



**FEUP** FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**Avaliação da Pegada de Carbono do Processo de  
Recolha e Transporte de Resíduos Alimentares  
realizado pela Câmara Municipal do Porto**

**SABRINA LOPES FERNANDES**

Dissertação submetida para obtenção do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE – RAMO DE PROJETO**

---

**Presidente do Júri:** Fernando Martins

(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

---

**Orientador académico:** Belmira de Almeida Ferreira Neto

(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

---

**Orientador na empresa:** Ana Cláudia Matias dos Santos Cardoso

(Técnica Superior Responsável pelo Planeamento da Divisão Municipal de Limpeza e Transportes da Câmara Municipal do Porto)

julho de 2012

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2011/2012**

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO  
Rua Dr. Roberto Frias  
4200-465 PORTO  
Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

Correio eletrónico: feup@fe.up.pt

Endereço eletrónico: <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente – 2011/2012 – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

# AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível sem o apoio, ajuda, compreensão e amizade de algumas pessoas que me acompanharam durante este período.

Agradeço à professora Belmira Neto por todo o apoio e ajuda prestados, assim como a sua disponibilidade e orientação, estimulando a criatividade e a autonomia.

À Engenheira Cláudia Cardoso pela disponibilidade e ajuda prestadas durante o estágio na Câmara Municipal do Porto.

Aos Engenheiros Pedro David, Rafael, Alcino Neves pela ajuda e informação disponibilizada, essenciais à realização do trabalho.

Aos funcionários/colaboradores da CMP, Sr. Valdemar, Cristina, Sr. Roças, Emília, Sr. Idílio, Sr. Abel pela partilha de conhecimentos e informação essenciais à realização deste trabalho, e em particular ao Licínio pelo apoio, preocupação e motivação nos momentos mais difíceis.

Aos meus companheiros de estágio Cristiana, Raquel, e em especial, ao Tiago pelo enorme apoio, disponibilidade, motivação e amizade.

Aos meus grandes amigos Ana, Cristina, Vera, Cláudio, Diogo e Rui pelo apoio incondicional nos momentos mais difíceis, pela amizade, paciência e motivação. Sem eles este trabalho não seria possível.

Ao Filipe por todo o Amor, carinho, dedicação, força e coragem ao longo de todo o percurso académico.

Por fim, agradeço toda a força e amor incondicional dos meus pais, Isabel e Faustino, e das minhas irmãs Daniela, Romina e Cheila.



# RESUMO

A recolha e transporte de resíduos têm um papel cada vez mais importante na gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, quer a nível ambiental, económico ou social. O trabalho realizado foi desenvolvido na Câmara Municipal do Porto e teve como objetivo avaliar a pegada de carbono associada aos circuitos de recolha porta a porta e transporte de resíduos alimentares, existentes na Zona CMP, da cidade do Porto (Circuito Baixa e Oriental) em 2011. Em seguida, foram identificados cenários alternativos incluindo circuitos de recolha alternativos (de porta a porta e contentorização). Estes cenários foram comparados em termos de pegada de carbono com os existentes.

A avaliação da pegada de carbono recorreu à metodologia baseada nas linhas diretrizes do *Guia para Inventariação Nacional de Gases com Efeito de Estufa (GEE)* do IPCC e no *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*. As emissões de gases com efeito de estufa associadas ao consumo de combustível durante os circuitos de recolha e transporte de resíduos alimentares foram quantificadas para 2011, por circuito e por quilómetro percorrido.

O resultado da pegada de carbono para o Circuito Baixa é de 19 t CO<sub>2</sub>eq.ano<sup>-1</sup>. O valor é de 73 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> e de 1,7 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup>. O Circuito Oriental apresenta valores de pegada de carbono de 21 t CO<sub>2</sub>eq.ano<sup>-1</sup>. Sendo de 87 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> e 1,5 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup>. Em relação aos circuitos alternativos de recolha porta a porta a pegada para o Circuito Baixa é de 68 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> e 1,7 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup>, e para o Oriental é de 92 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> e 1,5 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup>. Relativamente aos circuitos alternativos por contentorização, a pegada de carbono associada é de 91 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> (Baixa) e 122 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> (Oriental). Quando expressa por quilómetro, a pegada de carbono é igual a 2,4 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup> para ambos os circuitos.

Conclui-se que a situação presente de recolha porta a porta, para as condições de análise e os circuitos estudados, é a que apresenta melhores resultados a nível de emissões de GEE quando comparada com uma alternativa de recolha por contentorização. Seria, no entanto, importante realizar uma avaliação mais integrada do sistema existente ou de sistemas de recolha de resíduos em domicílios. Esta análise seria estendida aos restantes circuitos existentes de recolha que não estão sob a responsabilidade direta da CMP (circuito SUMA e Invictaambiente) bem como a outros cenários eventuais de recolha de resíduos alimentares nas habitações.



# ABSTRACT

The collection and transportation of waste has an increasingly important role in the integrated management of municipal solid waste, whether environmental, economic or social. The work was developed at the OPorto municipality and aimed to evaluate and comparing the carbon footprint associated with the door-to-door collection and transportation of food waste, in the OPorto municipality during 2011 by considering two current collection circuits: Downtown and Oriental. Two alternative scenarios were evaluated. One aimed at identify an alternative route for the current door-to-door collection system (by using *ESRI ArcGIS® 10*). The second scenario considered the replacement of the current door to door collection by a system that includes collective containers. These two scenarios were assessed for carbon footprint and compared to the existing collection system.

The evaluation of carbon footprint was based on the guidelines of the *Guidelines for the National Inventory of Greenhouse Gases (GHG)* of IPCC and *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*. Emissions of greenhouse gases associated with fuel consumption during the collection circuits and transportation of food waste were assessed for 2011 and expressed per circuit and per distance travelled.

For the Downtown Circuit it was calculated a carbon footprint of 19 t CO<sub>2</sub>eq.year<sup>-1</sup>. The value per circuit is 73 kg CO<sub>2</sub>eq.circuit<sup>-1</sup> and per distance travelled is 1.7 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup>. For the Oriental Circuit the footprint is 21 t CO<sub>2</sub>eq.year<sup>-1</sup>. Being 87 kg CO<sub>2</sub>eq.circuit<sup>-1</sup> and 1.5 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup>. The alternative scenario including the door-to-door the carbon footprint for the Downtown Circuit is about 68 kg CO<sub>2</sub>eq.circuit<sup>-1</sup> and 1.7 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup>. The Oriental circuit is 92 kg CO<sub>2</sub>eq.circuit<sup>-1</sup> and 1.5kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup>. For the alternative scenario where the collective containers replace the door to door collection the carbon footprint is 91 kg CO<sub>2</sub>eq.circuit<sup>-1</sup> (Downtown) and 122 kg CO<sub>2</sub>eq.circuit<sup>-1</sup> (Oriental). When expressed by distance travelled, the footprint is identical for both circuits and equal to 2.4 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup>.

It was also concluded that the present door-to-door collection, for the analysis conditions and studied circuits, shows better results in terms of GHG emissions when compared with an alternative of collection by containerization. However, it may be important to conduct a more integrated evaluation of the existent system or domiciles waste collection. The present analysis might be extended to the other existent circuits which are not under direct responsibility of the OPorto municipality (*SUMA* and *Invictaambiente* circuits) as well as eventual scenarios of food waste collection in homes.



# ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo .....	v
Abstract .....	vii
1 Introdução .....	1
1.1 A problemática dos resíduos sólidos urbanos.....	1
1.2 A gestão nacional dos resíduos sólidos urbanos .....	3
1.3 A gestão dos biorresíduos .....	4
1.3.1 As implicações ambientais associadas à gestão dos biorresíduos .....	5
1.4 A avaliação ambiental de opções de gestão de resíduos sólidos urbanos: estado de arte.....	6
1.5 Objetivo e Âmbito do estudo .....	7
1.6 Estrutura e Organização da Dissertação.....	8
2 Caracterização do sistema de recolha e transporte dos resíduos alimentares .....	9
2.1 Entidades responsáveis pela recolha e tratamento dos RSU .....	9
2.1.1 A Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes da Câmara Municipal do Porto (DMLUT).....	9
2.1.2 O Sistema LIPOR .....	10
2.1.3 Central de Valorização Orgânica (CVO) da LIPOR.....	12
2.2 Descrição da recolha seletiva de resíduos alimentares .....	13
2.2.1 Descrição do projeto <i>Operação Restauração 5 Estrelas</i> .....	15
2.2.2 Caracterização dos veículos de recolha.....	18
2.2.3 Caracterização dos circuitos de recolha .....	20
3 Quantificação da Pegada de Carbono .....	29
3.1 Metodologia usada .....	29
3.1.1 Identificação dos fatores de emissão e potenciais de aquecimento global	29
3.1.2 Delineação de rotas alternativas .....	32
3.2 Quantificação da Pegada de Carbono para a situação atual.....	33
3.3 Quantificação da Pegada de Carbono para cenários alternativos .....	34
3.3.1 Delineação de circuitos alternativos de recolha porta a porta .....	34
3.3.2 Definição de circuitos alternativos de recolha por contentorização .....	37
4 Conclusões.....	47

5 Perspetivas para Trabalhos Futuros .....	51
Referências Bibliográficas.....	53
Anexos .....	57
Anexo I - Exemplo da ficha de serviço IMP-8-DMLUT .....	57
Anexo II - Sistema de georreferenciação - <i>GeoPorto</i> .....	59
Anexo III - Edição em <i>ArcGis</i> .....	61
Anexo IV - Arruamento percorrido pelos veículos de recolha de resíduos alimentares no Circuito Baixa e Circuito Oriental. ....	63
Anexo V - Indicador de Desempenho .....	67
Anexo VI – Extensão <i>Network Analyst</i> para a criação de rotas.....	69
Anexo VII – Representação de contentores e <i>buffers</i> aos contentores <i>Molok</i> e <i>Citytainer</i> existentes na Zona CMP.....	71
Anexo VIII - Georreferenciação em <i>ArcGis</i> .....	73
Anexo IX - Circuitos alternativos aos Circuitos Baixa e Oriental utilizando contentores de resíduos alimentares coletivos. ....	74
Anexo X – Dados relativos a veículos de recolha de contentores <i>Molok</i> .....	81

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. EMISSÕES NACIONAIS DE GEE POR SETOR ECONÓMICO PARA 1990 E 2010.....	2
FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E ÁREAS DE INTERVENÇÃO DA LIPOR (LIPOR, 2007).....	10
FIGURA 3. FLUXOS DE RSU (EM %) POR TIPO DE OPÇÃO DE GESTÃO NOS MOMENTOS DE REVISÃO DO PLANO ESTRATÉGICO 2007-2016 DA LIPOR E PERSPETIVAS PARA 2016 (LIPOR, 2007). ....	11
FIGURA 4. COMPOSIÇÃO FÍSICA MÉDIA DOS RSU NA CIDADE DO PORTO. DADOS DA CAMPANHA DE CARACTERIZAÇÃO DE 2011 (CMP, 2011).....	12
FIGURA 5. LOGOTIPO DA <i>OPERAÇÃO RESTAURAÇÃO 5 ESTRELAS</i> (LIPOR, 2012A). ....	13
FIGURA 6. ESQUEMA REPRESENTATIVO DAS ZONAS DE RECOLHA DE RSU DAS TRÊS ENTIDADES - INVICTAAMBIENTE, SUMA E CMPORTO. ....	14
FIGURA 7. REPRESENTAÇÃO DA EVOLUÇÃO DA RECOLHA DE RESÍDUOS ALIMENTARES NA CIDADE DO PORTO, ENTRE 2006 E 2011. ....	15
FIGURA 8. CONTENTORES PARA O ACONDICIONAMENTO DE RESÍDUOS ALIMENTARES. AS CAPACIDADES DOS CONTENTORES SÃO DE 50, 80, 140, 240 E 800 LITROS (DA DIREITA PARA A ESQUERDA). ....	16
FIGURA 9. VEÍCULOS DE RECOLHA DE RESÍDUOS ALIMENTARES.....	19
FIGURA 10. MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DOS ESTABELECIMENTOS ADERENTES AO <i>PROJETO RESTAURAÇÃO 5 ESTRELAS</i> , NA ZONA CMP. ....	21
FIGURA 11. ROTA EFETUADA PELO VEÍCULO DE RECOLHA DO CIRCUITO BAIXA. A FIGURA APRESENTA A ORDEM PELA QUAL É REALIZADA NOS ESTABELECIMENTOS ADERENTES AO <i>PROJETO RESTAURAÇÃO 5 ESTRELAS</i> . ....	26
FIGURA 12. ROTA EFETUADA PELO VEÍCULO DE RECOLHA DO CIRCUITO ORIENTAL. A FIGURA APRESENTA A ORDEM PELA QUAL É REALIZADA NOS ESTABELECIMENTOS ADERENTES AO <i>PROJETO RESTAURAÇÃO 5 ESTRELAS</i> . ....	27
FIGURA 13. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA ROTA ALTERNATIVA AO CIRCUITO BAIXA, UTILIZANDO A FERRAMENTA <i>NEW ROUTE</i> . ....	35
FIGURA 14. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA ROTA ALTERNATIVA AO CIRCUITO ORIENTAL, UTILIZANDO A FERRAMENTA <i>NEW ROUTE</i> . ....	36
FIGURA 15. CONTENTORES <i>MOLOK</i> BIOSISTEMA ( <i>BIOSYSTEM</i> ) (MOLOK, 2011). ....	38
FIGURA 16 A) CONTENTORES <i>MOLOK</i> (MOLOK, 2011), FIGURA 16 B) CONTENTORES <i>CITYTAINER</i> COM A TAMPA FECHADA E ABERTA (TNL, 2011). ....	39
FIGURA 17. MAPA REPRESENTATIVO DOS <i>BUFFERS</i> DE 200 M AOS CONTENTORES DE RESÍDUOS ALIMENTARES ( <i>MOLOK</i> ), ASSIM COMO OS RESPETIVOS CONTENTORES E OS PONTOS DE RECOLHA DOS CIRCUITOS ALTERNATIVOS DE CONTENTORIZAÇÃO. .....	40
FIGURA 18. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS CIRCUITOS DE CONTENTORIZAÇÃO ALTERNATIVOS PARA O CIRCUITO BAIXA (LADO ESQUERDO) E CIRCUITO ORIENTAL (LADO DIREITO).....	42
FIGURA 19. VEÍCULO DE RECOLHA DE SACOS DE CONTENTORES <i>MOLOK</i> . ....	43
FIGURA 20. FICHA DE SERVIÇO (PÁG.1).....	57
FIGURA 21. FICHA DE SERVIÇO (PÁG.2).....	58
FIGURA 22. FIGURA REPRESENTATIVA DA PLATAFORMA DO <i>GEOPORTO</i> . ....	59

FIGURA 23. FIGURA REPRESENTATIVA DO <i>GEOPORTO</i> – PESQUISA POR TOPÓNIMO.....	60
FIGURA 24. FIGURA REPRESENTATIVA DO <i>GEOPORTO</i> – EDIÇÃO DE LAYERS. ....	60
FIGURA 25. CRIAÇÃO DOS CIRCUITOS DE RECOLHA ATRAVÉS DE LINHAS. ....	61
FIGURA 26. EDIÇÃO E ALTERAÇÃO DO ATRIBUTO “SENTIDO DO TRÂNSITO” DA LAYER DOS EIXOS VIÁRIOS. ....	61
FIGURA 27. APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SPLIT A UM ARCO.....	62
FIGURA 28. CRIAÇÃO DE UM <i>NETWORK DATASET</i> .....	69
FIGURA 29. INSERÇÃO DOS LOCAIS DE PARAGEM DOS VEÍCULOS DE RECOLHA. ....	69
FIGURA 30. MENU DE OTIMIZAÇÃO DAS ROTAS. FOI CONSIDERADO COMO LOCAL DE PARTIDA DOS VEÍCULOS PARA O SERVIÇO DE RECOLHA AS OFICINAS GERAIS DA CMP E, COMO PONTO DE DESTINO, A AUTOESTRADA A3. ....	70
FIGURA 31. MAPA REPRESENTATIVO DOS PONTOS DE RECOLHA DO CIRCUITO BAIXA ABRANGIDOS PELOS <i>BUFFERS</i> DE 200 M AOS CONTENTORES <i>MOLOK</i> E <i>CITYTAINER</i> EXISTENTES NA ZONA CMP.....	71
FIGURA 32. MAPA REPRESENTATIVO DOS PONTOS DE RECOLHA DO CIRCUITO ORIENTAL ABRANGIDOS PELOS <i>BUFFERS</i> DE 200 M AOS CONTENTORES <i>MOLOK</i> E <i>CITYTAINER</i> EXISTENTES NA ZONA CMP. ....	71
FIGURA 33. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA E APROXIMADA DE CONTENTORES DE RECOLHA DE RESÍDUOS ALIMENTARES QUE IRÃO RECEBER RESÍDUOS DE ESTABELECIMENTOS DE AMBOS OS CIRCUITOS, BAIXA E ORIENTAL. ....	72
FIGURA 34. GEORREFERENCIAÇÃO EM <i>ARCGIS</i> DOS PONTOS CORRESPONDENTES AOS CONTENTORES <i>MOLOK</i> <i>BIOSYSTEM</i> ...	73

# ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. QUANTIDADES DE RESÍDUOS URBANOS BIODEGRADÁVEIS ADEMISSÍVEIS EM ATERRO REPORTADAS ÀS QUANTIDADES GERADAS EM 1995 (DECRETO-LEI Nº152/2002). .....	3
TABELA 2. QUANTITATIVO (EM KT) DA FRAÇÃO DE RESÍDUOS ALIMENTARES RECECIONADOS NA CVO DA LIPOR (LIPOR, 2012b). .....	13
TABELA 3. REGISTO DO NÚMERO E TIPO DE ESTABELECIMENTOS QUE CONSTITUEM OS CINCO CIRCUITOS DE RECOLHA EXISTENTES EM 2011. ....	16
TABELA 4. QUANTIDADES DE RESÍDUOS ALIMENTARES RECOLHIDOS (EM TONELADAS) NA CIDADE DO PORTO EM 2011 PELAS TRÊS ENTIDADES RESPONSÁVEIS PELA RECOLHA (CMP, INVICTAAMBIENTE E SUMA). ....	17
TABELA 5. CARACTERÍSTICAS DOS VEÍCULOS UTILIZADOS NA RECOLHA DE RESÍDUOS ALIMENTARES DO CIRCUITO BAIXA E ORIENTAL. ....	19
TABELA 6. IDENTIFICAÇÃO DO CIRCUITO BAIXA (ARRUAMENTO E NÚMERO DE RECOLHAS, CONTENTORES E QUANTIDADE TOTAL RECOLHIDA POR RUA (L)). ....	22
TABELA 7. IDENTIFICAÇÃO DO CIRCUITO ORIENTAL (ARRUAMENTO E NÚMERO DE RECOLHAS, CONTENTORES E QUANTIDADE TOTAL RECOLHIDA POR RUA (L)). ....	23
TABELA 8 (CONT.). IDENTIFICAÇÃO DO CIRCUITO ORIENTAL (ARRUAMENTO E NÚMERO DE RECOLHAS, CONTENTORES E QUANTIDADE TOTAL RECOLHIDA POR RUA (L)). ....	24
TABELA 9. FATORES DE EMISSÃO ESPECÍFICOS PARA AS EMISSÕES DE GEE (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O E CH <sub>4</sub> ) (EMEP/EEA 2009). ....	31
TABELA 10. POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL PARA OS GEE CONSIDERADOS NESTE ESTUDO (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> E N <sub>2</sub> O) (IPCC, 2007). ....	31
TABELA 11. REGISTO DOS VALORES PARCIAIS (T CO <sub>2</sub> EQ) E TOTAIS (EM KG CO <sub>2</sub> EQ E T CO <sub>2</sub> EQ) DAS EMISSÕES DE GEE PARA OS DOIS CIRCUITOS DE RECOLHA DE RESÍDUOS ALIMENTARES, EM 2011, POR CIRCUITO E POR QUILOMETRO. ....	34
TABELA 12. REGISTO DOS VALORES PARCIAIS (EM T CO <sub>2</sub> EQ) E TOTAIS (EM KG CO <sub>2</sub> EQ) DAS EMISSÕES DE GEE PARA OS DOIS CIRCUITOS DE RECOLHA PORTA A PORTA ALTERNATIVOS, POR CIRCUITO E POR QUILOMETRO. ....	37
TABELA 13. TABELA RESUMO COM AS DISTÂNCIAS PERCORRIDAS (EM KM) E O NÚMERO DE PARAGENS EM CADA UM DOS CIRCUITOS EXISTENTES (BAIXA E ORIENTAL) E PARA OS CENÁRIOS ALTERNATIVOS. ....	43
TABELA 14. REGISTO DOS VALORES PARCIAIS (EM T CO <sub>2</sub> EQ) E TOTAIS (EM KG CO <sub>2</sub> EQ) DAS EMISSÕES DE GEE PARA OS DOIS CIRCUITOS DE RECOLHA ALTERNATIVOS DE CONTENTORIZAÇÃO, POR CIRCUITO E POR QUILOMETRO. ....	44
TABELA 15. DESCRIÇÃO DE TODAS AS RUAS PERCORRIDAS PELO VEÍCULO DE RECOLHA DE RESÍDUOS ALIMENTARES DO CIRCUITO BAIXA, DESDE O LOCAL ONDE INICIA O SERVIÇO (OFICINAS GERAIS DA CMP) ATÉ AO ÚLTIMO ESTABELECIMENTO DE RECOLHA. ....	63
TABELA 16. DESCRIÇÃO DE TODAS AS RUAS PERCORRIDAS PELO VEÍCULO DE RECOLHA DE RESÍDUOS ALIMENTARES DO CIRCUITO ORIENTAL, DESDE O LOCAL ONDE INICIA O SERVIÇO (OFICINAS GERAIS DA CMP) ATÉ AO ÚLTIMO ESTABELECIMENTO DE RECOLHA. ....	65
TABELA 17. VALORES DE REFERÊNCIA PARA SISTEMAS EM BAIXA EM ÁREAS DE INTERVENÇÃO PREDOMINANTEMENTE URBANAS. ....	68
TABELA 18. REGISTO DOS VALORES DE DRU24B (T.ANO <sup>-1</sup> ), DRU31AB (KG CO <sub>2</sub> .ANO <sup>-1</sup> ) E RU16B (KG CO <sub>2</sub> .T <sup>-1</sup> ). ....	68

TABELA 19. REGISTO DO ARRUAMENTO, NÚMERO DE ESTABELECIMENTOS, LOCALIZAÇÃO DO CONTENTOR COLETIVO DE RESÍDUOS ALIMENTARES, QUANTIDADE RECOLHIDA POR ARRUAMENTO (CAPACIDADE POR ARRUAMENTO), SOMA DAS QUANTIDADES PARCELADAS (CAPACIDADE TOTAL) E O NÚMERO DE CONTENTORES QUE É NECESSÁRIO COLOCAR PARA RESPONDER ÀS NECESSIDADES DE CADA ARRUAMENTO. ....	74
TABELA 20. REGISTO DO ARRUAMENTO, NÚMERO DE ESTABELECIMENTOS, LOCALIZAÇÃO DO CONTENTOR COLETIVO DE RESÍDUOS ALIMENTARES, QUANTIDADE RECOLHIDA POR ARRUAMENTO (CAPACIDADE POR ARRUAMENTO), SOMA DAS QUANTIDADES PARCELADAS (CAPACIDADE TOTAL) E O NÚMERO DE CONTENTORES QUE É NECESSÁRIO COLOCAR PARA RESPONDER ÀS NECESSIDADES DE CADA ARRUAMENTO. ....	78
TABELA 21. CARACTERÍSTICAS DOS VEÍCULOS DE RECOLHA DE CONTENTORES <i>MOLOK</i> . ....	81
TABELA 22. REGISTO DE DADOS RECOLHIDOS JUNTO DOS CONDUTORES DOS VEÍCULOS DE RECOLHA DE RSU, NOMEADAMENTE A DISTÂNCIA PERCORRIDA POR PERCURSO (KM), AS HORAS DE SERVIÇO (H), O ABASTECIMENTO EFETUADO APÓS CONCLUSÃO DO SERVIÇO (L), O PESO DA CARGA (T) E OS CONSUMOS MÉDIOS AOS 100 KM ( $L \cdot 100 \text{ km}^{-1}$ ) E POR HORA ( $L \cdot H^{-1}$ ). ....	81

## ABREVIATURAS

<b>ACV</b>	Avaliação do Ciclo de Vida
<b>AMB</b>	Área Metropolitana de Barcelona
<b>APA</b>	Agência Portuguesa do Ambiente
<b>CMP</b>	Câmara Municipal do Porto
<b>CVO</b>	Central de Valorização Orgânica
<b>DGEG</b>	Direção Geral de Energia e Geologia
<b>DMLUT</b>	Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes
<b>EEA</b>	<i>European Environment Agency</i>
<b>EMEP</b>	<i>Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe</i>
<b>ENRRUBDA</b>	Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis destinados aos aterros
<b>ERSAR</b>	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
<b>ESRI</b>	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
<b>EU</b>	União Europeia
<b>GEE</b>	Gases com Efeito de Estufa
<b>GHG</b>	<i>Greenhouse Gas</i>
<b>GNC</b>	Gás Natural Comprimido
<b>GWP</b>	<i>Global Warming Potential</i>
<b>IPCC</b>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i>
<b>LIPOR</b>	Serviço Integrado Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto
<b>LULUCF</b>	<i>Land Use, Land Use Change and Forest: Alterações de Uso de Solo e Florestas</i>
<b>MAP</b>	Mercado Abastecedor do Porto
<b>NIR</b>	<i>National Inventory Report</i>
<b>PERSU II</b>	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos
<b>PIAC</b>	Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas das Nações Unidas
<b>RSU</b>	Resíduos Sólidos Urbanos
<b>RUB</b>	Resíduos Urbanos Biodegradáveis
<b>SIG</b>	Sistema de Informação Geográfica
<b>WBCSD</b>	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>
<b>WRI</b>	<i>World Resources Institute</i>



# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente a elevada produção de resíduos, aliada a uma desajustada gestão dos mesmos torna necessária a adoção de políticas que minimizem o impacto destes fluxos no ambiente. É fundamental a definição de políticas de gestão fundamentadas no desenvolvimento sustentável, assentando nos seus três pilares, nomeadamente, o desenvolvimento económico, a coesão social e a proteção do ambiente (LIPOR, 2007).

## 1.1 A problemática dos resíduos sólidos urbanos

Os resíduos, segundo o Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho, são definidos como sendo “*quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer*” para os quais é necessário identificar para além das estratégias de redução os meios de tratamento adequados.

Uma correta gestão de resíduos deve obedecer a uma hierarquia de princípios, na qual a prevenção assume uma posição privilegiada no topo. Esta consiste num conjunto de medidas a tomar para a diminuição da produção de resíduos na origem, nomeadamente a responsabilização do produtor/detentor de resíduos, inovação de produtos com recurso ao *ecodesign*, redução da perigosidade dos resíduos e estabelecimento de limites para a utilização de substâncias perigosas, assim como a utilização de ferramentas económicas adequadas e avaliação do ciclo de vida. A prevenção é seguida pela reutilização de materiais, reciclagem (multimaterial e orgânica) e valorização energética. Finalmente e apenas quando as opções anteriores não forem passíveis de serem aplicadas, deve recorrer-se a processos de eliminação devidamente controlados (LIPOR, 2007; PERSUII, 2007).

De acordo com as mais recentes análises do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas das Nações Unidas (PIAC), o aquecimento do planeta é inequívoco e este efeito é resultado direto das emissões antropogénicas (LIPOR, 2007).

Associada a esta problemática está a gestão de resíduos, sendo este processo um dos responsáveis pelas emissões de gases com efeito de estufa. A nível mundial, a contribuição do setor dos resíduos para a emissão de GEE é de cerca de 1300 Mt CO<sub>2</sub>eq (cerca de 5% das emissões totais de GEE). Em Portugal, segundo o Inventário Nacional de 2012, relativo às emissões nacionais de 2010, as emissões de GEE ascenderam a 70,8 kt CO<sub>2</sub>eq (mais 17,5% que o registado em 1990), sendo o setor dos resíduos responsável por cerca de 10% deste valor. No entanto, se o sequestro de carbono associado às florestas e às alterações do uso do solo (LULUCF<sup>1</sup>) for contabilizado, as quantidades de GEE emitidas reduzem-se para cerca de 53,2 kt CO<sub>2</sub>eq (mais 12,4% que em 1990) (Figura 1). Constata-se que Portugal está a cumprir o limite de emissão estipulado pelo Protocolo de Quioto, uma vez que seria permitido que, no quadriénio 2008-2012, as emissões nacionais pudessem ultrapassar até 27% os valores registados em 1990 (LIPOR, 2008, 2012a; NIR, 2012).

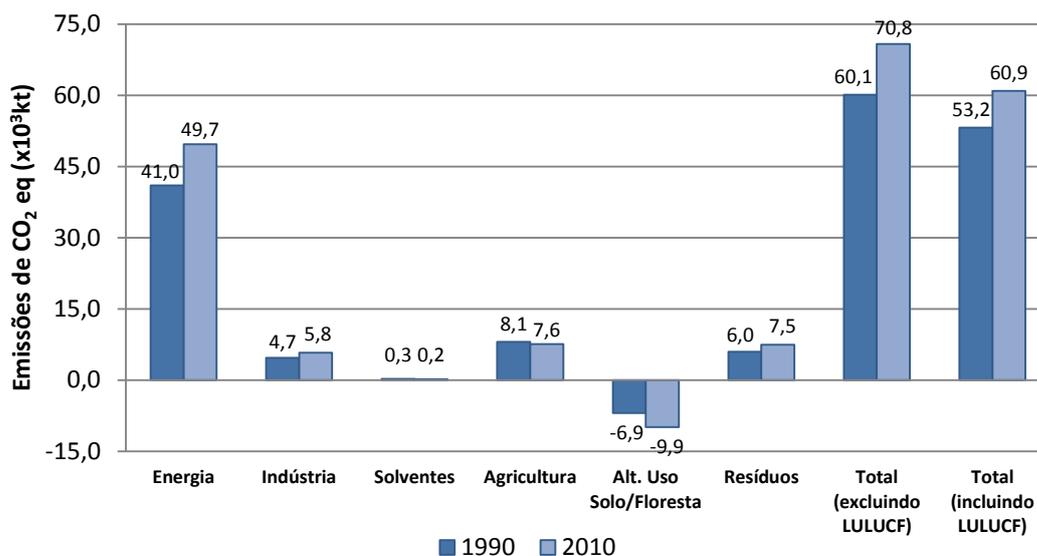


Figura 1. Emissões nacionais de GEE por setor económico para 1990 e 2010.

Em seguida são identificados, para algumas das opções de gestão de resíduos, o modo como estas contribuem para a emissão de GEE. As práticas de Separação e Reciclagem permitem uma redução na utilização de recursos, mais especificamente no consumo de combustíveis fósseis, com consequente redução de emissões de GEE. A Valorização Energética associada à produção de energia elétrica e por isso implicada na emissão de

<sup>1</sup> Land Use, Land Use Change and Forest: Alterações de Uso de Solo e Florestas.

GEE é também responsável pela redução da deposição de resíduos em aterros sanitários com consequente redução das emissões de GEE. A Valorização Orgânica é um processo chave em toda esta estratégia, levando a uma redução das emissões de metano por eliminação da deposição da matéria orgânica em aterros sanitários.

Apesar da importância dos sistemas de gestão, não pode ser descuidada uma das atividades que assume elevada importância em temas da gestão de resíduos sólidos urbanos, a nível das emissões gasosas, a recolha e transporte dos resíduos. A avaliação destas emissões é essencial para definir prioridades na otimização dos circuitos de recolha/transporte de modo a diminuir os consumos de combustível e consequentemente das emissões de GEE. Para além da otimização dos circuitos outras alternativas de redução do impacto desta atividade passam, por exemplo, pela utilização de combustíveis alternativos como o biodiesel e o gás natural (LIPOR, 2007).

## 1.2 A gestão nacional dos resíduos sólidos urbanos

No âmbito da gestão de resíduos, a União Europeia aprovou em 1999 a Diretiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril, transposta para o direito nacional pelo Decreto-Lei nº 152/2002. Esta estabelece a necessidade de definição de uma estratégia nacional para a redução dos resíduos urbanos biodegradáveis destinados aos aterros. Para tal, foram impostas metas quantitativas a alcançar, faseadamente, em 2006 (25%), 2009 (50%) e 2016 (65%) em peso (relativamente à quantidade de RUB produzidos em 1995 (PERSUII, 2007). A Tabela 1 apresenta os valores referentes às metas estipuladas.

**Tabela 1. Quantidades de resíduos urbanos biodegradáveis admissíveis em aterro reportadas às quantidades geradas em 1995 (Decreto-lei nº152/2002).**

Data	Percentagem admissível em aterro	Quantitativos Admissíveis
Janeiro de 2006	75% da quantidade total, em peso, dos RUB produzidos em 1995	1 689 540
Janeiro de 2009	50% da quantidade total, em peso, dos RUB produzidos em 1995	1 126 360
Janeiro de 2016	35% da quantidade total, em peso, dos RUB produzidos em 1995	788 452

\* Admitindo que, de acordo com a Eurostat, em 1995 foram produzidos 2.252.720 Mg de RUB

No que respeita ao enquadramento estratégico, foi definida e apresentada em julho de 2003, a Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB) destinados aos aterros (ENRRUBDA). Em 2007, foi aprovado o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos para o período de 2007 a 2016 (PERSU II), cujos objetivos se baseiam no cumprimento das metas comunitárias em matéria de desvio de resíduos urbanos biodegradáveis de aterro e de reciclagem e valorização de resíduos de embalagens. O PERSU II apresenta, ainda, linhas orientadoras da disciplina a definir pelos planos multimunicipais, intermunicipais e municipais de ação e identifica as prioridades a observar no domínio da gestão dos resíduos urbanos.

No que toca ao enquadramento legal o Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, que transpõe a Diretiva n.º 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro de 2008, relativa aos resíduos, prevê em linhas gerais (APA, 2011):

- O reforço da prevenção da produção de resíduos, promovendo a sua reutilização e reciclagem;
- Estabelecimento de metas de preparação e incentivo à reutilização, reciclagem e outras formas de valorização material de resíduos, nomeadamente resíduos urbanos biodegradáveis, a cumprir até 2020.

### **1.3 A gestão dos biorresíduos**

Entre os diferentes tipos de RSU potencialmente recicláveis, encontram-se os chamados Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB), que se estima que sejam cerca de 56% do total dos RSU (PERSUII, 2007). Os resíduos biodegradáveis são *“os resíduos que podem ser sujeitos a decomposição anaeróbia ou aeróbia, designadamente os resíduos alimentares e de jardim, o papel e o cartão”* (alínea n) do Art. 4.º do Decreto-Lei nº 183/2009). Os biorresíduos referem-se aos *“resíduos biodegradáveis de espaços verdes, nomeadamente os de jardins, parques, campos desportivos, bem como os resíduos biodegradáveis alimentares e de cozinha das habitações, das unidades de fornecimento de refeições e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos”* (Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho). Os resíduos biodegradáveis alimentares incluem, nomeadamente, restos da preparação/confeção

das refeições, restos de comida e restos de produtos frescos não embalados – legumes, frutas, carne e peixe (PERSUII, 2007).

Dados referentes a 2005, indicam que em Portugal, 63 % dos RSU produzidos são encaminhados para aterro sanitário, 21% valorizados energeticamente em centrais de incineração, 9% recolhidos seletivamente e 7% valorizados por compostagem (PERSUII, 2007).

### **1.3.1 As implicações ambientais associadas à gestão dos biorresíduos**

A gestão dos biorresíduos é um dos temas mais abordados pelas estratégias de gestão. Esta é uma questão cada vez mais preocupante devido às implicações que decorrem de uma gestão ineficiente e incorreta, quer pela sua deposição em aterro, quer pela falta de aproveitamento do seu potencial para valorização. A deposição de biorresíduos (nos quais se inserem os resíduos alimentares) em aterro sanitário traz consigo algumas desvantagens, inumeradas em seguida (LIPOR, 2007; PERSUII, 2007).

- Produção de biogás, que quando não recuperado provoca problemas ambientais como o efeito de estufa e a produção de odores. Ainda, em determinadas proporções de mistura com oxigénio, este gás pode apresentar risco de explosão;
- Formação de lixiviados com elevada carga orgânica, que pode induzir a um impacte potencial ao nível da qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

A uma eficiente gestão de resíduos está geralmente associada uma redução significativa na emissão de gases com efeito de estufa. Atualmente muitas organizações preocupam-se em avaliar as emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa. A avaliação da pegada de carbono apresenta-se como uma metodologia adequada pois permite retirar conclusões sobre a eficiência energética associada a uma determinada atividade.

## 1.4 A avaliação ambiental de opções de gestão de resíduos sólidos urbanos: estado de arte

Não existe uma definição única de pegada de carbono, no entanto, alguns autores definem-na como sendo a medida da quantidade de emissões totais de dióxido de carbono que são geradas direta e indiretamente por uma atividade (pegada de carbono de uma atividade) ou que é acumulada durante o ciclo de vida de um produto (pegada de carbono de um produto), não contabilizando outros GEE (Wiedmann, 2008). Uma definição alternativa para a pegada de carbono é da *Carbon Trust* (2007) que contabiliza a totalidade de emissões de GEE expressa em carbono equivalente, de uma atividade ou, de um produto ao longo do seu ciclo de vida.

Existem alguns estudos que abordam a utilização de metodologias de avaliação ambiental aplicada à gestão de resíduos sólidos urbanos. A maior parte dos estudos revistos assenta na utilização da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), cuja metodologia é descrita pela norma ISO 14040:2008 (ISO, 2008). Estes estudos em geral são realizados com o objetivo de identificar e minimizar os impactes ambientais e os consequentes custos ambientais e energéticos associados à gestão dos resíduos sólidos urbanos. Seguidamente são apresentados estudos que focam a avaliação ambiental dos sistemas de gestão e gestão de RSU em duas cidades espanholas, nomeadamente, Barcelona e Castellón de la Plana (Iriarte et al., 2009; Bovea et al., 2010).

Um dos estudos foca a avaliação do ciclo de vida do sistema de recolha seletiva de resíduos em áreas com elevada densidade populacional (aproximadamente 5000 hab/km<sup>2</sup>). A área de referência é a Área Metropolitana de Barcelona (AMB) (Iriarte, Gabarrell, & Rieradevall, 2009). O estudo quantifica e compara os impactes ambientais associados a três sistemas de recolha seletiva, a recolha porta a porta, ecopontos e um sistema pneumático móvel<sup>2</sup>. Este estudo permitiu concluir que o sistema de recolha que apresenta comparativamente o menor impacte são os ecopontos e o que

---

<sup>2</sup> O sistema pneumático móvel usa uma rede de tubos e camiões de sucção pneumática. A rede urbana de tubos subterrâneos interliga os contentores e transporta os resíduos para os pontos de sucção situados na rua onde os camiões fazem a recolha.

apresenta o maior impacto é o da recolha porta a porta. O maior impacto deve-se ao transporte de resíduos associado a longos circuitos de recolha.

O outro estudo foca-se na cidade de *Castellón de la Plana* e compara, sob o ponto de vista ambiental, diferentes cenários para a gestão de resíduos sólidos urbanos baseados nas metas de recolha seletiva estipuladas no Plano de Resíduos da região a atingir até 2015. Este estudo considera diferentes modelos de recolha e diversos tratamentos, constituindo diferentes cenários, a aplicar à fração biodegradável dos RSU e outros resíduos que são encaminhados para aterro (Bovea, Ibáñez-Forés, Gallardo, & Colomer-Mendoza, 2010). O estudo conclui que o consumo de combustível durante a recolha, transporte e etapas de separação de resíduos contribuem para a categoria de Aquecimento Global com um valor calculado da pegada de carbono de cerca de 29 kg CO<sub>2</sub> equivalente/ t biorresíduos para todos os cenários em estudo.

## **1.5 Objetivo e Âmbito do estudo**

Este estudo avalia e compara a Pegada de Carbono associada aos processos de recolha e transporte de resíduos alimentares na Zona CMP da cidade do Porto tendo como destino a Central de Valorização Orgânica da LIPOR.

A pegada de carbono é quantificada para os circuitos correntemente realizados e, da responsabilidade direta da CMP, são do tipo recolha porta a porta e incluem os Circuitos Baixa e Oriental. A avaliação da pegada de carbono dos circuitos é também realizada para cenários de circuitos alternativos aos existentes. Aqui são identificados dois cenários de avaliação. Um dos cenários define percursos alternativos ao existente para a recolha porta a porta. Um outro considera a substituição do sistema existente de recolha porta a porta por um que considera a contentorização coletiva. A Câmara Municipal do Porto pretende com este estudo avaliar qual a opção que traduz os melhores resultados a nível ambiental.

## 1.6 Estrutura e Organização da Dissertação

A dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo é realizada uma abordagem geral à temática da gestão de resíduos sólidos urbanos, com particular destaque para as opções de gestão de biorresíduos bem como às implicações ambientais associadas à gestão destes. É realizada uma breve descrição do estado de arte associado à avaliação ambiental (incluindo a quantificação da pegada de carbono) de algumas opções de gestão de RSU. Finalmente são identificados os objetivos e descrita a estrutura e organização da dissertação.

O capítulo 2 descreve e caracteriza o processo de recolha seletiva porta a porta de resíduos alimentares que inclui a recolha e o transporte dos resíduos alimentares desde o ponto de recolha (restaurantes, escolas, confeitarias, frutarias, hipermercados e hospitais) até à Central de Valorização Orgânica da LIPOR. É descrito o projeto *Operação Restauração 5 Estrelas*, cujo objetivo consiste na recolha seletiva de resíduos alimentares em estabelecimentos de restauração e similares. A descrição é feita para os circuitos da responsabilidade da CMP (Circuito Oriental, Baixa e Mercado Abastecedor do Porto).

O capítulo 3 descreve a metodologia da pegada de carbono e aplica-a na avaliação das emissões de gases com efeito de estufa associadas aos processos de recolha e transporte de resíduos alimentares (porta a porta e contentorização) na Zona CMP da cidade do Porto. É aqui analisado o inventário relativo às distâncias e consumo de combustível para os circuitos de recolha porta a porta e por contentorização. São apresentados e discutidos os resultados do estudo comparativo da pegada de carbono dos circuitos de recolha porta a porta e por contentorização.

O capítulo 4 apresenta as principais conclusões a retirar do trabalho desenvolvido e as principais limitações encontradas associadas ao cálculo da pegada de carbono.

Finalmente, o capítulo 5 identifica as perspetivas para trabalhos futuros com vista a novos desenvolvimentos do tema da presente dissertação.

## **2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE RECOLHA E TRANSPORTE DOS RESÍDUOS ALIMENTARES**

Neste capítulo é feita a caracterização do caso de estudo. Em primeiro lugar, é caracterizado o sistema de gestão dos resíduos alimentares produzidos pelos estabelecimentos de restauração e similares da cidade do Porto, desde a sua recolha porta a porta até à Central de Valorização Orgânica da LIPOR. Posteriormente são caracterizados os circuitos existentes e os veículos responsáveis pela recolha e transporte dos resíduos alimentares.

### **2.1 Entidades responsáveis pela recolha e tratamento dos RSU**

Neste subcapítulo são apresentadas as entidades responsáveis pela recolha dos resíduos sólidos urbanos da cidade do Porto, assim como a entidade responsável pelo tratamento e valorização dos mesmos.

#### **2.1.1 A Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes da Câmara Municipal do Porto (DMLUT)**

A gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Município do Porto é garantida pela Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes (DMLUT) que procede à recolha de vários tipos de resíduos incluindo, os resíduos domésticos, comerciais e industriais, resíduos especiais (objetos domésticos fora de uso e aparas de jardim) bem como a recolha seletiva de resíduos alimentares (restos da preparação/confeção das refeições, restos de comida, restos de produtos frescos não embalados – legumes, frutas, carne e peixe) e multimaterial (papel e cartão, embalagens de plástico e metal, e vidro). A DMLUT garante ainda a limpeza (varredura e lavagem) de arruamentos e espaços públicos assim como a realização de operações de desinfestação. Estes serviços foram certificados em 2007 segundo os requisitos da norma da qualidade ISO 9001:2000. Em

2009, o âmbito da certificação foi estendido a toda a DMLUT segundo a norma da qualidade ISO 9001:2008 (CMP, 2006).

A valorização e tratamento dos resíduos sólidos urbanos, produzidos no concelho do Porto, estão inseridos no Serviço Integrado Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, designado por LIPOR (CMP, 2006).

### 2.1.2 O Sistema LIPOR

A LIPOR é a entidade responsável pela valorização e tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos produzidos pelos oito municípios que a integram, nomeadamente, Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila do Conde (LIPOR, 2012a). A Figura 2 apresenta a localização geográfica e as áreas de intervenção da LIPOR.

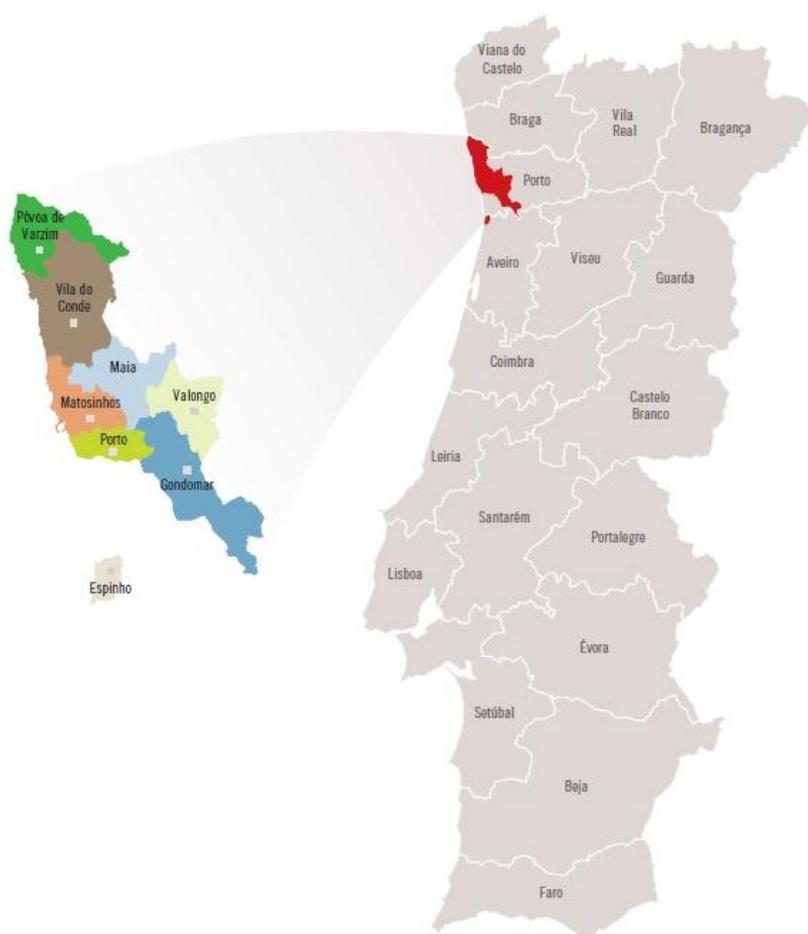


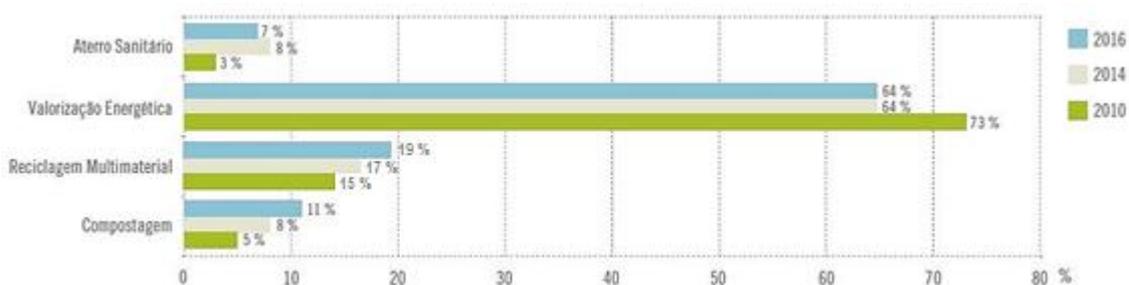
Figura 2. Localização geográfica e áreas de intervenção da LIPOR (LIPOR, 2007).

A LIPOR trata cerca de 500 mil toneladas por ano de resíduos sólidos urbanos produzidos por cerca de um milhão de habitantes dos oito concelhos do Porto. Para uma melhor gestão dos resíduos a LIPOR desenvolveu uma estratégia integrada de valorização, tratamento e confinamento dos RSU, através da Valorização Orgânica, Valorização Multimaterial e Valorização Energética. Estas três componentes são completadas pelo Aterro Sanitário que recebe os rejeitados e resíduos previamente preparados (LIPOR, 2012a).

Os principais objetivos para o horizonte temporal definidos no Plano Estratégico da LIPOR, e no sentido do cumprimento das exigências nacionais e comunitárias para o sector, são (LIPOR, 2007):

- a) Prevenir e minimizar a produção de resíduos;
- b) Intensificar a recolha seletiva de materiais (biorresíduos e multimaterial);
- c) Reduzir a quantidade de resíduos recolhidos de forma indiferenciada e valorizados através do tratamento térmico ou depositados em aterro.

A Figura 3 apresenta os objetivos a atingir em 2016 e assinala as projeções realizadas para os momentos de revisão do plano (2010 e 2014). Em termos de estratégia para a valorização orgânica será necessário encaminhar para a Central de Valorização Orgânica 60.000 toneladas.ano<sup>-1</sup> de biorresíduos (das quais cerca de 50.000 toneladas correspondem a resíduos alimentares) (LIPOR, 2007).



**Figura 3. Fluxos de RSU (em %) por tipo de opção de gestão nos momentos de revisão do Plano Estratégico 2007-2016 da LIPOR e perspectivas para 2016 (LIPOR, 2007).**

Na Figura 4 é apresentada a caracterização física dos RSU da cidade do Porto, baseada em dados referentes ao primeiro semestre de 2011.

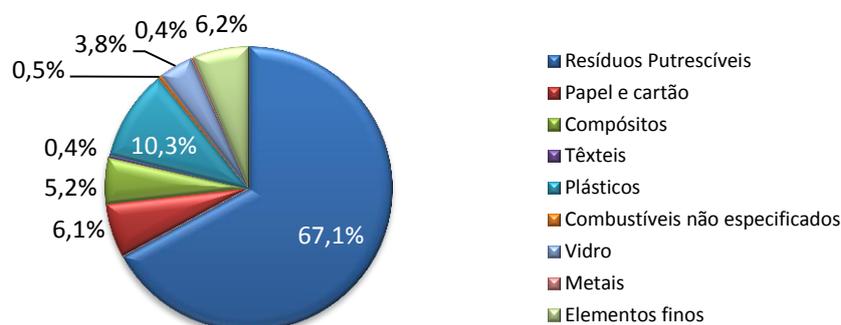


Figura 4. Composição física média dos RSU na cidade do Porto. Dados da campanha de caracterização de 2011 (CMP, 2011).

A nível dos principais componentes presentes na fração indiferenciada dos resíduos, a composição física média traduz claramente uma predominância dos resíduos putrescíveis, com 67,1% (em peso). Com base em dados do Relatório de Análise Estatística da LIPOR, para o primeiro semestre de 2011, concluiu-se que de cerca de 67% (em peso) de resíduos putrescíveis presentes na composição física dos RSU, 41% (em peso) corresponde a resíduos alimentares (LIPOR, 2011).

### 2.1.3 Central de Valorização Orgânica (CVO) da LIPOR

A LIPOR possui como um dos objetivos prioritários promover a valorização de todas as componentes dos resíduos, nomeadamente a orgânica. Para isso, baseia a sua estratégia de gestão nas principais linhas de orientação do PERSU II e na Estratégia Nacional para a Redução de RUB destinados aos aterros (ENRRUBDA). Para a valorização orgânica, a LIPOR dispõe de uma instalação de compostagem com capacidade para tratar 60.000 t.ano<sup>-1</sup> de biorresíduos, que podem produzir cerca de 20.000 t.ano<sup>-1</sup> de corretivo orgânico de alta qualidade. A aplicação da matéria orgânica no solo permite melhorar as características do terreno (porosidade, capacidade de retenção da água) e prevenir os solos da degradação, minimizando a erosão, compactação, salinização e desertificação desses espaços (LIPOR, 2007, 2012a).

No âmbito da estratégia de Recolha Seletiva e Valorização de Resíduos Biodegradáveis, a LIPOR identificou como principais produtores de RUB (LIPOR, 2007), os seguintes:

- Setor da restauração e similares (estabelecimentos hoteleiros, cantinas, cafés);
- Mercados, feiras e centros de distribuição de produtos frescos;
- As habitações<sup>3</sup>;
- Jardins, parques, cemitérios, empresas de jardinagem e manutenção de espaços verdes (serviços camarários).

Em 2011, foram recolhidos nos oito municípios que integram a LIPOR aproximadamente 46.000 toneladas de biorresíduos. Estes, após processamento na Central de Valorização Orgânica, produziram 9.686 toneladas de composto de elevada qualidade (LIPOR, 2012a).

## 2.2 Descrição da recolha seletiva de resíduos alimentares

Em julho de 2006, a Câmara Municipal do Porto em colaboração com a LIPOR iniciou um projeto denominado por *Operação Restauração 5 Estrelas* (Figura 5). Este projeto tem como objetivo a recolha seletiva de resíduos alimentares em estabelecimentos de restauração e similares. Em 2010 este projeto já se encontrava implementado nos oito municípios da LIPOR, contemplando mais de 1300 estabelecimentos (LIPOR, 2012a). A Tabela 2 apresenta as quantidades de resíduos alimentares rececionadas na LIPOR para valorização orgânica em 2010 e 2011.



Figura 5. Logotipo da *Operação Restauração 5 Estrelas* (LIPOR, 2012a).

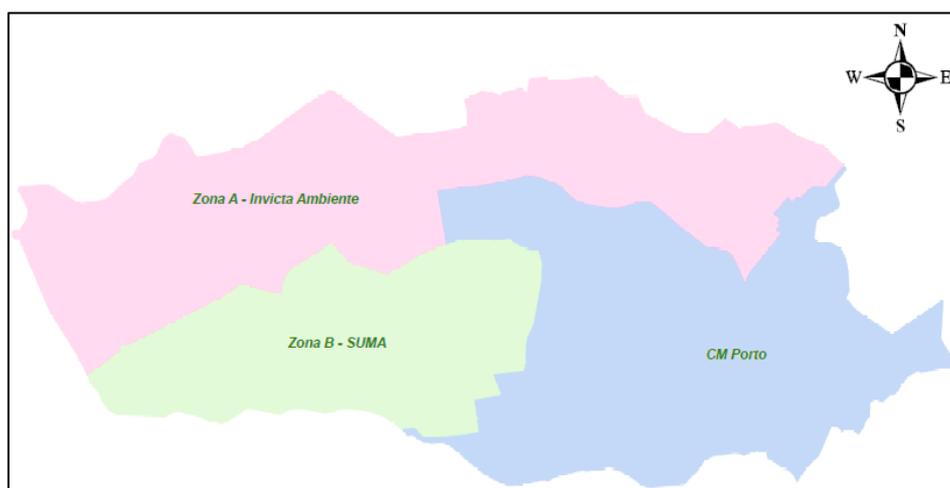
Tabela 2. Quantitativo (em kt) da fração de resíduos alimentares rececionados na CVO da LIPOR (LIPOR, 2012b).

Ano	Quantidades (kt)												Total
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
<b>2010</b>	2,1	1,8	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,0	2,0	2,1	<b>25,9</b>
<b>2011</b>	2,1	1,9	2,2	2,2	2,4	2,4	2,5	2,7	2,3	2,1	1,9	1,9	<b>26,8</b>

<sup>3</sup> Prevê-se que a recolha seletiva de resíduos alimentares junto das habitações seja realizada faseadamente e mediante experiências-piloto.

A fração de resíduos alimentares mensalmente rececionada é aproximadamente constante (cerca de 2000 t). No entanto, verifica-se que nos meses de verão (junho, julho e agosto) as quantidades são comparativamente superiores. De 2010 para 2011 há um aumento de recolha de resíduos alimentares, o que equivale a um aumento percentual de cerca de 4% (LIPOR, 2012b).

No âmbito do projeto *Operação Restauração 5 Estrelas* existem atualmente cinco circuitos de recolha e transporte de resíduos alimentares na cidade do Porto. Um dos circuitos cobre a Zona designada por A, um outro circuito cobre a Zona designada por B e três outros circuitos (Baixa, Oriental e Mercado Abastecedor do Porto - MAP) cobrem a Zona designada por CMP (Figura 6).



**Figura 6. Esquema representativo das zonas de recolha de RSU das três entidades - Invictaambiente, SUMA e CMPorto.**

A recolha de resíduos alimentares na Zona A e Zona B é assegurada por empresas privadas (respetivamente, a Invictaambiente e a SUMA) que apenas gerem os serviços e pessoal da sua área de intervenção. A CMP controla os seus registos financeiros e é responsável pela gestão dos circuitos das mesmas, sendo ainda que todos os pedidos, reclamações, esclarecimentos estão sob a responsabilidade da CMP. A zona CMP é gerida pela própria Câmara Municipal do Porto.

As quantidades totais de resíduos alimentares recolhidos pelas três entidades na cidade do Porto entre 2006 e 2011 são apresentadas na Figura 7.

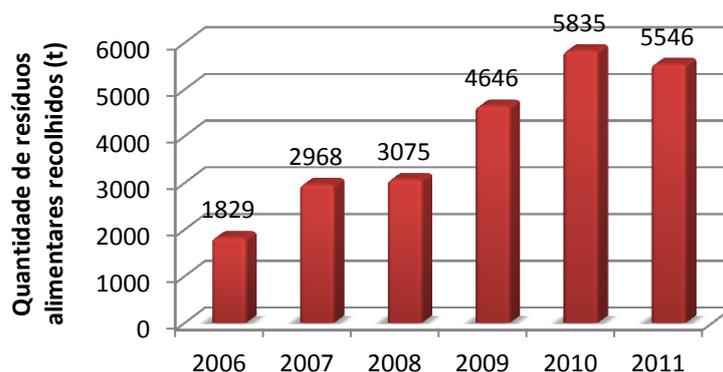


Figura 7. Representação da evolução da recolha de resíduos alimentares na cidade do Porto, entre 2006 e 2011.

As quantidades de resíduos alimentares recolhidos aumentaram gradualmente desde o início do projeto *Operação Restauração 5 Estrelas* (em 2006). Verifica-se que, em 2010, o valor de resíduos alimentares recolhidos (5835 toneladas) é aproximadamente o triplo do registado inicialmente em 2006 (1829 toneladas) resultado do aumento do número de adesões ao projeto. Em 2011, as quantidades recolhidas sofreram uma diminuição de 5% em relação a 2010. Os motivos prendem-se com o encerramento de alguns estabelecimentos, a diminuição do consumo alimentar pela população e a desistência de alguns estabelecimentos que integravam o projeto.

Informação recente (2011) indica que o município do Porto encaminhou para a Central de Valorização Orgânica da LIPOR cerca de 20% da totalidade de resíduos alimentares por esta rececionados em 2011 (LIPOR, 2012b).

### 2.2.1 Descrição do projeto *Operação Restauração 5 Estrelas*

A recolha seletiva de resíduos alimentares (restos de comida, legumes, fruta) é realizada para os estabelecimentos de restauração e similares da cidade do Porto, que aderiram ao projeto. A adesão é voluntária e gratuita, sendo disponibilizados gratuitamente contentores de cor castanha para a deposição dos resíduos. A recolha dos resíduos alimentares é efetuada de segunda a sábado. A dimensão dos contentores é variada, sendo disponibilizados cinco tipo de contentores com dimensões de 50, 80, 140, 240 e 800 litros (Figura 8).



**Figura 8. Contentores para o acondicionamento de resíduos alimentares. As capacidades dos contentores são de 50, 80, 140, 240 e 800 litros (da direita para a esquerda).**

Existem regras de triagem, acondicionamento e recolha dos resíduos que devem ser respeitadas pelos estabelecimentos aderentes, que incluem nomeadamente:

- Colocar no contentor castanho resíduos alimentares tais como restos da preparação e confeção das refeições, sobras de alimentos, restos de produtos frescos não embalados (legumes, frutas, carnes e peixe), pão, bolos e borras de café;
- Não colocar no contentor água resultante da lavagem dos alimentos;
- Evitar a utilização de sacos plásticos para acondicionar os resíduos alimentares;
- Manter o contentor limpo e sempre fechado;

A Tabela 3 identifica o número de estabelecimentos que estão na base dos cinco circuitos de recolha existentes na cidade do Porto em 2011. Os estabelecimentos abrangidos incluem escolas, restaurantes, confeitarias, frutarias, hipermercados e hospitais (cozinha, bares e refeitório). A exceção é o MAP uma vez que a recolha é realizada unicamente no mercado abastecedor do Porto.

**Tabela 3. Registo do número e tipo de estabelecimentos que constituem os cinco circuitos de recolha existentes em 2011.**

	Baixa	Oriental	Invictaambiente	SUMA	MAP
<b>Nº Estabelecimentos</b>	95	97	64	83	1

Na zona CMP (Baixa, Oriental e Mercado Abastecedor do Porto - MAP) a execução do serviço de recolha é assegurada de segunda a sábado. Existe uma viatura para cada circuito com caixa compactadora de grande capacidade (15 m<sup>3</sup>). Os locais onde deverá ser efetuada a recolha seletiva estão definidos na ficha de serviço que é entregue à equipa antes de iniciar o serviço. A ficha de serviço indica os locais de recolha e ordem de passagem, e permite o registo do nível de enchimento de cada contentor (Anexo I). Existem estabelecimentos onde a recolha é feita diariamente e outros onde é feita em dias alternados. Nos dias em que a recolha é realizada em todos os estabelecimentos aderentes (segundas, quartas e sextas-feiras) os Circuitos Baixa e Oriental recolhem, respetivamente, resíduos alimentares de 95 e 97 estabelecimentos. Finalizado o serviço de recolha ou esgotada a capacidade da viatura, os resíduos são encaminhados e descarregados na Central de Valorização Orgânica da LIPOR.

A Tabela 4 apresenta as quantidades de resíduos alimentares recolhidos em 2011 nas três zonas de recolha da cidade do Porto, Zona A (Invictaambiente), Zona B (SUMA) e Zona CMP (MAP, Baixa, Oriental e Sábado). O Circuito Sábado abrange 137 estabelecimentos de ambos aos circuitos de recolha (Baixa e Oriental) que necessitam de uma recolha extra. Por norma, de todos os estabelecimentos abrangidos, a recolha é realizada somente em cerca de 100.

**Tabela 4. Quantidades de resíduos alimentares recolhidos (em toneladas) na cidade do Porto em 2011 pelas três entidades responsáveis pela recolha (CMP, Invictaambiente e SUMA).**

Circuitos		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total (t)
CMP	MAP	100	64	81	96	121	142	147	154	96	71	76	67	1216
	Baixa	75	68	80	71	80	74	79	76	73	69	63	65	874
	Oriental	80	70	85	75	90	74	71	74	82	74	68	67	909
	Sábado*	19	19	20	26	20	28	24	19	22	25	17	20	259
Invictaambiente		98	96	108	106	100	92	95	89	87	85	80	79	1114
SUMA		110	98	113	103	101	99	98	91	93	94	88	88	1174
<b>Total (t)</b>		<b>481</b>	<b>415</b>	<b>487</b>	<b>478</b>	<b>512</b>	<b>509</b>	<b>512</b>	<b>504</b>	<b>452</b>	<b>418</b>	<b>392</b>	<b>386</b>	<b>5546</b>

\*Corresponde à recolha de resíduos alimentares nos estabelecimentos dos Circuitos Baixa e Oriental ao sábado.

Relativamente à Zona CMP, o circuito MAP apresenta o maior valor de resíduos alimentares recolhidos com um total de 1216 t.ano<sup>-1</sup> e o circuito sábado regista o menor valor sendo este igual a 259 t.ano<sup>-1</sup>.

Verifica-se que na zona de recolha CMP as quantidades anuais de resíduos alimentares recolhidos na Baixa, Oriental e Sábado (cerca de 2042 toneladas) é cerca do dobro das quantidades recolhidas pelas empresas privadas Invictaambiente e SUMA (com cerca de 1.100 toneladas cada uma). A quantidade média de resíduos alimentares, recolhidos por estabelecimento, nas Zonas A (17,4 t.estabelecimento<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) e B (14,1 t.estabelecimento<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) é bastante superior às quantidades recolhidas nos Circuitos Baixa (9,2 t.estabelecimento<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) e Oriental (9,4 t.estabelecimento<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>). Estes valores são meramente ilustrativos uma vez que não existe informação mais detalhada sobre a tipologia dos estabelecimentos abrangidos pelos circuitos de recolha.

Verifica-se ainda que há uma maior produção de resíduos alimentares durante a primavera e verão. Ou seja os meses em que a totalidade de resíduos alimentares recolhidos está acima das 500 t vão de maio a agosto. Tal pode ser justificado pela maior disponibilidade de produtos frescos, e como tal maior consumo de frutos e legumes, e maior afluência de turistas à cidade do Porto. Pelo contrário, é nos meses de inverno que se registam os menores valores, sendo o mês de dezembro aquele que apresenta o valor mais baixo (386 t).

### **2.2.2 Caracterização dos veículos de recolha**

A CMP dispõe de dois veículos idênticos dedicados à recolha de resíduos alimentares (Figura 9). Cada veículo está associado a um circuito, sendo que um é utilizado na recolha realizada no Circuito Baixa (veículo 699) e outro exclusivo da recolha do Circuito Oriental (veículo 700). No circuito de Sábado é o veículo 699 que habitualmente faz a recolha, exceto quando este não está operacional. A recolha do MAP é realizada por um outro veículo (701) sendo substituído por um outro (703) quando por algum motivo o primeiro não está operacional.



Figura 9. Veículos de recolha de resíduos alimentares.

A Tabela 5 apresenta as características dos veículos responsáveis pela recolha de resíduos alimentares, assim como a distância percorrida e os consumos de combustível dos dois veículos para o ano de 2011. O consumo de combustível anual total foi estimado com base no consumo médio e distância percorrida pelos veículos.

Tabela 5. Características dos veículos utilizados na recolha de resíduos alimentares do Circuito Baixa e Oriental.

Circuitos		Baixa	Oriental
Consumos	Distância percorrida (km)	11.052	14.509
	Consumo anual (l)	7.305	8.125
	Consumo médio (l.100 km <sup>-1</sup> )	66,1	56,0
Características dos veículos	Marca/Modelo	Volvo FES 280	
	Combustível	Gasóleo	
	Tecnologia do motor <sup>a)</sup>	Euro V	
	Ano de Aquisição	2009	
	Peso Bruto (t)	19	
	Volume Caixa (m <sup>3</sup> )	15	

<sup>a)</sup> A tecnologia do motor está relacionada com normas implementadas pela União Europeia com o objetivo de reforçar os limites de emissões de poluentes, nomeadamente monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não-metânicos e hidrocarbonetos totais, óxidos de azoto (NOx) e partículas (PM), aplicáveis aos veículos rodoviários (EMEP/EEA 2009).

O veículo associado ao circuito Oriental percorreu aproximadamente mais 4000 quilómetros, no entanto o consumo anual de combustível de ambos os veículos apresenta valores próximos. Tal acontece porque o consumo médio de combustível do veículo associado ao Circuito Oriental é inferior. Vários aspetos estarão associados a este facto como, por exemplo, a maior sinuosidade e declive das ruas e arruamentos

do Circuito Baixa e um maior número de paragens (pára-arranca) por circuito em virtude de um maior número de semáforos e mais trânsito.

### **2.2.3 Caracterização dos circuitos de recolha**

Os circuitos de recolha de resíduos alimentares do concelho do Porto foram caracterizados no sistema de georreferenciação *GeoPorto* por identificação dos pontos de recolha dos circuitos CMP (Anexo II).

O sistema de referenciação *GeoPorto*, desenvolvido pela Câmara Municipal do Porto, é uma ferramenta que permite a automatização de processos dos serviços responsáveis pela gestão do território do concelho (CMP, 2009). A georreferenciação permite identificar o local da recolha, assim como inserir características específicas de cada ponto, nomeadamente: número de polícia, nome do circuito, número de ordem de recolha, tipo de equipamento, tipo de recolha, código de identificação do equipamento, entre outros. Após a introdução dos dados relativos à entidade criada (ponto georreferenciado), esta fica identificada na plataforma *GeoPorto* por um símbolo de cor castanha (no caso da recolha de resíduos alimentares).

A plataforma *GeoPorto* tem por base a ferramenta informática *ESRI ArcGIS® 10*. Esta consiste num sistema de informação geográfica (SIG) constituído por um conjunto de programas que permite construir, modelar, exibir mapas e analisar dados espaciais (ESRI, 2011).

A Figura 10 apresenta a localização dos estabelecimentos onde é realizada a recolha de resíduos alimentares dos circuitos de recolha Baixa e Oriental.

Os estabelecimentos pertencentes ao Circuito Baixa encontram-se mais próximos e concentrados nas freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Bonfim, Vitória, Sé, S. Nicolau e Miragaia. Os estabelecimentos que constituem o Circuito Oriental encontram-se mais dispersos, sendo este responsável pela recolha de resíduos alimentares nas freguesias de Paranhos, Cedofeita, Santo Ildefonso, Bonfim, Sé e Campanhã.

Todos os dados usados na caracterização dos circuitos de recolha seletiva de resíduos alimentares da Zona CMP da cidade do Porto para o ano de 2011, nomeadamente as quantidades de resíduos transportados, número de estabelecimentos abrangidos, consumos e distâncias percorridas pelos veículos de transporte foram disponibilizados pela Câmara Municipal do Porto.



Figura 10. Mapa com a localização dos estabelecimentos aderentes ao *Projeto Restauração 5 Estrelas*, na Zona CMP.

As Tabelas 6 e 7 identificam os dois circuitos de recolha em estudo (respetivamente, Baixa e Oriental), sendo identificadas as ruas, o número de estabelecimentos

existentes em cada arruamento (nº de recolhas), o número e tamanho de contentores para o total de estabelecimentos de uma rua e a quantidade total de resíduos alimentares recolhidos por rua. A estimativa da quantidade recolhida considera uma taxa de enchimento de 100%.

**Tabela 6. Identificação do Circuito Baixa (arruamento e número de recolhas, contentores e quantidade total recolhida por rua (l)).**

<b>Arruamento</b>	<b>Nº recolhas</b>	<b>Nº contentores e tamanhos</b>	<b>Quantidade recolhida (l)</b>
Rua da Fábrica	2	6×50 l, 5×80 l, 5×140 l	1400
Rua do Carmo	1	3×80 l, 1×140 l, 1×800 l	1180
Rua do Ateneu Comercial do Porto	3	2×50 l, 4×80 l, 2×140 l, 2×240 l	1180
Rua de Fernandes Tomás	5	4×50 l, 3×80l, 5×140 l	1140
Rua de Santa Catarina	9	5×50 l, 3×80 l, 2×240 l	970
Rua de Sá da Bandeira	3	2×50 l, 3×80 l, 2×140 l, 1×240 l	860
Rua da Alegria	2	1×50 l, 1×800 l	850
Rua de Sampaio Bruno	4	5×50 l, 4×80 l, 2×140 l	850
Rua da Restauração	1	1×800 l	800
Rua de Latino Coelho	2	1×50 l, 1×80 l, 1×140 l, 2×240 l	750
Rua do Bonjardim	6	4×50 l, 3×80 l, 2×140 l	720
Rua da Picaria	1	2×50 l, 2×80 l, 3×140 l	680
Rua de Alexandre Herculano	2	7×50 l, 2×80 l, 1×140 l	650
Rua de João Pedro Ribeiro	2	1×50 l, 2×80 l, 3×140 l	630
Rua de António Pedro	1	4×80 l, 2×140 l	600
Praça de Carlos Alberto	3	1×50 l, 2×80 l, 1×140 l, 1×240 l	590
Rua da Galeria de Paris	3	3×50 l, 3×80 l, 1×140 l	530
Praça de D. Filipa de Lencastre	3	3×80 l, 2×140 l	520
Rua de Guedes de Azevedo	4	3×50 l, 2×80 l, 1×140l	450
Rua Formosa	2	3×80 l, 1×140 l	380
Praça da Batalha	4	4×50 l, 2×80 l	360
Rua do Almada	4	1×50 l, 2×80 l, 1×140 l	350
Rua do Dr. António Emílio de Magalhães	1	4×50 l, 1×140 l	340
Rua de Passos Manuel	2	3×50 l, 2×80 l	310
Rua da Trindade	1	2×80 l, 1×140 l	300
Rua da Firmeza	1	1×50 l, 1×240 l	290
Rua de Sá Noronha	3	3×50 l, 1×140 l	290
Rua da Bolsa	1	1×240 l	240
Praça Guilherme Gomes Fernandes	3	2×50 l, 1×140 l	240

**Tabela 6 (cont.). Identificação do Circuito Baixa (arruamento e número de recolhas, contentores e quantidade total recolhida por rua (l)).**

<b>Arruamento</b>	<b>Nº recolhas</b>	<b>Nº contentores e tamanhos</b>	<b>Quantidade recolhida (l)</b>
Travessa dos Congregados	4	3×50 l, 1×80 l	230
Rua de Mouzinho da Silveira	1	1×140 l	140
Rua de Clemente Menéres	1	1×140 l	140
Rua do Bolhão	1	1×50 l, 1×80 l	130
Largo S. Domingos	2	1×50 l, 1×80 l	130
Rua do Clube dos Fenianos	1	1×50 l, 1×80 l	130
Rua de Elísio de Melo	1	1×80 l	80
Travessa do Carregal	1	1×80 l	80
Avenida dos Aliados	1	1×80 l	80
Rua de Damião de Góis	1	1×50 l	50
Praça de Parada Leitão	1	1×50 l	50
<b>TOTAL</b>			<b>19.690</b>

**Tabela 7. Identificação do Circuito Oriental (arruamento e número de recolhas, contentores e quantidade total recolhida por rua (l)).**

<b>Arruamento</b>	<b>Nº recolhas</b>	<b>Nº contentores e tamanhos</b>	<b>Quantidade recolhida (l)</b>
Avenida de Fernão de Magalhães	10	8×50 l, 15×80 l, 9×140 l	2860
Rua dos Campeões Europeus	1	5×240 l, 2×800 l	2800
Rua da Constituição	7	1×50 l, 3×80 l, 2×240 l, 8×140 l	1890
Rua de Costa Cabral	11	7×50 l, 7×80 l, 3×140 l, 1×240 l	1570
Rua de Luís de Aguiar	1	6×140 l, 2×240 l	1320
Via Futebol Clube do Porto	1	1×50 l, 5×80 l, 6×140 l	1290
Rua de Augusto Lessa	2	4×50 l, 4×240 l	1160
Rua Agostinho José Freire	1	1×240 l, 1×800 l	1040
Rua de Sabrosa	1	3×50 l, 1×800 l	950
Rua de S. Roque da Lameira	1	1×80 l, 1×800 l	880
Rua do Bonfim	6	1×50 l, 3×80 l, 2×140 l, 1×240 l	810
Rua das Fontainhas	2	3×50 l, 2×80 l, 2×240 l	790
Praça de Francisco Sá Carneiro	4	1×50 l, 2×80 l, 1×140 l, 1×240 l	590
Rua do Campo Lindo	1	1×80 l, 2×240 l	560
Rua de João Pedro Ribeiro	1	1×80 l, 2×240 l	560
Rua de Augusto Rosa	3	1×50 l, 1×80 l, 3×140 l	550
Estrada E.N. 106	1	3×80 l, 2×140 l	520

**Tabela 8 (cont.). Identificação do Circuito Oriental (arruamento e número de recolhas, contentores e quantidade total recolhida por rua (l)).**

<b>Arruamento</b>	<b>Nº recolhas</b>	<b>Nº contentores e tamanhos</b>	<b>Quantidade recolhida (l)</b>
Rua Hernâni Torres	1	1×80 l, 1×240 l	320
Campo de Vinte e Quatro de Agosto	2	1×50 l, 3×80 l	290
Rua de Leonardo Coimbra	2	2×140 l	280
Praça do Marquês de Pombal	3	1×50 l, 1×80 l, 1×140 l	270
Rua de S. Brás	2	1×80 l, 1×140 l	220
Praça da Alegria	2	1×80 l, 1×140 l	220
Largo de Soares dos Reis	2	1×50 l, 2×80 l	210
Rua de Santo Ildefonso	2	1×50 l, 2×80 l	210
Avenida de Rodrigues de Freitas	1	1×50 l, 1×140 l	190
Rua Jaime Brasil	1	1×50 l, 1×140 l	190
Av. dos Combatentes da Grande Guerra	1	1×180 l	180
Rua da Vigorosa	1	1×180 l	180
Rua de Acácio Lino	1	2×80 l	160
Rua do Barão de Nova Sintra	1	2×80 l	160
Rua do Covelo	1	1×140 l	140
Rua de Nove de Abril	1	1×140 l	140
Rua de Carlos da Maia	1	1×140 l	140
Rua de Aurélia de Sousa	1	1×140 l	140
Rua da Firmeza	1	1×140 l	140
Largo de S. Dinis	1	1×50 l, 1×80 l	130
Rua do Heroísmo	1	1×50 l, 1×80 l	130
Rua das Antas	1	1×50 l, 1×80 l	130
Largo do Dr. Tito Fontes	1	1×80 l	80
Rua de Anselmo Braamcamp	1	1×80 l	80
Rua de Ferreira Cardoso	1	1×80 l	80
Rua de S. Dinis	1	1×50 l	50
Rua Nova de S. Crispim	1	1×50 l	50
Largo da Lapa	1	1×50 l	50
Rua do Bonjardim	1	1×50 l	50
Rua de Santos Pousada	1	1×50 l	50
Rua de D. João IV	1	1×50 l	50
Praça dos Poveiros	1	1×50 l	50
Rua do Campinho	1	1×50 l	50
Rua do Sol	1	1×50 l	50
Rua de Alexandre Herculano	1	1×50 l	50
<b>TOTAL</b>			<b>25.050</b>

Ambos os circuitos de recolha têm início nas Oficinas Gerais da CMP, seguindo-se a recolha dos resíduos alimentares nos estabelecimentos aderentes até à Central de Valorização Orgânica – LIPOR (Baguim do Monte, Gondomar). Depois de descarregados os resíduos alimentares recolhidos, os veículos de recolha regressam às Oficinas Gerais da CMP onde efetuam o registo dos quilómetros percorridos e atestam o depósito da viatura.

Para a definição dos trajetos foi necessário criar uma *Feature Class* linear, que sobreposta sobre a cartografia de base planimétrica da cidade Porto, permitiu desenhar o traçado dos percursos efetuados pelos veículos de recolha (Anexo III - Figura 25).

A Figura 11 e Figura 12 apresentam os percursos dos veículos de recolha ao longo do Circuito Baixa e Oriental, respetivamente, assim como o local e a ordem pelo qual são realizados. Os circuitos apresentam uma extensão de cerca de 42 km (Circuito Baixa) e 59 km (Circuito Oriental).

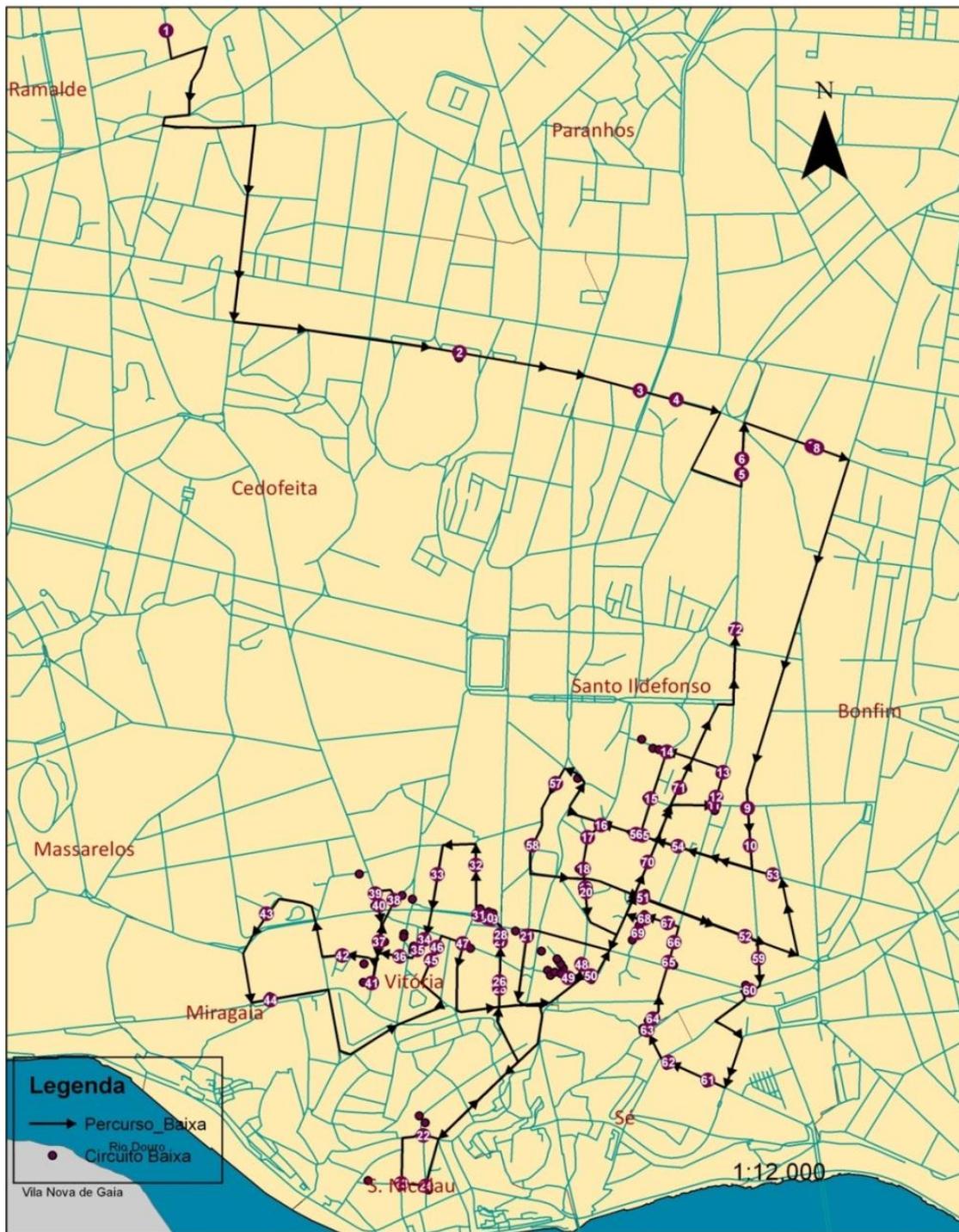


Figura 11. Rota efetuada pelo veículo de recolha do Circuito Baixa. A figura apresenta a ordem pela qual é realizada nos estabelecimentos aderentes ao *Projeto Restauração 5 Estrelas*.



Figura 12. Rota efetuada pelo veículo de recolha do Circuito Oriental. A figura apresenta a ordem pela qual é realizada nos estabelecimentos aderentes ao *Projeto Restauração 5 Estrelas*.

São apenas apresentados os trajetos realizados desde o início do serviço até ao último estabelecimento onde é feita a recolha. No entanto, os valores acima apresentados, relativos à extensão dos circuitos, contabilizam todo o trajeto realizado, com início e

fim nas Oficinas Gerais da CMP (Ponto 1). Todas as ruas percorridas por cada um dos circuitos (Baixa e Oriental) encontram-se no Anexo IV.

# 3 QUANTIFICAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO

Neste capítulo é apresentada, em primeiro lugar, a metodologia usada no cálculo da pegada. Em seguida, são apresentados os resultados obtidos para a pegada de carbono associada à situação atual, bem como para os cenários alternativos estudados que incluem circuitos de recolha porta a porta alternativos aos existentes e circuitos de recolha por contentorização coletiva.

## 3.1 Metodologia usada

### 3.1.1 Identificação dos fatores de emissão e potenciais de aquecimento global

A metodologia usada é baseada nas linhas diretrizes do *Guia para Inventariação Nacional de Gases com Efeito de Estufa (GEE)* do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC, 2006) e no *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard* (WBCSD/WRI, 2004). Estes documentos identificam as atividades a incluir no estudo, bem como as emissões de GEE a considerar que estão direta ou indiretamente associadas a essas atividades. A metodologia contabiliza os gases constantes no Protocolo de Quioto, nomeadamente, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), perfluorocarbonetos (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) e hidrofluorocarbonetos (HFCs). Este estudo avalia a pegada de carbono considerando apenas o dióxido de carbono, metano e óxido nitroso. Estes são gases correntemente usados na avaliação da pegada de carbono. A metodologia descrita no IPCC (2006) faz referência a fatores de emissão com especificidades diferentes, designados respetivamente por tipo 1, 2 ou 3.

Os fatores de emissão (do tipo 1) consideram apenas o tipo de combustível usado pela frota, os fatores de emissão (tipo 2) consideram o tipo de combustível, tipo de veículo e tecnologia do motor e os fatores de emissão (tipo 3) para além dos aspetos referidos

no tipo 2, consideram ainda as condições de operação da frota (fatores ambientais, zona rural ou urbana). As emissões de dióxido de carbono foram calculadas usando fatores de emissão que consideram apenas o tipo de combustível (tipo 1). Para o cálculo das emissões de óxido nitroso e metano utilizaram-se os fatores de emissão do tipo 3 (EMEP/EEA, 2009). As emissões de GEE são calculadas multiplicando o consumo de combustível (ou a distância percorrida) pelos fatores de emissão específicos de cada poluente  $x$  (Equação 1).

$$Total\ Emissões\ de\ GEE = \sum_{a,b,c,d} [(Distância\ ou\ Consumo)_{a,b,c,d} \times FE_{x,a,b,c,d}] \quad (1)$$

Onde,

*Emissões de GEE* – emissões de GEE ( $kg_{poluente\ x}$ );

*Distância* – distância percorrida (km);

*Consumo* – consumo combustível (l);

$FE_x$  – fator de emissão ( $kg_{poluente\ x} \cdot km^{-1}$  ou  $kg_{poluente\ x} \cdot l^{-1}$ );

*a* – tipo de combustível (gasóleo, gasolina, gás natural);

*b* – tipo de veículo;

*c* – tecnologia do motor;

*d* – condições de operação (fatores ambientais, zona rural ou urbana ou autoestrada).

Os fatores de emissão usados são específicos para cada um dos GEE em função do tipo de combustível (para o caso de emissão do  $CO_2$ ), tipo de veículo, tecnologia do motor e condições de operação (EMEP/EEA, 2009). Os fatores de emissão usados são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Fatores de emissão específicos para as emissões de GEE (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>) (EMEP/EEA 2009).

Tipo de GEE	Tecnologia do Motor	Fator de emissão
CO <sub>2</sub>	-	2,62 kg.l <sup>-1</sup> b)
CH <sub>4</sub>	-	1,75E-04 kg.km <sup>-1</sup>
N <sub>2</sub> O	Euro V <sup>c)</sup>	2,98E-05 kg.km <sup>-1</sup>

b) Valor obtido considerando o fator de emissão do CO<sub>2</sub> = 3,14 kg.(kg combustível)<sup>-1</sup> e a massa volúmica do gasóleo = 0,835 kg.l<sup>-1</sup>.

c) Limites de emissão de poluentes provenientes de veículos a gasóleo: monóxido de carbono - 500 mg/km); PM - 5 mg/km; NOx - 180mg/km; emissões combinadas de hidrocarbonetos e óxidos de azoto – 230 mg/km).

A avaliação da pegada de carbono usa fatores de potencial de aquecimento global (GWP<sub>100</sub>) que refletem o efeito relativo dos gases de efeito de estufa em termos de mudança climática, considerando um período fixo de tempo correspondente a 100 anos (IPCC, 2007). O resultado obtido para a pegada é expresso em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente segundo a Equação 2.

$$Total\ Emissões\ de\ GEE\ (kg\ CO_2eq) = \sum_x (Emissões_x \times FC_{AG_x}) \quad (2)$$

Onde,

$Emissões_x$  - emissões de GEE (kg);

$FC_{AG_x}$  – fator de caracterização do potencial de aquecimento global do poluente x (kg CO<sub>2</sub>eq/kg poluente x) (IPCC 2007).

Os potenciais específicos para os três gases com efeito de estufa considerados no estudo são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Potencial de aquecimento global para os GEE considerados neste estudo (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O) (IPCC, 2007).

GEE	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Fatores de caracterização (kg de CO <sub>2</sub> equivalente/kg de poluente x)	1	25	298

O indicador de desempenho é uma medida de avaliação quantitativa da eficiência ou da eficácia de um elemento do serviço prestado pela entidade gestora. A eficiência

permite avaliar até que ponto os recursos disponíveis são utilizados de modo otimizado para a produção do serviço. A eficácia avalia até que ponto são cumpridos os objetivos de gestão definidos (ERSAR, 2011a).

Cada indicador, ao permitir a quantificação do desempenho sob um dado ponto de vista, numa dada área e durante um determinado período de tempo, facilita a avaliação do cumprimento de objetivos e a análise da evolução ao longo do tempo (ERSAR, 2011a).

Foi calculado o indicador de desempenho relativo às emissões de gases com efeito de estufa (RU16b) resultantes do consumo de combustível dos veículos de recolha de resíduos alimentares na área de intervenção da entidade gestora. O Anexo V apresenta os pressupostos usados no cálculo deste indicador.

### **3.1.2 Delineação de rotas alternativas**

Na delimitação de circuitos de recolha alternativos aos existentes (porta a porta e contentorização) foi utilizado o sistema de informação geográfica *ESRI ArcGIS® 10.0*.

Um sistema de informação geográfica estuda dados caracterizados por diferentes classes geográficas (*Feature Classes*) e atributos (*Attributes*), permitindo um relacionamento topológico entre estas. Este relacionamento é efetuado através do programa *ArcMap* que permite a sobreposição de diferentes camadas (*Layers*) constituintes de uma determinada situação geográfica (zonas residenciais, estradas, relevo do terreno, rios e outras), relacionando-as entre si (Beijoco, 2011; ESRI, 2011).

As *Features* são características geográficas que podem ser representadas por pontos, linhas e polígonos. Por exemplo, as linhas podem representar uma rede de estradas, e os polígonos áreas limitadas de terreno (ESRI, 2011).

Uma rede é constituída por um conjunto de *Features* que participam dessa rede. A relação entre estas *Features* permite criar um *Network Dataset* (Anexo VI - Figura 28) que faz a interligação entre as *Features* que compõem a rede (arcos e nós) e um conjunto de informações que as caracterizam, como hierarquias, impedâncias e restrições. Os nós representam o início e o fim de um arco, sendo que um conjunto de arcos define um troço da rede como, por exemplo, uma estrada. Neste trabalho os comprimentos e os sentidos do eixo viário, são exemplos de atributos dos arcos, e os

nós podem representar a localização dos ecopontos, locais de recolha de resíduos alimentares, entre outros, tendo como atributos o nome da rua, o número de polícia, a ordem de recolha, e muitas outras informações (ArcGIS, 2012; Beijoco, 2011; ESRI, 2011).

Foi necessário proceder à edição da *feature* referente à rede de estradas do município do Porto, uma vez que existem estradas e arruamentos que são proibidos ao trânsito normal de veículos mas que, com a devida autorização, os veículos da CMP podem transitar. O Anexo III (Figura 26 e Figura 27) apresenta a edição realizada em *ArcGIS*.

Com base na rede de estradas alterada, foi criado o *Network Dataset* (Anexo VI - Figura 29), onde é possível otimizar percursos, tendo por base o tempo ou a distância, através de um algoritmo intrínseco à extensão *Network Analyst* do *ESRI ArcMap ArcGIS® 10* (ArcGIS, 2012; Beijoco, 2011).

A solução ótima é dada considerando o ponto inicial e final do circuito de recolha, cumprindo a passagem pelos locais predestinados (neste estudo, os locais de recolha – estabelecimentos ou contentores), respeitando os sentidos do trânsito, sendo o principal objetivo deste trabalho minimizar a variável distância, não tendo em conta as variáveis tempo e custo (ArcGIS, 2012). Todas as paragens, ou seja, locais de passagem obrigatórios (estabelecimentos ou contentores), foram colocadas, ponto por ponto, sobre a rede *Network Dataset* criada (Anexo VI - Figura 30). Com esta informação e através da ferramenta *New Route* da extensão *Network Analyst* foi possível obter as rotas dos circuitos alternativos (recolha porta a porta e por contentorização).

### **3.2 Quantificação da Pegada de Carbono para a situação atual**

A Tabela 11 apresenta os resultados das emissões de GEE (em t CO<sub>2</sub>eq) de cada um dos circuitos de recolha de resíduos alimentares, assim como a pegada de carbono de ambos os circuitos em 2011 (t CO<sub>2</sub>eq), por circuito de recolha e por quilómetro (kg CO<sub>2</sub>eq).

**Tabela 11. Registo dos valores parciais (t CO<sub>2</sub>eq) e totais (em kg CO<sub>2</sub>eq e t CO<sub>2</sub>eq) das emissões de GEE para os dois circuitos de recolha de resíduos alimentares, em 2011, por circuito e por quilómetro.**

Circuito	Emissões GEE (t CO <sub>2</sub> eq)			PEGADA de CARBONO
	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	
Baixa	9,8E-02	4,8E-02	1,9E+01	<b>19 t CO<sub>2</sub>eq.ano<sup>-1</sup></b>
Oriental	1,3E-01	6,3E-02	2,1E+01	<b>21 t CO<sub>2</sub>eq.ano<sup>-1</sup></b>
Baixa	3,7E-04	1,8E-04	7,2E-02	<b>73 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup></b>
Oriental	5,2E-04	2,6E-04	8,6E-02	<b>87 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup></b>
Baixa	8,9E-06	4,4E-06	1,7E-03	<b>1,7 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup></b>
Oriental	8,9E-06	4,4E-09	1,5E-03	<b>1,5 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup></b>

Em 2011, os veículos de recolha de resíduos alimentares apresentam uma pegada de carbono igual a 19 t CO<sub>2</sub>eq.ano<sup>-1</sup> (para o Circuito Baixa) e de 21 t CO<sub>2</sub>eq.ano<sup>-1</sup> (para o Circuito Oriental) perfazendo um total de 40 t CO<sub>2</sub>eq. A pegada associada ao Circuito Baixa é de 73 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> e ao Oriental é de 87 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup>. Constata-se uma pequena diferença entre as pegadas para os dois circuitos quando expressas por quilómetro percorrido. O Circuito Baixa regista uma pegada ligeiramente superior que pode estar associada à maior sinuosidade e declive das ruas e arruamentos da zona da baixa, assim como um maior número de pára-arranca em consequência dos semáforos e maior intensidade de trânsito na zona histórica da cidade.

### **3.3 Quantificação da Pegada de Carbono para cenários alternativos**

Foram estudados dois cenários alternativos. Um dos cenários define circuitos alternativos para a recolha porta a porta e o outro cenário considera a substituição do circuito porta a porta existente por circuitos de recolha coletiva por contentorização.

#### **3.3.1 Delineação de circuitos alternativos de recolha porta a porta**

O local de partida dos veículos de recolha para o serviço manteve-se (Oficinas Gerais da CMP) e foi considerado como ponto de destino a autoestrada A3. Este foi assim considerado devido à ausência de informação relativa à rede de estradas dos

concelhos envolventes do Porto. Na realidade, o destino final é a Central de Valorização da LIPOR que se localiza em Baguim do Monte, Gondomar.

A Figura 13 e Figura 14 apresentam o resultado obtido para os circuitos de recolha porta a porta alternativos aos Circuitos Baixa e Oriental existentes.

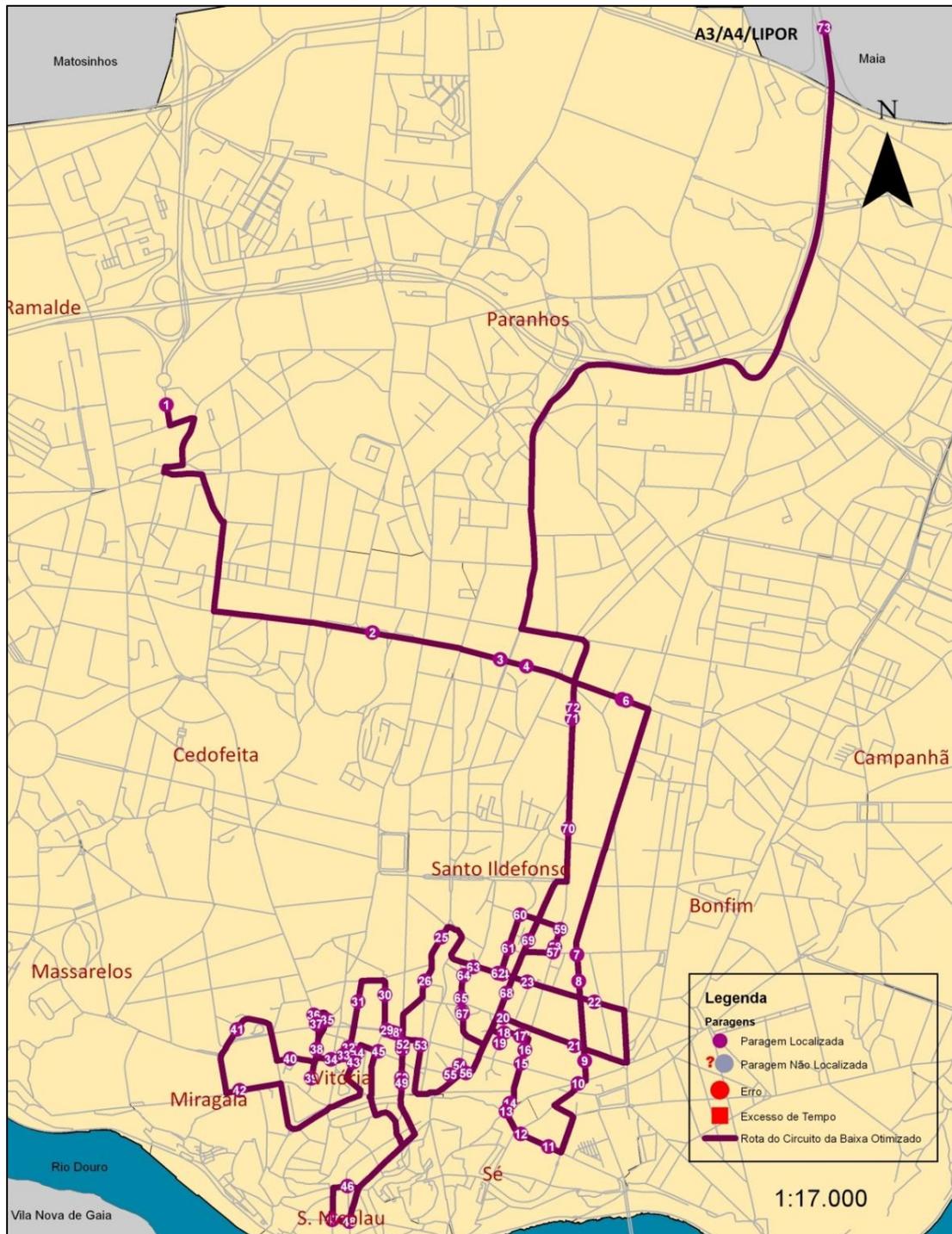




Figura 14. Representação esquemática da rota alternativa ao Circuito Oriental, utilizando a ferramenta *New Route*.

A extensão dos circuitos de recolha de resíduos alimentares porta a porta alternativos aos circuitos existentes é de aproximadamente 39 km (para o Circuito Baixa) e 62 km (para o Circuito Oriental).

A Tabela 12 apresenta os resultados das emissões de GEE e a pegada de carbono associada aos circuitos alternativos de recolha porta a porta de resíduos alimentares.

**Tabela 12. Registo dos valores parciais (em t CO<sub>2</sub>eq) e totais (em kg CO<sub>2</sub>eq) das emissões de GEE para os dois circuitos de recolha porta a porta alternativos, por circuito e por quilómetro.**

Circuito Alternativo	Emissões GEE (t CO <sub>2</sub> eq)			PEGADA de CARBONO
	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	
Baixa	3,5E-04	1,7E-04	6,8E-02	<b>68 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup></b>
Oriental	5,5E-04	2,7E-04	9,1E-02	<b>92 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup></b>
Baixa	8,9E-06	4,4E-06	1,7E-03	<b>1,7 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup></b>
Oriental	8,9E-06	4,4E-06	1,5E-03	<b>1,5 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup></b>

A pegada de carbono associada ao circuito alternativo Baixa é de 68 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> e ao alternativo Oriental é de 92 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup>. Constata-se que o valor da pegada de carbono do circuito de recolha alternativo da Baixa é inferior ao valor do atual circuito (73 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup>). Pelo contrário, o circuito alternativo Oriental apresenta uma pegada superior ao atualmente realizado (87 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup>), uma vez que a distância percorrida é maior. As pegadas para os dois circuitos quando expressas por quilómetro percorrido apresentam os mesmos valores dos atuais circuitos, ou seja, 1,7 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup> (Circuito Alternativo Porta a porta Baixa) e 1,5 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup> (Circuito Alternativo Porta a porta Oriental), uma vez que foram considerados os mesmos consumos médios.

### 3.3.2 Definição de circuitos alternativos de recolha por contentorização

Os circuitos de recolha propostos consistem em circuitos de recolha por contentorização em alternativa aos circuitos de recolha porta a porta existentes. Foram tomadas algumas considerações para a definição destes cenários, nomeadamente:

- Colocação de contentores a uma distância inferior a 200 m do limite do prédio (ERSAR, 2011b);
- Utilização de contentores *Molok* para a recolha dos resíduos alimentares;
- Capacidade máxima dos contentores - 750 litros;

- Colocação dos contentores junto a ecopontos *Citytainer* (totalmente enterrados) ou *Molok* (parcialmente enterrados);
- Aglomeração do maior número de estabelecimentos no menor número de contentores possível, respeitando as quantidades fornecidas por cada estabelecimento;

Os contentores escolhidos para o estudo dos circuitos de recolha alternativos por contentorização foram os *Molok* Biosistema (Figura 15). Estes representam um método higiénico e eficiente para a recolha de resíduos orgânicos (resíduos alimentares e verdes).



Figura 15. Contentores *Molok* Biosistema (*BioSystem*) (Molok, 2011).

Os lixiviados resultantes da decomposição orgânica são drenados através de uma placa perfurada até ao reservatório de recolha de líquidos existente no contentor. Na recolha os fluidos são esvaziados simultaneamente com os resíduos. Dentro do recipiente existe um longo saco de papel biodegradável que é mudado a cada nova recolha, a fim de manter o sistema sempre limpo. O contentor apresenta um diâmetro externo de 900 mm, uma capacidade de 750 l e um recipiente de recolha de lixiviados de 50 l. Tem uma altura total de 2700 mm, dos quais 1500 mm estão enterrados no subsolo (Molok, 2011).

### **Localização de contentores *Molok* e *Citytainer* na Zona CMP**

A opção tomada foi a de uma eventual colocação dos contentores *Molok BioSystem* junto de ecopontos correntemente existentes (*Molok* e *Citytainer*) na Zona CMP. Tal deve-se ao facto dos contentores utilizados na recolha de resíduos alimentares terem

características muito semelhantes aos ecopontos existentes pois estão também parcialmente enterrados e por uma questão de estética e de gestão de espaço esta foi considerada. Na Figura 16 são apresentados os contentores *Molok* e *Citytainer*.

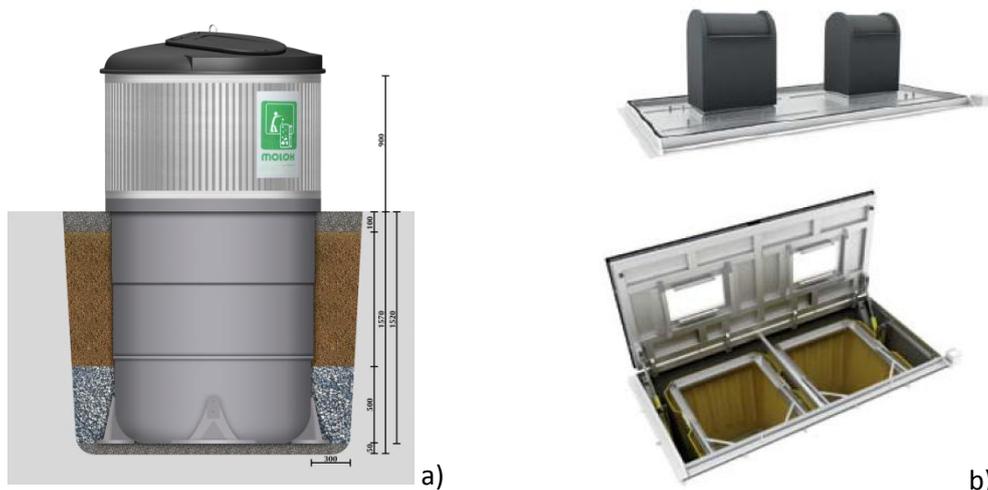


Figura 16 a) Contentores *Molok* (Molok, 2011), Figura 16 b) contentores *Citytainer* com a tampa fechada e aberta (TNL, 2011).

Foi realizado um exercício no sentido de verificar se todos os estabelecimentos pertencentes a ambos os circuitos de recolha são abrangidos pelos *buffers* de 200 m à volta dos ecopontos, pois representam os locais onde poderão ser colocados os contentores *Molok BioSystem*. Conclui-se que em geral, a maioria dos estabelecimentos, de ambos os circuitos, é abrangida pelos *buffers* de 200 m à volta dos ecopontos, *Molok* e *Citytainer*. No entanto, verifica-se que alguns estabelecimentos se encontram fora dessa área, o que significa que existirão locais de deposição de resíduos alimentares em zonas onde não se encontram contentores *Molok* ou *Citytainers*. O Anexo VII (Figura 31 e Figura 32) apresenta os *buffers* de 200 m à volta dos ecopontos, *Molok* e *Citytainer*, e os pontos de recolha dos Circuitos Baixa e Oriental.

O passo seguinte foi a referenciação em *ArcGis* (Anexo VIII) dos contentores, de forma a satisfazer as quantidades fornecidas por cada estabelecimento diariamente. A Figura 17 apresenta a localização dos pontos onde foram colocados os contentores *Molok BioSystem*. No Anexo IX encontra-se toda a informação relativa às ruas e número de



contentorização. O outro ponto encontra-se à entrada do Centro Comercial *Dolce Vita*. No entanto, na realidade, a recolha de resíduos alimentares deste estabelecimento efetua-se no ponto assinalado por uma estrela, que se encontra abrangido pela nova área de contentorização.

Realça-se que para este novo cenário alguns estabelecimentos do Circuito Oriental passaram a integrar o Circuito Baixa. Isto visou concentrar o maior número de recolhas nos estabelecimentos no menor número possível de contentores. Esta otimização é devida à proximidade de contentores *Molok BioSystem* cuja capacidade máxima não havia sido atingida. O Anexo VII (Figura 33) apresenta duas situações em que tal se verifica.

A Figura 18 apresenta os traçados para os circuitos alternativos de contentorização identificados em *ArcGis*. Os circuitos de recolha alternativos apresentam, respetivamente, 33 paragens (Circuito Baixa) e 39 paragens (Circuito Oriental), tendo em conta o ponto de partida e o ponto de destino (LIPOR). O circuito possui 38 km (Circuito Alternativo Baixa) e 51 km (Circuito Alternativo Oriental).

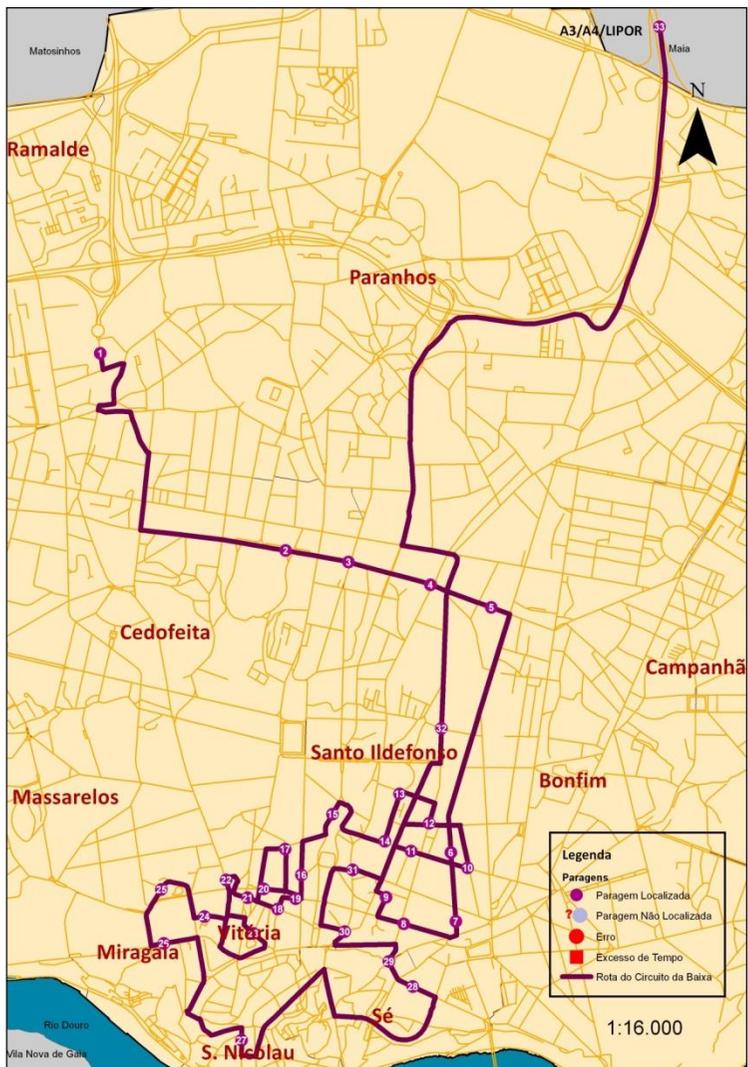


Figura 18. Representação esquemática dos circuitos de contentorização alternativos para o Circuito Baixa (lado esquerdo) e Circuito Oriental (lado direito).

Na Tabela 13 são apresentadas as distâncias percorridas em cada um dos circuitos, Baixa e Oriental, para o cenário de recolha porta a porta existente e para os cenários alternativos, assim como o número de paragens em cada dos circuitos.

**Tabela 13. Tabela resumo com as distâncias percorridas (em km) e o número de paragens em cada um dos circuitos existentes (Baixa e Oriental) e para os cenários alternativos.**

Circuitos		Distância Percorrida (km)	Nº Paragens
<b>Existentes: Porta a porta</b>	Baixa	42	73
	Oriental	59	86
<b>Alternativos: Porta a porta</b>	Baixa	39	73
	Oriental	62	85
<b>Alternativos: Contentorização coletiva</b>	Baixa	38	33
	Oriental	51	39

Os circuitos de recolha porta a porta, existentes e alternativos, apresentam distâncias percorridas e número de paragens muito semelhantes. Os circuitos alternativos de recolha por contentorização coletiva quando comparados com os circuitos de recolha porta a porta apresentam valores de distâncias percorridas e número de paragens por circuito inferiores.

Os veículos usados no estudo dos circuitos alternativos por contentorização são específicos para a recolha de contentores *Molok*. O Anexo X (Tabela 21) apresenta algumas características destes veículos. Estes possuem grua para erguer o saco existente dentro de cada contentor (Figura 19).



**Figura 19. Veículo de recolha de sacos de contentores Molok.**

O consumo médio do veículo, com as características anteriormente referidas, foi obtido por registo dos consumos, pelo condutor do veículo responsável por determinado circuito de recolha de resíduos indiferenciados, durante um período de nove dias. Os dados recolhidos são apresentados no Anexo X (Tabela 22). O valor do consumo médio de 89,7 l.100 km<sup>-1</sup> foi considerado para ambos os veículos usados na recolha de resíduos alimentares dos circuitos alternativos de contentorização. A consideração dos consumos de combustível dos veículos associados à recolha de resíduos indiferenciados deve-se ao facto de a caracterização física destes resíduos (fração de resíduos putrescíveis é de cerca de 65% em peso) ser semelhante à dos resíduos alimentares.

A Tabela 14 apresenta os resultados das emissões de GEE e a pegada de carbono associada aos circuitos alternativos de recolha de resíduos alimentares os resultados são apresentados por circuito e por quilómetro.

**Tabela 14. Registo dos valores parciais (em t CO<sub>2</sub>eq) e totais (em kg CO<sub>2</sub>eq) das emissões de GEE para os dois circuitos de recolha alternativos de contentorização, por circuito e por quilómetro.**

Circuito	Emissões GEE (t CO <sub>2</sub> eq)			PEGADA de CARBONO
	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	
Baixa Alternativo	3,4E-04	1,7E-04	9,1E-02	<b>91 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup></b>
Oriental Alternativo	4,6E-04	2,3E-04	1,2E-01	<b>122 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup></b>
Baixa Alternativo	8,9E-06	7,5E-07	2,4E-03	<b>2,4 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup></b>
Oriental Alternativo	8,9E-06	7,5E-07	2,4E-03	<b>2,4 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup></b>

A pegada de carbono associada aos circuitos alternativos da Baixa é de 91 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> e ao Oriental é de 122 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup>. Constata-se que os valores da pegada de carbono dos circuitos de recolha alternativos são ambos superiores aos valores registados pelos circuitos atualmente existentes. As pegadas para os dois circuitos quando expressas por quilómetro percorrido apresentam ambas o valor de 2,4 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup>, uma vez que foi considerado um consumo médio igual para os veículos responsáveis pela recolha.

O estudo relativo aos circuitos de recolha alternativos por contentorização, com vista à utilização por parte de estabelecimentos deve ser encarado como um exercício académico. Isto porque não é facilmente implementada uma solução que implica a deslocação e o transporte de contentores pelo Homem na via pública com capacidades de 50 até aos 800 litros. Este estudo será, no entanto, importante se se considerar a possibilidade de alargamento da recolha de resíduos alimentares aos municípios.



## 4 CONCLUSÕES

O trabalho realizado permitiu avaliar a pegada de carbono associada a dois circuitos de recolha seletiva de resíduos alimentares existentes na cidade do Porto, nomeadamente, o Circuito Baixa e Circuito Oriental. O valor da pegada, calculado para a situação corrente, foi comparado com a avaliação da pegada para circuitos alternativos aos existentes, nomeadamente, para rotas de recolha e transporte alternativos para os circuitos Baixa e Oriental.

Desde 2006, a Câmara Municipal do Porto em colaboração com a LIPOR, iniciou um projeto denominado por *Operação Restauração 5 Estrelas* cujo objetivo consiste na recolha seletiva de resíduos alimentares em estabelecimentos de restauração e similares. Em 2011, o município do Porto encaminhou para a Central de Valorização Orgânica da LIPOR cerca de 5546 toneladas de resíduos alimentares. Nesse mesmo ano a Zona CMP (inclui recolhas na Baixa e parte Oriental da cidade) é aquela que regista um maior valor de resíduos recolhidos (3258 toneladas) o que equivale, aproximadamente, a três vezes mais do que os resíduos alimentares recolhidos pelas entidades privadas que efetuam recolhas na área metropolitana do Porto (designadamente a Suma e Invictaambiente). A recolha individual destas entidades é de aproximadamente 1100 toneladas. Nos Circuitos Baixa e Oriental são recolhidos, respetivamente, resíduos alimentares de 95 e 97 estabelecimentos, entre os quais, escolas, restaurantes, confeitarias, frutarias, hipermercados e hospitais (cozinha, bares e refeitório). Os circuitos correntes apresentam uma extensão de cerca de 42 km (Circuito Baixa) e 59 km (Circuito Oriental). As distâncias calculadas para os circuitos consideram a distância percorrida desde o início do serviço de recolha nas Oficinas Gerais da CMP, a descarga dos resíduos alimentares na Central de Valorização Orgânica da LIPOR, e o regresso ao ponto de partida. Os dois circuitos recolhem diariamente, em média, entre 3 a 4 toneladas de resíduos alimentares e, abrangem as freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Bonfim, Vitória, Sé, S. Nicolau e Miragaia (para o circuito Baixa) e Paranhos, Cedofeita, Santo Ildefonso, Bonfim, Sé e Campanhã (para o circuito Oriental).

Este estudo avaliou a pegada de carbono considerando os seguintes gases com efeito de estufa: dióxido de carbono, metano e óxido nitroso. Para 2011 a pegada de carbono calculada é igual a 19 t CO<sub>2</sub>eq.ano<sup>-1</sup> (para o Circuito Baixa) e 21 t CO<sub>2</sub>eq.ano<sup>-1</sup> (para o Circuito Oriental) perfazendo um total de 40 t CO<sub>2</sub>eq. A pegada de carbono associada ao Circuito Baixa é de 73 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> e ao Oriental é de 87 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup>. Quando expressas por quilómetro percorrido, as pegadas apresentam valores de 1,7 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup> (para o Circuito Baixa) e 1,5 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup> (para o Circuito Oriental).

Utilizou-se a ferramenta *New Route* da extensão *Network Analyst* da ferramenta informática *ESRI ArcGIS® 10.1* para a análise das rotas atuais e para a criação de rotas alternativas de recolha porta a porta e de contentorização. A extensão dos circuitos alternativos de recolha porta a porta é de aproximadamente 39 km (para o Circuito Baixa) e 62 km (para o Circuito Oriental). Verifica-se uma redução de aproximadamente 3 km (para o Circuito Baixa) e, um aumento de 3 km (para o Circuito Oriental). A pegada de carbono associada aos circuitos alternativos de recolha porta a porta do Circuito Baixa é de 68 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> e do Oriental é de 92 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup>. Constata-se que o valor da pegada de carbono do circuito de recolha porta a porta alternativo da Baixa é inferior ao valor do atual circuito (73 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup>). Pelo contrário, o circuito alternativo Oriental apresenta uma pegada superior ao atualmente realizado (87 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup>), uma vez que a distância percorrida é maior. As pegadas para os dois circuitos alternativos quando expressas por quilómetro percorrido apresentam os mesmos valores dos atuais circuitos, ou seja, 1,7 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup> (Circuito Baixa alternativo) e 1,5 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup> (Circuito Oriental alternativo). Conclui-se que as rotas alternativas de recolha porta a porta não trazem benefícios, em termos de pegada de carbono, para a zona CMP (que integra a Baixa e a Oriental).

Em relação à definição de circuitos de recolha alternativos de contentorização estes apresentam, respetivamente, 33 paragens (Circuito Baixa) e 39 paragens (Circuito Oriental). O novo circuito possui uma extensão de 38 km (circuito alternativo de contentorização Baixa) e 50,7 km (circuito alternativo de contentorização Oriental). Por comparação com a situação corrente, verifica-se uma redução de

aproximadamente 4 km (para o Circuito Baixa) e 8 km (para o Circuito Oriental). No entanto, a pegada de carbono associada ao circuito Baixa é agora de 91 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup> e para o Oriental de 122 kg CO<sub>2</sub>eq.circuito<sup>-1</sup>. A diferença de valores da pegada de carbono registada, por circuito, é cerca de mais 25% (Baixa) e 40% (Oriental). Quando expressas por quilómetro percorrido, ambas as pegadas apresentam o valor de 2,4 kg CO<sub>2</sub>eq.km<sup>-1</sup>. Para este caso a pegada para a alternativa de contentorização é de mais 40% (Baixa) e 60% (Oriental). Conclui-se que a pegada de carbono é superior ao valor calculado para a situação corrente. Isto deve-se ao facto de que se considerou que o consumo de combustível dos veículos de recolha e transporte é cerca de 47% maior do que o atual consumo médio da frota de recolha de resíduos alimentares.

Conclui-se que o número de estudos disponíveis versando a temática da avaliação da pegada associada à recolha de biorresíduos em municípios é reduzido, o que torna a comparação difícil. Os estudos revistos indicam que o transporte e recolha de resíduos são atividades importantes no que toca à emissão de GEE, não sendo, no entanto, as que mais contribuem para o aquecimento global. Um dos estudos afirma que a recolha porta a porta apresenta uma pegada de carbono superior quando comparada com a utilização de ecopontos, para a recolha de RSU (Iriarte et al., 2009).

No entanto, o estudo realizado permitiu concluir, que a pegada associada à recolha e transporte de resíduos alimentares por contentorização é superior ao da recolha porta a porta.

Quanto ao indicador de desempenho relativo às emissões de gases com efeito de estufa (RU16b) resultantes do consumo de combustível dos veículos de recolha de resíduos alimentares, o valor obtido foi de 18 kg CO<sub>2</sub>.t<sup>-1</sup>. Para sistemas em baixa em áreas de intervenção predominantemente urbanas, este resultado evidencia uma qualidade de serviço insatisfatória. A grande sinuosidade e declive das ruas e arruamentos da cidade do Porto, assim como o constante pára-arranca devido aos semáforos e intenso trânsito poderão estar na base deste resultado.

Este estudo possui algumas limitações associadas à estimativa dos consumos de combustível para os veículos de recolha de contentores *Molok* associados à identificação dos cenários alternativos de contentorização. A estimativa dos consumos baseou-se numa recolha diária de valores durante 9 dias para circuitos de recolha distintos dos previstos no circuito alternativo Baixa e Oriental. A esta estimativa poderá estar associada uma elevada incerteza.

Salienta-se então a importância da avaliação da pegada associada à recolha e transporte de resíduos alimentares no sentido de colmatar a lacuna existente e suportar futuras implementações de opções de gestão de resíduos. De realçar, que a pegada de carbono depende de vários fatores, como por exemplo, tipo de atividades consideradas, modo de operação dos veículos, tipo de percurso efetuado (condições urbanas ou rurais, autoestrada) e distância. Por isso, a sua estimativa para casos de aplicação como o realizado, neste caso para a área metropolitana do Porto, permitirá a avaliação e comparação da qualidade dos serviços de recolha de resíduos em termos ambientais de outras instituições que realizem este tipo de serviço, nomeadamente câmaras e empresas de limpeza, a fim de encontrar soluções que permitam diminuir as quantidades de GEE emitidas.

Realça-se que o valor da pegada de carbono calculado poderá ser tomado como referência para futuras metas e reduções, nomeadamente uma melhoria no indicador de desempenho da sustentabilidade da gestão do serviço, relativo às emissões de gases com efeito de estufa, que reflete uma melhoria na qualidade do serviço em termos ambientais.

## 5 PERSPETIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS

No que respeita ao âmbito do trabalho realizado recomenda-se para trabalhos futuros, a inclusão das emissões de outros GEE associados às atividades de manutenção dos veículos, como por exemplo, a troca de pneus e óleo.

Sugere-se também o estudo de alternativas que foquem a utilização de veículos movidos a gás natural de modo a comparar as diferenças existentes na pegada de carbono para os diferentes tipos de combustível (gás natural e gasóleo).

Realça-se a importância da recolha de uma amostra representativa de consumos médios dos veículos de recolha de contentores *Molok*, para diferentes áreas da cidade do Porto, a fim de avaliar a pegada de carbono associada aos circuitos de recolha com base em valores de consumo de combustível mais fiáveis.

Em relação à extensão do objetivo e âmbito, sugere-se a avaliação da pegada de carbono estendida à recolha realizada em toda a área metropolitana do Porto, nomeadamente dos veículos de recolha de resíduos alimentares das empresas Invictaambiente e SUMA, para os circuitos atualmente existentes e para cenários alternativos de recolha por contentorização e porta a porta. Uma avaliação integrada para o sistema corrente de gestão de resíduos alimentares poderá trazer mais valias em termos de redução de pegada de carbono do que uma análise e definição de alternativas para os circuitos existentes.

Por último refere-se que seria interessante relacionar a pegada de carbono associada à recolha e transporte de diferentes tipos de resíduos (por exemplo, papel e cartão, embalagens e metal, vidro, indiferenciados, entre outros) com detalhe acerca da massa da carga transportada, relativa a vários trajetos realizados. Este facto permitiria avaliar a influência que o tipo de resíduo, bem como o seu peso/densidade, poderá ter no valor da pegada de carbono.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APA. (2011). Agência Portuguesa do Ambiente. Resíduos. from <http://www.apambiente.pt>
- ArcGIS. (2012). Network Analyst. from [http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/What\\_is\\_Network\\_Analyst/004700000001000000/](http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/What_is_Network_Analyst/004700000001000000/)
- Beijoco, A. (2011). *Otimização de um Sistema de Recolha e Transporte de Resíduos Sólidos Urbanos - Implicações ambientais e financeiras da otimização da recolha e transporte de resíduos sólidos urbanos no Barreiro*. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa.
- Bovea, M. D., Ibáñez-Forés, V., Gallardo, A., & Colomer-Mendoza, F. J. (2010). Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study. *Waste Management*, 30(11), 2383-2395.
- CMP. (2006). Câmara Municipal do Porto. Resíduos - Divisão de Limpeza Urbana. from <http://www.cm-porto.pt/gen.pl?p=stories&op=view&fokey=cmp.stories/736>
- CMP. (2009). Monitorizar o Plano de Gestão do Centro Histórico: O Caso do Porto - Património Mundial. from <http://www.portovivosru.pt/pdfs/giulia.pdf>
- CMP. (2011). Câmara Municipal do Porto. Boletim de caracterização dos RSU da cidade do Porto do 1º semestre de 2011.
- EMEP/EEA. (2009, 2010). Air pollutant emission inventory guidebook 2009. Technical guidance to prepare national emission inventories: 1.A.3.b (Road transport). from [www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009](http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009)
- ERSAR. (2011a). *Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Águas e Resíduos Prestados aos Utilizadores, 2.ª Geração do sistema de avaliação*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- ERSAR. (2011b). Modelo de Regulamento de Serviço de Gestão de Resíduos Urbanos.
- ESRI. (2011). Environmental Systems Research Institute. ESRI Portugal. from <http://www.esriportugal.pt/>

- IPCC. (2006). Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. from [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)
- IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.
- Iriarte, A., Gabarrell, X., & Rieradevall, J. (2009). LCA of selective waste collection systems in dense urban areas. *Waste Management*, 29(2), 903-914.
- ISO 14040:2008 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Enquadramento (2008).
- LIPOR. (2007). *Plano Estratégico para a Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos: Serviço Integrado Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto*.
- LIPOR. (2008). Estratégia LIPOR - 2M - menos Resíduos, menos carbono. from <http://www.lipor.pt/upload/Lipor/ficheiros/SusanaAbreu.pdf>
- LIPOR. (2011). Relatório de Análise Estatística - LIPOR, 1º Semestre de 2011. from <http://www.lipor.pt/upload/Lipor/ficheiros/Relat%C3%B3rio%20Lipor%201%C2%BA%20Semestre2011.pdf>
- LIPOR. (2012a). LIPOR - Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto. from <http://www.lipor.pt/default.asp?SqlPage=pgLipor&cor=1>
- LIPOR. (2012b). Relatório de Análise Estatística - LIPOR, 2011. from <http://www.lipor.pt/upload/Lipor/ficheiros/Relat%C3%B3rio%20Lipor%202011.pdf>
- Molok. (2011). The Molok Family. from <http://molok.com/eng/main.php>
- NIR. (2012). Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 - 2009 from [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/6598.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/6598.php)
- PERSUII. (2007). *PERSU II - Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (2007-2016)*: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

- TNL. (2011). Waste System - Citytainer. from [http://tnl.lvengine.net/lmgs/articles/article\\_68/citytainer-tnl-2\\_0-pt.pdf](http://tnl.lvengine.net/lmgs/articles/article_68/citytainer-tnl-2_0-pt.pdf)
- WBCSD/WRI. (2004). A Corporate Accounting and Reporting Standard. from <http://www.ghgprotocol.org>
- Wiedmann, T. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint'. In U. Hauppauge NY (Ed.), *Ecological Economics Research Trends*: Nova Science Publishers.



# ANEXOS

## Anexo I - Exemplo da ficha de serviço IMP-8-DMLUT

		Circuito	IMP-8-DMLUT/2						
<b>Circuito: CS01S.ORG - Circuito Seletiva 01 Superfície.Orgânicos (BAIXA)</b>			<b>FICHA N.º 0</b>						
<b>Data Execução: 28-06-2012</b>									
Ordem	Local	Equip.	n.º	Litros	o	1/2	3/4	1	R
1	Rua de João Pedro Ribeiro [Lar Rosa Santos]	contentor	1	140					
2	Rua de João Pedro Ribeiro [N.º700: Fingo Doce Marquês]	contentor	5	x140L					
3	Rua de Santa Catarina [N.º1447: Segurança Social Cod (fechado Sábados)]	contentor	2	/1x80L					
4	Rua de Latino Coelho [N.º295: Segurança Social - Centro de Dia (fechado Sábado)]	contentor	2	/1x80L					
5	Rua da Firmeza [Frutaria - Mercado J. Oliveira]	contentor	2	0/240					
6	Rua de Guedes de Azevedo [N.º135: Café Locarmo]	contentor	2	2x50L					
7	Rua de Guedes de Azevedo [N.º 179: Hotel D. Henrique]	contentor	2	0/140					
8	Rua de Guedes de Azevedo [N.º195: Restaurante Nuno Álvares]	contentor	1	1x50L					
9	Rua de Guedes de Azevedo [N.º228: Churrascaria Pinão]	contentor	1	1x80L					
10	Rua de Sá da Bandeira [676 Confeitaria Cunha]	contentor	5	80L					
11	Rua de Santa Catarina [N.º532: Confeitaria Aquarela]	contentor	3	50					
12	Rua de Santa Catarina [N.º567: Pão Quente Rolo da Massa]	contentor	2	50					
13	Rua de Santa Catarina [Restaurante Fogo no Pandeiro]	contentor	1	140					
14	Rua do Bolhão [N.º95: Restaurante o Buraco]	contentor	2	/1x80L					
15	Rua do Bonjardim [440 Bicho Papão]	contentor	1	80L					
16	Rua do Bonjardim [Nº 345: Cantina da CMP ( CRL)]	contentor	2	140					
17	Rua do Bonjardim [Restaurante a Conga 1 e 2]	contentor	2	50					
18	Rua do Bonjardim [223 Pedro dos Frangos]	contentor	3	/1x80L					
19	Praça de D. João I [S/n: Teatro Municipal Rivoli]	contentor	2	/1x80L					
20	Rua de Mouzinho da Silveira [Nº 53 - Escola Superior Artística do Porto]	contentor	2	50					
21	Largo de S. Domingos [N.º65: Restaurante Irmãos Linos]	contentor	2	80					
22	Rua do Almada [N.º 151 - Lolois]	contentor	1	80					
23	Praça da Liberdade [Restaurante Sabor de Autor]	contentor	1	50					
24	Rua do Almada [Confeitaria Sical, Nº163]	contentor	1	140					
25	Avenida dos Aliados [N.º85: Café Guarany]	contentor	1	1x80L					
26	Rua de Elísio de Melo [Restaurante Canelas de Coelho]	contentor	1	80					
27	Praça de D. Filipa de Lencastre [N.º198/200: Restaurante Lagostim]	contentor	2	1x140					
28	Praça de D. Filipa de Lencastre [N.º187: Restaurante Marinho]	contentor	1	80L					
29	Praça de Guilherme Gomes Fernandes [Nº. 50 - Pastelaria Itaipu Delicias]	contentor	2	e 80L					
30	Praça de Guilherme Gomes Fernandes [Nº. 22 - Solar Pão Quente]	contentor	1	50L					
31	Praça de Guilherme Gomes Fernandes [Nº. 21 - Padaria Ribeiro]	contentor	1	140					
32	Praça de Guilherme Gomes Fernandes [N.º9: Capoeira Central dos Leões]	contentor	1	50					
33	Rua de Sá Noronha [N.º55: Restaurante Novo Ambiente]	contentor	1	1x50L					
34	Rua de Sá Noronha [Nº 41, Confeitaria Sá Noronha]	contentor	2	/ 140					
35	Rua de Sá Noronha [N.º137: Casa de Pasto o Golfinho]	contentor	1	1x50L					
36	Praça de Carlos Alberto [Tenda Doce Confeitaria e Pastelaria]	contentor	1	50					
37	Praça de Carlos Alberto [Nº. 73 - Adega Expresso]	contentor	1	80L					
38	Travessa do Carregal [N.º 102: Restaurante "A Taverna do Carregal"]	contentor	1	80					
39	Praça de Carlos Alberto [Nº. 32 - Hospital do Carmo]	contentor	3	x240L					
40	Praça de Parada Leitão [N.º17: Brasserie]	contentor	1	1x50L					
41	Rua do Carmo [Gnr - Quartel do Carmo]	contentor	5	1x80L					
42	Rua de Clemente Menêres [Frutaria Frescas Tentações]	contentor	1	140					
43	Rua da Restauração [Hospital Santo António]	contentor	1	80L					
44	Rua da Galeria de Paris [Nº56: Restaurante Galeria de Paris]	contentor	1	X140L					
45	Rua da Galeria de Paris [Nº. 94 - Café Portinho]	contentor	1	50L					
46	Rua da Fábrica [Nº. 64 - Hotel Infante Sagres]	contentor	11	x140L					
47	Rua da Fábrica [N.º59: Restaurante Estrela Ouro]	contentor	1	x140L					
48	Rua do Bonjardim [Nº 87 - Restaurante a Regaleira]	contentor	2	e 80L					
49	Travessa dos Congregados [N.º11: Flor dos Congregados]	contentor	1	1x50L					
50	Travessa dos Congregados [N.º 17: Restaurante Mer Fairfait]	contentor	2	50					
51	Travessa dos Congregados [N.º19: Restaurante Novo Paris]	contentor	1	1x80L					
52	Travessa dos Congregados [N.º21: Adega S. Romão]	contentor	1	50L					
53	Rua de Sampaio Bruno [Nº. 5-11 - Café/snack Bar Embaixador]	contentor	4	de 80L					
54	Rua de Sampaio Bruno [Nº 149 - Cafeteria Acepape]	contentor	2	de 80L					

28-06-2012

Pág. 1 de 2

Figura 20. Ficha de serviço (Pág.1).

	<b>Circuito</b>	<b>IMP-8-DMLUT/2</b>
---	-----------------	----------------------

Circuito: **CS015.ORG - Circuito Seletiva 01 Superfície.Orgânicos (BATXA)**

FICHA N.º 0

Data Execução: **28-06-2012**

Ordem	Local	Equip.	n.º	Litros	O	1/2	3/4	I	R
55	Rua de Sampaio Bruno (Confeitaria Bela Roma)	contentor	4	x140L					
56	Rua de Sampaio Bruno (N.º 31 - Restaurante Favo)	contentor	1	80L					
57	Rua de Sá da Bandeira (Restaurante A Brasileira)	contentor	1	140L					
58	Rua Formosa (N.º 326 - Restaurante Deu La Deu)	contentor	1	80L					
59	Rua de Sá da Bandeira (Hotel Teatro)	contentor	2	e 240L					
60	Rua Formosa (Pingo Doce - Passos Manuel 221)	contentor	3	1 140L					
61	Rua de Fernandes Tomás (N.º 441 - Snack-Bar Estrela do Oriente)	contentor	4	x140L					
62	Rua de Fernandes Tomás (N.º 672: Confeitaria Bem Bom I)	contentor	2	50L					
63	Rua de Fernandes Tomás (N.º 775: Padaria Confeitaria St.ª Alexandrina)	contentor	4	x140L					
64	Rua de Fernandes Tomás (797 Pastelaria Cristo Rei)	contentor	2	e 140L					
65	Rua da Trindade (115 Hosp. da Ordem da Trindade)	contentor	3	e 140L					
66	Rua do Clube dos Fenianos (N.º 1: Restaurante Via Garret)	contentor	2	/1x80L					
67	Rua da Alegria (N.º 44: Restaurante Murça)	contentor	1	50L					
68	Praça da Batalha (N.º 127 - Quality In Porto)	contentor	1	50L					
69	Praça da Batalha (N.º 117 - Churrasqueira Brasa)	contentor	2	80L					
70	Praça da Batalha (N.º 131 - Restaurante café Bar Tropical)	contentor	2	50L					
71	Rua de Santa Catarina (N.º 149 - Confeitaria Império II)	contentor	1	80L					
72	Rua de 31 de Janeiro (Tribeca - Café Bar Lda)	contentor	1	140L					
73	Rua de Santa Catarina (N.º 161 - Confeitaria Mengos)	contentor	2	50L					
74	Rua de Santa Catarina (N.º 197 - Grande Hotel do Porto)	contentor	6	x140L					
75	Rua de Passos Manuel (N.º 245: Restaurante D. Grilon)	contentor	2	2x50L					
76	Rua de Passos Manuel (Café Majestic - Santa Catarina 112)	contentor	3	2-80L					
77	Rua de Santa Catarina (N.º 73: Fnac)	contentor	2	de 80L					
78	Rua do Ateneu Comercial do Porto (N.º 36 - Restaurante Palmeira)	contentor	4	e 240L					
79	Rua do Ateneu Comercial do Porto (N.º 22 - Abadia)	contentor	5	2x50L					
80	Rua do Ateneu Comercial do Porto (N.º 8 - Ateneu)	contentor	1	80L					
81	Rua do Dr. António Emílio de Magalhães (Confeitaria do Boirão)	contentor	5	e 140L					
82	Rua de Sá da Bandeira (N.º 385 - Pingo Doce)	contentor	3	e 140L					
83	Rua de Santa Catarina (N.º 1028 - Restaurante o Forno)	contentor	8	50L					

Funcionários: \_\_\_\_\_ Motorista: \_\_\_\_\_ Viatura: \_\_\_\_\_

Fileira:

<b>OBSERVAÇÕES</b>

<b>Visto</b>
--------------

Figura 21. Ficha de serviço (Pág.2).

## Anexo II - Sistema de georreferenciação - GeoPorto

A plataforma online *GeoPorto* é apresentada na Figura 22.



Figura 22. Figura representativa da plataforma do *GeoPorto*.

Para georreferenciar uma entidade é inicialmente feita a pesquisa por topónimo (Figura 23), seguidamente, e tendo em consideração o arruamento e o número de polícia, clica-se no ponto (estabelecimento) para criar a nova entidade. Posteriormente são introduzidos os dados referentes à entidade (Figura 24), nomeadamente:

- Circuito de recolha;
- Ordem de recolha;
- Recolha;
- Equipamento;
- Tipo de equipamento;
- Tipo de resíduo;
- Número de polícia;
- Código do equipamento (ID).

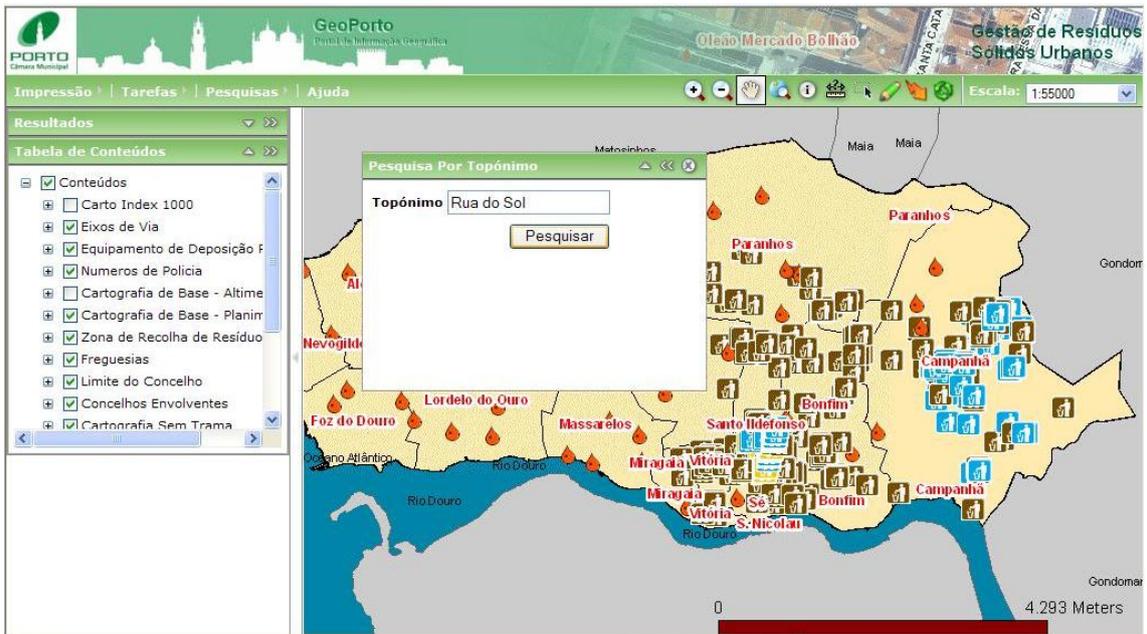


Figura 23. Figura representativa do GeoPorto – Pesquisa por topónimo.

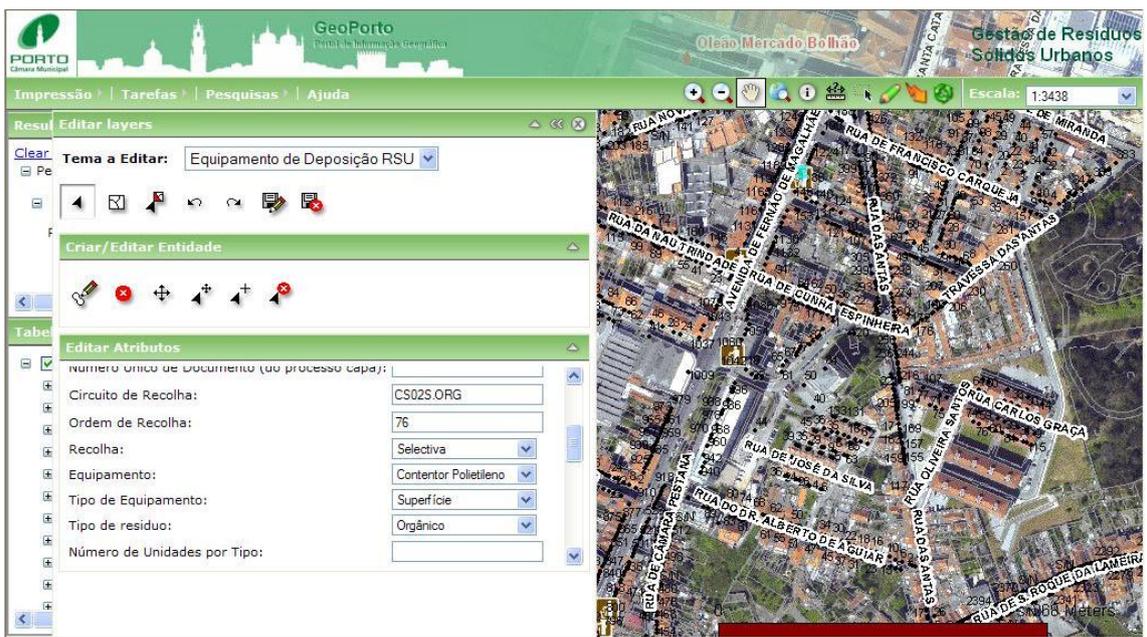


Figura 24. Figura representativa do GeoPorto – Edição de layers.

## Anexo III - Edição em ArcGis

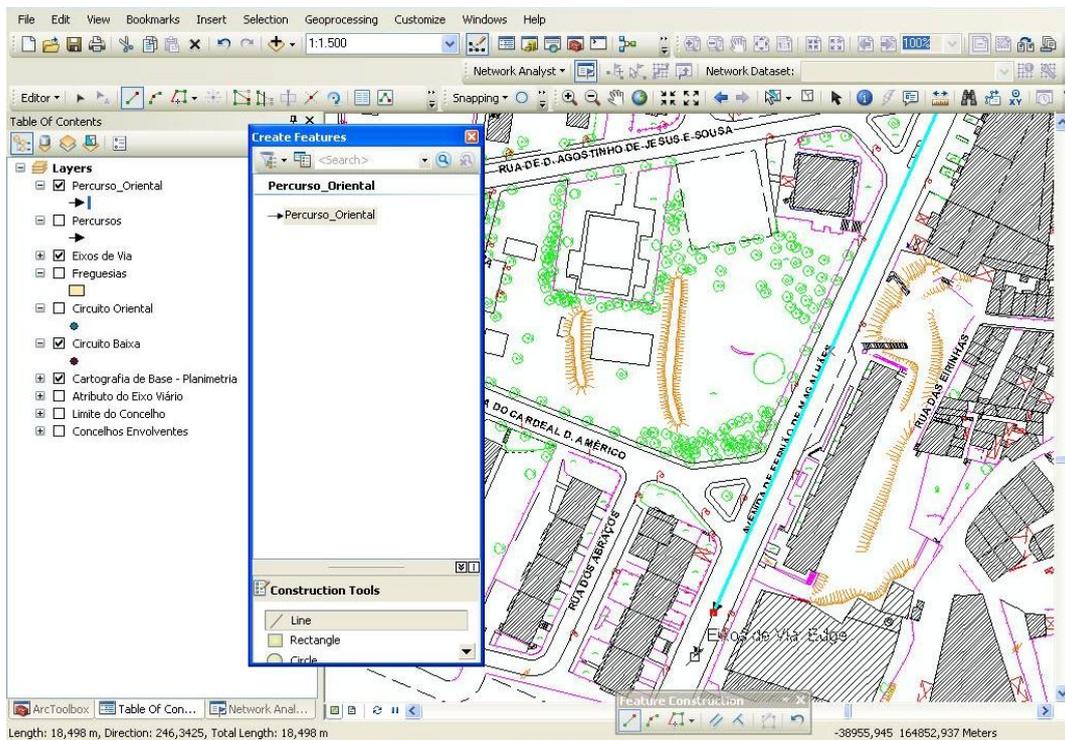


Figura 25. Criação dos circuitos de recolha através de linhas.

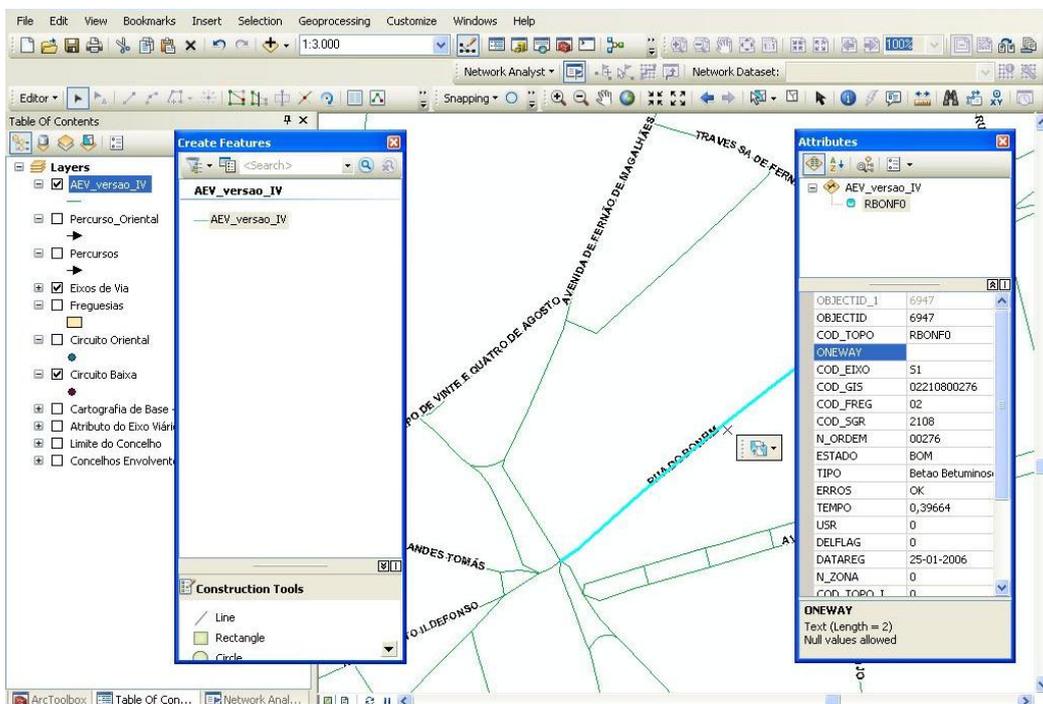


Figura 26. Edição e alteração do atributo "Sentido do trânsito" da Layer dos Eixos Viários.

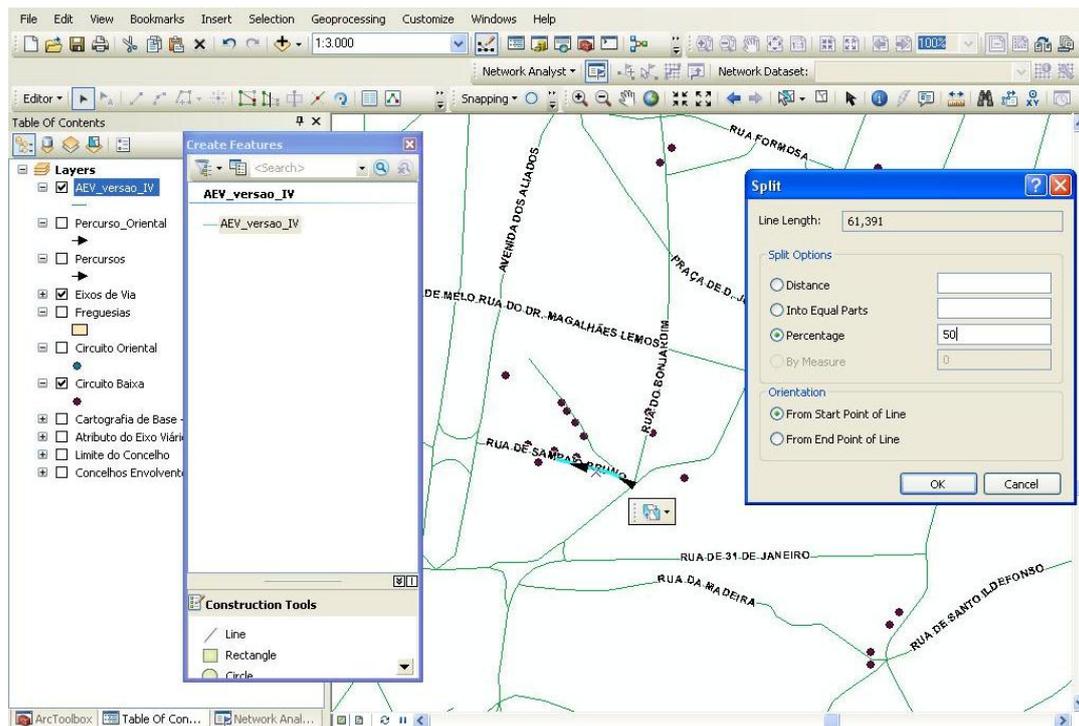


Figura 27. Aplicação da ferramenta Split a um arco.

## Anexo IV - Arruamento percorrido pelos veículos de recolha de resíduos alimentares no Circuito Baixa e Circuito Oriental.

Tabela 15. Descrição de todas as ruas percorridas pelo veículo de recolha de resíduos alimentares do Circuito Baixa, desde o local onde inicia o serviço (Oficinas Gerais da CMP) até ao último estabelecimento de recolha.

Ordem de Passagem	Arruamento	Ordem de Passagem	Arruamento	Ordem de Passagem	Arruamento
1	Rua de Acácio Lino	22	Rua de Fernandes Tomás	43	Praça de Guilherme Gomes Fernandes
2	Rua de Sousa Pinto	23	Rua do Bonjardim	44	Praça de Gomes Teixeira
3	Rua de Monsanto	24	Praça de D. João I	45	Praça de Carlos Alberto
4	Rua de Nove de Abril	25	Rua de Sá da Bandeira	46	Praça de Parada Leitão
5	Rua de Freire de Andrade	26	Praça de D. João I	47	Rua do Carmo
6	Rua de S. Dinis	27	Rua do Dr. Magalhães Lemos	48	Rua do Prof. Vicente José de Carvalho
7	Rua de Serpa Pinto	28	Avenida dos Aliados	49	Rua de Clemente Menéres
8	Rua de Egas Moniz	29	Praça da Liberdade	50	Rua do Dr. Tiago de Almeida
9	Rua de Damião de Góis	30	Praça Almeida Garrett	51	Rua de Alberto Aires de Gouveia
10	Rua de João Pedro Ribeiro	31	Rua de Mouzinho da Silveira	52	Rua da Restauração
11	Rua do Bonjardim	32	Largo de S. Domingos	53	Campo dos Mártires da Pátria
12	Rua de João Oliveira Ramos	33	Rua de Ferreira Borges	54	Rua de S. Filipe de Nery
13	Rua de Santa Catarina	34	Praça do Infante D. Henrique	55	Rua das Carmelitas
14	Rua de Latino Coelho	35	Rua de Mouzinho da Silveira	56	Rua da Galeria de Paris
15	Rua da Alegria	36	Rua de Trindade Coelho	57	Rua de Santa Teresa
16	Rua de Fernandes Tomás	37	Largo dos Lóios	58	Rua do Conde de Vizela
17	Rua de Sá da Bandeira	38	Rua do Almada	59	Rua dos Clérigos
18	Rua da Firmeza	39	Praça de D. Filipa de Lencastre	60	Praça da Liberdade
19	Rua de Santa Catarina	40	Rua da Picaria	61	Rua de Sá da Bandeira
20	Rua de Guedes de Azevedo	41	Rua da Conceição	62	Rua do Bonjardim
21	Rua do Bolhão	42	Rua de José Falcão	63	Rua do Sampaio Bruno

<b>Ordem de Passagem</b>	<b>Arruamento</b>	<b>Ordem de Passagem</b>	<b>Arruamento</b>	<b>Ordem de Passagem</b>	<b>Arruamento</b>
64	Rua de Sá da Bandeira	73	Avenida dos Aliados	82	Rua de Alexandre Herculano
65	Rua Formosa	74	Praça General Humberto Delgado	83	Praça da Batalha
66	Rua do Dr. Alves da Veiga	75	Rua de Guilherme Costa Carvalho	84	Rua de Santa Catarina
67	Rua de Fernandes Tomás	76	Rua Formosa	85	Rua de António Pedro
68	Rua da Trindade	77	Rua da Alegria	86	Rua do Ateneu Comercial do Porto
69	Rua de Alferes Malheiro	78	Rua de Santo Ildefonso	87	Rua Dr. António Emílio de Magalhães
70	Rua dos Heróis e Mártires de Angola	79	Rua do Campinho	88	Rua de Sá da Bandeira
71	Praça da Trindade	80	Avenida de Rodrigues de Freitas	89	Rua de Gonçalo Cristóvão
72	Rua do Clube dos Fenianos	81	Rua do Duque de Loulé	90	Rua de Santa Catarina

Tabela 16. Descrição de todas as ruas percorridas pelo veículo de recolha de resíduos alimentares do Circuito Oriental, desde o local onde inicia o serviço (Oficinas Gerais da CMP) até ao último estabelecimento de recolha.

Ordem de Passagem	Arruamento	Ordem de Passagem	Arruamento	Ordem de Passagem	Arruamento
1	Rua de Acácio Lino	27	Rua de Monsanto	53	Rua de Aurélia de Sousa
2	Rua de Sousa Pinto	28	Praça de Nove de Abril	54	Rua da Alegria
3	Rua de Monsanto	29	Rua do Amial	55	Rua da Constituição
4	Rua de Nove de Abril	30	Rua do Dr. Carlos Ramos	56	Rua de Antero de Quental
5	Rua de Freire de Andrade	31	Rua do Coronel Almeida Valente	57	Rua de Damião de Góis
6	Rua de S. Dinis	32	Rua de Leonardo Coimbra	58	Rua de S. Brás
7	Largo de S. Dinis	33	Rua de Alexandre Fleming	59	Rua do Paraíso
8	Rua de S. Dinis	34	Rua de Leonardo Coimbra	60	Largo da Lapa
9	Rua do Capitão Pombeiro	35	Rua de Delfim Maia	61	Rua da Lapa
10	Rua de António Cândido	36	Rua da Igreja de Paranhos	62	Praça da República
11	Rua de Faria Guimarães	37	Rua de S. Veríssimo	63	Rua de Gonçalo Cristóvão
12	Rua do Covelo	38	Rua de Augusto Lessa	64	Viaduto Gonçalo Cristóvão
13	Rua do Dr. Adriano de Paiva	39	Rua de Aval de Baixo	65	Rua de Gonçalo Cristóvão
14	Rua de Joaquim Kopke	40	Rua Hernâni Torres	66	Travessa do Alferes Malheiro
15	Rua de António Cândido	41	Rua de Aval de Cima	67	Rua de Gonçalo Cristóvão
16	Rua de Faria Guimarães	42	Rua de Óscar da Silva	68	Rua de Santa Catarina
17	Rua do Covelo	43	Rua do Dr. Joaquim Pires de Lima	69	Rua do Marquês de Pombal
18	Rua de Pedro Ivo	44	Rua de Costa Cabral	70	Rua de Costa Cabral
19	Rua de Antero de Quental	45	Rua da Alegria	71	Av. Combatentes da Grande Guerra
20	Rua do Campo Lindo	46	Rua de Latino Coelho	72	Rua de Naulila
21	Rua de Vale de Formoso	47	Praça da Rainha D. Amélia	73	Praça Francisco Sá Carneiro
22	Praça de Nove de Abril	48	Rua Nova de S. Crispim	74	Av. de Fernão de Magalhães
23	Rua de Monsanto	49	Av. de Fernão de Magalhães	75	Rua de Agostinho de Jesus e Sousa
24	Travessa de Silva Porto	50	Rua Nova de S. Crispim	76	Rua de Santos Pousada
25	Travessa de Monsanto	51	Rua de Carlos Malheiro Dias	77	Travessa de Anselmo Braamcamp
26	Rua de Nove de Abril	52	Rua de Santos Pousada	78	Rua de Anselmo Braamcamp

<b>Ordem de Passagem</b>	<b>Arruamento</b>	<b>Ordem de Passagem</b>	<b>Arruamento</b>	<b>Ordem de Passagem</b>	<b>Arruamento</b>
79	Rua do Moreira	106	Rua de Augusto Rosa	133	Rua do Professor Manuel Baganha
80	Rua de Santos Pousada	107	Rua do General Sousa Dias	134	Rua de "A Renascença Portuguesa"
81	Rua de Fernandes Tomás	108	Rua do Duque de Loulé	135	Rua da Revista "A Águia"
82	Rua de D. João IV	109	Rua de Alexandre Herculano	136	Rua de "A Renascença Portuguesa"
83	Rua da Firmeza	110	Rua das Fontainhas	137	Rua do Professor Manuel Baganha
84	Rua de Santos Pousada	111	Av. de Rodrigues de Freitas	138	Rua do Monte da Costa
85	Campo Vinte e Quatro de Agosto	112	Rua de S. Victor	139	Rua Agostinho José Freire
86	Av. de Fernão de Magalhães	113	Praça da Alegria	140	Rua do Monte da Costa
87	Campo Vinte e Quatro de Agosto	114	Rua de Joaquim António de Aguiar	141	Rua Sociedade Protetora dos Animais
88	Rua do Duque de Saldanha	115	Rua do Duque da Terceira	142	Rua de José Monteiro da Costa
89	Largo de Soares dos Reis	116	Rua de Morgado de Mateus	143	Via Futebol Clube do Porto
90	Av. de Rodrigues de Freitas	117	Rua de Santo Ildefonso	144	Rua João Marques Pinto
91	Rua do Heroísmo	118	Campo Vinte e Quatro de Agosto	145	Rua de S. Roque da Lameira
92	Rua do Barão de Nova Sintra	119	Rua do Bonfim	146	Rua da Fábrica A Invencível
93	Rua do Heroísmo	120	Rua de Barros Lima	147	Via de Cintura Interna
94	Av. de Rodrigues de Freitas	121	Av. de Fernão de Magalhães	148	Itinerário Complementar 29
95	Rua de D. João IV	122	Praça de Sá Carneiro	149	Estrada da Circunvalação
96	Rua de Santo Ildefonso	123	Av. de Fernão de Magalhães	150	Av. de Paiva Couceiro
97	Praça dos Poveiros	124	Praça de Sá Carneiro	151	Rua de Sabrosa
98	Passeio de S. Lázaro	125	Alameda de Eça de Queirós	152	Av. de Paiva Couceiro
99	Rua de D. João IV	126	Rua de Oliveira Martins	153	Av. José Domingues dos Santos
100	Rua de Santo Ildefonso	127	Av. Combatentes da Grande Guerra	154	Estrada Nacional 108
101	Praça dos Poveiros	128	Rua de Costa Cabral		
102	Rua do Campinho	129	Rua de Contumil		
103	Rua de Entreparedes	130	Rua do Giestal		
104	Rua de Augusto Rosa	131	Rua do Professor Manuel Baganha		
105	Rua de S. Luís	132	Rua Jaime Brasil		

## Anexo V - Indicador de Desempenho

O indicador de desempenho relativo às emissões de gases com efeito de estufa (RU16b) resultantes do consumo de combustível dos veículos de recolha de resíduos alimentares avalia a quantidade total de emissões de CO<sub>2</sub> com origem nas viaturas de recolha de resíduos alimentares por tonelada de resíduos recolhidos na área de intervenção da entidade gestora (kg CO<sub>2</sub>.t<sup>-1</sup>). E é obtido a partir da seguinte expressão (ERSAR, 2011a):

$$RU16b = \frac{dRU31ab}{dRU24b}$$

Sendo:

dRU31ab – Emissões de CO<sub>2</sub> das viaturas de recolha de resíduos (kg CO<sub>2</sub>.ano<sup>-1</sup>);

dRU24b - Resíduos alimentares recolhidos seletivamente (t.ano<sup>-1</sup>);

$$dRU31ab = \sum_{i=1} FC_i \times PCI_i \times 0,99 \times FE_i$$

Onde:

*i* – tipo de combustível utilizado;

*FC<sub>i</sub>* – combustível do tipo *i* consumido (toneladas) (no caso do gasóleo deverá multiplicar os litros pelo fator de conversão (FC) 0,835 × 10<sup>-3</sup>, isto é, a massa volúmica);

*PCI<sub>i</sub>* – Poder Calorífico Inferior do combustível do tipo *i* (GJ.t<sup>-1</sup>), fornecido pela DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia (no caso do gasóleo deverá ser assumido o valor de 43,3);

0,99 – fração oxidável de carbono no combustível;

*FE<sub>i</sub>* – fator de emissão de CO<sub>2</sub> [(kg CO<sub>2</sub>).GJ<sup>-1</sup>] (no caso do gasóleo deverá ser assumido o valor 74).

Na Tabela 17 estão representados os valores de referência da qualidade do serviço a nível de emissões de CO<sub>2</sub> para sistemas em baixa<sup>4</sup> em áreas de intervenção predominantemente urbanas.

---

<sup>4</sup> Sistemas em baixa - Atividades de gestão de resíduos urbanos que compreendem as atividades de recolha e transporte, desempenhadas essencialmente pelos sistemas municipais (ERSAR, 2010).

Tabela 17. Valores de referência para sistemas em baixa em áreas de intervenção predominantemente urbanas.

Qualidade do serviço boa	[0; 13]
Qualidade do serviço mediana	]13; 16]
Qualidade do serviço insatisfatória	]16; +∞[

### Cálculo do indicador de desempenho – Emissões de GEE (RU16b)

O resultado do indicador de desempenho relativo à emissão de GEE - RU16b, assim como os dados referentes às quantidades de resíduos alimentares recolhidos ( $t \cdot ano^{-1}$ ) – dRU24b, e às emissões de CO<sub>2</sub> com origem nas viaturas de recolha ( $kg CO_2 \cdot ano^{-1}$ ) – dRU31ab, são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Registo dos valores de dRU24b ( $t \cdot ano^{-1}$ ), dRU31ab ( $kg CO_2 \cdot ano^{-1}$ ) e RU16b ( $kg CO_2 \cdot t^{-1}$ ).

dRU24b ( $t \cdot ano^{-1}$ )	dRU31ab ( $kg CO_2 \cdot ano^{-1}$ )	RU16b ( $kg CO_2 \cdot t^{-1}$ )
2.042	13.812	<b>18</b>

Relativamente aos valores de referência da qualidade do serviço a nível de emissões de GEE para sistemas em baixa em áreas de intervenção predominantemente urbanas, o resultado obtido ( $18 kg CO_2 \cdot t^{-1}$ ) evidencia uma qualidade de serviço insatisfatória.

## Anexo VI – Extensão Network Analyst para a criação de rotas

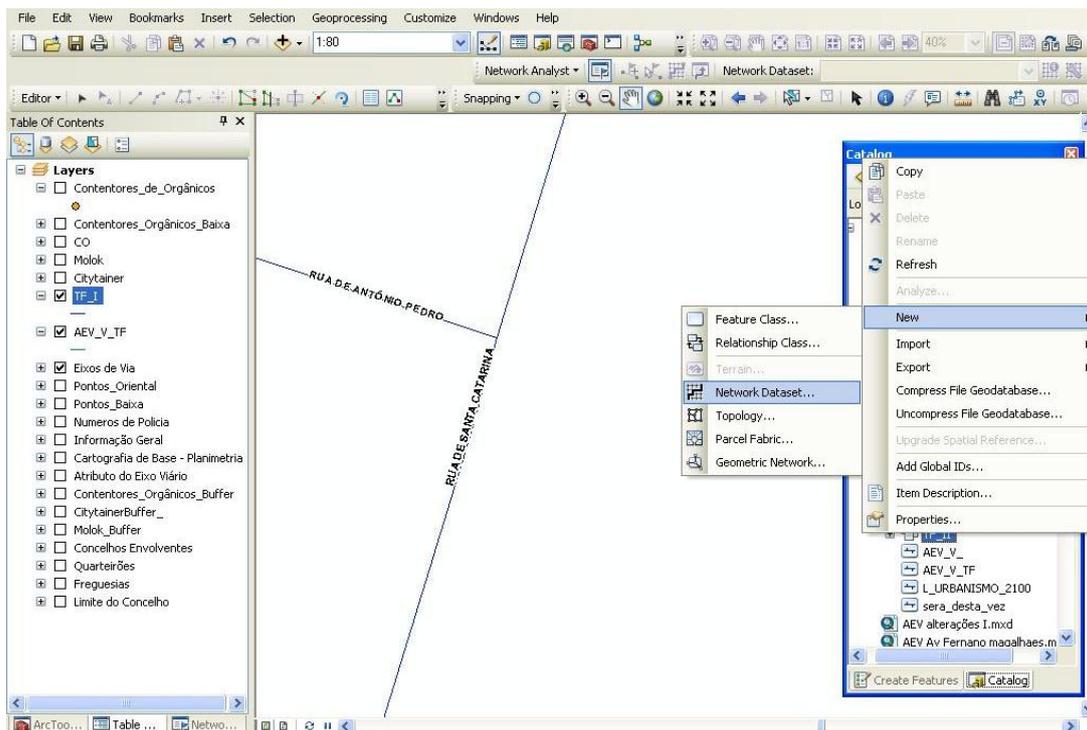


Figura 28. Criação de um Network Dataset.

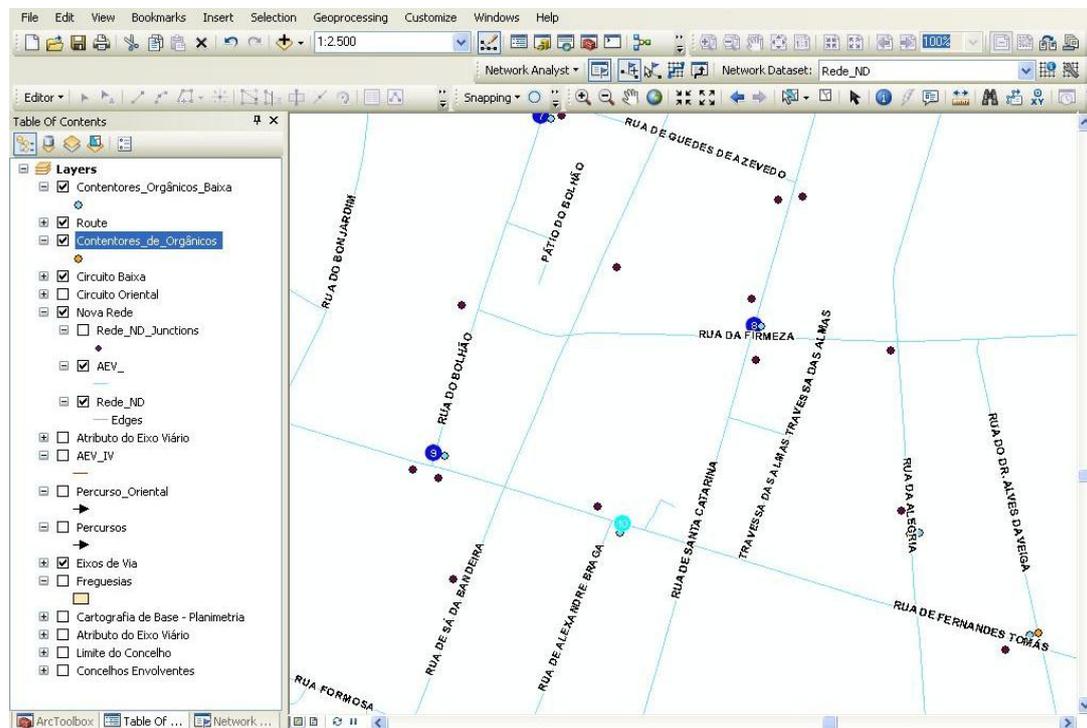
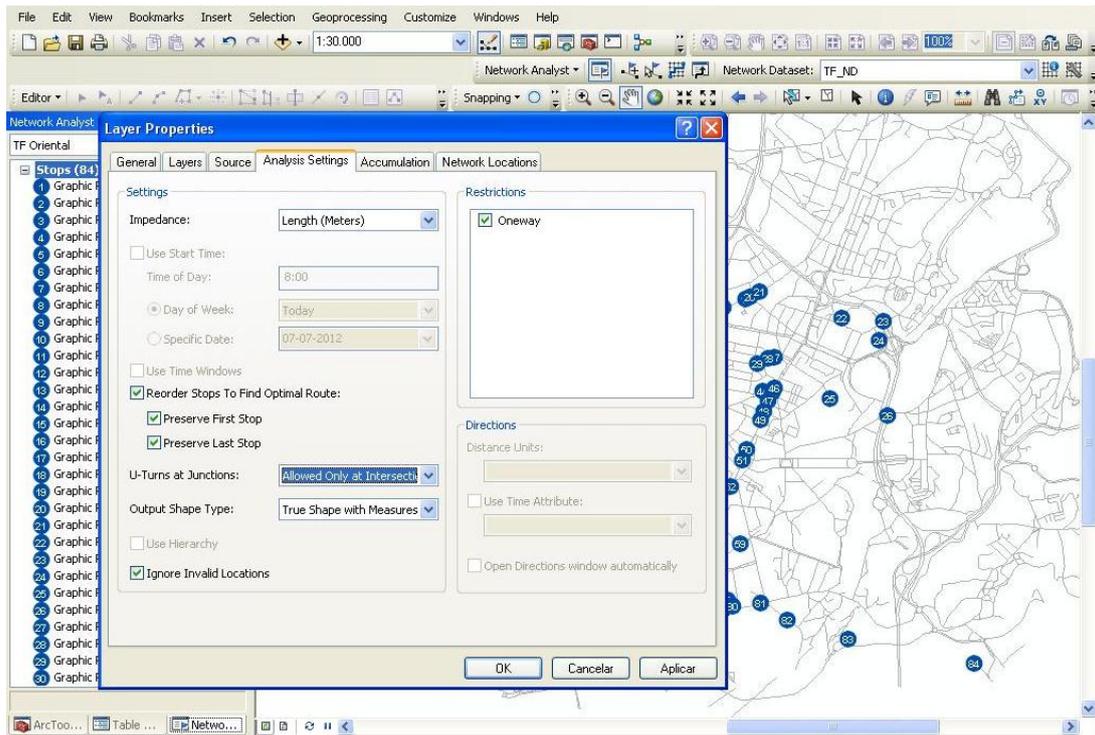
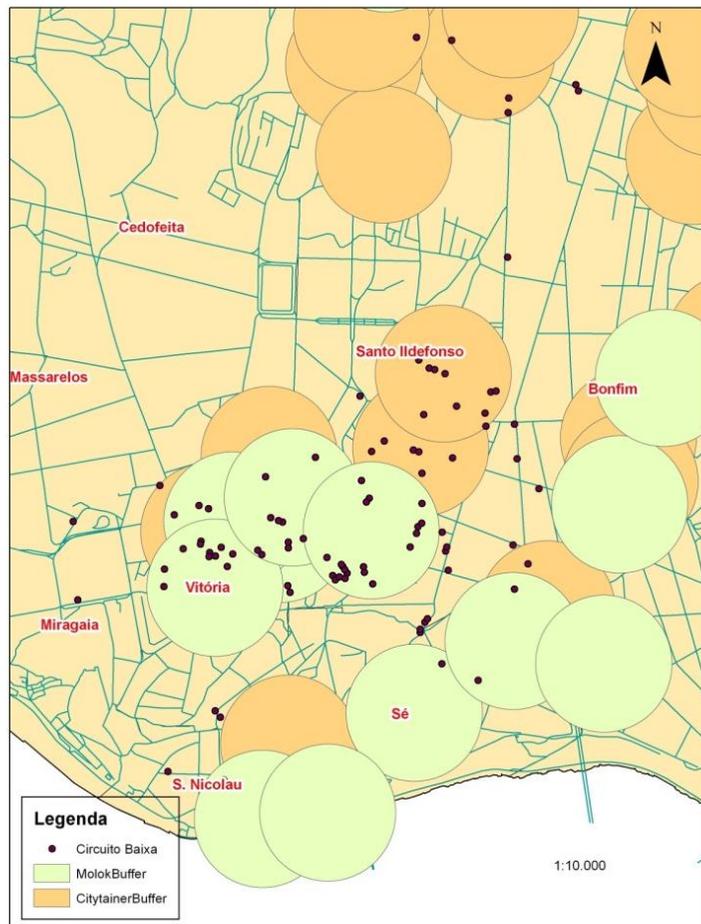


Figura 29. Inserção dos locais de paragem dos veículos de recolha.

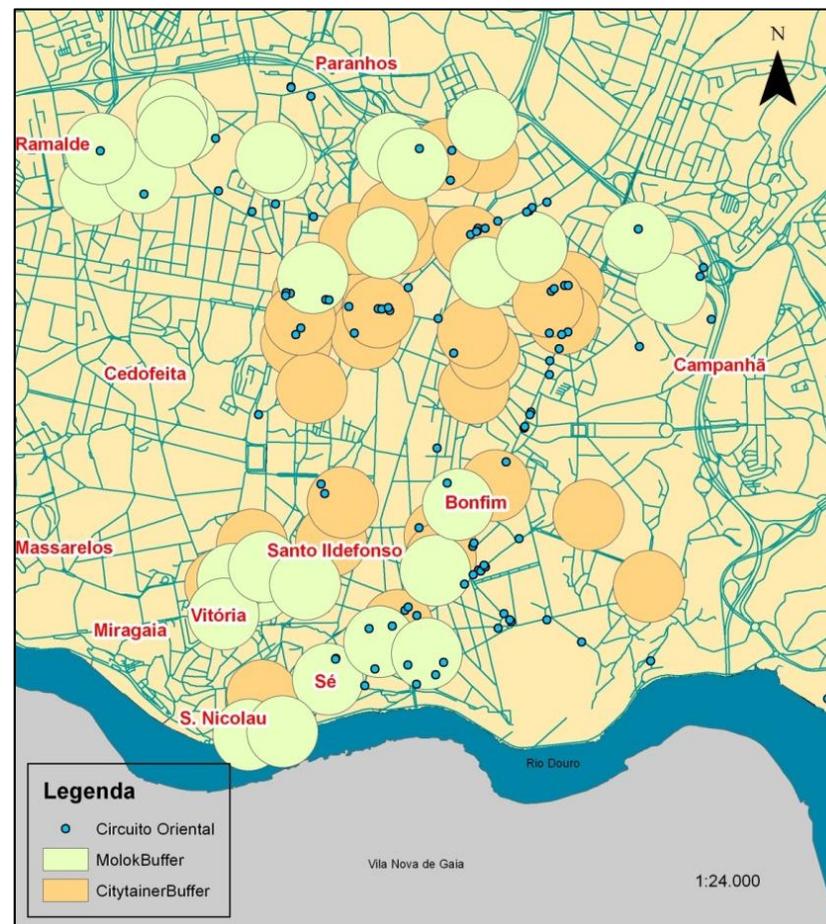


**Figura 30. Menu de otimização das rotas. Foi considerado como local de partida dos veículos para o serviço de recolha as Oficinas Gerais da CMP e, como ponto de destino, a autoestrada A3.**

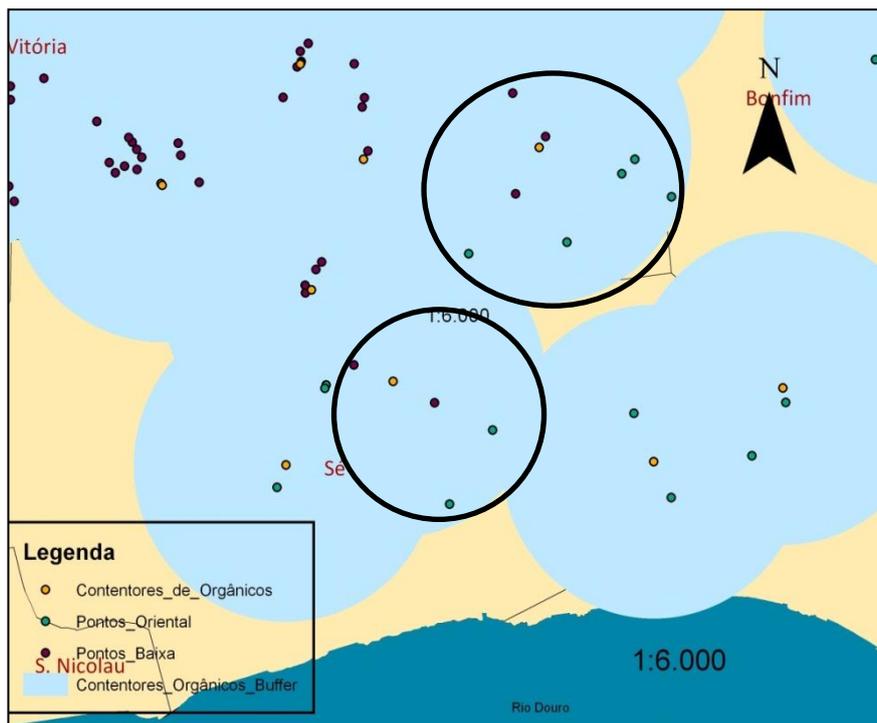
**Anexo VII – Representação de contentores e *buffers* aos contentores *Molok* e *Citytainer* existentes na Zona CMP**



**Figura 31. Mapa representativo dos pontos de recolha do Circuito Baixa abrangidos pelos *buffers* de 200 m aos contentores *Molok* e *Citytainer* existentes na Zona CMP.**



**Figura 32. Mapa representativo dos pontos de recolha do Circuito Oriental abrangidos pelos *buffers* de 200 m aos contentores *Molok* e *Citytainer* existentes na Zona CMP.**



**Figura 33. Representação esquemática e aproximada de contentores de recolha de resíduos alimentares que irão receber resíduos de estabelecimentos de ambos os circuitos, Baixa e Oriental.**

## Anexo VIII - Georreferenciação em ArcGis

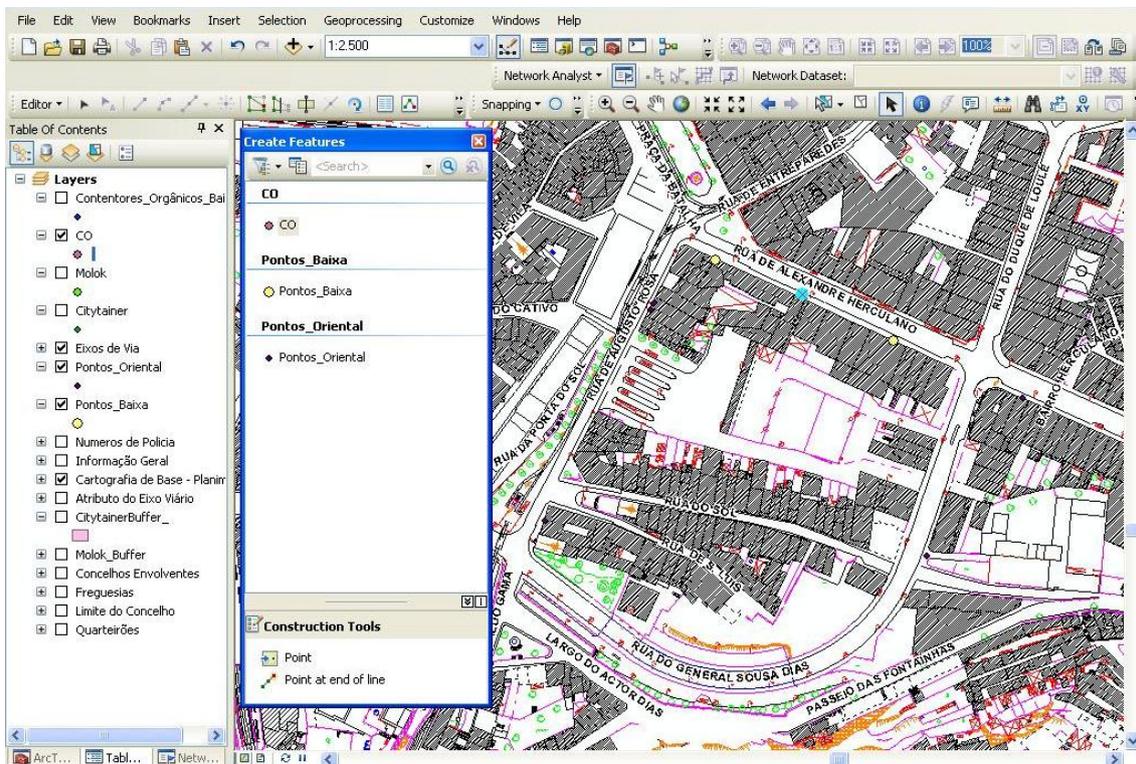


Figura 34. Georreferenciação em ArcGis dos pontos correspondentes aos contentores Molok BioSystem.

## Anexo IX - Circuitos alternativos aos Circuitos Baixa e Oriental utilizando contentores de resíduos alimentares coletivos.

Tabela 19. Registo do arruamento, número de estabelecimentos, localização do contentor coletivo de resíduos alimentares, quantidade recolhida por arruamento (Capacidade por arruamento), soma das quantidades parceladas (Capacidade Total) e o número de contentores que é necessário colocar para responder às necessidades de cada arruamento.

Arruamento	Nº de estabelecimentos	Localização do Contentor	Capacidade por arruamento (l)	Capacidade Total (l)	Nº de Contentores
Rua de Damião de Góis	1	Rua de Damião de Góis	50	50	1
Rua de João Pedro Ribeiro	1		140		
Rua da Constituição*	2	Rua de João Pedro Ribeiro	280	640	1
Rua de S. Brás*	2		220		
Rua de João Pedro Ribeiro	1		490		
Rua de Santa Catarina	2	Rua de João Pedro Ribeiro	130	760	1
			140		
Rua de Latino Coelho	2	Rua de Latino Coelho	130	750	1
			620		
Rua da Alegria	1	Rua da Alegria	800	800	1
			100		
Rua de Guedes de Azevedo	4	Rua de Guedes de Azevedo	220	720	1
			50		
			80		
Rua de Sá da Bandeira	1		270		
			80		
Rua de Santa Catarina	4	Rua da Firmeza	50	610	1
			50		
			140		
Rua da Firmeza	1		290		
Rua do Bonjardim	5	Rua Formosa/Rua do Bonjardim	80	610	1
			80		

Arruamento	Nº de estabelecimentos	Localização do Contentor	Capacidade por arruamento (l)	Capacidade Total (l)	Nº de Contentores
			140		
			50		
			180		
Rua Formosa	1		80		
Rua de Mouzinho da Silveira	1		140		
Largo de S. Domingos	2	Rua de Ferreira Borges	50	510	1
			80		
Rua da Bolsa	1		240		
			80		
			80		
Rua do Almada	4	Praça D. Filipa de Lencastre	50	430	1
			140		
Rua de Elísio de Melo	1		80		
			220		
Praça de D. Filipa de Lencastre	3	Rua do Almada/ Rua do Ortigão	80	650	1
			220		
Rua do Clube dos Fenianos	1		130		
Rua da Picaria	1	Rua de Ricardo Jorge/Rua da	680	730	1
Rua de José Falcão	1	Conceição	50		
			50		
Praça de Guilherme Gomes Fernandes	3		140		
			50		
		Largo do Moinho de Vento	50	610	1
Rua de Sá Noronha	3		190		
			50		
Praça de Carlos Alberto	1		80		
Praça de Carlos Alberto	2	Praça de Carlos Alberto	50	590	1

Arruamento	Nº de estabelecimentos	Localização do Contentor	Capacidade por arruamento (l)	Capacidade Total (l)	Nº de Contentores
			460		
Travessa do Carregal	1		80		
Praça de Parada Leitão	1	Rua do Carmo	50	1230	2
Rua do Carmo	1		1180		
Rua de Clemente Menéres	1	Rua de Clemente Menéres	140		1
Rua da Restauração	1	Rua da Restauração	800		1
			130		
Rua da Galeria de Paris	3	Rua das Carmelitas	350	530	1
			50		
Rua da Fábrica	2	Rua da Fábrica/Rua de Avis	1260	1400	2
			140		
Rua do Bonjardim	2		130		
			140		
			50		
Travessa dos Congregados	4		50		
			80		
		Rua de Sampaio Bruno	50	1720	2
			260		
Rua de Sampaio Bruno	4		130		
			380		
			80		
Avenida dos Aliados	1		80		
Rua de Sá da Bandeira	1		290		
Rua Formosa	1		300		
Rua da Alegria	1	Rua da Alegria	50	760	1
Rua de Passos Manuel	1		100		
Rua de D. João IV*	1		50		

Arruamento	Nº de estabelecimentos	Localização do Contentor	Capacidade por arruamento (l)	Capacidade Total (l)	Nº de Contentores
Praça dos Poveiros*	1		50		
Rua de Santo Ildefonso*	2		210		
Rua de Fernandes Tomás	1	Rua de Fernandes Tomás/Rua do	410	550	1
Rua da Firmeza*	1	Doutor Alves da Veiga	140		
Rua de Fernandes Tomás	1	Rua de Fernandes Tomás	50	350	1
Rua de Sá da Bandeira	1		300		
Rua do Bolhão	1		130	730	1
Rua de Fernandes Tomás	2	Rua de Fernandes Tomás	380		
			220		
Rua da Trindade	1	Rua dos Heróis e dos Mártires de Angola	300	300	1
			210		
Rua de Alexandre Herculano	3	Rua de Alexandre Herculano	440	800	1
			50		
Rua do Campinho*	1		50		
Rua do Sol*	1		50		
			180		
Praça da Batalha	4	Praça da Batalha	50	360	1
			80		
			50		
Rua de Santa Catarina	2	Rua de Santa Catarina/ Rua de Passos	80	340	1
Rua de Passos Manuel	1	Manuel	50		
			210		
			760		
Rua do Ateneu Comercial do Porto	3	Rua do Ateneu Comercial do Porto	340	2120	3
			80		
Rua do Dr. António Emílio de Magalhães	1		340		

Arruamento	Nº de estabelecimentos	Localização do Contentor	Capacidade por arruamento (l)	Capacidade Total (l)	Nº de Contentores
Rua de António Pedro	1		600		
Rua de Santa Catarina	1	Rua de Santa Catarina	50	50	1

\*Ruas que possuem estabelecimentos cuja recolha é realizada pelo atual Circuito Oriental.

**Tabela 20. Registo do arruamento, número de estabelecimentos, localização do contentor coletivo de resíduos alimentares, quantidade recolhida por arruamento (Capacidade por arruamento), soma das quantidades parceladas (Capacidade Total) e o número de contentores que é necessário colocar para responder às necessidades de cada arruamento.**

Arruamento	Nº de estabelecimentos	Localização do contentor	Capacidade por arruamento (l)	Capacidade Total (l)	Nº de contentores
Rua de S. Dinis	1	Rua de S. Dinis	50	50	1
Rua de Acácio lino	1	Rua de Acácio Lino	160	160	1
Largo de S. Dinis	1	Largo de S. Dinis	130	130	1
Rua de Luís de Aguiar	1	Rua de Luís de Aguiar	1320	1320	2
Rua do Covelo	1	Rua de Pedro Ivo	140	700	1
Rua do Campo Lindo	1		560		
Rua de Nove de Abril	1	Rua de Nove de Abril	140	140	1
Rua de Carlos da Maia	1	Rua Leonardo Coimbra/Delfim Maia	140	420	1
Rua de Leonardo Coimbra	1		140		
Rua de Delfim Maia	1		140		
Rua de Augusto Lessa	1	Rua de Augusto Lessa	580	580	1
Rua de Augusto Lessa	1	Rua de Augusto Lessa	580	580	1
Rua de Hernâni Torres	1	Rua de Hernâni Torres	320	320	1

Arruamento	Nº de estabelecimentos	Localização do Contentor	Capacidade por arruamento (l)	Capacidade Total (l)	Nº de Contentores
Rua de Aurélia de Sousa	1	Rua da Alegria	140	280	1
Rua da Constituição	1				
Rua de João Pedro Ribeiro	1	Rua de João Pedro Ribeiro	560	560	1
Rua de Costa Cabral	2	Praça do Marquês de Pombal	190	460	1
Praça do Marquês de Pombal	3				
Rua da Constituição	1	Rua da Constituição/Rua de Faria Guimaráes	750	750	1
Rua da Constituição	3	Rua da Constituição/Rua de Antero de Quental	720	720	1
Largo do Dr. Tito Fontes	1	Largo do Dr. Tito Fontes	130	130	1
Praça de Francisco Sá Carneiro	4	Praça de Francisco Sá Carneiro	590	590	1
Largo da Lapa	1	Largo da Lapa	50	50	1
Av. de Fernão de Magalhães	2	Av. de Fernão de Magalhães	590	770	1
Rua das Antas	1				
Rua Nova de S. Crispim	1				
Av. de Fernão de Magalhães	2	Av. de Fernão de Magalhães/Rua de Cunha Espinheira	680	680	1
Av. de Fernão de Magalhães	5	Av. de Fernão de Magalhães	400	400	1
Rua de Santos Pousada	1	Rua de Santos Pousada/Travessa de Anselmo Braamcamp	50	130	1
Rua de Anselmo Braamcamp	1				
Campo de Vinte e Quatro de Agosto	1	Campo de Vinte e Quatro de Agosto/Av. de Fernão de Magalhães	240	1430	2
Av. de Fernão de Magalhães	1				
Largo de Soares dos Reis	2	Largo de Soares dos Reis/Rua do Heroísmo	210	480	1
Largo de Soares dos Reis					

Arruamento	Nº de estabelecimentos	Localização do Contentor	Capacidade por arruamento (l)	Capacidade Total (l)	Nº de Contentores
Rua de Ferreira Cardoso	1		80		
Av. de Rodrigues de Freitas	1		190		
Rua do Heroísmo	1	Rua do Barão da Nova Sintra	130	290	1
Rua do Barão de Nova Sintra	1		160		
Rua de Augusto Rosa	3	Rua de Augusto Rosa	550	550	1
Rua das Fontainhas	1	Rua das Fontainhas	210	210	1
Praça da Alegria	2	Praça da Alegria	220	800	1
Rua das Fontainhas	1		580		
Campo de Vinte e Quatro de Agosto	1	Rua do Bonfim/Campo de Vinte e Quatro de Agosto	50	780	1
Rua do Bonfim	5		730		
Rua do Bonfim	1	Rua do Bonfim	80	80	1
Av. Combatentes da Grande Guerra	1	Rua de Costa Cabral	80	680	1
Rua de Costa Cabral	5		600		
Rua de Costa Cabral	4	Rua Silva Tapada/Rua de Costa Cabral	780	780	1
Rua dos Campeões Europeus	1	Rua do Giestal	2800	2990	4
Rua Jaime Brasil			190		
Rua da Vigorosa	1	Rua da Revista "A Águia"	80	80	1
Rua Agostinho José Freire	1	Rua Agostinho José Freire	1040	1040	2
Rua de S. Roque da Lameira	1	Rua de S. Roque da Lameira	880	880	2
Estrada E.N. 106	1	Estrada E.N. 106	520	520	1
Rua de Sabrosa	1	Rua de Sabrosa	950	950	2

**Nota:** Existem inúmeras situações em que o limite máximo (750 l) dos contentores de resíduos alimentares é excedido. Dados da CMP indicam que, em média, os contentores individuais cedidos aos estabelecimentos apresentam uma taxa de enchimento de 75%. É garantido assim que a colocação dos contentores cobre as necessidades de deposição de resíduos alimentares por parte dos estabelecimentos.

## Anexo X – Dados relativos a veículos de recolha de contentores *Molok*

Tabela 21. Características dos veículos de recolha de contentores *Molok*.

<b>Marca/Modelo</b>	Volvo FM 9
<b>Combustível</b>	Gasóleo
<b>Tecnologia do motor</b>	Euro V
<b>Peso Bruto (t)</b>	26
<b>Ampliroll</b>	MOFIL 20 TON
<b>Grua</b>	HIAB 140-2

Tabela 22. Registo de dados recolhidos junto dos condutores dos veículos de recolha de RSU, nomeadamente a distância percorrida por percurso (km), as horas de serviço (h), o abastecimento efetuado após conclusão do serviço (l), o peso da carga (t) e os consumos médios aos 100 km ( $l \cdot 100 \text{ km}^{-1}$ ) e por hora ( $l \cdot h^{-1}$ ).

Dados	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Distância Percorrida (km)</b>	45	46	49	81	60	55	87	54	56
<b>Horas de trabalho (h)</b>	5,2	5,1	5,2	6,5	6,5	4,3	6	6,3	5,4
<b>Abastecimento (l)</b>	45	50	50	64	50	50	57	49	49
<b>Peso da Carga (t)</b>	9,2	9,3	7,1	16,3	7,5	9,5	2,8	0,8	8,0
<b>Consumo (<math>l \cdot 100 \text{ km}^{-1}</math>)</b>	100,0	108,7	102,0	79,0	83,3	90,9	65,5	90,7	87,5
<b>Consumo médio (<math>l \cdot 100 \text{ km}^{-1}</math>)</b>					89,7				
<b>Consumo médio (<math>l \cdot h^{-1}</math>)</b>					9,3				