante, de metade em relação a Góis e do dobro em relação a A configuram diferentes tipologias dos contentores e periodicidades da recolha.



*- Resultados de 2009 (Oliveira, 2009); # - Resultados de 2013 (Cabido, 2015).

Figura 3.14 - Comparação da capacidade de contentorização dos diferentes municípios.

A Figura 3.15, que mostra a quantidade recolhida de RU-I por distância percorrida, expressa por t/km, coloca o município de Penacova próximo do C e Góis, mas não permite estabelecer nenhum relação com a densidade populacional, nem com a capitação. O município de Penacova é o que apresenta pior ID (0,058 t/km) relativamente à eficiência da recolha e transporte. Os municípios A e D com uma densidade populacional muito semelhante a Penacova estão claramente à frente com sensivelmente o dobro da eficiência.



*- Resultados de 2009 (Oliveira, 2009); # - Resultados de 2013 (Cabido, 2015).

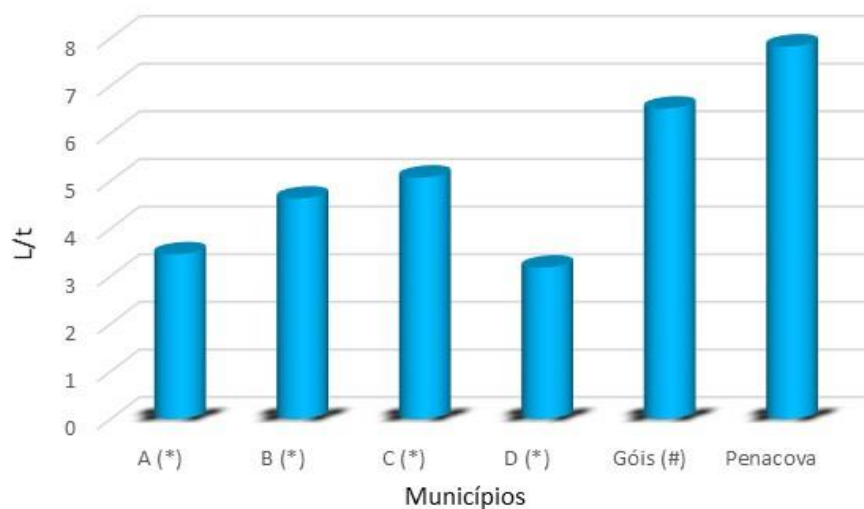
Figura 3.15 - ID referente à massa de RU-I recolhida por distância percorrida.

Em termos comparativos, esta ineficiência pode resultar de uma menor taxa de ocupação da contentorização cada vez que é feita a recolha, bem como uma menor massa volúmica aparente dos RU-I. Tendo-se as duas medições efetuadas nos circuitos de quinta-feira revelado taxas de ocupação de 76 % para AC e 49 % para BC, poderíamos ser levados a concluir que ser a baixa taxa de ocupação a principal responsável pela baixa eficiência do serviço de recolha. No entanto, como a maioria dos circuitos dos restantes dias de recolha a taxa de ocupação se situa acima de 75 %, podemos concluir que a principal causa para a baixa eficiência do indicador de recolha e transporte, expresso por t/km, se deve o valor muito baixo da massa volúmica aparente dos RU-I em contentor. A provar este resultado estão as observações feitas aos contentores antes da recolha, registadas na Figura 3.16.



Figura 3.16 - Tipos de RU-I e ocupação no contentor (Fonte: autor).

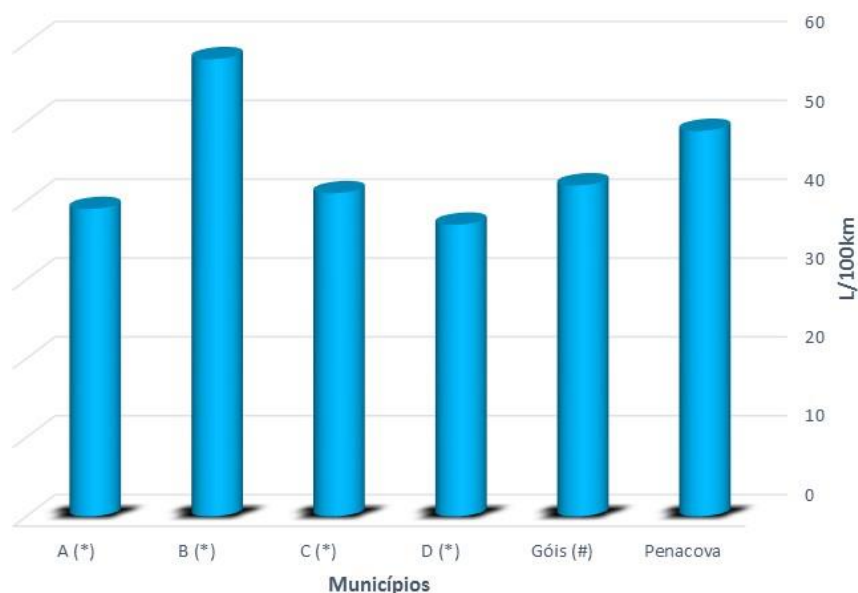
Em termos de consumo de combustível por quantidade recolhida de RU-I, expresso em L/t, (Figura 3.17) o município de Penacova é claramente o mais ineficiente, com um consumo de combustível específico mais do dobro do dos municípios A e D e superior ao de Góis, cuja densidade populacional é menor, muito embora a capitação seja superior à de Penacova (*obs.* Figura 3.13).



*- Resultados de 2009 (Oliveira, 2009); # - Resultados de 2013 (Cabido, 2015).

Figura 3.17 - Comparação do consumo de combustível (gasóleo) por quantidade de RU-I recolhida e transportada.

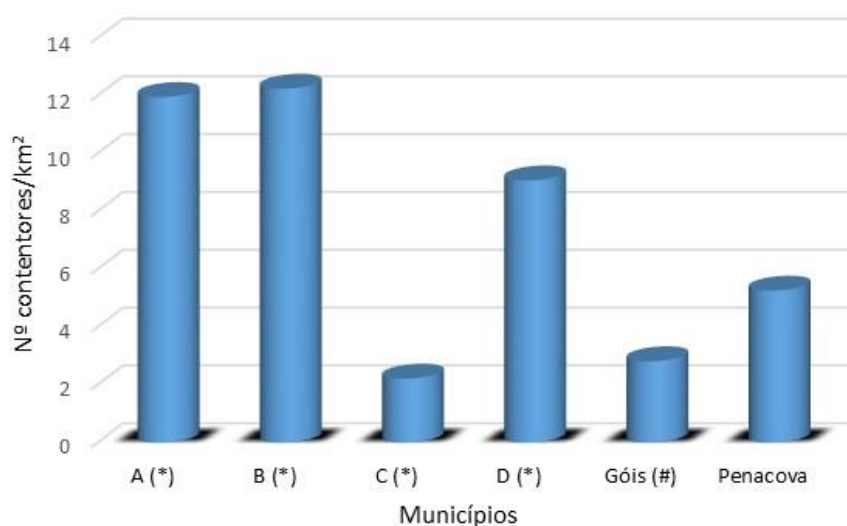
O consumo específico de combustível por distância percorrida na recolha e transporte de RU-I, para os diferentes municípios em comparação com Penacova, apresentado na Figura 3.18, coloca Penacova acima da generalidade dos municípios em análise, apenas ultrapassado pelo município B, de características urbanas conforme é evidenciado pela elevada densidade populacional (*obs.* Figura 3.12).



*- Resultados de 2009 (Oliveira, 2009); # - Resultados de 2013 (Cabido, 2015).

Figura 3.18 – Comparação do consumo de combustível (gasóleo) por distância percorrida na recolha e transporte de RU-I.

O tipo de estradas e a distância dos circuitos à estação de transferência ou à estação de TMB são aspetos importantes que podem ajudar a interpretar as variações no consumo específico de combustível. Já que o número de contentores por unidade de área, expresso por n.º contentores/km² e apresentado na Figura 3.19, não permite uma correlação com o consumo, pois os municípios A, C e Góis têm aproximadamente o mesmo consumo específico (L/100km). Mas o município A tem aproximadamente o quádruplo do número de contentores por km² dos municípios C e Góis, o que leva a concluir deverem estes dois municípios ter estradas muito estreitas e sinuosas, que contribuem para um consumo mais elevado por distância percorrida, pois era suposto gastar menos combustível/100km quando se diminui o n.º de contentores/km².



*- Resultados de 2009 (Oliveira, 2009); # - Resultados de 2013 (Cabido, 2015).

Figura 3.19 - Número de contentores por quilómetro quadrado.

No APÊNDICE C é apresentada uma tabela resumo de comparação entre os ID's obtidos neste estudo e os publicados por outros autores e que foram anteriormente apresentados graficamente e discutidos.

Existem vários parâmetros que podem condicionar a eficiência da recolha e transporte de RU-I, como sejam: a orografia; tipo de ocupação urbana, densidade populacional; tipo e idade do veículo de recolha; modelo e periodicidade da recolha, taxa de ocupação dos contentores no momento da recolha; número de pontos de paragens; tráfego, distância à estação de transferência ou estação de TMB e hora do

dia a que é feita a recolha. A análise efetuada à eficiência do serviço de recolha e transporte de RU-I do município de Penacova e a comparação com a de outros da região permitiu concluir que apesar dos custos operacionais serem dos mais baixos, a eficiência do serviço é baixa fundamentalmente devido à baixa massa volúmica aparente dos RU-I em contentor (calculada através das duas saídas de campo), muito por falta de ecopontos na maioria dos circuitos e a aparente indiferença dos munícipes em desviar dos contentores os resíduos passíveis de reciclar, e os orgânicos, passíveis de compostagem. Assim os contentores enchem mais rapidamente devido à mistura de resíduos que existe e conseqüentemente existe maior consumo de combustível por quantidade recolhida (L/t).

Para além do aumento do número de ecopontos e a colocação de alguns compostores, a adoção de um modelo de recolha porta a porta em algumas freguesias, com ações combinadas de informação e sensibilização junto das populações poderá a melhorar o desempenho do serviço de recolha e transporte de RU-I. No próximo capítulo são apresentadas e analisadas algumas propostas visando a melhoria do serviço de recolha e transporte de RU-I.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE PROPOSTA DE ALTERAÇÃO AO MODELO DE RECOLHA DE RU-I

Conforme os dados retirados do INE (2014), em 2011 69% da população ativa empregada no concelho residia nas freguesias de Figueira do Lorvão, Lorvão, Penacova. Estas 3 freguesias são vizinhas e são aquelas que potencialmente oferecem maior margem para poder influenciar a eficiência do modelo de recolha e transporte de RU-I.

4.1. Resumo do modelo atual de recolha e custos

O modelo atual assenta na repartição do concelho em duas partes (AC e BC), com dois veículos, de 7 t de capacidade de carga, dedicados diariamente à recolha. A tipologia de contentorização dominante assenta em contentores de 800 L de capacidade, que representam 86 % da tipologia instalada. Os contentores de 120 L totalizam 13,5 % do total. E os contentores de 240 L menos de 0,4 %. Cada veículo de recolha percorre diariamente (nos dias úteis) várias freguesias baldeando alguns dos contentores dessa freguesia ou a totalidade nos casos das freguesias com menor população. Em 2014, a média semanal de passagens nas 3 freguesias mais populacionais foi de 7,3 e nas restantes 8 freguesias de 3,1. A segunda-feira foi o dia com maior n.º de recolhas, e aquele em que foi ultrapassada a capacidade máxima de carga dos veículos, com a média a ultrapassar 8 t. O consumo médio de combustível (gasóleo) dos 2 veículos habituais de recolha foi de 51,3 e 53 L/100 km e o custo global com combustível representou 16 % das despesas totais com a gestão dos RU-I, totalizando 44335 €.

4.2. Modelo de contentorização e recolha proposto

4.2.1. Modelo baseado na colocação de mais contentores de diferentes tipologias

O critério para a apresentação de um novo modelo de recolha teve por objetivos:

- Reduzir a distância percorrida para realizar a recolha e consequentemente baixar os custos com combustível, sem ultrapassar a carga máxima permitida por veículo. Passa por tentar atribuir apenas um veículo a cada freguesia e fazê-lo deslocar apenas quando a massa recolhida de RU-I se aproximar da capacidade de carga máxima permitida pelo veículo, sem a ultrapassar;
- Proporcionar um maior número de contentores por freguesia, baixando o indicador do n.º de alojamento/contentor, aproximando-nos do modelo de recolha porta a porta. Com a atribuição de menor n.º de alojamentos por contentor e ajustando a sua tipologia ao n.º de habitantes desses alojamentos contribuir para uma maior uniformização na taxa de ocupação dos contentores, independente da sua tipologia, e desta forma impor aos habitantes a necessidade de uma melhor gestão com o volume de contentorização disponível, obrigando-os a desviar os RU recicláveis para os ecopontos, que precisam ser disponibilizados em algumas das freguesias onde não existem¹³.

¹³ Sendo a gestão da recolha de RU recicláveis da responsabilidade da ERSUC e tendo a estação de TMB de Vil de Matos capacidade para proceder à triagem dos RU recicláveis que vão misturados com os RU-I pode não ser motivador do ponto de vista económico a colocação de mais ecopontos em todas as freguesias. Esta ação deverá ser concertada entre o município de Penacova e a ERSUC.

Para a construção da folha de cálculo por freguesia foi usado o programa Excel® e considerados os seguintes pressupostos:

Tabela 4.1 - Indicadores de referência para o cálculo do novo modelo de recolha de RU-I.

MV-a (kg/m ³)	Cap-m (kg/hab.dia)	Cap-v (L/hab.dia)	Carg max veiculo (kg)	Tax ocup máx (%)
145	0,7	4,83	7000	80

Para cada freguesia foi considerado o n.º de alojamentos e de habitantes residentes por tipo de alojamento obtidos do relatório do INE (2014), relativos aos Censos 2011. Tendo por base a captação de RU-I e o n.º total de habitantes por tipo de alojamento foi calculado a produção mensal (base de 28 dias – 4 semanas) de RU-I por tipo de alojamento e depois foi ajustada a tipologia e n.º de contentores por tipo de alojamento de modo a que quando fosse efetuada a recolha a taxa de ocupação de cada tipologia de contentores não ultrapassasse 80 %. Para este cálculo admitiu-se que a MVa dos RU-I em contentor era de 145 kg/m³.

Por cada tipo de alojamento foi calculada a rácio entre o n.º de alojamentos por contentor. Para determinar o n.º de recolhas mensais por freguesia foi calculada a rácio entre a massa de RU-I mensal e a capacidade de carga máxima do veículo (7000 kg), e foi designado por *Rec/mês (T)*. Esse valor obtido foi depois usado para calcular a periodicidade máxima entre recolhas durante um mês (base de 30 dias), e foi designado por *Per rec (T)*. Estas duas rácios chamadas de teóricas serviram de base para fixar a periodicidade e o n.º de recolhas mês (considerado de 28 dias correspondente a 4 semanas). Estas duas rácios foram designadas por *Per rec (A)* e *Rec/mês (A)*.

Através do quociente da massa de RU-I por 28 dias obtém a produção diária, este resultado multiplicado pelo n.º de dias sem recolha (*Per rec (A)*) dá o valor da carga do veículo em cada recolha. No caso das 3 freguesias mais populacionais (Lorvão, Figueira de Lorvão e Penacova) a periodicidade da recolha quando inclui o fim de semana é de 4 dias, a segunda recolha na semana faz-se 3 dias depois.

A variação percentual da carga do veículo em relação à sua carga máxima autorizada é expressa pela percentagem do quociente entre a diferença da carga realizada e a carga autorizada, e é expresso por *Var rel carg max*.

No cálculo do custo de aquisição de novos contentores (*Custo cont*) para cada freguesia não foram considerados os contentores de 800 L por haver excesso e ser também os mais caros. Para o cálculo do custo em contentores foi considerado os valores fornecidos pela empresa Sopinal (www.sopinal.pt)¹⁴, apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Preço unitário por tipologia de contentor.

Tipologia contentores	Preço €
60L	21
120L	23
240L	29
360L	55
800L	132

Fonte: SOPINAL (<http://www.sopinal.pt/>)

A repartição das freguesias por veículo obedeceu à distribuição apresentada na Tabela 4.3. Ao veículo 1 estão distribuídas as freguesias mais próximas do local de estacionamento e do local de descarga na estação de TMB em Vil de Matos, consideradas como pertencendo a partição AC.

Tabela 4.3 - Repartição das freguesias por veículo de recolha.

Nova part. AC	Nova part. BC
Carvalho	Lorvão
Sazes de Lorvão	Oliveira do Mondego
Figueira de Lorvão	Friúmes
Penacova	Travanca do Mondego
	S. Pedro de Alva
	Paradela
	S. Paio do Mondego

Na tabela 4.4 são apresentados os resultados dos cálculos atrás reportados para a obtenção da periodicidade da recolha e valor da carga para o exemplo da freguesia do Carvalho, e demais resultados, o cálculo para as restantes freguesias encontra-se no APÊNDICE E.

¹⁴ Foram pedidos orçamentos a Sopinal e à Engels (www.engels.pt).

Tabela 4.4 - Contendorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de Carvalho.

Freguesia de CARVALHO												
	Aloj	Hab. Resid.	Contentores (L)					Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)	Aloj/cont	Custo cont (€)
			60	120	240	360	800					
Com 1p	62	62			30			7200	1215,2	58	2	
Com 2p	108	216				54		19440	4233,6	75	2	
Com 3p	57	171				45		16200	3351,6	71	1	
Com 4p	53	212				50		18000	4155,2	80	1	
Com 5p	20	100					10	8000	1960	84	2	
Com 6p	13	78					8	6400	1528,8	82	2	
Com 7p	1	7					0	0	137,2			
Com 8p	0	0					0	0	0			
Com ≥9p	0	0					0	0	0			
	314	846	0	0	30	149	18	75240	16581,6	75	1,6	9065
							NC-total	197				
										<i>Rec/mês (T)</i>		2,4
										<i>Per rec (T)</i>		12,7
										<i>Per rec (A)</i>		14
										<i>Rec/mês (A)</i>		2
										<i>Carga rec (kg)</i>		8290,8
										<i>Var rel carg max (%)</i>		18,44

Para efetuar os alguns dos cálculos da Tabela 4.4 foram utilizadas as seguintes equações:

$$\text{Taxa ocup. (\%)} = \frac{100 * \text{hab. resid.} * \text{Per. rec.} * \text{capitação}}{\text{cap. instalada}}$$

$$\frac{\text{Rec}}{\text{mês}} (t) = \frac{\text{RU. I mensal}(kg)}{\text{cap. máxima disponível viatura} (kg)}$$

$$\text{Per. rec. (t)} = \frac{\frac{\text{dias}}{\text{mês}}}{\text{Rec/mês}}$$

Na Tabela 4.5 e 4.6 estão resumidos os resultados de suporte ao novo modelo de recolha de RU-I. A taxa ocupação e a rácio alojamentos/contentor (Aloj/cont) representam os valores médios. A distância não efetiva (DNE) corresponde à distância entre o estacionamento e o centro da freguesia e a ida à estação de TMB de Vil de Matos e regresso ao estacionamento. A distância efetiva (DE) corresponde à distância percorrida entre o 1º contentor e o último contentor baldeado. Considerando que o novo modelo de recolha considera a cada recolha apenas um município foi

atribuído a DE metade dos valores médios obtidos em 2014¹⁵. O menor valor de DE obtido em 2014 foi atribuído à nova partição AC (Tabela 4.5). A distância total (DT) expressa o somatório das duas distâncias atrás referidas. São apresentados ainda os custos relativos a compra de contentores, exceto de 800 L.

As cargas que ultrapassam a limite autorizado estão assinaladas a cores nas tabelas 4.5 e 4.6.

Tabela 4.5 - Resumo dos resultados de suporte à nova proposta de recolha de RU-I para a nova partição AC, para a periodicidade de recolha mais crítica.

Freguesias AC	CENÁRIO ATUAL		CENÁRIO PROPOSTO							Carga 4 semanas (kg)	
	Cont	Cont	Rec/mês	Per rec	Carga rec (kg)	Tax ocup (%)	Aloj/cont	DNE	DT		Custo cont (€)
Carvalho	83	197	2	14	8291	75	1,6	54	81,5	9065	16581,6
Sazes do Lorvão	76	165	2	14	7321	74	1,7	44	71,5	7785	14641,2
Figueira de Lorvão	137	173	8	4	7571	70	5,5	47	74,5	8167	60569,6
Penacova	263	173	8	4	8910	72	7,2	53	80,5	4625	71276,8
	559	708	20					49,5	77,0	29642	163069,2

DNE - Distância não efetiva
 DE - Distância efetiva (27,5 km)
 DT - Distância total = DNE + DNE

Tabela 4.6 - Resumo dos resultados de suporte à nova proposta de recolha de RU-I para a nova partição BC, para a periodicidade de recolha mais crítica.

Freguesias BC	CENÁRIO ATUAL		CENÁRIO PROPOSTO							Carga 4 semanas (kg)	
	Cont atual	Cont	Rec/mês	Per rec	Carga rec (kg)	Tax ocup (%)	Aloj/cont	DNE	DT		Custo cont (€)
Lorvão	174	186	8	4	10657	73	7,9	55	89,0	4570	85254,4
Oliveira do Mondego	72	171	2	14	6448,4	74	1,5	67	101,0	6691	12896,8
Friúmes	52	155	2	14	5880	76	1,5	67	101,0	5944	11760
Travanca do Mondego	56	123	2	14	4126	74	1,3	80	114,0	4439	8251,6
S. Pedro de Alva	177	172	4	7	7600	76	3,5	78	112,0	8066	30399,6
Paradela	21	53	2	14	2205	69	1,6	80	114,0	2487	4410
S. Paio do Mondego	28	57	2	14	2216	71	1,4	88	122,0	2239	4431
	580	917	20					73,6	107,6	34436	157403,4

DNE - Distância não efetiva
 DE - Distância efetiva (34 km)
 DT - Distância total = DNE+DE

O veículo 3 de reserva completará a recolha nas freguesias em que se excede a carga autorizada do veículo habitual. Para a periodicidade mais crítica (4 dias) isso acontece em todas as recolhas da nova partição AC e em duas da nova partição BC. Para a periodicidade menos crítica (3 dias) isso acontece apenas para a freguesia de Lorvão (*obs.* Tabela AP.2).

¹⁵ Distância efetiva média na partição AC em 2014 = 68 km.
 Distância efetiva média na partição BC em 2014 = 55 km.

Na Tabela 4.7 são apresentados os excessos de carga em relação ao valor autorizado para os veículos habituais de recolha. São assinalados com cor as freguesias que carecem de apoio do veículo 3 de reserva. Considerou-se como aceitável um excesso de carga até 10 % da carga autorizada. Assim, carece de complementaridade a recolha nas freguesias de Carvalho (de 2 em 2 semanas) e em Penacova e Lorvão (à segunda-feira, que corresponde ao período mais longo sem recolha). O veículo 3 com capacidade até 5530 kg consegue recolher o excedente de Lorvão e Penacova cujo total atinge 5566 kg, pois o excesso de carga do veículo fica ultrapassado apenas em 0,7 %. O veículo 3 precisa ainda de completar a recolha de Lorvão para a periodicidade menos crítica, pois os 10 % de excesso de carga, atrás fixado como aceitável, seria ultrapassado em 4 %.

Tabela 4.7 - Carga excedente por freguesia em função da periodicidade da recolha.

Freguesias	CARGA EXCENDENTE	
	Periodic. + crítica	Periodic. - crítica
	(kg)	(kg)
Carvalho	1291	
Sazes do Lorvão	321	
Figueira de Lorvão	571	
Penacova	1910	
Lorvão	3657	993
S. Pedro de Alva	600	

Na Tabela 4.8 apresenta-se o plano de recolha de RU-I por freguesia, para cada uma das novas partições. Nesta proposta apenas um dos circuitos de recolha de RU-I contempla a passagem do veículo habitual por mais do que uma freguesia. Na nova partição BC fica dispensada a recolha à sexta-feira de 2 em 2 semanas. O veículo 3 de reserva sai todas a segundas-feiras para completar a recolha de Penacova e Lorvão (duas freguesias vizinhas). Precisa sair a quinta-feira para completar a recolha de Lorvão, caso se queira fazer cumprir a regra de não ultrapassar 10 % da capacidade de carga do veículo habitual de recolha. Precisa ainda sair de 2 em 2 semanas para complementar a recolha da freguesia de Carvalho. No total significaria entre 6 a 10 viagens cada 4 semanas, dependendo do estrito cumprimento da regra de não ultrapassar 10 % da capacidade de carga.

Na Tabela 4.5 é apresentado o número de recolha para o modelo proposto e a poupança anual em combustível relativamente a 2014, para um preço de referência do gasóleo de 1,2 €/L. A poupança anual de combustível atinge 12478 €.

Tabela 4.8 - Proposta de recolha de RU-I nas das novas partições definidas.

Nova part. AC				
2F	3F	4F	5F	6F
P	FL	C	P	FL
P	FL	SL	P	FL
P	FL	C	P	FL
P	FL	SL	P	FL

P-Pencova / FL-Figueira de Lorvão / C-Carvalho / SL-Sazes de Lorvão

Nova part. BC				
2F	3F	4F	5F	6F
L	SPA	F	L	TM+P+SPM
L	SPA	OM	L	
L	SPA	F	L	TM+P+SPM
L	SPA	OM	L	

L-Lorvão / SPA-S. Pedro de Alva / F-Friúmes / OM-Oliveira do Mondego

TM-Travanca do Mondego /P-Paradela / SPM-S. Paio do Mondego

Tabela 4.5 - Nº. de recolha por veículo e poupança anual de combustível relativamente a 2014.

	Rec/ano	DT Atual	DT Proposta	Red km/rec	km/ano	L/100km	Red L/ano	Red Cost Comb/ano (€)
AC	260	103	77	26	20020	51,3	10270,3	12324
BC	234	122	108	14	25272	53	13394,2	16073
Reserva	78	111	95	16	7410	38,9	2882,5	3459
							26546,9	31857
				Custo med gasol	1,2 €/L			
						Gasto comb (2014)		44335
						Poupança anual em rel 2014		12478

O investimento em novos contentores, referido nas tabelas 4.15 e 4.16, totaliza 64078 €. A Tabela 4.10 apresenta os resultados do estudo económico do modelo de recolha proposto. A taxa de atratividade foi fixada ligeiramente acima do valor da taxa de juros em Portugal, em julho de 2015, para as sociedades não

financeiras, situada em 4,09 % para empréstimos inferiores até 1 milhão de euros (Banco Portugal, 2015). O valor atualizado líquido a 7 anos é de 8124,37 € e a taxa interna de retorno é de 8 %. O *payback* é de 5,1 anos. No ANEXO C são apresentadas as fórmulas de cálculo dos indicadores económicos atrás referidos.

Tabela 4.10 - Resultados do estudo económico da proposta de modelo de recolha de RU-I.

Investimento (€)	64078,00
Poupança anual s/ correção de preço comb (€)	12478,00
Tempo de vida estimado para os contentores (ano)	7
Valor residual dos contentores. no fim de vida	8125,00
Depreciação anual dos contentores (€/ano)	7993,29
Ganho efetivo anual com modelo de recolha de RU-I (€)	4484,71
Taxa mínima de atratividade - TMA	5%
Valor atual líquido - VAL (a 7 anos)	8124,37
Taxa interna de retorno - TIR (a 7 anos)	8%
<i>Payback</i> (ano)	5,1

4.2.2. Modelo baseado na redistribuição dos contentores existentes

Este modelo de recolha de RU-I difere do anterior apenas pelo facto de não considerar a aquisição de contentores, apenas uma nova redistribuição, ao nível dos de 800 L de volume.

Para determinar o défice ou excesso de contentores, foi cálculo o diferencial de contentorização entre a proposta do modelo anterior com a contentorização atual. O valor obtido foi dividido por 800 para obter o n.º de contentores em défice ou excesso. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.6. A redistribuição de contentores para esta proposta permitiria retirar 204 contentores de 800 L. As freguesias mais populacionais são as que apresentam excesso de contentores.

Tomado por referência o mesmo período para a análise económica desta proposta obtém-se no final do período uma poupança de 87346 €.

Importa assinalar que as duas propostas atrás apresentadas tomam como referência os indicadores médios de dois períodos de recolha e têm em conta as diferenças de resultados entre as duas partições atuais do concelho. Ambas as propostas pressupõem que a capitação se mantém uniforme todo o ano, tendo passado de 0,68 kg/hab.dia de 2014 para 0,7 kg/hab.dia da proposta, e que não existem variações na população residente. Não é considerada a produção dos resíduos da indústria, comércio e serviços equiparada a RU-I. No entanto, tendo-se considerado a periodicidade da recolha para uma taxa de ocupação não superior, em média, a 80 %, existe uma margem de folga para absorver a produção de RU-I das atividades atrás referidas.

Tabela 4.6 - Redistribuição de contentores de 800 L para o plano que dispensa aquisição de contentores

Freguesias nova part. AC	Volume cont (L)			NC-800 L
	Atual	Proposto	Diferencial	
Carvalho	50760	75240	24480	31
Sazes do Lorvão	52640	63160	10520	13
Figueira de Lorvão	101560	67160	-34400	-43
Penacova	193560	88280	-105280	-132
				-131

Freguesias nova part. BC	Volume cont (L)			NC-800 L
	Atual	Proposto	Diferencial	
Lorvão	136480	99120	-37360	-47
Oliveira do Mondego	42760	57360	14600	18
Friúmes	40920	51520	10600	13
Travanca do Mondego	33240	36320	3080	4
S. Pedro de Alva	121200	65200	-56000	-70
Paradela	12720	19880	7160	9
S. Paio do Mondego	19680	19160	-520	-1
				-73

A quantidade mensal de RU-I recolhidos pelas novas propostas é da mesma ordem do valor apresentado na Figura 3.5, para 2014, em que a média mensal por veículo foi de 152,2 t; valor que está abaixo do estimado pelas propostas agora apresentadas (obs. Tabelas 4.5 e 4.6), reforçando assim a margem de segurança já assinalada.

Com a proposta que implica aumento do n.º de contentores o tempo efetivo com a recolha de RU-I vai aumentar. Em 2014 para a partição AC o tempo médio foi de aproximadamente 6h e para a partição BC de 6h20min. Considerando a variação do n.º de contentores da primeira proposta em relação ao cenário atual haverá aumento do tempo efetivo para aproximadamente o dobro nas freguesias menos populacionais (*obs.* Tabelas 4.5 e 4.6). Considerando os valores médios de tempo entre 2 contentores consecutivos obtidos para as partições AC e BC em 2014, apresentados nas tabelas 3.5 e 3.6, de aproximadamente 1min:40seg e de 1min:30seg respetivamente, poderemos estimar o acréscimo de tempo em cada freguesia. Considerando o n.º de contentores a baldear em cada freguesia na primeira proposta (*obs.* Tabelas 4.5 e 4.6), não superior a 197, verificamos que estão dentro do valor superior do n.º de contentores baldeados em 2014 em alguns dos circuitos (*obs.* Tabelas 3.5 e 3.6).

Concluindo, a segunda proposta é melhor do ponto de vista económico, mas bastante distante de um modelo porta a porta, cujo o objetivo é proporcionar uma maior distribuição e uniformização da capacidade instalada para recolha de RU-I. As freguesias que têm menos população serão aquelas em que este novo modelo terá mais repercussões. Com o segundo modelo proposto as pessoas terão de percorrer maiores distâncias para depositar os resíduos nos contentores.

4.3. Outras propostas de melhoria

Para aumentar a eficiência da recolha e transporte de RU-I e reduzir os custos da gestão destes resíduos sugere-se:

- Implementar a compostagem, disponibilizando alguns compostores a população, em particular junto dos alojamento que tenham jardim ou horta próximo da habitação;
- Colocação de mais ecopontos ou fazer um ecocentro para os resíduos recicláveis, fazendo desta forma desviar uma parte dos RU-I e baixar a quantidade a recolher e a tratar pela estação de TMB, baixando assim os custos;

- Reduzir ao mínimo o número de viagens dos veículos de recolha de RU-I;
- Realização de palestras e disponibilização de mais informações à população sobre educação ambiental.

Caminhar no sentido de cada família ter um contentor à porta de casa só para os RU-I, e fazer a recolha menos vezes. Desta forma as pessoas teriam que racionalizar a produção de resíduos e proceder à triagem na origem. Ou seja, para os contentores iriam só os RU-I.

5. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO

Foi realizado um estudo à gestão dos RU-I do município de Penacova, focado no modelo de recolha e transporte dos RU-I.

Os dados analisados dos diferentes municípios utilizados para comparação com o presente estudo apresentam várias semelhanças. Nesta comparação os indicadores L/km e L/t são mais desfavoráveis para Penacova. Relativamente a contentorização instalada (L/hab), concluiu-se que os municípios de Góis e de Penacova são os que apresentaram valores mais elevados.

Em termos de capitação de RU-I, Penacova tem um valor ligeiramente abaixo de 0,7 kg/hab.dia, o que está abaixo do nível médio nacional da região centro. Na mesma região, Penacova também é dos municípios com menor capitação ao nível dos RU recicláveis

Analisando o cenário de recolha atual em 2014, a média semanal de passagem para recolha de RU-I nas 3 freguesias mais populacionais foi de 7,3 e nas restantes 8 freguesias de 3,1. A segunda-feira foi o dia com maior nº de recolhas e em que se excedeu regularmente a capacidade de carga autorizada dos veículos habituais de recolha (7 t). O consumo médio de combustível dos dois veículos de recolha representou 16 % das despesas totais com a gestão dos RU-I, totalizando 44335 €.

São propostos dois modelos alternativos de recolha de RU-I, um modelo baseado na colocação de mais contentores de diferentes tipologias e outro modelo baseado na redistribuição dos contentores, ambos com a mesma distribuição de freguesias por veículo. Esta nova distribuição das freguesias que pressupõe atingir a capacidade autorizada do veículo a com deslocação do veículo apenas a única freguesia permite reduzir as distâncias a percorrer e conseqüentemente baixar os custos de combustível em 28,1 % em relação a 2014.

A primeira proposta que impõe o aumento do número de contentores, mas de menor volume terá um custo de investimento de 64078 €, mas face à poupança em combustível permitirá um ganho anual de 4484,71 €. Com este modelo o indicador do

n.º de alojamento/contentor baixa, aproximando-o do modelo de recolha porta a porta. Com a atribuição de menor n.º de alojamentos por contentor e o ajustamento da sua tipologia ao n.º de habitantes por tipo de alojamento consegue-se uma maior uniformização na taxa de ocupação dos contentores. Este modelo obriga os habitantes a uma melhor gestão do volume de contentorização disponível, obrigando-os a desviar os RU recicláveis para ecopontos, ou a prensá-los de modo a que ocupem menos volume.

Relativamente ao segundo modelo, há apenas uma nova redistribuição ao nível dos contentores de 800 L. Com base no volume de contentorização instalada em cada freguesia do modelo anterior determinou-se o défice ou excesso de contentores relativamente ao modelo atual. Mantendo o mesmo período de tempo do primeiro modelo, a análise económica permite uma poupança de 87346 €.

Limitações do estudo e trabalhos futuros

A massa volúmica aparente dos RU-I, de 145 kg/m³, considerada nas duas propostas apresentadas carece de maior rigor.

A taxa de ocupação média dos contentores no momento de recolha e o tipo de resíduos depositados carece também de um maior número de períodos de campo estendido no tempo, para várias alturas do ano. Este trabalho de campo permitirá também confirmar interpretação efetuado na leitura dos registos dos tacógrafos.

No sentido de obter maior rigor e complementar o estudo realizado sugere-se:

- A avaliação mais aprofundada e completa dos itinerários de recolha com o auxílio de *software* de geolocalização.
- Estender o estudo a outros municípios do País, de forma a verificar a robustez da metodologia adotada e a obtenção de mais indicadores específicos para comparação.
- Estabelecer comparação de indicadores com outros municípios estrangeiros.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administração Regional de Saúde do Centro (2015), “Plano de Desempenho 2015”, Acedido em 23 de Abril de 2015, em <http://www.arscentro.min-saude.pt>.
- Agência Portuguesa do Ambiente (2013), “Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020”. Acedido em 29 de Março de 2015, em <http://www.apambiente.pt>
- Agência Portuguesa do Ambiente (2015). Acedido em 29 de Março de 2015, em <http://www.apambiente.pt>.
- Banco de Portugal (2015). Boletim Estatístico de Julho 2015. Publicações Estatísticas. Acedido em 2 de setembro 2015, em <http://www.bportugal.pt>.
- Cabido, I. (2015), “Análise e otimização da recolha de resíduos urbanos indiferenciados – caso de estudo do município de Góis” Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Castro, R., 2003, “Energias renováveis, produção e distribuição. Introdução a avaliação económica de investimentos”, Lisboa: UTL, IST DEE
- Câmara Municipal de Penacova (2015), relatórios internos e documentos avulso.
- Decreto-Lei nº73/2011. Diário da República, 1.ª série - N.º 116 -17 de Junho de 2011, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.
- ERSUC – Resíduos Sólidos do Centro, S.A, (2015) “Relatório e Contas 2014”. Acedido em 24 de Abril de 2015, em <http://ersuc.pt/www/>.
- Eurostat (2015), “Municipal Waste” Acedido em 14 de Julho de 2015, em <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.
- Hussain K., Bhat, Dar F. A., Khan, N. A., Mir Q. A., (2015) “Approaches for the Analysis of Generation Rate and Density of Municipal Solid Waste of Allahabad City”, 591.
- Instituto Nacional de Estatística (2014), “Anuário Estatístico da Região Centro”. Acedido em 19 de Abril de 2015, em: <http://www.ine.pt>.
- Instituto Nacional de Estatística (2015), “Resíduos urbanos recolhidos por habitante”. Acedido em 18 de Maio de 2015, em <http://www.ine.pt>
- Karagiannidis, A., Xirogiannopoulou, A., Perkoulidis, G. and Moussiopoulos, N. (2004), “Assessing the Collection of Urban of Urban Solid Wastes: a Step Towards Municipality Benchmarking”. Water, Air, and Soil Pollution, Greece, pp. 397-409.
- Martinho, M. G. M. e Gonçalves, M. G. P. (2000), “Gestão de Resíduos”. Lisboa: Universidade Aberta.

- Oliveira, N. I. P. (2008), “ Avaliação de sistemas de recolha e transporte de Resíduos Sólidos Urbanos: Eficiência energética e emissões poluentes”. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Penacova actual, 2015. Acedido em 15 de Julho de 2015 em <http://www.penacovactual.pt/>
- Pferdehirt, W., O’Leary, P., Walsh, P., (1993) “Developing an integrated collection strategy”, Waste Age, 24 (1), 25-38.
- Rossi, R., Sanchenko, Y., (2011) “Italian best practices in waste management: Door to door waste collection in Italy: implementation in urban, rural and tourist areas and the Pay As You Throw (P.A.Y.T.) system”, 1-43.
- Sora, M. F., González, J. F., (2014) “Economic balance of door-to-door and road containers waste collection for local authorities and proposals for its optimization”, 3-22.
- T. V. Ramachandra, Bachamanda S., (2005) “Environmental Audit of Municipal Solid Waste Management”, 20-37.
- UE (2003). Recomendação da Comissão Europeia de 10 de Julho de 2003 relativa a orientações para a aplicação do Regulamento (CE) nº 761/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho. Comissão Europeia, (C(2003) 2253).
- UNEP (2013). Municipal solid waste composition analysis study. United Nations Environment Programme, April 2013, Juba, South Sudan. Disponível em <http://unep.org/SouthSudan>, acedido em 21 de julho 2015.
- Worrell, W. e Vesilind, P. (2010). Solid waste engineering. 2nd edition, Cengage Learning Edition.

APÊNDICE A – REGISTOS TACÓGRAFOS

Motorista: AA
Veículo: 38-88-VE

Dia semana		18-Dic		19-Dic		20-Dic		21-Dic		22-Dic		23-Dic		24-Dic		25-Dic		26-Dic		27-Dic		28-Dic		29-Dic		30-Dic		31-Dic	
Segunda-feira		Terça-feira		Quarta-feira		Quinta-feira		Sexta-feira		Sábado		Domingo		Segunda-feira		Terça-feira		Quarta-feira		Quinta-feira		Sexta-feira		Sábado		Domingo		Segunda-feira	
km		km		km		km		km		km		km		km		km		km		km		km		km		km		km	
Tempo de Atividade	1275	1430	1120	1330	1115	1130	1240	1340	1410	1330	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410
Tempo de Inatividade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempo Total	1275	1430	1120	1330	1115	1130	1240	1340	1410	1330	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410

Motorista: AA
Veículo: 38-88-VE

Dia semana		18-Dic		19-Dic		20-Dic		21-Dic		22-Dic		23-Dic		24-Dic		25-Dic		26-Dic		27-Dic		28-Dic		29-Dic		30-Dic		31-Dic			
Segunda-feira		Terça-feira		Quarta-feira		Quinta-feira		Sexta-feira		Sábado		Domingo		Segunda-feira		Terça-feira		Quarta-feira		Quinta-feira		Sexta-feira		Sábado		Domingo		Segunda-feira			
km		km		km		km		km		km		km		km		km		km		km		km		km		km		km			
Tempo de Atividade	1275	1430	1120	1330	1115	1130	1240	1340	1410	1330	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410		
Tempo de Inatividade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Tempo Total	1275	1430	1120	1330	1115	1130	1240	1340	1410	1330	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410	1340	1410

Tabela AP.1- Registo do tacógrafo do veículo 38-88-VE (motorista AA, para a recolha na sub-região do AC no mês de dezembro 2014).

APÊNDICE B – PROCESSO DE CÁLCULO DOS INDICADORES BASEADOS NOS REGISTOS DOS TACÓGRAFOS

Motorista AA Veículo 00-00-XX			No período de 3 meses	
Data	01-Dec		SEG	
Dia semana	Segunda-feira		Nº total de recolhas à SEG	
Tipo de Actividade	km	Hora		
Início Actividade Veículo	0,0	7:45	$(\Sigma \text{ distância total à SEG}) / \text{N}^\circ \text{ total de recolhas à SEG}$	
Pausa			$(\Sigma \text{ distância entre o 1}^\circ \text{ e o último contentor à SEG}) / \text{N}^\circ \text{ total de recolhas à SEG}$	
Início da Recolha	10,0	8:00	$(\Sigma \text{ tempo que medeia entre a saída do estacionamento e regresso à SEG}) / \text{N}^\circ \text{ total de recolhas à SEG}$	
Início Pausa	80,0	13:15	$(\Sigma \text{ tempo entre último e o 1}^\circ \text{ contentor à SEG}) / \text{N}^\circ \text{ total de recolhas à SEG}$	
Fim de Pausa		13:20	$(\Sigma \text{ duração das pausas à SEG}) / \text{N}^\circ \text{ total de recolhas à SEG}$	
Transporte Aterro	90,0	13:40	$(\Sigma \text{ tempo de descarga à SEG}) / \text{N}^\circ \text{ total de recolhas à SEG}$	
Chegada Aterro	110,0	14:25	$(\Sigma \text{ N}^\circ \text{ de descargas à SEG}) / \text{N}^\circ \text{ total de recolhas à SEG}$	
Saída Aterro	110,0	14:31	$(\Sigma \text{ quantidade descarregada à SEG}) / \text{N}^\circ \text{ total de recolhas à SEG}$	
Chegada ao Edifício Penacova	127,0	14:50	$(\Sigma \text{ tempo de descarga à SEG}) / \text{N}^\circ \text{ total de recolhas à SEG}$	
Tempo de Actividade		07:05:00	Rácio entre o tempo efetivo e nº de contentores-1	
			Rácio entre a distância efetiva e o tempo efetivo	
			Rácio entre a distância efetiva e o tempo efetivo, excluindo a duração da pausa	
			Rácio entre a distância não efetiva (distância total-distância efetiva) e o tempo não efetivo inc/ pausa subtraído do tempo de descarga.	

Tabela AP.2 - Processo de cálculo dos indicadores baseados nos registos dos tacógrafos

APÊNDICE C – COMPARAÇÃO DE ID'S DE RECOLHA

Indicador	Unidade	A (*)	B (*)	C (*)	D (*)	Góis (#)	Penacova
Distância percorrida	km/ano	50178	75782	149273	49010	20525	64539
Eficiência de recolha	km/t	9,0	7,9	12,3	8,7	15,6	16,4
Densidade populacional	hab/km ²	131,5	318,2	44,1	108,8	16,2	70,4
Consumo de combustível por quantidade recolhida	L/t	3,46	4,63	5,07	3,18	6,52	7,82
Consumo de combustível por distância percorrida	L/100 km	39	58	41	37	42	49
Produção de RU-I	t/ano	5580	9556	12095	5651	1385	3938
Quant. de RU-I recolhida por distância percorrida	t/km	0,11	0,13	0,08	0,12	0,07	0,06
Capacid. de dep. de RU-I disp. por habitante	L/hab	27,0	30,1	52,5	45,8	103,6	54,8
N.º médio de habitantes por contentor	hab/contentor	11	26	20	12	5,76	13,4
N.º contentores por unidade de área	cont/km ²	12,0	12,2	2,2	9,1	2,8	5,3
Capitação média de RU-I	kg/hab.dia	0,84	0,75	1,22	1,01	0,93	0,69

*- Resultados de 2009 (Oliveira, 2009); # - Resultados de 2013 (Cabido, 2015).

Tabela AP.3 – Comparação dos ID's de recolha

APÊNDICE D – CIRCUITOS SEGUIDOS (AC E BC DE 5ª FEIRA)

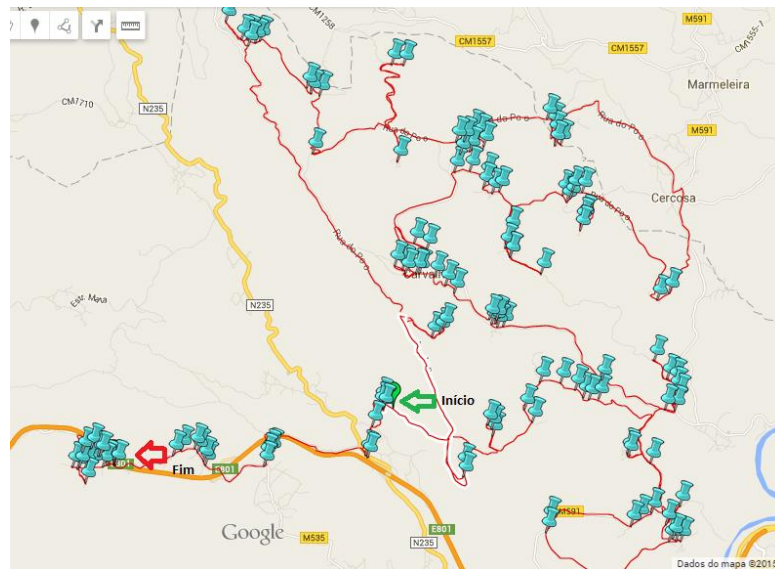


Figura AP.1- Circuito AC de 5ª feira (a distribuição das freguesias deste circuito encontram-se no ANEXO B)

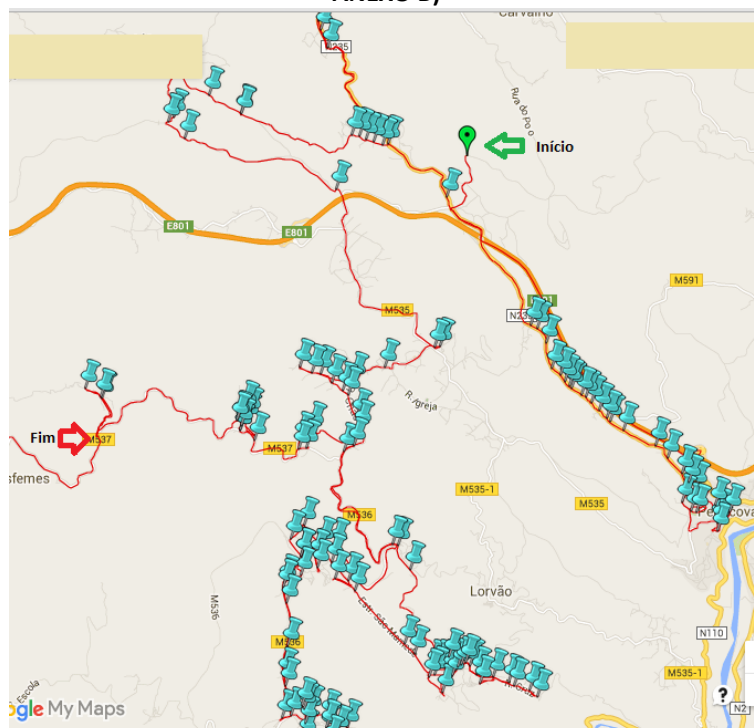


Figura AP.2- Circuito BC de 5ª feira (a distribuição das freguesias deste circuito encontram-se no ANEXO B)

APÊNDICE E – CONTENTORIZAÇÃO E PERIODICIDADE DE RECOLHA PROPOSTA PARA AS VÁRIAS FREGUESIAS

Tabela AP.1 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de Sazes de Lorvão.

Freguesia de SAZES DO LORVÃO												
	Contentores (L)						Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)		Custo cont (€)	
	Aloj	Hab. Resid.	60	120	240	360			800	Aloj/cont		
Com 1p	43	43			20		4800	842,8	61	2		
Com 2p	96	192				45	16200	3763,2	80	2		
Com 3p	62	186				42	15120	3645,6	83	1		
Com 4p	50	200				44	15840	3920	85	1		
Com 5p	19	95					10 8000	1862	80	2		
Com 6p	4	24					3 2400	470,4	68	1		
Com 7p	1	7					1 800	137,2	59	1		
Com 8p	0	0					0 0	0				
Com ≥9p	0	0					0 0	0				
	275	747	0	0	20	131	14	63160	14641,2	74	1,7	7785
							NC-total	165				
								<i>Rec/mês</i>		2,1		
								<i>Per rec (T)</i>		14,3		
								<i>Per rec (A)</i>		14		
								<i>Rec/mês (A)</i>		2		
								<i>Carga rec (kg)</i>		7320,6		
								<i>Var rel carg max (%)</i>		4,6		

Tabela AP.2 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de Lorvão.

Freguesia de FIGUEIRA DE LORVÃO												
	Contentores (L)						Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)		Custo cont (€)	
	Aloj	Hab. Resid.	60	120	240	360			800	Aloj/cont		
Com 1p	135	135			18		4320	2646	60	8		
Com 2p	280	560				40	14400	10976	75	7		
Com 3p	257	771				50	18000	15111,6	83	5		
Com 4p	200	800				49	17640	15680	88	4		
Com 5p	57	285					10 8000	5586	69	6		
Com 6p	17	102					4 3200	1999,2	62	4		
Com 7p	6	42					2 1600	823,2	51	3		
Com 8p	0	0					0 0	0				
Com ≥9p	1	9					0 0	176,4				
	953	2704	0	0	18	139	16	67160	52998,4	70	5,5	8167
							NC-total	173				
								<i>Rec/mês</i>		7,6		
								<i>Per rec (T)</i>		4,0		
								<i>Per rec (A)</i>		4	3	
								<i>Rec/mês (A)</i>		8		
								<i>Carga rec (kg)</i>		7571,2	5678,4	6624,8
								<i>Var rel carg max (%)</i>		8,2	-18,9	

Tabela AP.3 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de Travanca do Mondego.

Freguesia de TRAVANCA DO MONDEGO												
	Aloj	Hab. Resid.	Contentores (L)					Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)		Custo cont (€)
			60	120	240	360	800			Aloj/cont		
Com 1p	21	21			9			2160	411,6	66	2	
Com 2p	57	114			38			9120	2234,4	84	2	
Com 3p	34	102			34			8160	1999,2	84	1	
Com 4p	33	132				33		11880	2587,2	75	1	
Com 5p	4	20				5		1800	392	75	1	
Com 6p	3	18					2	1600	352,8	76	2	
Com 7p	2	14					2	1600	274,4	59	1	
Com 8p	0	0					0	0	0			
Com ≥9p	0	0					0	0	0			
	154	421	0	0	81	38	4	36320	8251,6	74	1,3	4439
							NC-total	123				
									<i>Rec/mês</i>	1,2		
									<i>Per rec (T)</i>	25,4		
									<i>Per rec (A)</i>	14		
									<i>Rec/mês (A)</i>	2		
									<i>Carga rec (kg)</i>	4125,8		
									<i>Var rel carg max (%)</i>	-41,1		

Tabela AP.4 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de Figueira de Lorvão.

Freguesia de FIGUEIRA DE LORVÃO												
	Aloj	Hab. Resid.	Contentores (L)					Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)		Custo cont (€)
			60	120	240	360	800			Aloj/cont		
Com 1p	135	135			18			4320	2646	60	8	
Com 2p	280	560				40		14400	10976	75	7	
Com 3p	257	771				50		18000	15111,6	83	5	
Com 4p	200	800				49		17640	15680	88	4	
Com 5p	57	285					10	8000	5586	69	6	
Com 6p	17	102					4	3200	1999,2	62	4	
Com 7p	6	42					2	1600	823,2	51	3	
Com 8p	0	0					0	0	0			
Com ≥9p	1	9					0	0	176,4			
	953	2704	0	0	18	139	16	67160	52998,4	70	5,5	8167
							NC-total	173				
									<i>Rec/mês</i>	7,6		
									<i>Per rec (T)</i>	4,0		
									<i>Per rec (A)</i>	4	3	
									<i>Rec/mês (A)</i>	8		
									<i>Carga rec (kg)</i>	7571,2	5678,4	6624,8
									<i>Var rel carg max (%)</i>	8,2	-18,9	

Tabela AP.5 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de Penacova.

Freguesia de PENACOVA												
	Aloj	Hab. Resid.	Contentores (L)					Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)	Aloj/cont	Custo cont (€)
			60	120	240	360	800					
Com 1p	236	236			40			9600	4625,6	47	6	
Com 2p	414	828				63		22680	16228,8	70	7	
Com 3p	333	999					35	28000	19580,4	69	10	
Com 4p	195	780					25	20000	15288	75	8	
Com 5p	46	230					7	5600	4508	79	7	
Com 6p	11	66					2	1600	1293,6	80	6	
Com 7p	5	35					1	800	686	84	5	
Com 8p	1	8					0	0	156,8			
Com ≥9p	0	0					0	0	0			
	1241	3182	0	0	40	63	70	88280	62367,2	72	7,2	4625
							NC-total 173					
										Rec/mês		
										Per rec (T)		
										Per rec (A)	4	3
										Rec/mês (A)	8	
										Carga rec (kg)	8909,6	6682,2
										Var rel carg max (%)	27,3	-4,5

Tabela AP.6 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de Lorvão.

Freguesia de LORVÃO												
	Aloj	Hab. Resid.	Contentores (L)					Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)	Aloj/cont	Custo cont (€)
			60	120	240	360	800					
Com 1p	261	261			40			9600	5115,6	53	7	
Com 2p	477	954				62		22320	18698,4	83	8	
Com 3p	393	1179					42	33600	23108,4	68	9	
Com 4p	263	1052					31	24800	20619,2	82	8	
Com 5p	60	300					9	7200	5880	80	7	
Com 6p	10	60					2	1600	1176	72	5	
Com 7p	0	0					0	0	0			
Com 8p	0	0					0	0	0			
Com ≥9p	0	0					0	0	0			
	1464	3806	0	0	40	62	84	99120	74597,6	73	7,9	4570
							NC-total 186					
										Rec/mês		
										Per rec (T)		
										Per rec (A)	4	3
										Rec/mês (A)	8	
										Carga rec (kg)	10656,8	7992,6
										Var rel carg max (%)	52,2	14,2

Tabela AP.7 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de Oliveira do Mondego.

Freguesia de OLIVEIRA DO MONDEGO												
	Contentores (L)						Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)	Aloj/cont	Custo cont (€)	
	Aloj	Hab. Resid.	60	120	240	360						800
Com 1p	58	58			22		5280	1136,8	74	3		
Com 2p	79	158			57		13680	3096,8	78	1		
Com 3p	55	165				39	14040	3234	79	1		
Com 4p	43	172				41	14760	3371,2	79	1		
Com 5p	16	80					9	7200	1568	75	2	
Com 6p	3	18					2	1600	352,8	76	2	
Com 7p	1	7					1	800	137,2	59	1	
Com 8p	0	0					0	0	0			
Com ≥9p	0	0					0	0	0			
	255	658	0	0	79	80	12	57360	12896,8	74	1,5	6691
							NC-total	171				
								<i>Rec/mês</i>		1,8		
								<i>Per rec (T)</i>		16,3		
								<i>Per rec (A)</i>		14		
								<i>Rec/mês (A)</i>		2		
								<i>Carga rec (kg)</i>		32,9		
								<i>Var rel carg max (%)</i>		-99,5		

Tabela AP.8 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de Travanca do Mondego.

Freguesia de TRAVANCA DO MONDEGO												
	Contentores (L)						Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)	Aloj/cont	Custo cont (€)	
	Aloj	Hab. Resid.	60	120	240	360						800
Com 1p	21	21			9		2160	411,6	66	2		
Com 2p	57	114			38		9120	2234,4	84	2		
Com 3p	34	102			34		8160	1999,2	84	1		
Com 4p	33	132				33	11880	2587,2	75	1		
Com 5p	4	20				5	1800	392	75	1		
Com 6p	3	18					2	1600	352,8	76	2	
Com 7p	2	14					2	1600	274,4	59	1	
Com 8p	0	0					0	0	0			
Com ≥9p	0	0					0	0	0			
	154	421	0	0	81	38	4	36320	8251,6	74	1,3	4439
							NC-total	123				
								<i>Rec/mês</i>		1,2		
								<i>Per rec (T)</i>		25,4		
								<i>Per rec (A)</i>		14		
								<i>Rec/mês (A)</i>		2		
								<i>Carga rec (kg)</i>		4125,8		
								<i>Var rel carg max (%)</i>		-41,1		

Tabela AP.9 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de São Pedro de Alva.

Freguesia de S. PEDRO DE ALVA												
			Contentores (L)					Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)	Aloj/cont	Custo cont (€)
	Aloj	Hab. Resid.	60	120	240	360	800					
Com 1p	132	132			24			5760	2587,2	77	6	
Com 2p	205	410				49		17640	8036	79	4	
Com 3p	138	414				47		16920	8114,4	83	3	
Com 4p	84	336				38		13680	6585,6	83	2	
Com 5p	27	135					7	5600	2646	81	4	
Com 6p	12	72					4	3200	1411,2	76	3	
Com 7p	6	42					2	1600	823,2	89	3	
Com 8p	0	0					0	0	0			
Com ≥9p	1	10					1	800	196	42	1	
	605	1551	0	0	24	134	14	65200	30399,6	76	3,5	8066
							NC-total	172				
									Rec/mês		4,3	
									Per rec (T)		6,9	
									Per rec (A)		7	
									Rec/mês (A)		4	
									Carga rec (kg)		7599,9	
									Var rel carg max (%)		8,6	

Tabela AP.10 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de Paradelá.

Freguesia de PARADELA												
			Contentores (L)					Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)	Aloj/cont	Custo cont (€)
	Aloj	Hab. Resid.	60	120	240	360	800					
Com 1p	14	14			8			1920	274,4	49	2	
Com 2p	22	44				11		3960	862,4	75	2	
Com 3p	28	84				18		6480	1646,4	88	2	
Com 4p	13	52				12		4320	1019,2	81	1	
Com 5p	5	25					3	2400	490	70	2	
Com 6p	1	6					1	800	117,6	51	1	
Com 7p	0	0					0	0	0			
Com 8p	0	0					0	0	0			
Com ≥9p	0	0					0	0	0			
	83	225	0	0	8	41	4	19880	4410	69	1,6	2487
							NC-total	53				
									Rec/mês		0,6	
									Per rec (T)		47,6	
									Per rec (A)		14	
									Rec/mês (A)		2	
									Carga rec (kg)		2205	
									Var rel carg max (%)		-68,5	

Tabela AP.11 - Contentorização e periodicidade de recolha proposta para a freguesia de São Paio do Mondego.

Freguesia de S. PAIO DO MONDEGO												
	Aloj	Hab. Resid.	Contentores (L)					Cap inst (L)	RU-I mensal (kg)	Taxa ocup (%)	Aloj/cont	Custo cont (€)
			60	120	240	360	800					
Com 1p	17	17			8			1920	357	60	2	
Com 2p	24	48			18			4320	1008	75	1	
Com 3p	18	54				13		4680	1134	78	1	
Com 4p	14	56				14		5040	1176	75	1	
Com 5p	6	30					3	2400	630	84	2	
Com 6p	1	6					1	800	126	51	1	
Com 7p	0	0						0	0			
Com 8p	0	0						0	0			
Com ≥9p	0	0						0	0			
	80	211	0	0	26	27	4	19160	4431	71	1,4	2239
							<i>NC-total</i>	57				
								<i>Rec/mês</i>		0,6		
								<i>Per rec (T)</i>		47,4		
								<i>Per rec (A)</i>		14		
								<i>Rec/mês (A)</i>		2		
								<i>Carga rec (kg)</i>		2215,5		
								<i>Var rel carg max (%)</i>		-68,4		

ANEXO A – REPARTIÇÃO ATUAL DO CONCELHO EM TERMOS DE ÁREAS DE RECOLHA



Figura AN.1 – Repartição atual do município em AC (Alto Concelho) e BC (Baixo Concelho), em termos de planificação das zonas de recolha.

ANEXO B – CIRCUITOS DE RECOLHA DE RU-I

Plano cronometrado de passagem nas localidades visitadas nos circuitos de recolha


		RECOLHA SEMANAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS										ROTA: Alto Concelho	
		2.ª Feira		3.ª Feira		4.ª Feira		5.ª Feira		6.ª Feira		5.ª Feira	
Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista
Esperheira	06:50	Esperheira	06:50	Esperheira	06:50	Esperheira	06:50	Esperheira	06:50	Esperheira	06:50	Esperheira	06:50
Queijo do Pente	07:00	Bar 21	07:00	C. Seita	07:00	S. Paulo	07:00	S. Paulo	06:55	Bar 21	06:55	Bar 21	06:55
Ponte	07:05	Alva	07:10	Lufreu	07:10	Lufreu	07:25	Mato	07:25	Queijo do Pente	07:00	Queijo do Pente	07:00
Verrais	07:10	Lamas	07:20	Envidas	07:20	Envidas	07:30	Colares	07:05	Ponte	07:05	Ponte	07:05
Rebordosa	07:15	Coço	07:25	S. Polo Mondogo	07:25	S. Polo Mondogo	07:35	V. Ferrigeo	07:10	Verrais	07:10	Verrais	07:10
Canice	07:25	S. Romagem (Coço)	07:30	Estreito d'Alva	08:00	Estreito d'Alva	08:00	B. Elvas/Berlino	07:15	Rebordosa	07:15	Rebordosa	07:15
Bonquinhão (Canice)	07:45	Sandém	07:35	Covalide	08:15	Covalide	08:15	V. Bengala	07:20	Casaria	07:20	Casaria	07:20
Carvoeira	07:50	João João DPS	07:50	Cortijo	08:30	Cortijo	08:30	Chã	07:30	Beiraqueira	07:30	Beiraqueira	07:30
V. Nova	08:10	Caridade	08:05	Randade	08:35	Randade	08:35	C. Marçones	07:30	Carvoeira	08:10	Carvoeira	08:10
Zagalha	08:25	2.ª Mondogo	08:30	Vineiro	09:05	Vineiro	09:05	Carvalhas	07:30	V. Nova	08:25	V. Nova	08:25
V. Tranco	08:35	Agulhina	08:45	Joaninos	09:10	Joaninos	09:10	R. Avelãs	08:40	Alho	08:40	Alho	08:40
Canegal	08:50	S. Romagem	08:50	Lobonice	09:25	Lobonice	09:25	Carvalho	08:45	Caridade (Algo)	08:30	Caridade (Algo)	08:30
Fruktal	09:00	1.ª Mondogo	09:00	Baco	09:30	Baco	09:30	Carvalho	08:50	Silveirinho	10:30	Silveirinho	10:30
V. Mãe	09:10	Lagares	09:10	Carvalho	09:40	Carvalho	09:40	2.ª Carvalho	08:30	Quinhela	10:40	Quinhela	10:40
Duque de Lango	09:15	Doval	09:30	V. Seira	09:50	V. Seira	09:50	Seixo	08:25	S. P. Alva	10:25	S. P. Alva	10:25
Miro	09:20	Silveirinho	09:40	Arribas	09:55	Arribas	09:55	Capiterno	08:30	Sierra da Alinhada	11:00	Sierra da Alinhada	11:00
Chere-baixa	09:40	Zamarrã	10:00	Petralva	10:20	Petralva	10:20	Sevilha	08:35	Miro	11:20	Miro	11:20
Sernelhas	10:15	Castrojal	10:05	V. Velha	10:30	V. Velha	10:30	Péras	08:40				
Péras	10:20	Sébrãl	10:10	Ribeira	10:35	Ribeira	10:35	Vale do Carvalho	08:05				
Mamihus	10:25	Namada	10:20	Lamedo	10:30	Lamedo	10:30	V. Egasas	09:10				
F. Lamele	10:40	V. Barco	10:30	Penedas	10:35	Penedas	10:35	Lourinhãl	09:20				
Talcaço	10:50	S.P. Alva	10:40					Soualhal	09:35				
Alagôa	11:00							Arveil	09:45				
M. Rebordo	11:20							S.ª Antónia de Clérigos	09:50				
Esperheira	12:45							Ferrelarada	09:55				
								Carvalho	10:00				
								C. Velho	10:20				
								P. Oliveira	10:35				
								P. Esperheira	10:40				
								Bicosa	11:15				
								Alagôa	11:20				
								M. Rebordo	11:30				

Tabela AN.1 – Localidades dos circuitos de recolha de resíduos da partição AC.

		RECOLHA SEMANAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS												ROTA: Baixa Cancellha	
		2.ª Feira			3.ª Feira			4.ª Feira			5.ª Feira			6.ª Feira	
Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista	Localidades	Hora prevista
Espinho	06:50	Espinho	06:50	Espinho	06:50	Espinho	06:50	Espinho	06:50	Espinho	06:50	Espinho	06:50	Espinho	06:50
Penacova	07:00	Penacova	07:00	Penacova	07:00	Penacova	07:00	Penacova	07:00	Penacova	07:00	Penacova	07:00	Penacova	07:00
Chalinho	07:20	Galvão	07:35	Chalinho	07:20	Galvão	07:20	Chalinho	07:20	Galvão	07:25	L.D. Amália	07:20	L.D. Amália	07:20
Chalinho	07:30	C. S.º Antonio	07:45	V. Sotão	08:05	C. S.º Antonio	07:45	V. Sotão	08:05	C. S.º Antonio	07:30	Penacova	07:30	Penacova	07:30
Chalinho	08:10	Casalão	08:05	Caldas	08:30	Casalão	08:05	Caldas	08:30	Casalão	07:40	Chalinho	07:45	Chalinho	07:45
Chalinho	08:20	Ribeira	08:10	Q.º Ribeiro	08:35	Ribeira	08:10	Q.º Ribeiro	08:35	Ribeira	07:45	Chalinho	08:00	Chalinho	08:00
Chalinho	08:35	Colmeias	08:30	Ponte	08:40	Colmeias	08:30	Ponte	08:40	Espinho	07:50	Ramal de Chelo	08:40	Ramal de Chelo	08:40
Lervós	08:55	Cyelo	08:40	Riba baixa	08:45	Cyelo	08:40	Riba baixa	08:45	Cunegães	07:55	Chalinho	08:45	Chalinho	08:45
Rouxo	09:45	P. Nova	08:45	Belfeira	08:55	P. Nova	08:45	Belfeira	08:55	Soares	08:00	Chelo	08:50	Chelo	08:50
Avêlha	10:30	Felherias	08:55	V. Novo (cive)	09:05	Felherias	08:55	V. Novo (cive)	09:05	Covar	08:05	Lervós	09:20	Lervós	09:20
S. Mamede	11:15	Comarcas	09:00	Riba Chelo	09:20	Comarcas	09:00	Riba Chelo	09:20	Azeiteiros	08:10	Sernelha	09:55	Sernelha	09:55
Paradela	11:45	Soares	09:15	Hospital	09:30	Soares	09:15	Hospital	09:30	Caapeira	08:30	Rivas	10:00	Rivas	10:00
		Mulões	09:30	Fernandosa	09:35	Mulões	09:30	Fernandosa	09:35	B.º da Terra	08:35	Gavinhas	10:05	Gavinhas	10:05
		Palmaze	09:45	Songuinto	09:50	Palmaze	09:45	Songuinto	09:50	F. Lervós	08:40	F. Lervós	10:15	F. Lervós	10:15
		B.º da Terra	10:05	Felgar	10:00	B.º da Terra	10:05	Felgar	10:00	Spilhal (*)	08:45	Telhado	10:25	Telhado	10:25
		F. Lervós	10:10	Troncos	10:05	F. Lervós	10:10	Troncos	10:05	Baib	09:15				
		Spilhal	10:35	Rouqueiro	10:10	Spilhal	10:35	Rouqueiro	10:10	Avetiro	09:35				
		Senja	10:40	Chalinho	10:40	Senja	10:40	Chalinho	10:40	S. Mamede	09:05				
		Agnelo	11:30	Chelo	10:45	Agnelo	11:30	Chelo	10:45	Paradela Lave	10:10				
		M. Moxal	12:10	Lervós	10:55	M. Moxal	12:10	Lervós	10:55	M. Moxal	10:25				
				Sernelha	11:35			Sernelha	11:35	Agnelo	10:50				
				Sovinho	11:55			Sovinho	11:55	Sovinho	11:05				
				F. Lervós	12:05			F. Lervós	12:05						
				Telhado	12:15			Telhado	12:15						

Tabela AN.2 – Localidades dos circuitos de recolha da partição BC.

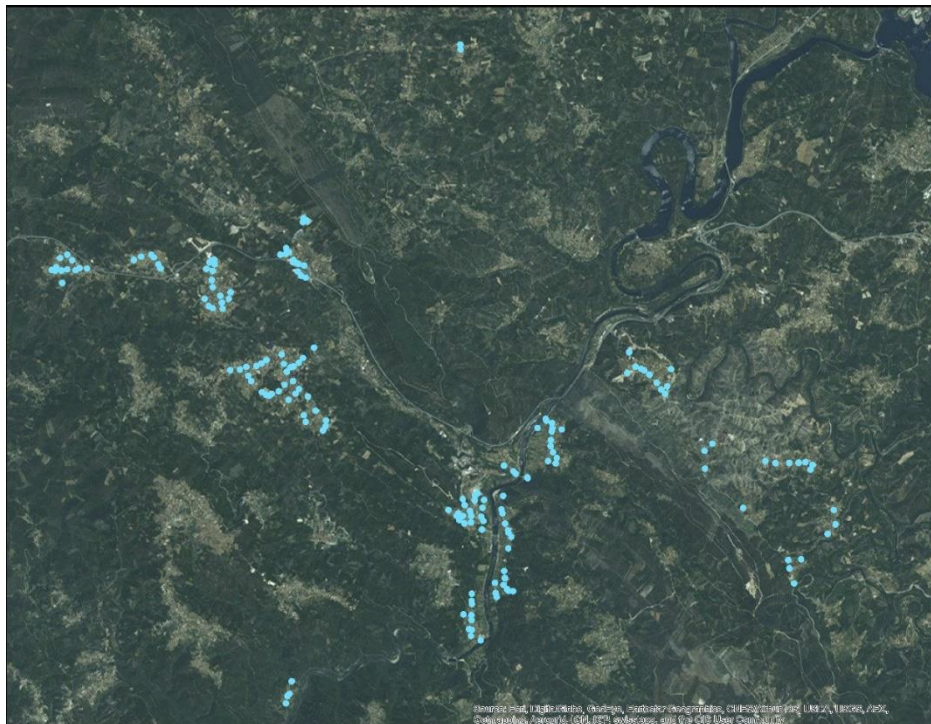


Figura AN.2 – Localização dos contentores do circuito de segunda-feira do AC.

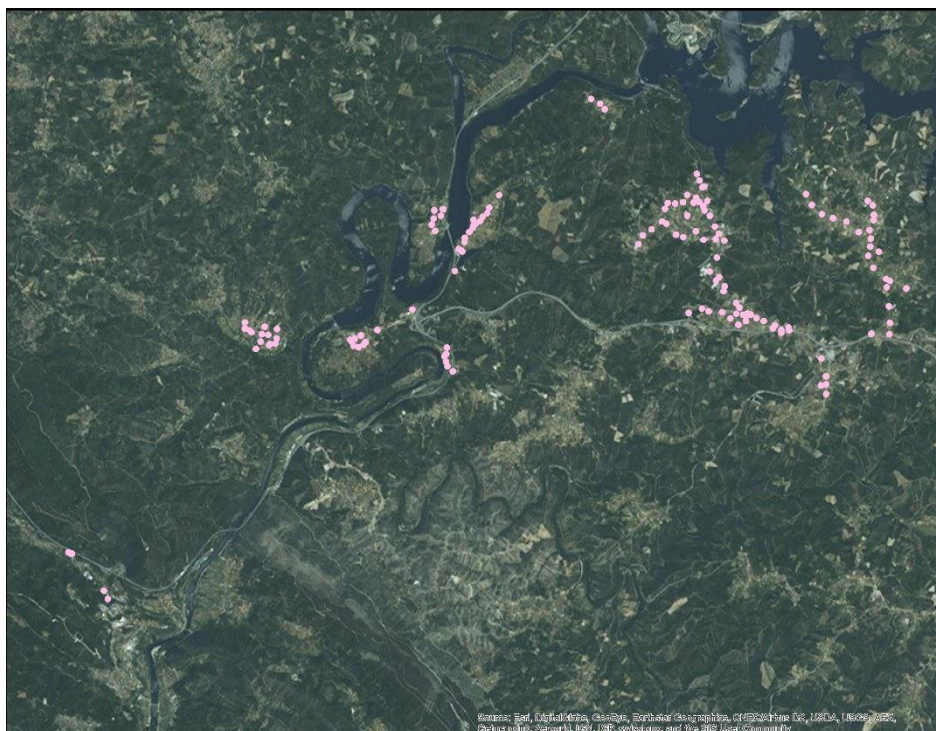


Figura AN.3 – Localização dos contentores do circuito de terça-feira do AC.

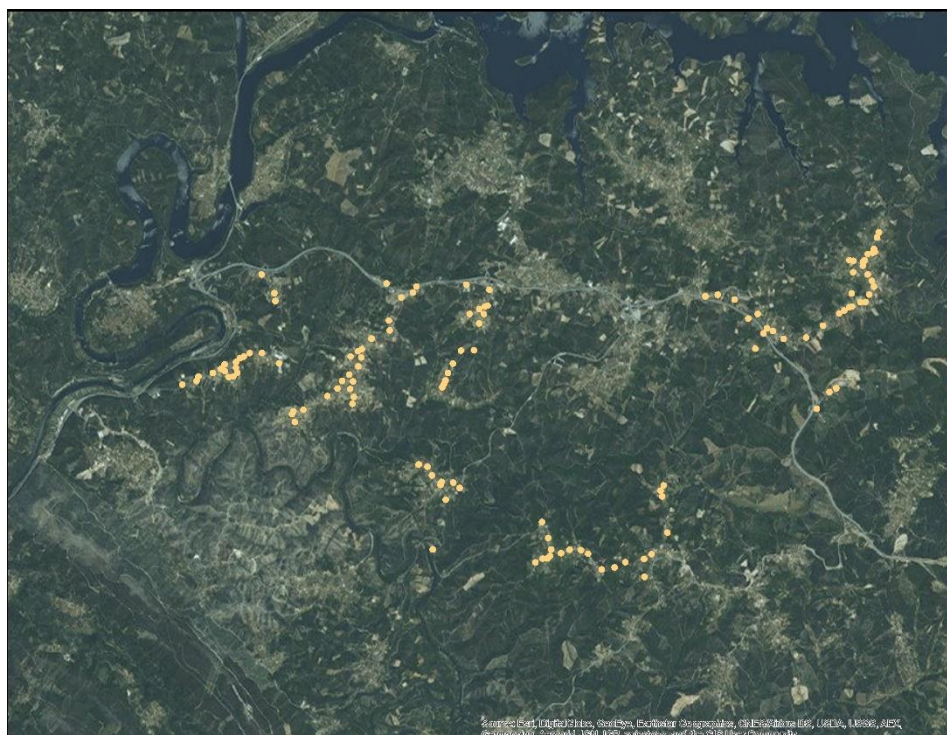


Figura AN.4 – Localização dos contentores do circuito de quarta-feira do AC.

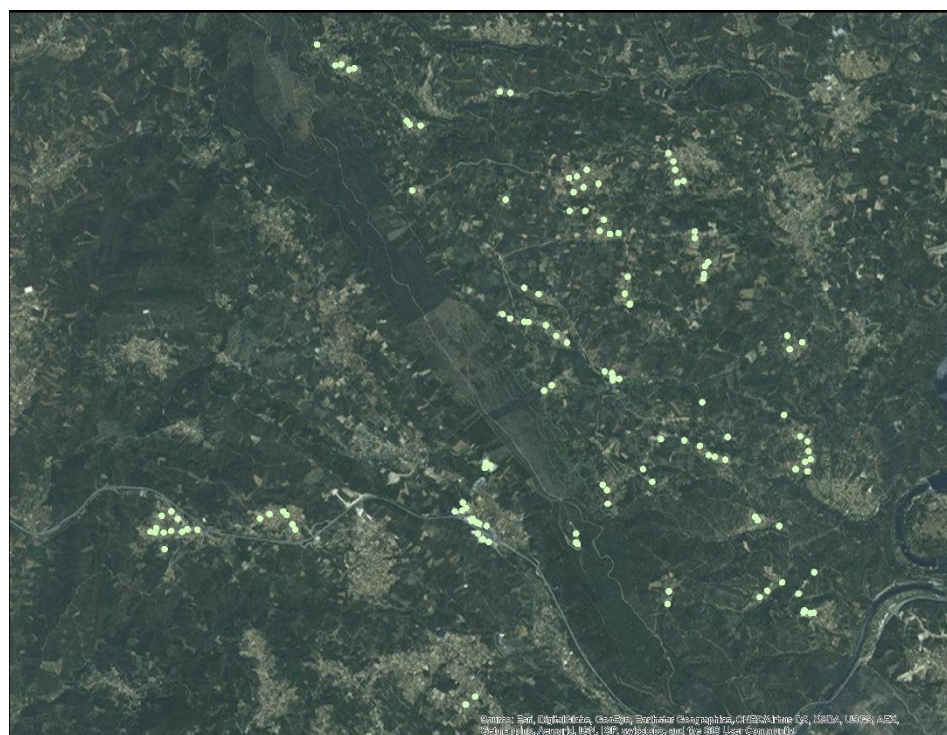


Figura AN.5 – Localização dos contentores do circuito de quinta-feira do AC.

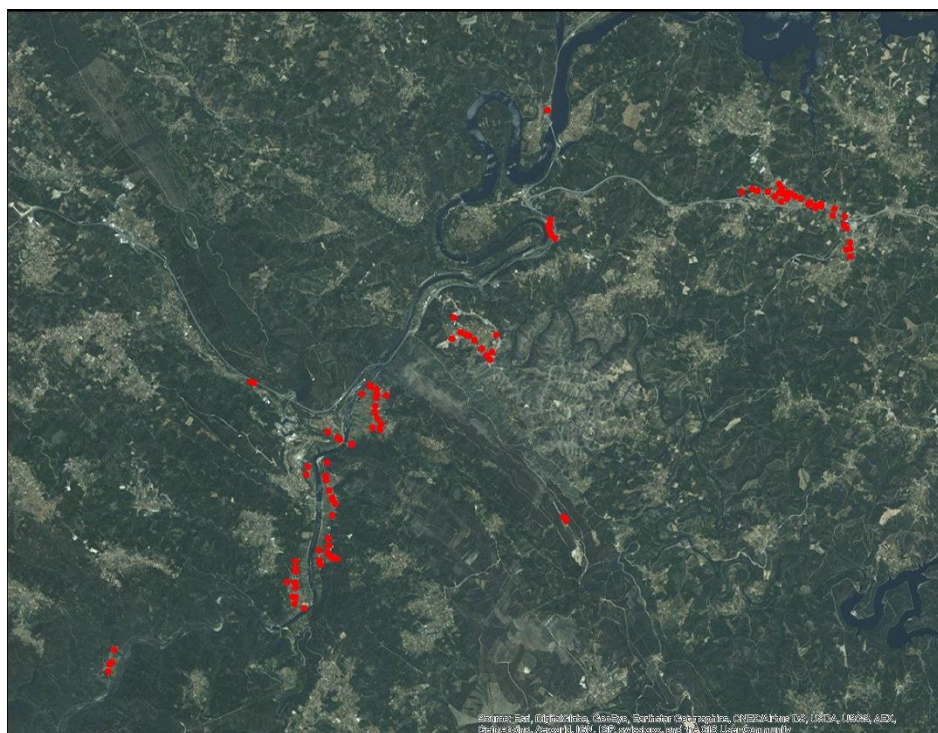


Figura AN.6 – Localização dos contentores do circuito de sexta-feira do AC.

Tabela AN.3 – Distribuição atual dos circuitos AC por freguesias “visitadas”.

ALTO CONCELHO				
Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Penacova	Penacova	S. Pedro Alva	Carvalho	Penacova
Lorvão	Oli. do Mondego	S. Paio do Mond.	Penacova	Lorvão
Friúmes	S. Pedro Alva	Friúmes	Fig. de Lorvão	Oli. do Mondego
Carvalho		Paradela	Sazes de Lorvão	Trava. do Mond.
Fig. de Lorvão		Lorvão		S. Pedro de Alva
Sazes de Lorvão				S. Paio do Mond.
Paradela				Friúmes
				Paradela

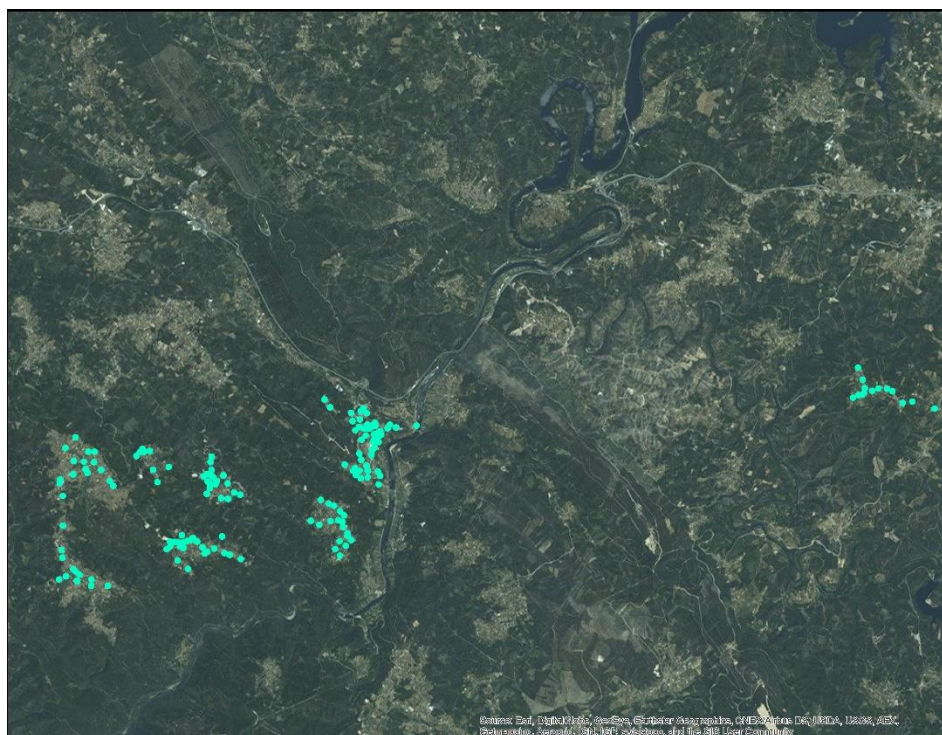


Figura AN.7 – Localização dos contentores do circuito de segunda-feira do BC.

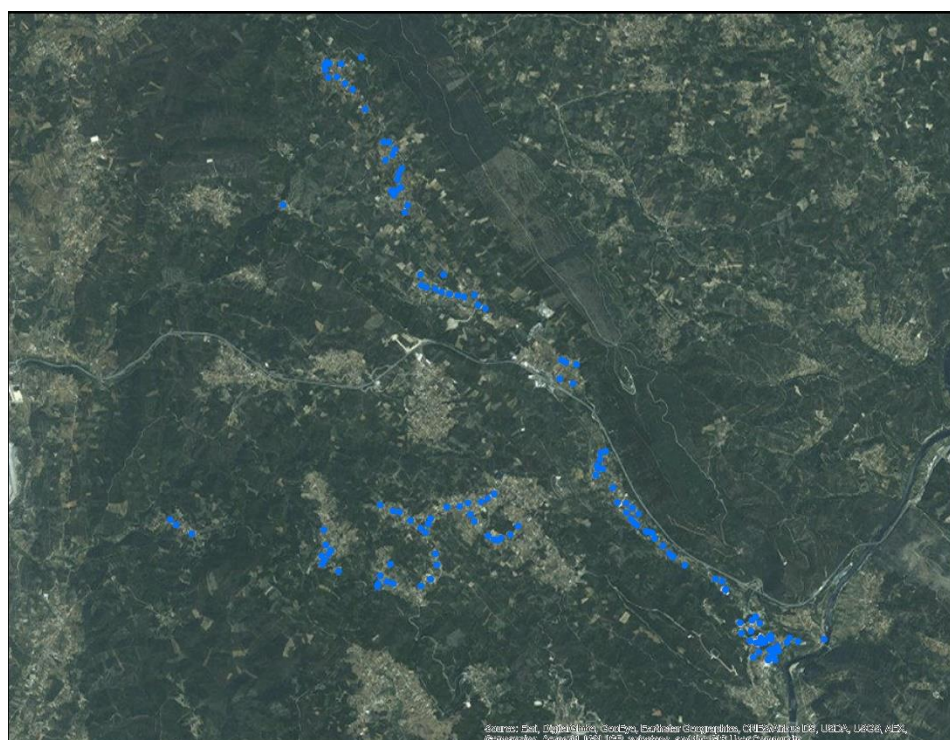


Figura AN.8 – Localização dos contentores do circuito de terça-feira do BC.



Figura AN.9 – Localização dos contentores do circuito de quarta-feira do BC.

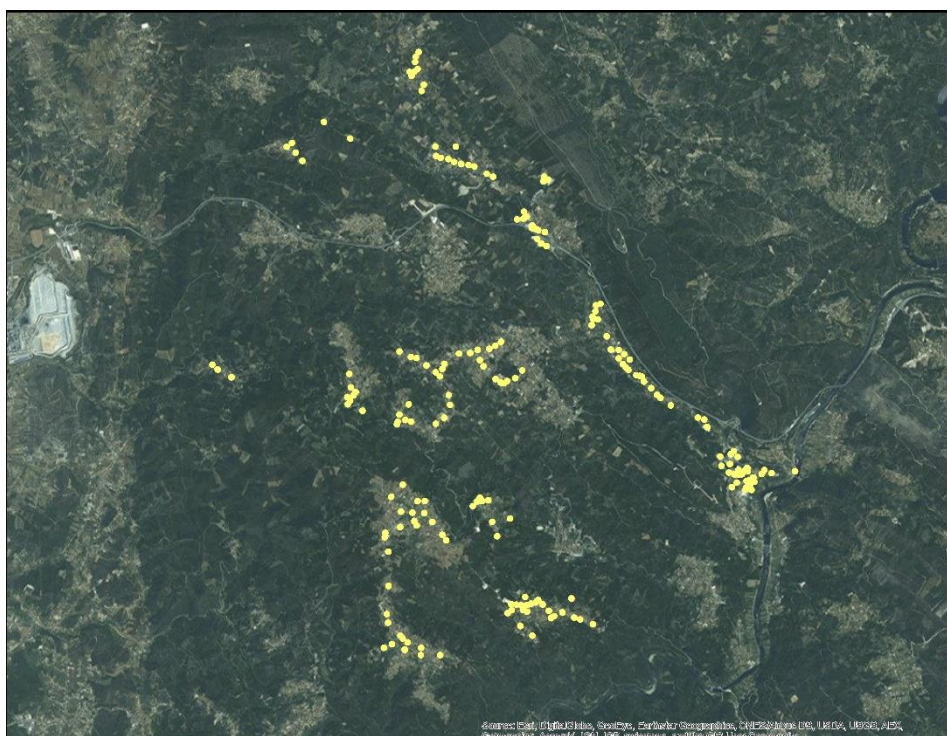


Figura AN.10 – Localização dos contentores do circuito de quinta-feira do BC.

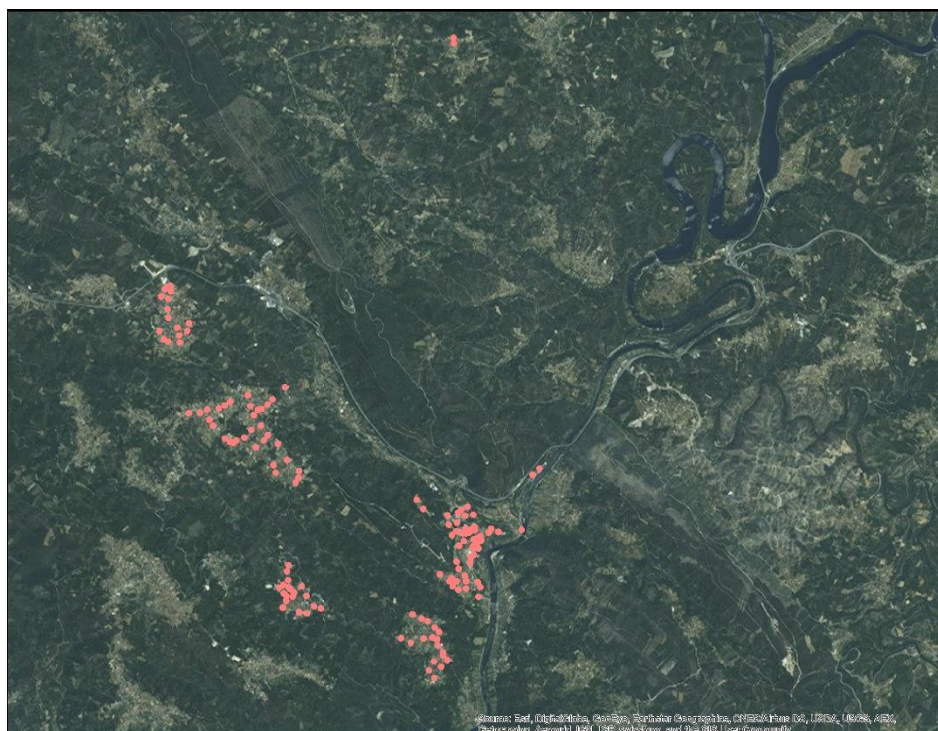


Figura AN.11 – Localização dos contentores do circuito de sexta-feira do BC.

Tabela AN.4 - Distribuição atual dos circuitos BC por freguesias “visitadas”.

BAIXO CONCELHO				
Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Penacova	Penacova	Penacova	Penacova	Penacova
Lorvão	Sazes de Lorvão	Lorvão	Sazes de Lorvão	Lorvão
Friúmes	Fig. de Lorvão	Fig. de Lorvão	Fig. de Lorvão	Fig. de Lorvão
Paradela			Lorvão	Carvalho
			Friúmes	
			Paradela	

ANEXO C – INDICADORES ECONÓMICOS

$$\text{Depreciação anual} = \frac{(\text{Valor da compra do equipamento} - \text{Valor residual do equipamento})}{N^{\circ} \text{ de anos de utilização do equipamento}}$$

$$\text{VAL} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+t)^j} - I_t$$

VAL – Valor Atual Líquido

C_j - fluxo monetário líquido no final do ano j

t - a taxa de atualização

n - número de anos de vida útil

I_t - investimento total.

$$\text{PAYBACK} = \text{Investimento} / \text{Ganho anual}$$

$$\text{TIR} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+TIR)^j} - \sum_{j=0}^{n-1} \frac{I_j}{(1+TIR)^j} = 0$$

TIR - Taxa interna de rentabilidade, é a taxa de atualização que conduz a um período de recuperação T_r igual à vida útil.