



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE VIANA DO CASTELO

Nuno Miguel Ramos Martins

ANÁLISE E OPTIMIZAÇÃO DA RECOLHA DE  
RESÍDUOS:  
CONTRIBUTOS DE UM SIG PARA A ÁREA DE GESTÃO  
ASSEGURADA PELA CMPORTO

Nome do Curso de Mestrado  
Mestrado em Gestão Ambiental e Ordenamento do Território

Trabalho efectuado sob a orientação do  
Professor(a) Doutor(a) Joaquim Mamede Alonso

Fevereiro de 2015

As doutrinas expressas  
neste trabalho são da  
exclusiva  
responsabilidade do  
autor.

# ÍNDICE

Agradecimentos.....	vii
Lista de Abreviaturas .....	9
Lista de quadros .....	11
Lista de figuras.....	13
1. Introdução .....	15
1.1. Enquadramento conceptual: problemas e desafios à gestão dos resíduos .....	15
1.2. Interesse do tema.....	17
1.3. Objectivos .....	18
1.4. Estrutura e desenvolvimento da dissertação.....	18
2. A recolha e a gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.....	19
2.1. Enquadramento legislativo e técnico.....	19
2.2. A gestão dos resíduos sólidos urbanos.....	24
2.3. Os sistemas de recolha e transporte de RSU .....	27
2.3.1. Tipologia dos sistemas de recolha.....	29
2.3.2. Factores que influenciam o funcionamento e a rendibilidade do sistema de gestão de RSU.....	30
2.4. Os sistemas de informação (geográfica) e instrumentos tecnológicos na optimização de sistemas de recolha.....	40
2.4.1. A aplicação dos SIG's aos sistemas de recolha.....	43
2.4.2. A análise de redes.....	44
2.4.3. O problema da optimização de rotas .....	45
2.4.4. Os sistemas de apoio à decisão.....	48
3. Metodologia .....	49
3.1. Metodologia geral .....	49
3.2. Levantamento de variáveis.....	50
3.3. Aplicação em SIG para optimização de rotas .....	52
3.3.1. A estrutura da rede viária .....	53
3.3.2. As localizações na rede .....	55
3.3.3. A ferramenta <i>New Route</i> .....	56
3.4. Custos do serviço de recolha selectiva do vidro.....	57
4. Caracterização do caso de estudo.....	59
4.1. Município do Porto.....	59
4.1.1. Zona CMP .....	61
4.2. Caracterização e evolução da produção de resíduos .....	62

4.2.1.	Cobertura dos serviços de recolha indiferenciada e da recolha selectiva.....	63
4.3.	Os serviços de recolha e transporte de resíduos .....	64
4.3.1.	Recursos humanos.....	64
4.3.2.	Tipo de contentorização .....	64
4.3.3.	Viaturas de recolha.....	66
4.3.4.	Circuitos realizados .....	66
4.3.4.1.	Os circuitos de recolha selectiva de vidro .....	68
4.3.4.2.	Circuito nº 3 de recolha selectiva do vidro.....	69
4.3.5.	Controlo dos serviços de recolha e transporte de resíduos.....	70
5.	Apresentação e discussão dos resultados .....	73
5.1.	Trabalho de campo .....	73
5.2.	Optimização de circuitos com recurso à extensão <i>Network Analyst</i> .....	74
5.3.	Custos do serviço de recolha selectiva do vidro.....	77
6.	Considerações finais.....	79
6.1.	Principais conclusões .....	79
6.2.	Perspectivas futuras.....	81
7.	Referências bibliográficas .....	85
8.	Anexos.....	89

## RESUMO

Os resíduos são sinónimo de perda de recursos materiais e energéticos. É amplamente reconhecido que estes representam um problema ambiental da maior importância em quase todos os países da UE tem-se verificado um aumento das quantidades produzidas. Não sendo possível impedir a produção de resíduos, é necessário que a sua gestão seja feita de modo eficiente e optimizado. A recolha e transporte de resíduos são as fases com maior impacto social, ambiental e económico de todo o sistema de gestão de RSU, tornando-se portanto premente, na actual situação de crise económica, fazer mais e melhor com menos recursos. Nesse sentido, esta dissertação foi realizada com a finalidade de demonstrar que é possível melhorar a eficiência da recolha e transporte de resíduos a cargo da Câmara Municipal do Porto. Optou-se pela optimização de um dos circuitos de recolha do vidro. Recorreu-se ao *software* SIG da ESRI, o ArcGIS 10, utilizando especificamente a extensão *Network Analyst*, pois esta é muito utilizada para a resolução de problemas relacionados com a análise de redes. Aplicando uma análise de redes ao circuito 3 da recolha selectiva de vidro consegue-se uma redução anual de 310 km e 315€ num único circuito. A metodologia aqui utilizada tem a vantagem de mais tarde poder ser aplicável à recolha de resíduos indiferenciados e à recolha selectiva de papel ou de embalagens, Para tal é preciso que todos os pontos de recolha estejam devidamente georreferenciados.



## ABSTRACT

Waste represents a loss of material and energy resources. It is widely recognized that these represent an environmental problem of major importance in almost all EU countries, and there has been an increase in the quantities produced. Not being possible to prevent the generation of waste, it is necessary management be done efficiently and optimized. The collection and transportation of waste is the phase with the greatest social, environmental and economic impact of the entire system of MSW management, becoming so acute, in the current economic crisis, do more and better with less resources. In this sense, this thesis was carried out in order to improve the efficiency of collection and transportation of glass wastes over Oporto City Hall. It was chosen to optimize one of the circuits for selective collection of glass. It was used GIS *software* from ESRI, the ArcGIS 10, specifically using the *Network Analyst* extension, since it is widely used for solving problems related to network analysis. Applying a network analysis to the circuit 3 of glass separate collection, it is possible an annual reduction of 310 km and 315 €. The methodology used here has the advantage that later can be applied to the collection of mixed waste and to selective collection of paper or packages. This requires that all collection points are properly georeferenced.



## **AGRADECIMENTOS**

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

Em primeiro lugar quero agradecer à minha família, por me terem dado todas as condições e o apoio incondicional para que pudesse atingir os meus objectivos, mesmo nas situações em que nem tudo correu da melhor forma.

Um agradecimento especial ao Eng.º Pedro David e ao Licínio Diegues, pela sua disponibilidade e ajuda, pela troca de conhecimento e pelo enorme contributo dado para a resolução dos problemas que foram surgindo ao longo deste trabalho.

Aos funcionários da DMLUT, a Emília, a Sandra e o Sr. Valdemar Alves pelos bons momentos proporcionados durante o meu estágio na CMP.

Um agradecimento à CMP/DMLUT, na pessoa do Eng.º Rui Quintela, pela oportunidade de ficar a conhecer à realidade municipal da recolha de resíduos e pelo acesso a fontes de informação importantes e sem as quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Finalmente gostaria de agradecer aos meus colegas de mestrado, por todos os bons momentos passados ao longo do mestrado.



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

BGRI – Base Geográfica de Referenciação da Informação

CMP – Câmara Municipal do Porto

DMASU – Departamento Municipal de Ambiente e Serviços Urbanos

DMLUT – Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes

ENRRUBDA – Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Biodegradáveis  
Destinados aos Aterros

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

ESRI - Environmental Systems Research Institute, Inc

GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

INE – Instituto Nacional de Estatística

LER – Lista Europeia de Resíduos

Lipor – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto

MAOT – Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território

MAOTDR - Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento  
Regional

PCV – Problema do Caixeiro Viajante

PERSU I – Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos I

PERSU II – Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos II

PIRSUE – Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados

PNGR – Plano Nacional de Gestão de Resíduos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SAD – Sistemas de Apoio à Decisão

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

UE – União Europeia

VRP – Vehicle Routing Problem

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3. 1 - Variáveis necessárias à optimização de circuitos de recolha .....	50
Quadro 4.1 - N° de habitantes por freguesia e respectiva densidade populacional (fonte: INE, 2012a).....	60
Quadro 4.2 – Tipo e quantidade de equipamentos de deposição indiferenciada de RSU (fonte: CMP).....	65
Quadro 4.3 – Tipos e quantidade de equipamentos de deposição selectiva (fonte: CMP).....	66
Quadro 5. 1 – Distâncias percorridas no circuito 3 de recolha do vidro .....	77
Quadro 5. 2 – Custos com a recolha do vidro para os cenários 1 e 2.....	78
Quadro 6. 1 – Resultados comparativos para os cenários 1 e 2 .....	81



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Hierarquia da gestão de resíduos (fonte: APA, 2011a).....	20
Figura 2.2 – Sistemas de Gestão de RSU em Portugal continental (fonte: APA 2011b).....	26
Figura 2.3 – Distinção entre sistemas em “baixa” e em “alta” (fonte: Monteiro, 2009).....	28
Figura 2.4 – Composição física média dos RSU em Portugal continental (fonte: APA, 2011b)	32
Figura 2.5 – Valores da produção de resíduos e capitação em Portugal de 2001 a 2011 (fonte: APA 2012) .....	33
Figura 2.6 – Contentores de superfície para: (a) recolha traseira (a) e (b) recolha superior .....	36
Figura 2.7 – Contentores: (a) semienterrados e (b) enterrados .....	37
Figura 2.8 – Viaturas utilizadas na recolha de resíduos: (a) viatura ampliroll; (b) viatura de recolha traseira .....	39
Figura 2.9 – Componentes de um Sistema de Informação Geográfica (fonte: Fortes, 2007) .....	42
Figura 3.1 – Ferramentas do ArcToolBox: (a) Split Line at Points e (b) Snap .....	54
Figura 3.2 – Sobreposição dos pontos de recolha com a rede viária.....	55
Figura 3.3 – A ferramenta <i>New Route</i> do <i>Network Analyst</i> .....	56
Figura 4.1 – Localização da cidade do Porto e respectivas freguesias.....	59
Figura 5.1 – Pontos de recolha selectiva de vidro do circuito nº 3.....	74
Figura 5.2 – Comparação entre circuito optimizado e circuito não optimizado.....	76



## **1. INTRODUÇÃO**

Neste capítulo é feito um enquadramento inicial da problemática associada á produção de resíduos e quais as implicações para o ser humano. É também abordado o interesse de a presente tese abordar a temática dos resíduos, sendo enumerados os objectivos a atingir com a elaboração da mesma e modo como esta se encontra estruturada.

### **1.1. Enquadramento conceptual: problemas e desafios à gestão dos resíduos**

A produção de resíduos é algo que nos afecta a todos, na medida em que todos nós produzimos resíduos, através das inúmeras actividades de produção e consumo que têm lugar na nossa sociedade. O crescente consumo e o desenvolvimento da economia originam cada vez maiores quantidades de resíduos. A título de exemplo na União Europeia (UE) são produzidos anualmente cerca de 3 biliões de toneladas de resíduos (UE, 2010). Tamaña quantidade de resíduos tem obviamente consequências ambientais, tais como, a ocupação do solo, a perda de materiais, a poluição de águas e solos e a emissão de gases com efeito de estufa que contribuem para as alterações climáticas.

A quantidade de resíduos produzidos torna-se assim um problema ambiental, social e económico grave, cuja redução e prevenção exigem esforços redobrados. Nesse sentido, as políticas europeias relativas à gestão dos resíduos visam a redução do impacto dos mesmos sobre o ambiente e a saúde. Exemplo disso é o 6º Programa Comunitário de Acção em matéria de Ambiente, cujo objectivo principal visa assegurar que o crescimento económico não conduz a uma cada vez maior produção de resíduos (UE, 2010).

O nível de vida, os hábitos da população, o clima, a evolução tecnológica e do consumo, a localização geográfica e a dimensão dos agregados familiares são os principais factores que influenciam e determinam a quantidade de resíduos produzidos ao longo do tempo (Martinho e Gonçalves, 2000). O indicador que é mais utilizado para expressar a quantidade de resíduos produzidos é a capitação, que corresponde à produção de RSU em peso por habitante e por unidade de tempo.

Quando se analisa a produção de resíduos a nível nacional, de acordo com os dados do Relatório do Estado do Ambiente 2012 (APA, 2012), em 2011 produção de RSU em Portugal Continental atingiu 4894 milhares de toneladas, o que corresponde a uma capitação próxima de 1,33 kg/hab/dia.

A concentração da população nas grandes áreas metropolitanas traz consigo um aumento da produção de resíduos nestas áreas. Isto faz aumentar a pressão sobre as infra-estruturas ligadas à deposição, recolha e transporte de resíduos, aumentando as exigências por um serviço global de gestão integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). No custo global deste serviço, a parcela mais dispendiosa corresponde à recolha e transporte dos resíduos, podendo esta pode representar entre 40 e 70% dos custos totais da gestão (Martinho e Gonçalves, 2000). Torna-se portanto imperativo equacionar o modo como a recolha é feita actualmente, visto esta implicar uma grande afectação tanto de mão-de-obra como de viaturas e outros recursos.

É da maior importância o estudo de novas formas que proporcionem maior eficiência no serviço prestado e uma conseqüente redução dos custos operacionais, através da optimização dos esquemas de recolha já implantados e relativamente estabilizados. Este ganho de eficiência poderá ser relevante na recolha selectiva, visto haver a necessidade de implementar modos mais intensivos de recolha, para dar resposta às metas de valorização multimaterial e às de valorização orgânica (Ambirumo, 2010).

Para garantir uma recolha optimizada, há que gerir de forma eficiente os problemas relativos à circulação das viaturas nas redes viárias urbanas. Uma das vertentes desta gestão eficaz, reside na capacidade de obtenção de rotas optimizadas, conseguindo uma configuração próxima do óptimo para uma série de circuitos, de modo a conciliar a prestação de serviços em locais cuja localização é conhecida à partida e ao mesmo tempo minimizar os custos envolvidos (Rodrigues e Santos, 2003).

Qualquer que seja o sistema de recolha de RSU implementado há sempre uma quantidade enorme de dados que lhe está associada. Estes dados incluem a localização dos pontos de recolha, a estrutura viária, a capacidade da contentorização instalada, a capitação estimada para a zona alvo de recolha, entre outros. Para se conseguir tratar toda esta informação surge a necessidade de ter um sistema centralizado, capaz de permitir o apoio célere no planeamento do serviço de recolha de resíduos e na tomada de decisão sobre a melhor distribuição de recursos na área de actuação. Exemplos

dessas ferramentas são os SIG, que para além da possibilidade de interacção entre dados provenientes de diferentes disciplinas e com características diferenciadas, permitem catalogar, centralizar e disponibilizar informação geográfica de consistência temática e rigor topológico. Deste modo a actualização e manutenção dos dados torna-se mais rápida, mais fiável e mais consistente (Caldas, 2008). É por possuírem estas características, que os SIG podem funcionar como um Sistema de Apoio à Decisão (SAD), permitindo um interface entre os decisores e os *stakeholders*, podendo mesmo ser utilizado para comunicar com um público mais vasto (Rodrigues et al., 2002).

## **1.2. Interesse do tema**

A gestão dos resíduos produzidos é actualmente um problema urgente na grande maioria das cidades. Por isso, a existência de sistemas de gestão mais eficientes e sustentáveis promovem uma melhor qualidade devida para os cidadãos e uma diminuição dos custos para os municípios e ao mesmo tempo um menor impacto sobre o meio ambiente. Tendo as autarquias responsabilidades atribuídas na gestão dos RSU produzidos, é sobre estas que recaem os custos inerentes à recolha e transporte dos mesmos. A título de exemplo no Município do Porto a gestão de resíduos tem um peso de cerca de 70% nos gastos totais desta edilidade em matéria de ambiente. Deste modo tudo o que signifique reduzir custos é bem-vindo. É aqui que entra a optimização dos circuitos de recolha, que pode representar um potencial de poupança significativo para as entidades gestoras dos sistemas de recolha. Isto porque circuitos optimizados são sinónimo de utilização eficiente de recursos, logo poupanças nos tempos de operação, distâncias percorridas e recursos materiais gastos. O balanço final será financeiramente relevante pois haverá redução dos encargos com a recolha e ambientalmente importante porque as emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera serão reduzidas.

No caso específico da Câmara Municipal do Porto (CMP) os serviços de recolha e transporte de resíduos estão a cargo da Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes (DMLUT). Esta oportunidade de estagiar na DMLUT permitiu aplicar a um caso real, a pesquisa científica no âmbito do estudo da aplicação dos SIG à optimização de circuitos de recolha de RSU.

### **1.3. Objectivos**

Esta dissertação tem como grande objectivo dar um contributo positivo para a optimização da recolha de RSU a cargo da CMP, através da utilização de uma ferramenta SIG no apoio à tomada de decisão, realizando um exercício de verificação da necessidade de optimização de um dos circuitos da recolha selectiva do vidro. Outros objectivos a atingir com o presente trabalho: compreender a estrutura e o funcionamento do actual sistema de gestão de resíduos sólidos, e a partir disto fazer algumas propostas de melhoria para o serviço de recolha de resíduos e deixar pistas para trabalhos futuros.

### **1.4. Estrutura e desenvolvimento da dissertação**

Esta dissertação está organizada em seis capítulos, referências bibliográficas e respectivos anexos. No primeiro capítulo faz-se uma introdução ao tema em discussão, apresentando-se os objectivos a atingir com a presente dissertação. No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica acerca dos sistemas de recolha e transporte de resíduos, factores que podem influenciar o funcionamento e produtividade destes sistemas, sendo também abordados os SIG e instrumentos tecnológicos utilizados na optimização de rotas, sem esquecer os principais problemas associados à optimização das mesmas. No terceiro capítulo é explicada a metodologia utilizada para atingir os objectivos propostos, sendo indicadas quais as fontes de informação, os parâmetros e *software* utilizados. No quarto capítulo é feita uma caracterização da unidade de estudo, bem como do sistema de recolha de resíduos actualmente em funcionamento, o que inclui o levantamento dos circuitos, recursos humanos, meios mecânicos e equipamentos de deposição envolvidos, entre outros. No quinto capítulo são apresentados e discutidos os resultados do levantamento realizado e da aplicação da extensão *Network Analyst* (do *software* ArcGIS versão 10.1) à recolha selectiva de vidro. No sexto e último capítulo, para além de uma síntese de todo o trabalho realizado, é feita uma análise critica a todo o processo e são feitas sugestões de melhoria ao actual sistema de gestão de resíduos, deixando pistas para trabalhos futuros.

## **2. A RECOLHA E A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Este capítulo inicia-se com o enquadramento legal e estratégico da actual política de gestão de resíduos urbanos em Portugal, sendo identificados os principais documentos técnicos em vigor a nível comunitário e nacional. São elencados os principais factores que influenciam o normal funcionamento e a rendibilidade dos sistemas de gestão de RSU. Posteriormente é feita uma abordagem aos SIG, o modo como estes podem contribuir para a optimização da recolha e transporte de resíduos e quais as mais-valias e os principais problemas que se colocam à sua utilização.

### **2.1. Enquadramento legislativo e técnico**

Os resíduos têm vindo a receber especial atenção devido ao impacto que a sua produção tem sobre o ambiente e sobre a utilização de recursos naturais. Por outro lado, devido aos actuais constrangimentos económicos, torna-se pertinente promover uma gestão eficiente dos resíduos produzidos tendo em vista a minimização dos impactos económicos e sociais inerentes a esta actividade. Fruto disso, tanto a nível nacional como comunitário, têm vindo a ser elaborados diversos documentos legislativos com o intuito de definir as metas e normas que incentivam ou limitam a acção dos diversos intervenientes (consumidor, indústrias, produtores de resíduos e outros), quais as orientações estratégicas a seguir, tendo em vista uma gestão sustentável dos resíduos, a preservação dos recursos naturais e a minimização dos impactos negativos sobre a saúde pública e o ambiente (APA, 2011a).

A nível europeu destaca-se a Directiva nº 2008/98/CE de 19 de Novembro (UE, 2008), também designada Directiva-Quadro dos Resíduos, que define o quadro base da gestão de resíduos para a UE. Este documento defende o reforço da prevenção dos resíduos, a introdução de uma abordagem que considere todo o ciclo de vida dos produtos e materiais, estabelecendo medidas de protecção do ambiente e da saúde humana, prevenindo ou reduzindo os impactos ambientais adversos decorrentes da produção e gestão de resíduos, diminuindo os impactos da utilização dos recursos e melhorando a eficiência dessa utilização. Devem também ser tomadas as medidas necessárias para a promoção de uma reciclagem de alta qualidade, adoptando sistemas de recolha selectiva, sempre que isso seja viável e adequado de um ponto de vista técnico,

ambiental e económico, a fim de garantir os padrões de qualidade indispensáveis para os sectores de reciclagem em causa.

Tendo em vista uma gestão de RSU mais sustentável, na Directiva nº 2008/98/CE há uma aposta no reforço da hierarquia de prioridades do que constitui a melhor opção em termos ambientais. Surge assim uma hierarquia renovada na gestão de resíduos (ver Figura 2.1).



Figura 2.1 – Hierarquia da gestão de resíduos (fonte: APA, 2011a)

Deverá ser dada primazia à prevenção da produção de resíduos como opção mais favorável, sendo credível afirmar que com esta opção não ocorreu produção de resíduos e naturalmente não se verifica perda de material. No lado oposto, a operação de eliminação é a última hipótese, dada a perda de material ser máxima pois não há valorização dos resíduos. A opção eliminação apenas deverá ser considerada para aqueles resíduos que não podem ser reutilizados, reciclados ou valorizados.

Caberá a cada Estado-membro incentivar as operações que conduzam aos melhores resultados ambientais, podendo ser feita uma alteração à hierarquia anteriormente referida, desde que tal seja benéfico do ponto de vista económico e ambiental, considerando a perspectiva do ciclo de vida dos materiais. Nesse sentido são apresentados os conceitos de “subproduto” e de “fim de estatuto de resíduo”, o que

sendo uma novidade, vem reforçar a valorização dos resíduos e a sua utilização com o intento de dar continuidade ao ciclo de vida dos materiais, tendo em vista, como referido anteriormente, a preservação dos recursos naturais e assim reduzir a pressão sobre o meio ambiente (APA, 2011a).

Resumindo, a Directiva nº 2008/98/CE de 19 de Novembro, aponta para a necessidade de optar por uma gestão eficiente dos recursos e das matérias-primas, estimulando a reciclagem e a reutilização dos resíduos, incentivando a utilização dos materiais resultantes.

Sendo a legislação comunitária a matriz de referência na gestão de resíduos a nível europeu, esta é posteriormente adoptada e transposta para o direito nacional de cada Estado-membro. Na legislação nacional destaca-se o Decreto-Lei nº 73/2011 de 17 de Junho (procede à terceira alteração ao Decreto-Lei nº 178/2006 de 5 de Setembro), o qual enquadra as matérias relativas à gestão de resíduos. Este documento legal estabelece o regime geral aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos, transpondo para a ordem jurídica interna a já referida Directiva nº 2008/98/CE de 19 de Novembro, consagrando um conjunto de princípios e procedimentos a que uma gestão de resíduos deve estar sujeita. Os princípios gerais de gestão de resíduos são os seguintes: o princípio da auto-suficiência e da proximidade, o princípio da responsabilidade da gestão, o princípio da protecção da saúde humana e do ambiente, o princípio da hierarquia dos resíduos, o princípio da responsabilidade do cidadão, o princípio da regulação da gestão de resíduos, o princípio da equivalência, o princípio da responsabilidade alargada do produtor.

De acordo com o Decreto-Lei anteriormente referido, a definição de resíduo é aplicável a “quaisquer substâncias ou objectos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer”. Mediante a sua proveniência, os resíduos podem ser classificados como: agrícola, construção e demolição, hospitalar, industrial e urbano. Para uma identificação e classificação mais específica dos resíduos, deve ser consultada a Lista Europeia de Resíduos (LER) publicada pela Portaria nº 209/2004 de 3 de Março.

Os resíduos urbanos são os que interessam para esta dissertação e correspondem aos resíduos provenientes de habitações, assim como outros resíduos que dada a sua natureza ou composição, são semelhantes aos resíduos oriundos das habitações. Quando a quantidade dos resíduos urbanos não ultrapassar a produção diária de 1100 lt por produtor, a sua gestão é assegurada pelos municípios, enquanto para quantidades

superiores a responsabilidade e respectivos custos ficam a cargo do produtor desses mesmos resíduos (MAOT, 2011). Na LER, estes resíduos podem ser encontrados no capítulo 20 – Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as fracções recolhidas selectivamente.

Existem outros instrumentos que enquadram e definem as estratégias para o sector dos resíduos. De acordo com o Decreto-Lei nº 73/20011 de, 17 de Junho (MAOT, 2011), é no Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR), nos planos específicos de gestão de resíduos e nos planos multimunicipais, intermunicipais e municipais de acção que devem estar estabelecidas as orientações fundamentais da política nacional de gestão de resíduos, no sentido de garantir a concretização dos princípios gerais da gestão de resíduos. Os planos de gestão de resíduos terão que estar em conformidade com o regime jurídico da gestão de embalagens e resíduos de embalagens e com a estratégia para a redução dos biorresíduos destinados a aterro.

O PNGR estabelece as regras orientadoras para os planos específicos de gestão de resíduos no sentido de garantir a concretização dos princípios referidos no título I do Decreto-Lei anteriormente mencionado, bem como a constituição de uma rede integrada e adequada de instalações de valorização e eliminação de todo o tipo de resíduos, tendo em conta as melhores tecnologias disponíveis com custos economicamente sustentáveis (MAOT, 2011). Este plano nacional deve ser um documento estratégico com um carácter bastante abrangente, o que se reflecte no seu âmbito, objectivos e disposições, tendo em vista orientar a política de gestão de resíduos para os próximos anos, o desenvolvimento de planos sectoriais mais específicos e forçosamente mais aprofundados, que concretizam o referido Plano especificamente em cada uma das áreas geradoras de resíduos, nomeadamente industrial, urbana, agrícola e hospitalar, estabelecendo as respectivas prioridades a observar, metas a atingir e acções a implementar (MAOT, 2011; APA, 2011a). Com o PNGR surge a pretensão de abordar a gestão de resíduos numa vertente de economia tendencialmente circular, em que ocorre a incorporação dos recursos naturais e energéticos na produção de bens e produtos, sempre que tal seja económica e tecnologicamente viável (APA, 2011a).

Actualmente, o instrumento estratégico para a gestão dos resíduos sólidos urbanos produzidos, no período de 2007 a 2016, é o Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos II (PERSU II), publicado em Diário da República, através da Portaria nº 187/2007 de 12 de Fevereiro. Trata-se de um instrumento que consubstancia a revisão

das estratégias consignadas no Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos I (PERSU I), das intervenções e metas propostas pelo Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados (PIRSUE) e pela Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Biodegradáveis Destinados aos Aterros (ENRRUBDA), para além de estabelecer as prioridades a observar no domínio dos RSU, as metas a atingir, as acções a implementar e as regras orientadoras da disciplina a definir pelos planos multimunicipais, intermunicipais e municipais de acção, tal como indicado no artigo 15º do Decreto-Lei nº 73/2011. No PERSU II foram definidas as seguintes linhas orientadoras estratégicas: reduzir, reutilizar, reciclar; separar na origem; minimizar a deposição em aterro; “Waste to Energy” para a fracção “resto” (não reciclável); “Protocolo de Quioto”: compromisso determinante na política de resíduos; informação validada a tempo de se poderem tomar decisões; Estratégia de Lisboa: sustentabilidade dos sistemas de gestão.

Para a concretização das linhas orientadoras estratégicas anteriormente referidas, são preconizados cinco grandes eixos de actuação para o período 2007-2016 (MAOTDR, 2007): Eixo I: Prevenção: Programa Nacional; Eixo II: Sensibilização/Mobilização dos cidadãos; Eixo III: Qualificação e optimização da gestão de resíduos; Eixo IV: Sistema de informação como pilar de gestão dos RSU; Eixo V: Qualificação e optimização da intervenção das entidades públicas no âmbito da gestão de RSU.

Torna-se fundamental o reforço da sensibilização e educação dos cidadãos para a sua efectiva mobilização. Só assim se conseguirá uma mudança cultural sobre a gestão de resíduos, pois o cidadão enquanto consumidor, pode fazer opções devendo tomar consciência da sua responsabilidade na qualidade, quantidade e tipo de resíduos que são diariamente recolhidos. Por outro lado é importante o reforço dos sistemas em infra-estruturas e equipamentos de suporte à deposição e recolha selectiva, à reciclagem (valorização material), bem como outras formas de valorização, e por conseguinte, a redução da deposição dos resíduos não passíveis de valorização em aterro, a par do necessário reforço dos meios e plataformas logísticas destinados à maior eficácia de utilização de infra-estruturas.

Devem ser aproveitadas as potenciais sinergias entre os diferentes sistemas de recolha indiferenciada e selectiva, devendo a sua gestão ser feita de forma integrada, com base em efeitos de escala resultantes da optimização espacial/territorial dos diferentes tipos de recolha e da afectação de meios humanos e técnicos (contentores e veículos), tendo

em vista minimizar os elevados custos e potenciar os ganhos resultantes da articulação das diversas recolhas. Actualmente estas são tratadas de modo individual, sem a preocupação da afectação otimizada global de meios, sejam as recolhas realizadas por entidades públicas ou por privados. Uma recolha integrada exige o repensar dos modos de optimização, evitando-se a duplicação dos sistemas de recolha, mas sim a sua redução significativa, com base na afectação dos mesmos meios aos dois tipos de recolha repensados e optimizados sob o ponto de vista técnico e espacial. Para o efeito, os SIG são utensílios essenciais para a gestão dos resíduos, sendo fulcral o reforço da fiscalização por parte das entidades competentes para desincentivar a adopção de práticas ilícitas em matéria de gestão de resíduos (MAOTDR, 2007).

É nos regulamentos municipais que estão consubstanciadas as regras a observar na deposição dos RSU, o que permite que os cidadãos tenham conhecimento dos procedimentos a adoptar, fazendo-os entender qual o seu papel no que respeita à protecção do ambiente e qualidade de vida quotidiana (Levy & Cabeças, 2006). Cabe a cada câmara elaborar o seu regulamento municipal de deposição de RSU, sendo também sua responsabilidade fazer cumprir as regras estabelecidas. Um exemplo desse regulamento está contido no “Código Regulamentar do Município do Porto” (CMP, 2013).

Em suma, uma política de gestão de resíduos deve estar enquadrada numa política mais ampla, que esteja direccionada para o aumento da eficiência na utilização dos recursos naturais pela economia. A correlação entre políticas que visam uma utilização sustentável dos recursos e a prevenção/valorização dos resíduos é um factor decisivo para este fim – a prevenção da produção de resíduos, a reciclagem e outras formas de valorização podem mesmo, em última análise, contribuir para a redução da extracção de matérias-primas (APA, 2011a).

## **2.2. A gestão dos resíduos sólidos urbanos**

O Decreto-Lei nº 73/2011 de 17 de Junho define a gestão de resíduos como a recolha, o transporte, a valorização e a eliminação de resíduos, incluindo a supervisão destas operações, a manutenção dos locais de eliminação no pós-encerramento, bem como as medidas adoptadas na qualidade de comerciante ou corrector. A gestão dos RSU deve

ser realizada adoptando as directivas legais e sociais impostas, que estimulam a protecção do ambiente e a saúde pública, sem negligenciar a viabilidade económica.

Em praticamente todos os países a gestão dos RSU é uma tarefa complicada, nomeadamente devido: ao aumento taxa de produção de resíduos *per capita* e diminuição dos potenciais locais para a sua eliminação; disfunções e riscos ambientais associados aos tecnossistemas de gestão, cujas medidas de prevenção e minimização representam elevados custos; dificuldades numa mudança de filosofia e de estrutura dos sistemas de gestão de resíduos; necessidade de obtenção de consensos e envolvimento dos vários agentes nos processos de participação em planos de gestão de RSU; dificuldade na aplicação de medidas complementares efectivas indutoras de comportamentos eficientes de conservação dos recursos, redução e valorização dos resíduos, por parte de agentes económicos e dos consumidores (Martinho e Gonçalves, 2000).

As opções de gestão de resíduos estão em grande medida dependentes das instalações, infra-estruturas e estruturas de governação relativas à gestão dos resíduos (APA, 2011a). Em Portugal, de acordo com o artigo 11º do Decreto-Lei nº 17/2011, é a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) que tem a competência de assegurar e acompanhar a implementação da estratégia nacional para os resíduos. Regionalmente, cabe as Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), segundo o artigo 12º do Decreto-Lei nº 17/2011, assegurar o exercício das competências relativas à gestão de resíduos numa relação de proximidade com os operadores de resíduos. Outra entidade com um papel importante na gestão de resíduos é a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), tendo a seu cargo a regulação dos serviços públicos de abastecimento de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos, para além de assegurar uma adequada protecção dos utilizadores dos serviços de águas e resíduos, garantindo e controlando a qualidade dos serviços públicos prestados (ERSAR, 2011).

São 23 as entidades que, em Portugal continental, têm a seu cargo o tratamento e destino final adequados para os resíduos produzidos (Figura 2.2).

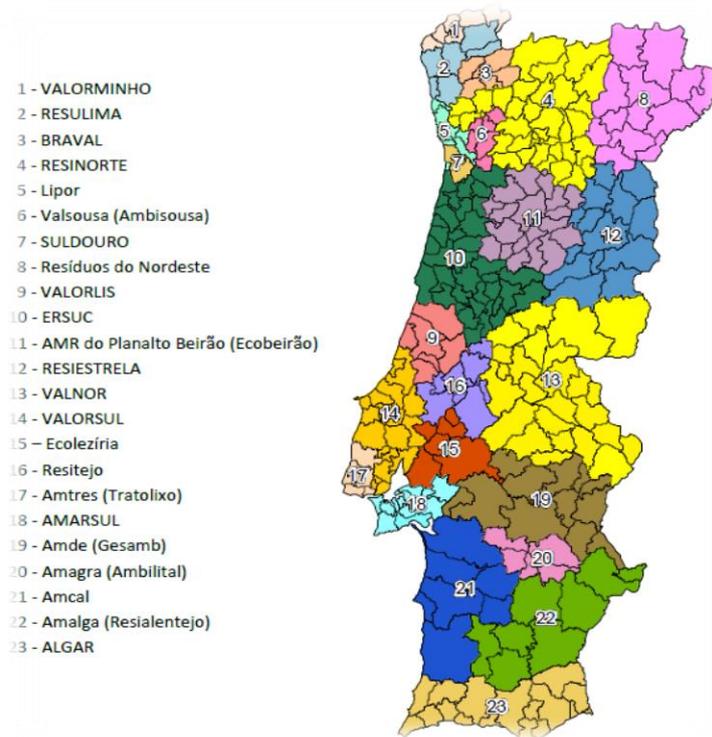


Figura 2.2 – Sistemas de Gestão de RSU em Portugal continental (fonte: APA 2011b)

Estas entidades são também designadas por Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU), correspondendo 12 a sistemas multimunicipais e as outras 11 a sistemas intermunicipais. Os SGRU são constituídos por uma estrutura de meios humanos, logísticos, equipamentos e infra-estruturas adequados para levar a cabo as operações inerentes à gestão dos RSU (APA, 2011b). Em 2010, de acordo com dados da ERSAR (2011) encontravam-se em exploração 38.154 ecopontos, 189 ecocentros, 29 estações de triagem, 81 estações de transferência, 9 unidades de valorização orgânica, 2 centrais de incineração com valorização energética e 34 aterros.

No caso concreto do município do Porto, a entidade responsável pela gestão, valorização e tratamento dos RSU produzidos é a Lipor – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto. A sua área de actuação engloba, para além do município do Porto, os municípios de Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila do Conde, abarcando cerca de 1 milhão de pessoas, com uma produção estimada de 500 mil toneladas por ano e uma captação de 1,38 Kg/hab/dia (Lipor, 2013).

Com a intenção de adequar a gestão dos resíduos aos pressupostos técnicos e legais actualmente vigentes, nomeadamente promover a valorização de todas as componentes dos resíduos, a Lipor implementou uma estratégia integrada de valorização, tratamento e confinamento dos RSU, assente em três vertentes: a Valorização Orgânica, a Valorização Multimaterial e a Valorização Energética. Isto traduz-se a nível de infra-estruturas, através da existência de um Centro de Valorização Orgânica onde é efectuada a compostagem dos resíduos biodegradáveis; um Centro de Triagem para efectuar uma separação mais fina dos materiais provenientes dos circuitos de recolha selectiva de RSU de forma a poderem seguir para a reciclagem; e finalmente um Centro de Valorização Energética destinado à produção de energia através da incineração de RSU provenientes da recolha indiferenciada. Estas infra-estruturas são complementadas com um Aterro Sanitário que recebe os subprodutos resultantes do processo de tratamento térmico e valorização dos resíduos e aqueles resíduos, aos quais não foi possível aplicar qualquer um dos processos de valorização anteriormente referidos. (Lipor, 2013).

### **2.3. Os sistemas de recolha e transporte de RSU**

A recolha e o transporte de RSU constituem uma etapa indispensável na gestão dos resíduos, na medida em que asseguram a salubridade dos meios urbanos. Esta etapa garante que os resíduos são rapidamente removidos do local onde são produzidos e direccionados directamente para o destino final, ou então até uma estação de transferência e posteriormente desta para o destino final onde pode ocorrer a sua valorização ou tratamento adequado.

Quando na remoção e transporte dos resíduos a destino final são utilizados os mesmos veículos, todo o processo de transporte é designado como sendo em baixa. Mas no caso de existir uma estação de transferência, já vai haver uma diferenciação entre os veículos destinados aos circuitos de recolha e os veículos destinados ao transporte para destino final. Neste caso, o transporte de resíduos até à estação de transferência é designado transporte em baixa e o transporte da estação de transferência até ao destino final é denominado transporte em alta (Levy e Cabeças, 2006; Monteiro, 2009).

Devido às diferentes responsabilidades pode-se fazer uma distinção entre as entidades gestoras da componente em baixa, os municípios e as entidades gestoras da componente em alta, as associações de municípios ou as entidades multi-municipais (ver Figura 2.3).

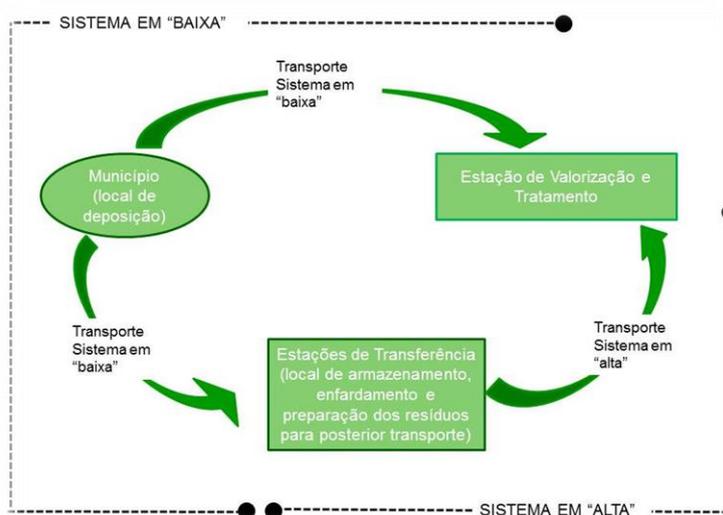


Figura 2.3– Distinção entre sistemas em “baixa” e em “alta” (fonte: Monteiro, 2009)

Por sua vez os municípios podem efectuar a gestão dos resíduos directamente através dos seus serviços municipalizados, contratar alguns dos serviços a empresas especializadas ou optar por concessões a entidades que estejam licenciadas para a gestão de RSU.

A recolha de resíduos corresponde à apanha de resíduos, englobando a triagem e o armazenamento preliminares dos resíduos, para fins de transporte para uma instalação de tratamento de resíduos (MAOT, 2011). Os sistemas de recolha de RSU podem ser classificados segundo diferentes critérios, nomeadamente frequência e horário da recolha, o tipo de resíduos recolhidos e o local onde é efectuada a recolha.

Quando se trata de definir a frequência de recolha, deve-se ter em atenção que esta deve ser adequada à realidade local, ao clima e ao tipo de resíduos a recolher. O tempo de exposição dos RSU é de enorme importância, devido aos aspectos ambientais, sanitários e aos odores gerados (Oliveira, 2008). A título de exemplo, os resíduos orgânicos têm que ser recolhidos quase diariamente dado que se decompõem com relativa facilidade originando maus cheiros, especialmente nos meses mais quentes. Por seu turno, a

recolha selectiva pode ser realizada de uma a três vezes por semana, pois o problema da decomposição não se coloca. A capacidade de armazenamento e a tipologia dos contentores instalados têm também grande influência na frequência da recolha dos RSU.

O horário da recolha pode ser no período diurno, nocturno ou ambos, dependendo essencialmente do trânsito local, da afluência de pessoas, do ruído que a recolha possa gerar e da necessidade de gerir a frota e/ou os recursos humanos afectos ao serviço. Nesse sentido pode ser referido que a melhor altura para recolher o vidro é durante o dia devido ao ruído gerado durante o vazamento dos contentores para a viatura, enquanto nas grandes áreas urbanas os restantes resíduos deverão ser recolhidos à noite pois há muito menos veículos e pessoas a circular pelas ruas.

Tudo isto justifica a necessidade de uma recolha feita com regularidade e que seja do conhecimento da população, para que se criem hábitos nas pessoas no que se refere à deposição dos RSU nos pontos de recolha.

### **2.3.1. Tipologia dos sistemas de recolha**

Dependendo do tipo de resíduos a recolher e do destino a dar a esses mesmos resíduos, a operação de recolha de resíduos pode ser classificada como: indiferenciada, selectiva ou especial.

#### Recolha indiferenciada:

Neste tipo de recolha, os RSU estão todos misturados entre si, sendo transportados para uma estação de transferência ou então directamente para o destino final. Dependendo do local de recolha, esta pode ser do tipo porta-a-porta (recolha junto à porta de cada residência), colectiva (contentores que servem um grupo de aglomerados habitacionais) ou em locais centralizados de deposição, destinados a aglomerados dispersos ou parques industriais (Martinho e Gonçalves, 2000).

#### Recolha selectiva:

Este tipo de recolha distingue-se do anterior pois visa separar na fonte uma ou mais categorias de resíduos. Estes resíduos são normalmente transportados para estações de

triagem onde se procede à separação e armazenamento dos diferentes materiais para mais tarde seguirem para a reciclagem. Tal como a recolha indiferenciada, esta também pode ser porta-a-porta, colectiva ou em locais centralizados de deposição industriais (Martinho e Gonçalves, 2000).

#### Recolha especial:

A principal característica deste serviço é a sua frequência esporádica pois acaba por estar associado a acontecimentos específicos, tanto no espaço como no tempo. Exemplos disso são a recolha de monos, limpeza de mercados e feiras, limpeza de praias, recolha de resíduos verdes.

#### **2.3.2. Factores que influenciam o funcionamento e a rendibilidade do sistema de gestão de RSU**

O funcionamento e a rendibilidade dos sistemas de gestão de RSU são influenciados por diversos factores de natureza social, económica e tecnológica, sem esquecer a documentação legal vigente.

O aumento ou diminuição da população residente tem influência na quantidade de RSU produzidos e previsivelmente recolhidos, possibilitando a definição de padrões de produção de resíduos. Este tipo de informação é de sobremaneira útil para o dimensionamento de um sistema de gestão de resíduos. Factores como a frequência de recolha, a capacidade dos contentores instalados, a distribuição dos mesmos e o facto de a sua recolha ser individual ou colectiva vão condicionar a rendibilidade e funcionamento de um sistema de gestão de resíduos.

Todavia, existem outros factores igualmente importantes, como sejam as redes de infra-estruturas (rede viária e locais de destino final de resíduos), as características e capacidades das viaturas, a própria orgânica das equipas, a topografia local, a meteorologia e sobretudo o comportamento dos utentes aquando da deposição dos resíduos.

### **2.3.2.1. Padrões de produção de resíduos**

O tempo necessário para a recolha dos resíduos nos diversos pontos de recolha é directamente proporcional à quantidade de resíduos que são rejeitados. É portanto essencial fazer uma análise exaustiva do tipo e quantidade de resíduos produzidos, estando ambos directamente relacionados com os hábitos de consumo da população. No dimensionamento ou optimização de um sistema de gestão de resíduos é conveniente numa primeira fase conhecer de que modo a produção de resíduos varia no espaço e no tempo, para se poder adaptar o sistema às quantidades produzidas.

Segundo Levy e Cabeças (2006), para planear e gerir de forma eficiente os sistemas de gestão de resíduos, desde o local onde os RSU são produzidos até à sua deposição final, torna-se necessário um conhecimento sistemático e aprofundado das características dos resíduos, tanto ao nível quantitativo como qualitativo. É fundamental conhecer a natureza dos resíduos, para a concepção, desenvolvimento e exploração de qualquer sistema de gestão de resíduos, o que inclui definir a localização de infra-estruturas (ex: estações de transferências, centrais de triagem, aterros), as necessidades de mão-de-obra e de meios mecânicos. Nesse sentido através da Figura 2.4 é possível observar que os resíduos biodegradáveis (incluem os resíduos putrescíveis e os resíduos verdes) representam cerca de 43% do total da composição física média dos resíduos urbanos em Portugal continental. Os resíduos que podem ser recolhidos selectivamente, tais como o papel e cartão, os plásticos, os metais e o vidro, correspondem a cerca de 31% do total de resíduos.

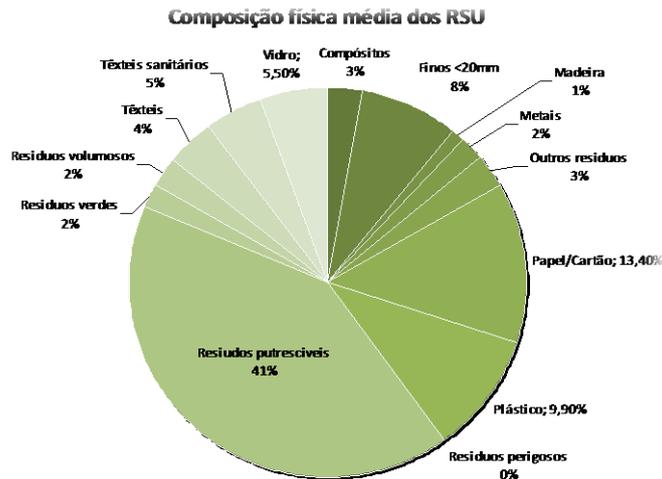


Figura 2.4 – Composição física média dos RSU em Portugal continental (fonte: APA, 2011b)

Quando se analisam as quantidades de resíduos que são produzidas anualmente, de acordo com os dados do Relatório do Estado do Ambiente 2012 (APA, 2012), em Portugal continental a produção de resíduos verificou uma tendência crescente entre os anos 2001 e 2009, passando de 4,0 milhões de toneladas para 5,185 milhões de toneladas, o que correspondeu a um acréscimo de cerca de 30%. Enquanto de 2009 até 2011 ocorreu um decréscimo, de 5,185 milhões de toneladas para 4,894 milhões de toneladas, respectivamente, representando uma redução próxima dos 6%. Apesar do valor da quantidade de resíduos produzidos em 2011 ter diminuído, ainda se encontra acima da meta prevista no PERSU II para o mesmo ano (4,768 milhões de toneladas). Em termos de capitação diária, esta evoluiu em consonância com a produção de resíduos, tendo-se verificado em 2001 um valor de 1,11 kg/hab/dia, enquanto em 2009 o seu valor atingiu 1,40 kg/hab/dia e finalmente em 2011 cifrava-se em 1,33 kg/hab/dia. Estas variações na produção anual de resíduos e na capitação diária podem ser comprovadas através da Figura 2.5.

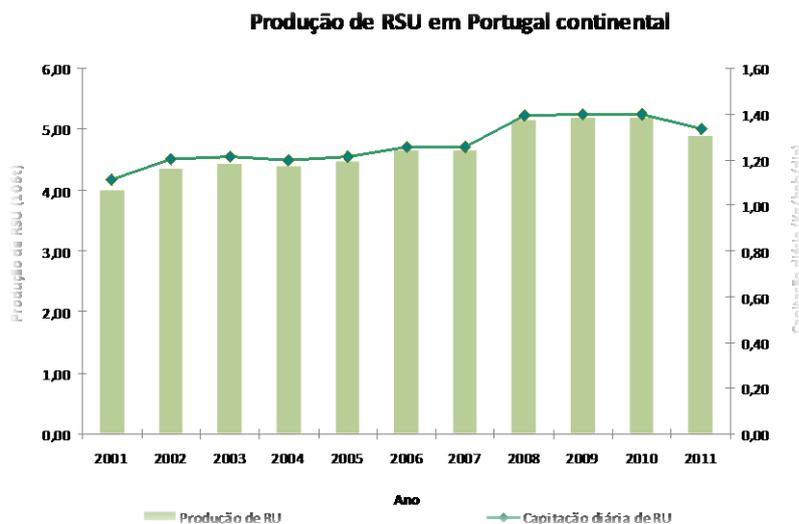


Figura 2.5 – Valores da produção de resíduos e captação em Portugal de 2001 a 2011 (fonte: APA 2012)

Do total de resíduos recolhidos em Portugal continental em 2011, 84,4% correspondiam à recolha indiferenciada enquanto apenas 15,6% eram provenientes da recolha selectiva (APA, 2012).

A análise das quantidades de resíduos produzidos, é de enorme importância, permitindo fazer uma avaliação muito concreta dos actuais sistemas de gestão de RSU e proceder a eventuais alterações ou estabelecer novas estratégias de actuação, com o intuito de serem atingidos os objectivos e metas estabelecidos para a reciclagem e reutilização de materiais.

### 2.3.2.2. Redes de infra-estruturas e equipamentos de deposição

As infra-estruturas viárias e a distribuição dos equipamentos de deposição de resíduos desempenham um papel extremamente importante na dinâmica do sistema de recolha e transporte de resíduos.

A rede viária tem grande influência no rendimento do sistema de recolha de resíduos, devido sobretudo às seguintes características: sinuosidade, estado de conservação, largura e sentido de circulação (sentido único ou duplo sentido), existência de separador central e tráfego. Estas características irão determinar se uma viatura pode ou não

circular em cada arruamento. É igualmente útil é saber se os pontos de recolha estão localizados do lado direito ou do lado esquerdo da via, pois um contentor mal localizado pode “obrigar” uma viatura a dar uma volta maior. Todas estas características devem ser tidas em consideração aquando do planeamento e definição de circuitos de recolha verdadeiramente eficientes.

Para a deposição dos resíduos, existem vários tipos de contentores, com diferentes capacidades. A opção por um tipo em detrimento de outros, deve ter em conta qual o que mais se adequa a cada situação específica, sem esquecer as seguintes condicionantes (Martinho e Gonçalves, 2000): o tipo de habitação, o tipo de recolha, as características urbanas locais, a capacidade de deposição, o número de recipientes necessários, o tipo de viaturas de recolha, a flexibilidade do sistema (recipientes/veículos), o grau de participação a esperar da população, os tempos de carga/descarga, os custos de implementação e exploração, a higiene e a segurança dos trabalhadores.

O tipo de equipamento de deposição de resíduos condiciona as quantidades recolhidas e o tempo necessário despender por ponto de recolha. Os equipamentos de deposição que existem no mercado enquadram-se nas seguintes categorias: sacos reutilizáveis, contentores de superfície e contentores enterrados ou semi-enterrados. Independentemente da opção escolhida, há sempre a possibilidade de optar pela recolha indiferenciada ou pela selectiva.

Os sacos são normalmente em plástico e apresentam uma capacidade muito variada, oscilando os mais comuns entre os 50 e os 100 litros. É a opção mais adequada para zonas em que a colocação de contentores não é viável, tais como as zonas antigas das cidades, onde as ruas e passeios são bastante estreitos.

Os contentores de superfície podem ser despejados para a viatura de recolha pela sua traseira, lateralmente ou superiormente. Os contentores de superfície de recolha traseira (ver Figura 2.6a) são normalizados, de fundo quadrado ou rectangular, não permitindo a redução de volume. A sua capacidade varia entre os 90 e os 1100 litros, sendo fabricados em polietileno de alta densidade. Possuem pegas e saliências próprias de modo a serem carregados para os veículos de recolha. As principais vantagens da utilização deste tipo de contentores são a sua resistência à carga com um peso reduzido, a facilidade de manuseamento e a facilidade de limpeza (Martinho e Gonçalves, 2000; Levy e Cabeças, 2006). Estes contentores podem ser utilizados tanto na recolha de

indiferenciados como na recolha selectiva, variando a sua cor consoante os resíduos a que se destinam. Em alguns municípios, na recolha de indiferenciados, ainda são utilizados contentores metálicos (especialmente se a sua capacidade variar entre 800 e 1100 litros).

Os contentores de carga lateral têm normalmente 2400 e 3200 litros de capacidade, podendo ser adoptados na deposição indiferenciada e na deposição selectiva. A maior capacidade destes contentores permite diminuir o número de equipamentos a colocar na via pública, sendo a solução ideal para locais com grande aglomeração populacional e grande produção de resíduos. A sua utilização pode representar ganhos efectivos em termos de tempo de recolha e dos recursos envolvidos, trazendo algumas desvantagens, tais como a necessidade de viaturas específicas para este tipo de recolha e um investimento inicial elevado em contentores e viaturas (Fernandes, 2009).

A recolha superior de equipamentos de superfície destina-se essencialmente à recolha de ecopontos (ver Figura 2.6b), os quais são normalmente constituídos por um conjunto de três contentores para depositar materiais como papel e cartão, embalagens, vidro e pilhas. Estes podem ser do tipo “igloo”, prismáticos ou cyclea com capacidades entre os 1100 e os 4000 litros.

Como a recolha destes contentores apenas pode ser realizada por viaturas equipadas com grua, estes não podem ser colocados em qualquer lugar, pois é necessário garantir que não existe qualquer obstáculo que impossibilite a aproximação da viatura de recolha ao contentor. A sua principal característica é possuírem uma argola metálica no topo, o que possibilita que sejam içados e descarregados na viatura pela base (Martinho e Gonçalves, 2000).



Figura 2.6 – Contentores de superfície para: (a) recolha traseira (a) e (b) recolha superior

Os contentores enterrados ou semi-enterrados podem agrupar-se nos seguintes tipos: *moloks* (semienterrados) e *citytainers* (enterrados) e destinam-se tanto à deposição indiferenciada, como à deposição selectiva (ver Figura 2.7). A sua capacidade pode variar entre os 1000, os 3000 e os 5000 litros.

As grandes desvantagens de optar por estes equipamentos: a sua recolha só pode ser efectuada por viaturas de caixa aberta e equipadas com grua (Levy e Cabeças, 2006) e não podem ser colocados em qualquer lugar, por causa do espaço que ocupam (tanto horizontalmente como verticalmente). Torna-se necessário garantir que não existe qualquer obstáculo (ex: carro estacionado) entre o equipamento de deposição e a viatura de recolha. Estes equipamentos integram-se de uma forma positiva no meio urbano, seja pelo seu aspecto exterior, seja por estarem enterrados ou parcialmente enterrados, não ocupando muito espaço na via pública. A sua grande capacidade evita o impacto negativo decorrente da aglomeração de contentores na via pública e acima de tudo permitem diminuir a frequência de recolha. Isto pode significar uma redução nos meios envolvidos na recolha e transporte de resíduos, no entanto podem implicar um investimento inicial avolumado em contentores e viaturas adequadas.



Figura 2.7– Contentores: (a) semienterrados e (b) enterrados

Após os RSU terem sido recolhidos, devem ser transportados para as infra-estruturas apropriadas para a gestão de resíduos. Nestas infra-estruturas incluem-se: as estações de transferência, as estações de triagem, as centrais de valorização e os aterros sanitários.

As estações de transferência são úteis quando na recolha são utilizadas viaturas com baixa capacidade de carga, ou quando não compensa transportar os resíduos directamente ao destino final (estações de triagem, centrais de valorização ou aterros sanitários). Os custos de transporte são assim reduzidos, alcançando-se um maior aproveitamento dos veículos de recolha. A existência de estações de transferência vai influenciar directamente as distâncias a percorrer pelas viaturas após o último ponto de recolha. As distâncias percorridas vão ter implicações na definição dos turnos de trabalho e nas equipas e viaturas que é necessário colocar no terreno.

As estações de triagem destinam-se, como o próprio nome indica, à triagem dos resíduos recolhidos selectivamente que são posteriormente armazenados antes de seguirem para a reciclagem (Vitorino, 2008).

### 2.3.2.3. Viaturas de recolha e transporte

Para a recolha dos contentores instalados na via pública, existem diversos tipos de viaturas com diferentes capacidades de carga (normalmente entre os 5 e os 30 m<sup>3</sup>). Na escolha da viatura ideal para realizar determinado circuito deve-se considerar: a sua

capacidade de carga, a quantidade e capacidade dos contentores a recolher e os arruamentos a percorrer.

É essencial conhecer os arruamentos que constituem a área de recolha de RSU, pois em ruas estreitas e sinuosas a circulação é mais difícil, sendo estas apenas acessíveis a viaturas mais pequenas e conseqüentemente com menor capacidade de carga. Por outro lado, os veículos com maior capacidade normalmente possuem sistemas de compactação, o que os torna ideais para as áreas mais densamente povoadas e com arruamentos mais largos.

As viaturas de recolha devem cumprir com os seguintes requisitos (Martinho e Gonçalves, 2000; Levy e Cabeças, 2006): I) capacidade de carga adequada; II) rapidez no acondicionamento de resíduos; III) facilidade de enchimento e descarga; IV) facilidade de manobra na circulação; V) funcionamento com baixo índice de ruído; VI) boas características de estanquidade; VII) facilidade de manutenção e lavagem; VIII) correcta distribuição sobre os eixos; IX) órgãos de segurança adequados e X) segurança e estética.

O método de descarga, o tipo de sistema de elevação dos contentores e respectiva localização, e o sistema de transferência dos resíduos da tremonha de recepção para o interior da caixa são itens que permitem classificar as viaturas de recolha (Martinho e Gonçalves, 2000). Podem distinguir-se os seguintes tipos de viaturas: viatura de recolha hermética, viatura com sistema traseiro de elevação de contentores, viatura com sistema lateral de elevação de contentores, viatura com sistema frontal de elevação de contentores, viatura com sistema *ampliroll*, viatura com sistema *multibenne*, e viatura bicompartimentada.

Dos tipos de viaturas referidas, aquelas que são geralmente utilizadas na recolha de RSU indiferenciados, são as viaturas com sistema traseiro de elevação de contentores de superfície (Figura 2.8b). A grande maioria destas viaturas possui sistemas de compactação que reduzem o volume dos resíduos, aumentando a capacidade de carga.

As viaturas com sistema *ampliroll* (Figura 2.8a) são especialmente úteis quando há necessidade de fazer a descarga de equipamentos com maior capacidade como é o caso dos contentores enterrados ou semienterrados ou mesmo ecopontos de superfície (*cyclea*). Estas viaturas estão equipadas com grua para elevação destes equipamentos,

caixa aberta quando é necessário recolher vidro (não pode ser compactado) e caixa compactadora no caso da recolha dos restantes resíduos.



Figura 2.8 – Viaturas utilizadas na recolha de resíduos: (a) viatura ampliroll; (b) viatura de recolha traseira

#### 2.3.2.4. Orgânica das equipas de recolha

As equipas de recolha são normalmente constituídas por um motorista e dois cantoneiros, podendo este rácio variar em função das necessidades ou das exigências do serviço. Nas viaturas de recolha traseira, as equipas de recolha são constituídas por um motorista e dois cantoneiros. Para as viaturas de recolha superior ou recolha lateral, as equipas de recolha são apenas constituídas apenas por um motorista e um cantoneiro.

Os tempos de recolha são influenciados pela adequação da dimensão das equipas de trabalho à quantidade de RSU depositados dentro ou fora dos contentores em cada ponto de recolha, mas também pelo desempenho de cada um dos funcionários que constituem estas equipas. O desempenho individual está dependente de factores intrínsecos a cada um dos membros da equipa. Esses factores incluem a idade, a motivação, as condições físicas e de saúde. A experiência e a utilização de equipamentos de protecção individual são também importantes para o desempenho das tarefas necessárias à recolha dos resíduos (Oliveira, 2088; Martinho e Gonçalves, 2000). Se a equipa de recolha não desempenhar adequadamente as suas funções, isso poderá traduzir-se num menor rendimento.

### **2.3.2.5. Outros factores**

A produtividade dos circuitos de recolha pode estar indirectamente dependente de outros factores tais como: topografia do terreno, a meteorologia e o comportamento dos utentes.

A topografia do terreno não afectará necessariamente o tempo de recolha dos contentores, mas sim o tempo de deslocação entre pontos de recolha. A este factor pode-se associar a carga que a viatura vai transportando com o decorrer da recolha, o que em locais com relevos mais acentuados pode significar mais tempo de deslocação e menos RSU recolhidos.

A meteorologia, especialmente a adversa, pode condicionar os tempos de recolha dos contentores e os tempos de deslocação entre pontos de recolha. A título de exemplo, com chuva as operações de recolha decorrem um pouco mais lentamente.

Por último, os utentes têm um papel preponderante na produtividade e rendibilidade dos sistemas de gestão de RSU, porque podem escolher ou não cumprir com as regras e práticas de deposição de resíduos. A opção que estes tomarem influirá os tempos de recolha dos contentores, podendo pôr em causa a segurança e saúde dos cantoneiros.

## **2.4. Os sistemas de informação (geográfica) e instrumentos tecnológicos na optimização de sistemas de recolha**

Os Sistemas de Informação (SI) possibilitam a recolha, o processamento (agregação e organização), a comunicação e a difusão de dados, de modo a que estes se tornem significativos como informação útil para o utilizador final. Isto é, os SI têm por finalidade facilitar a recolha de dados, o seu processamento e transformação em informação fundamental para o controlo, a coordenação e a análise no processo de tomada de decisão. Para além da tecnologia, os SI incluem os procedimentos organizacionais, os métodos que gerem a informação, bem como os colaboradores da organização (Pinto, 2009)

Os SIG diferem dos restantes SI por permitirem a combinação de informação diferenciada, proveniente das áreas da Cartografia, Geografia, Detecção Remota, Matemática, Informática, entre muitas outras disciplinas (Oliveira, 2008). Possibilitam

também guardar, manipular, analisar e visualizar dados geográficos, facilitam a recolha e validação de informação georreferenciada. Funcionam predominantemente como ferramentas para a análise espacial e modelação geográfica de dados (Costa, 2007).

Pode-se então afirmar que os dados são o elemento mais importante na criação de um SIG. Estes podem ser divididos em elementos espaciais e alfanuméricos. Os elementos espaciais ou dados gráficos permitem saber a localização ou referência geográfica dos elementos geográficos, constituindo a base cartográfica. Por seu turno, os elementos alfanuméricos ou dados não gráficos, caracterizam qualitativa e quantitativamente os elementos apresentados na base cartográfica e incluem atributos próprios e características dinâmicas (Silva, 2009; Tristany e Coelho. 2003).

Os *softwares* SIG armazenam a informação geográfica em camadas (*layers*), em que cada uma agrupa um conjunto de objectos (*features*) semelhantes, que representam os temas ou classes de elementos (*feature classes*). Agrupando as várias *layers* obtém-se um mapa final, permitindo a análise e apresentação de resultados.

Os objectos correspondem a representações da realidade, assumindo dois formatos distintos: vectorial ou *raster*. No caso de uma estrutura de dados vectorial, há três tipos de representações: pontos, linhas e polígonos. O ponto é constituído por um par de coordenadas. A linha é definida por um conjunto de pares de coordenadas, e por isso é concebida pela união de pontos. O polígono representa zonas delimitadas, sendo criado pela união de linhas. Num modelo de dados raster, a abstracção da realidade traduz-se numa *grid* ou matriz composta por células com determinadas dimensões (Costa, 2007).

Os SIG viabilizam o armazenamento, manipulação e análise de grandes quantidades de informação num curto espaço de tempo, garantem a fiabilidade dos dados tratados e apresentam como grande vantagem a facilidade com que a informação é introduzida ou alterada. Estes permitem, através da utilização de complexos modelos conceptuais, executar análises profundas e compreender os dados tratados, assumindo um papel preponderante nos processos de tomada de decisão que se pretendem bem fundamentados. Como se pode ver na Figura 2.9, um SIG é normalmente constituído por cinco componentes principais: pessoas, dados, procedimentos, *software* e *hardware* (Tristany e Coelho. 2003; Ribeiro, 2010).

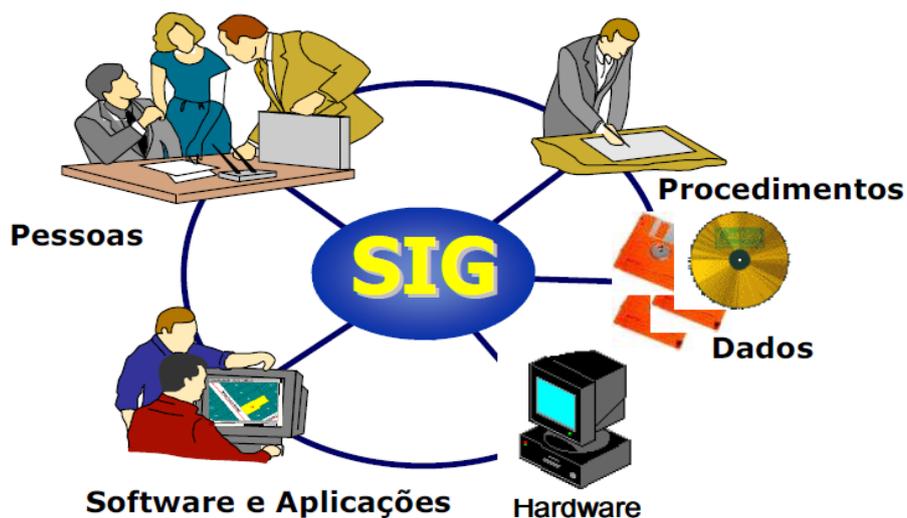


Figura 2.9 – Componentes de um Sistema de Informação Geográfica (fonte: Fortes, 2007)

No âmbito do planeamento e do ordenamento do território (onde se pode incluir a gestão do sistema de recolha de resíduos) existe uma grande quantidade de informação que pode ser georreferenciada e cartografada, daí a necessidade da utilização de *software* próprio e de *hardware* adequado, para rentabilizar este processo.

Existem também outros instrumentos tecnológicos que podem servir de complemento ou beneficiar da implementação de um SIG. Exemplos disso são os sistemas de navegação por satélite, também conhecidos por Global Positioning System (GPS), que fornecem a um aparelho receptor móvel as coordenadas da sua posição.

Este tipo de aparelhos pode ser particularmente útil quando aplicado à realidade do serviço de recolha de RSU, possibilitando conhecer a localização exacta das várias infra-estruturas e contentores ligados à gestão de resíduos, particularmente quando não há qualquer outro indício que facilite a sua localização. O grande entrave à utilização destes equipamentos de alta precisão relaciona-se com a qualidade de recepção do sinal dos satélites, algo que em meio urbano pode ser complicado, especialmente em zonas com ruas estreitas, prédios altos ou arvoredo. Estes impedimentos à boa recepção do referido sinal têm como consequência a impossibilidade de localizar pontos de interesse com a precisão necessária.

Apesar dos inconvenientes, um GPS é extremamente útil para saber em tempo real o posicionamento e do estado de um veículo. Este tipo de informações pode ser bastante importante no que concerne à otimização de sistemas de gestão de resíduos e especialmente na tomada de decisão relativa à localização de novas infra-estruturas.

#### **2.4.1. A aplicação dos SIG's aos sistemas de recolha**

Os SIG são extremamente úteis na avaliação de acessibilidades, da eficiência de redes de transporte e para fazer análises de redes para cálculo de distâncias entre diversos pontos de interesse. Isto possibilita saber se determinado ponto de interesse está ou não acessível e ao mesmo tempo conhecer qual a área de cobertura desse mesmo ponto de interesse (Ribeiro, 2010). Considerando os equipamentos de deposição de resíduos como pontos de interesse, a sua área de cobertura e acessibilidade são dados úteis na avaliação da adequação de um sistema de recolha e transporte de RSU à realidade local.

Existem uma série de vantagens na aplicação de um SIG a um sistema de recolha e transporte de RSU. De acordo com Matos (2007) citado por Silva (2009) esta aplicação possibilita conhecer a distribuição espacial dos contentores, fazer o levantamento, caracterização e georreferenciação dos vários pontos de recolha; e perceber a dinâmica de enchimento dos mesmos e avaliar a necessidade espacial de reforço da contentorização. Outras mais-valias passam pela delimitação das áreas de cobertura da rede de pontos de recolha e pela simulação de rotas em função das necessidades de recolha e por conseguinte a adequação dos meios afectos às recolhas de diferentes materiais. Esta capacidade para estimar diferentes cenários de operação e necessidades de meios para fazer face a novos serviços, permitirá controlar o risco e a taxa de sucesso, minimizando efectivamente os custos operacionais (tempos de percurso, custos de combustível e manutenção da frota, custos com pessoal) sem perca da qualidade dos serviços prestados aos cidadãos.

A escolha do *software* a ser utilizado representa um passo fundamental no processo de optimização, visto que este tem uma grande influência sobre a metodologia utilizada e mesmo sobre os resultados obtidos. Outra característica a analisar no *software* escolhido está relacionada com a sua versatilidade e o seu automatismo. Quanto aos parâmetros que são necessários, estes estão por um lado dependentes do *software* escolhido e por outro da possibilidade real de obter esses mesmos parâmetros. Incidindo na

possibilidade de simular diferentes percursos em função das necessidades de recolha, existem no mercado diversas soluções informáticas bastantes úteis. São exemplos disso, o *software Fleetroute* desenvolvido pela CIVIX L.L.C (CIVIX L.L.C, 2011), ou então o *ArcGIS Network Analyst* e o *ArcLogistic Route* (ESRI, 2012) desenvolvidos pela Environmental Systems Research Institute, Inc (ESRI). Para o trabalho que foi desenvolvido, apenas foi utilizado o *software* comercializado pela ESRI, já que o SIG existente na CMP tem por base o ArcGIS.

A versão mais recente do *software* utilizado é o ArcGIS Desktop 10.1, que tal como as versões anteriores, inclui a extensão *Network Analyst* que possibilita a resolução de diversos problemas relacionados com redes de transportes, sendo possível delinear percursos optimizados, com base no espaço percorrido ou no tempo despendido, fazer o levantamento de entidades e serviços mais próximos, definir áreas de serviço e ainda indicar a direcção dos percursos (ESRI, 2013). Esta ferramenta encerra dois métodos de cálculo de percursos e análise de redes: um método exacto, baseado no algoritmo de Dijkstra e um método metaheurístico, que resulta de uma extensão do Vehicle Route Problem (Silva, 2009).

#### **2.4.2. A análise de redes**

Uma rede é constituída por um conjunto de elementos lineares, chamados arcos, os quais representam canais de comunicação. Estes estão conectados entre si por elementos pontuais, os nós, os quais correspondem à intersecção das linhas e por isso definem o início e o fim de um arco. Aplicando esta definição a uma rede viária, os arcos correspondem aos arruamentos e os nós correspondem aos entrosamentos e cruzamentos (Silva, 2009).

A arquitectura das redes em SIG pode assim ser descrita pela Teoria dos Grafos, segundo a qual um grafo é representado por  $G = (V, L)$ , correspondendo V a um conjunto de vértices e L às linhas que conectam os referidos vértices (Ribeiro, 2010).

Recorrendo à análise de redes é possível determinar qual o melhor caminho entre dois pontos ou qual o percurso ideal a fazer considerando a necessidade de passar obrigatoriamente por diferentes pontos, percorrendo em ambos os casos uma distância mínima. Este tipo de análise pode ser efectuado segundo diversos critérios como

variáveis espaciais (distâncias), temporais (tempo de deslocação) e económicas (custo de deslocação) (Tristany e Coelho. 2003).

Sendo a rede viária uma estrutura de dados geográficos base é preciso caracterizar cada um dos elementos da rede, o que quer dizer, associar um conjunto de atributos de modo a caracterizar a estrutura da rede. Exemplos desses atributos são a largura das ruas, o sentido do trânsito (unidireccional ou bidireccional), eventuais proibições e o comprimento de cada troço que constitui a rede, sem esquecer que mediante as características antes referidas, seria ideal a definição da velocidade de circulação na rede assim como a resistência que a rede viária oferece à passagem das viaturas, também designado por impedância. Por outro lado, é também importante ter em conta quais os arruamentos, praças e pátios que poderão ficar excluídos da recolha (por estarem inacessíveis às viaturas de recolha) e nestes casos definir quais os melhores pontos para deposição dos resíduos, para que possam também ser incluídos nos circuitos de recolha. Por tudo isto, a rede viária é considerada a estrutura de dados base para a aplicação de qualquer um dos *softwares* de análise de redes (Silva, 2009).

A análise de redes pode ser feita em ambiente vectorial ou raster. No presente trabalho a análise de redes foi efectuada aproveitando as potencialidades da representação vectorial. O factor essencial para a análise de redes é a topologia da rede, que diz respeito às relações que se estabelecem entre cada um dos elementos que constituem essa rede e através dos quais se torna possível a simulação de movimento de acordo com condições predefinidas. Uma rede é considerada topologicamente correcta quando existir pelo menos um caminho para cada um dos nós (Costa, 2007).

### **2.4.3. O problema da optimização de rotas**

Segundo Rizzoli et al. (2007) citado por Carvalho (2008) os problemas de optimização de circuitos são condicionados pelos seguintes elementos: rede de estradas, veículos e clientes. A rede de estradas descreve a conectividade existente entre os clientes e as infra-estruturas e permite estabelecer o melhor circuito entre diversos nós, através da utilização de algoritmos. Os veículos possibilitam o transporte entre os clientes e as infra-estruturas, podendo a capacidade e a dimensão destes constituir factores limitantes à sua circulação. Os clientes são os que recebem ou entregam a carga dos veículos, podendo influenciar o tempo de recolha/descarga.

O que torna o problema da optimização da recolha de RSU particularmente complexo, é o elevado número de factores a ter em conta, relativamente a outros problemas de optimização. Para se conseguir modelar com alguma exactidão este tipo de problemas é requerida uma grande quantidade de informação, sendo necessário ter em conta os seguintes factores (Sbihi & Eglese, 2007):

- a) Volume esperado e/ou peso dos diferentes tipos de resíduos a serem recolhidos e a respectiva variação sazonal da produção;
- b) Frequência actual da recolha (i.e. semanal, semanal alternado, mensal) e potenciais opções futuras;
- c) Tipo de recolha (i.e. recolha por adição, por substituição ou co-recolha);
- d) Localização dos pontos de recolha e restrições ao seu acesso;
- e) Localização das infra-estruturas de deposição e tratamento e horas a que as mesmas se encontram em funcionamento;
- f) Localização das garagens dos veículos e respectivas horas de abertura e encerramento;
- g) Número e capacidades dos veículos disponíveis;
- h) Requisitos em termos de recursos humanos, modo de operação dos turnos, horas diárias de trabalho e políticas relativamente a horas extraordinárias;
- i) Restrições ao nível da rede viária, por exemplo, ruas muito congestionadas em horas de ponta, ruas muito estreitas, ruas só de um sentido;
- j) Custos associados a recolha e eliminação dos resíduos.

Segundo Silva (2009), existem vários tipos de problemas que envolvem a circulação de veículos em redes urbanas, tais como: o problema do caixeiro-viajante, o problema do carteiro chinês, o problema de múltiplos caixeiros-viajantes, o problema de percursos de veículos ou Vehicle Routing Problem o problema de percursos de veículos com múltiplos depósitos, o problema de percursos de veículos com janelas temporais. Destes aqueles que são mais comuns são o Problema do Caixeiro Viajante (PCV) e o Problema de Optimização de Rotas de Veículos (PROV) também denominado Vehicle Routing Problem (VRP).

O PCV assenta na formulação de um problema de um veículo que saindo de um determinado local, tem que visitar  $n$  locais uma única vez e regressar em seguida ao ponto de partida, seguindo pelo caminho mais curto (Oliveira, 2008). A formulação deste problema recorre à teoria dos garfos já referida anteriormente. Neste tipo de problema não existem restrições à capacidade das viaturas, mas as recolhas são pré-conhecidas (Silva 2009).

Por seu turno, o VRP pode ser considerado como uma extensão de múltiplos caixeiros-viajantes e caracteriza-se por representar a necessidade de uma frota de viaturas passar em diversos locais, considerando que cada viatura tem uma capacidade limitada e o conjunto dos locais visitados por cada viatura não pode ultrapassar a capacidade desta, ou então existe um tempo máximo de serviço (Silva, 2009).

As soluções para os problemas de circulação de viaturas, classificam-se como métodos exactos, heurísticos e metaheurísticos (Silva, 2009).

Os métodos exactos são usados para a resolução de problemas de pequena dimensão, sendo aqueles que encontram a melhor solução para um determinado problema. Estes métodos impõem algumas condições e limitações aos problemas analisados, que quando são transpostos para a realidade, acabam por não ser respeitadas e os seus resultados são pouco satisfatórios (Carvalho, 2008). Como exemplos dos métodos exactos existem o algoritmo de Dijkstra, o algoritmo de Floyd e o método húngaro (Oliveira, 2008).

Por seu turno, os métodos heurísticos são utilizados para resolução de problemas de maiores dimensões, os quais através de um procedimento de aproximação das soluções dos problemas, permitem obter apenas soluções sub-óptimas (Silva, 2009). Como exemplos dos métodos heurísticos existem o método de Clarke e Wright e o método de inserção (Oliveira, 2008)

Os métodos metaheurísticos caracterizam-se pela utilização de dois ou mais procedimentos, com o objectivo de modificar e aprimorar gradualmente a solução (Cunha, 1997 *apud* Silva, 2009). Como exemplos dos métodos metaheurísticos existem a pesquisa tabu, os algoritmos genéticos (Oliveira, 2008).

Atemática da optimização de circuitos é bastante complexa, sendo abordada apenas de modo superficial, tendo em conta que o método heurístico de utilização pré-definida no programa ESRI ArcGIS 10.1 é adequado à complexidade do problema de optimização

apresentado nesta tese. Por outro lado apenas se considerou a utilização do *software* da ESRI, por ser o único que está disponível na CMP.

#### **2.4.4. Os sistemas de apoio à decisão**

Num município, organização, entidade pública ou privada com poder de decisão, é reconhecida a enorme mais-valia que representa a posse de informação que permita um conhecimento o mais detalhado e aproximado possível da realidade existente, para responder de forma eficiente aos desafios que se colocam quase diariamente à tomada de decisão.

Actualmente os recursos económicos, materiais e humanos são cada vez mais finitos e a aplicação dos SIG's, tem como grande mais-valia a racionalização de procedimentos e das metodologias tradicionais, assim como a gestão eficiente da informação, possibilitando assegurar a eficácia dos modelos organizacionais e contribuindo para uma maior aproximação ao cidadão (Almeida, 2006).

A maioria da informação necessária à gestão e planeamento municipal tem natureza geográfica. A criação de um SIG municipal vai possibilitar à administração local dispor de uma ferramenta muito útil nos trabalhos de planeamento e ordenamento do território.

Uma das aplicações mais importantes dos SIG é na pesquisa e análise de dados espaciais para o apoio aos processos de tomada de decisão. Se a isto se acrescentar a combinação com outras ferramentas de apoio à decisão (ex: base de dados alfanuméricas), os decisores têm a possibilidade de cruzar diferentes informações e ao mesmo tempo ter uma visão mais abrangente da realidade. Os sistemas de apoio à decisão correspondem a um modelo genérico em que se analisa um certo número de hipóteses, com o objectivo de tomada de uma decisão, considerando o peso de cada uma das alternativas.

### **3. METODOLOGIA**

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para o planeamento e execução do trabalho prático delineado para atingir os objectivos propostos para esta tese-

#### **3.1. Metodologia geral**

O trabalho realizado foi estruturado nas seguintes cinco etapas:

##### I) Revisão bibliográfica:

Nesta fase procedeu-se à pesquisa por fontes de informação que remetessem para a realidade actual da gestão de resíduos em Portugal, qual a legislação e a documentação técnica que enquadram esta gestão. Em termos de optimização de circuitos de recolha de resíduos, pesquisou-se por casos práticos de optimização, de que modo os SIG podem contribuir para esta optimização e para uma tomada de decisão assertiva, quais as mais-valias e possíveis implicações da sua utilização, quais as ferramentas existentes actualmente no mercado e finalmente que tipo de informação é necessária recolher.

##### II) Levantamento das variáveis associadas:

Nesta etapa, procurou-se identificar quais as variáveis necessárias para o desenvolvimento da presente tese de mestrado e se estas já existiam em formato digital ou se era necessária a sua criação. Procedeu-se também à caracterização da unidade de estudo, dos padrões de produção de resíduos e caracterização do actual sistema de gestão de resíduos na CMP, indicando os meios mecânicos e recursos humanos envolvidos.

##### III) Aplicação em SIG para optimização de rotas:

Nesta fase foram criados os elementos necessários para a aplicação do SIG num exercício de optimização da rota a percorrer entre uma série de localizações de pontos de recolha previamente conhecidas.

#### IV) Custos do serviço:

Com base nos resultados do exercício de otimização foram calculados os custos do serviço, considerando os custos dos recursos humanos (equipa de recolha) e mecânicos (combustível e manutenção da viatura). Para o cálculo dos custos do serviço consideraram-se dois cenários: sem otimização da ordem de recolha, com otimização da ordem de recolha.

#### V) Redacção da dissertação:

Finalmente, com base no trabalho desenvolvido, nos resultados obtidos, nas limitações existentes e nas perspectivas que se colocam para futuros trabalhos que se possam desenvolver no âmbito desta dissertação ou como extensão da mesma, procedeu-se a redacção da dissertação.

### 3.2. Levantamento de variáveis

As variáveis que serviram de base à realização deste trabalho de otimização de circuitos de recolha foram as seguintes: a rede viária da cidade do Porto e os equipamentos de deposição de RSU, tal como se pode ver pelo Quadro. Ambas as variáveis estão em formato digital, fazendo parte do SIG da CMP. Toda a informação georreferenciada tem como sistema de coordenadas o *Datum\_73\_Hayford\_Gauss\_IPCC*.

Quadro 3. 1 - Variáveis necessárias à otimização de circuitos de recolha

VARIÁVEL	FEATURE CLASS
Rede viária	L_Urbanismo_2100
Equipamentos de deposição RSU	P_Ambiente_1904

A rede viária da cidade do Porto já existia em formato digital, estando em falta a rede viária até à Lipor (por ser o local para onde os resíduos recicláveis como o vidro são encaminhados). Por isso apenas foi tida em consideração a rede viária da cidade do

Porto para efeitos de optimização de circuitos. Esta *Feature Class* inclui, entre outros, os seguintes atributos: sentido da via, estado da via, material em que é feita e comprimento de cada troço (em metros).

Os equipamentos de deposição de RSU existentes na cidade do Porto estão todos praticamente georreferenciados. É a partir da localização destes equipamentos e da sua ordem de recolha que na prática são definidos os circuitos a realizar pelas viaturas. Esta *Feature Class* inclui, entre outros, os seguintes atributos: tipo e capacidade do equipamento, morada e nº de polícia.

No entanto tornou-se necessário verificar a veracidade dos dados já georreferenciados, pois não havia a certeza destes dados corresponderem à sua real localização. Nesse sentido foi definido um protocolo de trabalho (ver anexo I), com o objectivo de actualizar a informação do SIG, através das seguintes tarefas:

- Validação dos pontos de recolha do vidro existentes na base de dados (confirmar as suas características e a sua localização no terreno);
- Levantamento de novos pontos de recolha;
- Validação dos pontos de recolha de papel e embalagens (que se encontravam próximos dos ecopontos de vidro);

Para executar estas tarefas, recorre-se a um aparelho GPS disponibilizado pela CMP, o Leica Zeno 10, equipado com o *software* Zeno Field. Como este *software* é baseado na plataforma ArcPad 8, fica facilitada a interacção com SIG municipal.

No trabalho de campo este aparelho leva duas *shapefiles*: uma com a localização dos pontos a validar e outra com a rede viária da cidade do Porto. Acrescenta-se uma nova *shapefile* onde são marcados os novos pontos identificados e aqueles que têm uma nova localização.

Com recurso a um telemóvel faz-se a ligação à ReNEP (Rede Nacional de Estações Permanentes) permitindo a correcção diferencial em tempo real dos dados recolhidos. Deste modo não foi necessário o pós-processamento da informação georreferenciada.

A quantidade de resíduos depositados em cada contentor é um dado importante para qualquer processo de optimização. Por enquanto é apenas possível saber, com total certeza, as quantidades de resíduos que chegam diariamente ao destino final, recorrendo

às bases de dados e relatórios da Lipor. A partir desta informação foi possível estimar os padrões de produção de resíduos para o município do Porto e para a zona da cidade onde a recolha é assegurada pela CMP.

Para a caracterização da zona CMP (unidade de estudo) foram utilizadas as seguintes fontes de informação: o SIG da CMP e a Base Geográfica de Referenciação da Informação (BGRI). Recorrendo ao SIG da CMP foi possível obter a área da unidade de estudo e a distribuição espacial das várias estruturas que influenciam o sistema de gestão de RSU, nomeadamente eixos viários e contentorização. Utilizou-se a BGRI para saber qual o número de habitantes na cidade do Porto para o ano 2011 e como estes estão distribuídos na área de actuação da CMP. A BGRI trata-se de um sistema de referenciação geográfica, apoiado em ortofotocartografia sob a forma digital, resultado da divisão da área das freguesias em pequenas unidades territoriais estatísticas, denominadas Secção Estatística, Subsecção Estatística e Lugar.

A caracterização do sistema de gestão de resíduos na zona CMP englobou a procura de informação sobre os recursos humanos afectos a este serviço, as infra-estruturas e os equipamentos envolvidos (veículos e contentores, entre outros). Para obtenção de dados fidedignos acerca dos recursos humanos afectos à recolha e transporte de resíduos recorreu-se ao relatório que a CMP tem todos os anos que submeter à ERSAR.

### **3.3. Aplicação em SIG para optimização de rotas**

Com as variáveis disponíveis, foi feito um exercício de optimização de circuitos aplicável ao actual circuito 3 de recolha selectiva do vidro. Apenas foi tida em consideração a ordem de recolha que está presentemente definida, verificando se a mesma pode ser alterada, de modo a que o circuito seja mais eficiente do ponto de vista dos quilómetros percorridos.

Para o efeito recorreu-se à aplicação *ArcMap* do *software* ArcGIS versão 10.1, modo de visualização *ArcInfo*, utilizando a extensão *Network Analyst*. No entanto, esta extensão só funciona após serem definidos os seguintes elementos: a estrutura da rede viária (*Network Dataset*) e as localizações na rede (*Network Locations*).

### 3.3.1. A estrutura da rede viária

A estrutura da rede viária (*Network Dataset*) é criada com base na rede viária já existente e obedece a uma série de etapas.

A primeira etapa abrange a criação de uma rede viária a partir de *features* já existentes. Para tal e recorrendo à aplicação *ArcCatalog* e criou-se uma *Feature Dataset* dentro de uma *Geodatabase*. A esta acrescentou-se a *Feature Class* com a informação dos eixos de via. Adicionou-se à mesma *Geodatabase* uma outra *Feature Class* com a informação referente à georreferenciação dos pontos de recolha selectiva do vidro, os quais constituem o circuito 3.

A etapa seguinte consiste em conseguir associar os pontos de recolha à rede viária. Assim é necessário criar novos nós na rede nos locais do arco mais próximo, ou seja, no eixo de via em frente ao equipamento de recolha. Para isso recorreu-se à ferramenta *Split Line at Points* do *ArcToolbox* (Figura3.1a), sendo indicado um raio de procura de 25 metros para a adição desses nós na rede. A escolha destes 25 metros como distância de tolerância prende-se por um lado com a existência, na zona CMP, de determinadas ruas muito próximas e conseqüentemente com a necessidade de garantir que cada ponto de recolha fica associado apenas ao eixo de via mais próximo. Assim, é necessário editar a *layer* com os pontos de recolha, para aproximar os pontos que se encontram afastados mais de 25 metros, caso contrário estes não serão associados à rede viária no sítio correcto.

Posteriormente recorre-se à ferramenta *Snap*, também do *ArcToolbox* (Figura3.1b), para associar os pontos de recolha à rede viária, mais propriamente aos nós anteriormente criados. Foi também indicado um raio de procura de 25 metros.

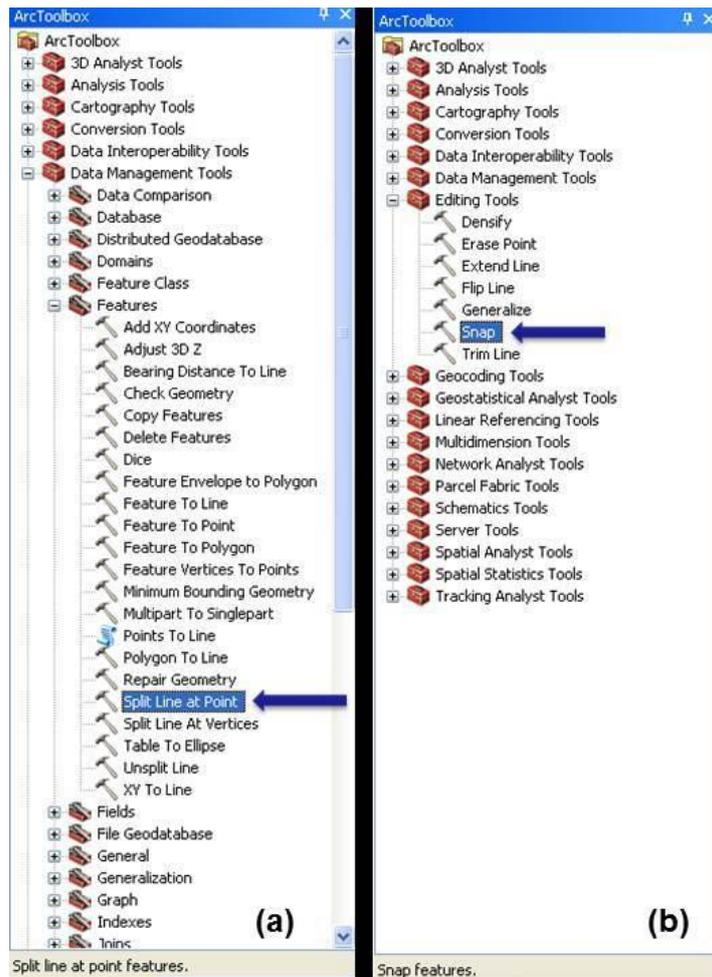


Figura3.1 – Ferramentas do ArcToolBox: (a) Split Line at Points e (b) Snap

No final desta segunda etapa, cada ponto identificou o arco da rede que se encontrava mais próximo sobrepondo-se a esse arco (Figura 3.2). Em todos os casos, o arco mais próximo correspondia ao eixo de via em frente ao contentor a ser recolhido.

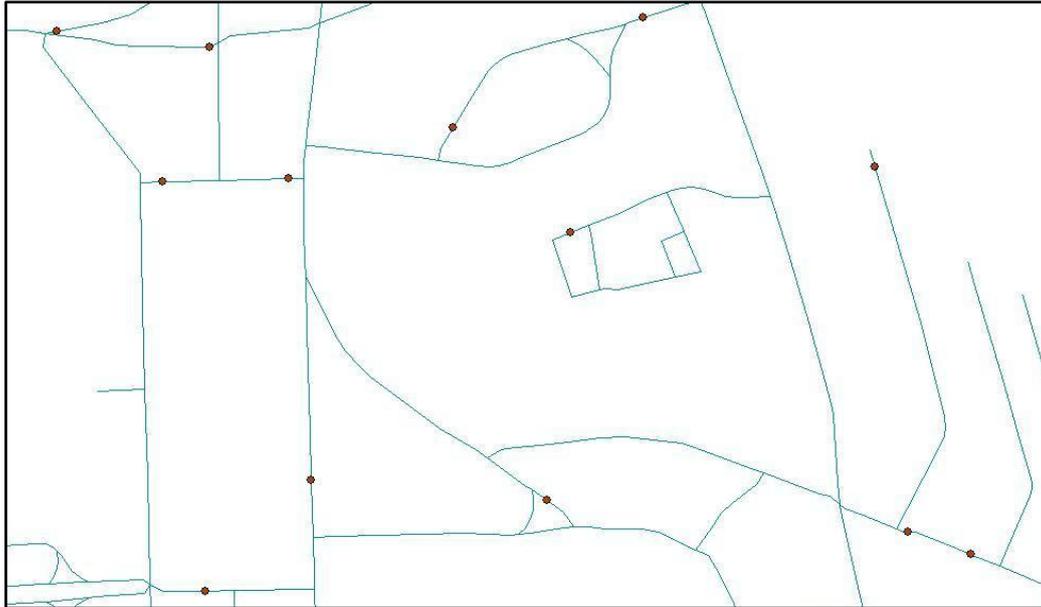


Figura 3.2 – Sobreposição dos pontos de recolha com a rede viária

Na terceira e última etapa, a partir da *Feature Class* criada através da ferramenta *Split Line at Points*, torna-se possível criar um *Network Dataset*. Na criação deste apenas se utiliza como restrições os sentidos de circulação nas ruas e como atributo de custo a distância (é necessário pelo menos um atributo de custo para o *software* proceder à análise de redes).

Seguindo todo o procedimento anteriormente referido consegue-se assim traçar rotas tendo em conta as vias de circulação e as suas restrições.

### 3.3.2. As localizações na rede

As localizações na rede correspondem a objectos específicos de análise da rede e incluem paragens, barreiras, instalações, incidentes, origens, destinos, pontos de recolha e depósitos. No contexto da recolha de resíduos, as localizações na rede incluem os pontos de recolha dos resíduos (*orders*), os locais de partida dos circuitos e as instalações de descarga (*depots*). Os pontos de recolha correspondem aos locais geográficos onde estão colocados um ou vários contentores para deposição de resíduos (indiferenciados ou selectiva).

Para todos os circuitos que se realizam, o local de partida é as Oficinas Gerais da CMP, pois é lá que estão estacionadas todas as viaturas. Daqui todas as viaturas seguem para as instalações da DMLUT na Rua S. Dinis, para apanhar os cantoneiros e dar início à recolha dos resíduos, conforme o que estiver definido na respectiva folha de serviço.

Quando termina a recolha de resíduos recicláveis como o vidro, seja por se ter atingido a capacidade de carga da viatura ou porque o que estava na folha de serviço foi totalmente feito, o destino da descarga é as instalações da Lipor em Baguim do Monte, Gondomar.

### 3.3.3. A ferramenta *New Route*

Com o *Network Dataset* criado e adicionado ao *ArcMap* assim como as localizações na rede, a extensão *Network Analyst* possui toda a informação necessária para que seja agora possível a utilização da ferramenta *New Route* (Figura 3.3) para a optimização do circuito de recolha selectiva do vidro.

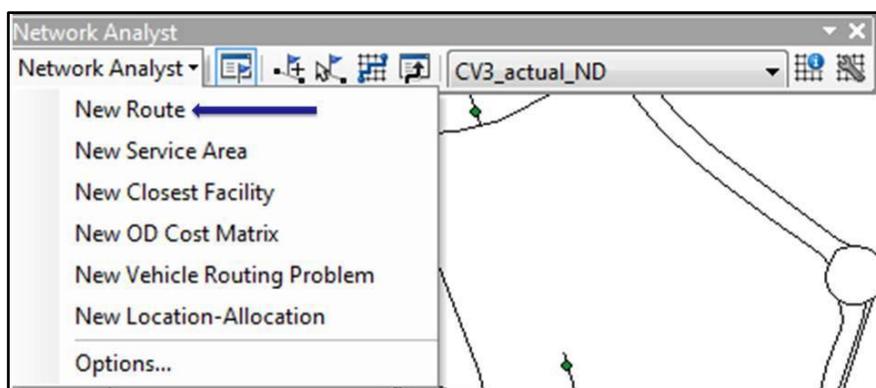


Figura 3.3 – A ferramenta *New Route* do *Network Analyst*

Antes de se utilizar a ferramenta *New Route* é necessário especificar alguns parâmetros relativos às propriedades dos pontos a visitar (*Stops*), nomeadamente: o lado da via onde se encontra o ponto de recolha (*SideOfEdge*), qual a direcção que um veículo pode chegar e afastar-se de uma localização na rede (*CurbApproach*). Posteriormente estes parâmetros poderão influenciar a definição da nova rota.

Consideram-se dois cenários:

Cenário 1: calcular a rota ideal tendo em conta a ordem de recolha actualmente existente (assumindo que é assim que actualmente o circuito de recolha é realizado);

Cenário 2: solicitar ao *software* para que, com base nas características da rede viária, e na localização dos pontos de recolha, defina uma nova ordem de recolha e respectivo percurso, com o intuito de minimizar os quilómetros percorridos.

### **3.4. Custos do serviço de recolha selectiva do vidro**

O processo de optimização de circuitos promove a redução do número de quilómetros que é necessário percorrer para a recolha da maior quantidade de resíduos possíveis por circuito. Consequentemente conduzirá a uma redução dos custos associados, nomeadamente combustível e manutenção das viaturas.

Para contabilizar os custos do serviço de recolha selectiva do vidro, é preciso contabilizar os custos com recursos humanos e os custos com viaturas, nomeadamente o custo da mão-de-obra por hora; o tempo de serviço; o consumo da viatura; o preço do combustível e a distância percorrida.

Custo Recursos Humanos (CRH):

$$CRH = n^{\circ} \text{colaboradores} \times \text{vencimento}(\text{€} / \text{h}) \times n^{\circ} \text{horas}$$

Nº colaboradores = 2                  Vencimento = 3,49€/h                  Nº horas = 8 horas

Custo Recursos Materiais (CRM):

$$CRM = \text{consumo}(L / km) \times \text{combustível}(\text{€} / L) \times \text{distância}(km)$$

Consumo = 0,54 L/Km                  Combustível = 1,35 €/L                  (dados de 2012)





De acordo com a Lei n.º 11-A/2013 de 28 de Janeiro (AR, 2013), o município do Porto está actualmente dividido em 7 freguesias. No entanto, para a presente tese considerou-se a anterior divisão administrativa do município em quinze freguesias, a saber: Aldoar, Bonfim, Campanhã, Cedofeita, Foz do Douro, Lordelo do Ouro, Massarelos, Miragaia, Nevogilde, Paranhos, Ramalde, Santo Ildefonso, São Nicolau, Sé e Vitória.

De acordo com os Censos 2011, a população da cidade do Porto é de 237.591 habitantes (INE, 2012a), correspondendo a uma densidade populacional de 5870 hab./Km<sup>2</sup>. No Quadro 4.1 é possível ver a distribuição da população por cada uma das freguesias da cidade do Porto, assim como a respectiva densidade populacional.

Quadro 4.1 - N.º de habitantes por freguesia e respectiva densidade populacional (fonte: INE, 2012a)

<b>FREGUESIA</b>	<b>N.º HABITANTES</b>	<b>DENSIDADE POPULACIONAL (HAB./KM<sup>2</sup>)</b>
Aldoar	12.843	5256,23
Bonfim	24.265	8272,49
Campanhã	32.659	3991,06
Cedofeita	22.077	8150,44
Foz do Douro	10.997	6801,01
Lordelo do Ouro	22.270	7082,18
Massarelos	6.789	3937,83
Miragaia	2.067	4854,80
Nevogilde	5.018	2570,03
Paranhos	44.298	6043,99
Ramalde	38.012	6492,56
Santo Ildefonso	9.029	11561,01
São Nicolau	1.906	7350,50
Sé	3.460	7871,13
Vitória	1.901	5781,61

As freguesias com mais população são Paranhos e Ramalde, enquanto no extremo oposto estão as freguesias de São Nicolau e da Vitória com o menor número de habitantes. Quanto à densidade populacional, destacam-se as freguesias do Bonfim e de

Cedofeita, com a maior densidade e a freguesia de Nevogilde com a menor densidade de entre todas as freguesias.

#### 4.1.1. Zona CMP

Relativamente à recolha e transporte de resíduos, desde o final de 2008 que a cidade está dividida em três grandes zonas. Duas dessas zonas estão concessionadas a empresas privadas, enquanto na terceira zona, a recolha e transporte de resíduos são assegurados pela DMLUT. Esta terceira zona, daqui em diante designada zona CMP, localiza-se na parte oeste da cidade do Porto, fazendo fronteira com o concelho de Gondomar. Abrange na sua totalidade as freguesias de Bonfim, Santo Ildefonso, São Nicolau, Sé e Vitória. As freguesias de Cedofeita, Massarelos, Miragaia e Campanhã, apenas estão parcialmente inseridas na zona CMP (ver Figura 4.2).



Figura 4.2 – Divisão do Município do Porto em zonas de recolha.

Ainda de acordo com os Censos de 2011, a zona CMP tem cerca de 99.093 habitantes, representando 41,7% da população total da cidade do Porto. Isto corresponde a uma densidade populacional de 6.709 hab./Km<sup>2</sup>, sendo superior à densidade populacional da cidade do Porto. Em termos de área, a zona CMP ocupa 14,77 Km<sup>2</sup>, correspondendo a 36,5% da área total da cidade.

## 4.2. Caracterização e evolução da produção de resíduos

Como referido no capítulo 2 a gestão dos resíduos sólidos urbanos produzidos no Município do Porto, encontra-se inserida no Sistema Integrado Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto – Lipor.

Tendo unicamente em consideração a quantidade de resíduos produzidos no município do Porto, segundo os dados fornecidos pela Lipor, (Figura 4.3), verifica-se que há uma diminuição geral da quantidade total de resíduos recolhidos e transportados a destino final, para o período 2004-2012.

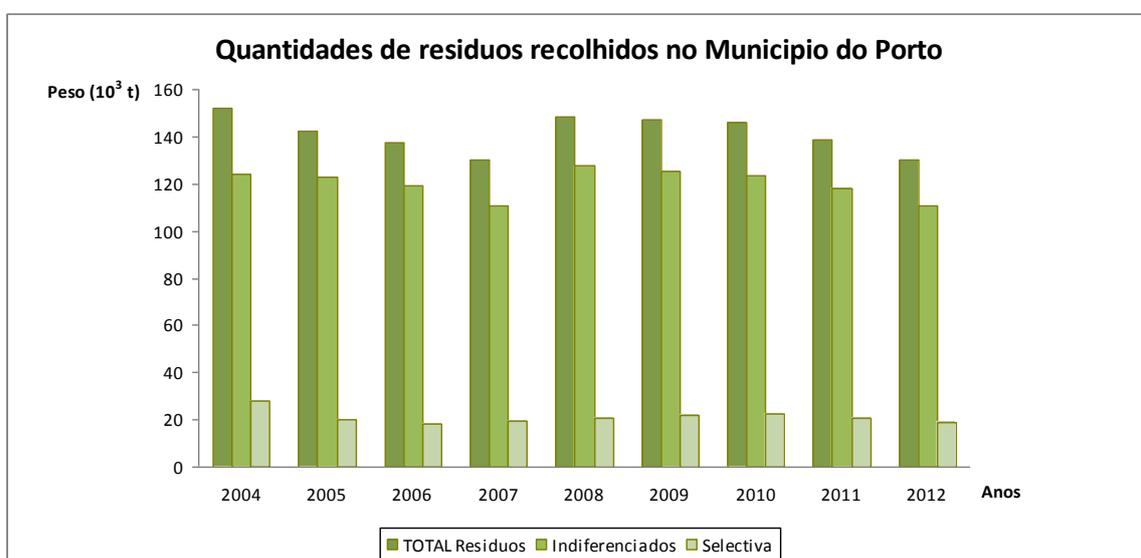


Figura 4.3 – Quantidades de resíduos recolhidos no município do Porto durante o período 2004-2012 (fonte: CMP).

Analisando o período de 2004 a 2007, constata-se uma tendência decrescente na produção de resíduos, tendo-se verificado um decréscimo de 8%. Em 2008 há um aumento da quantidade de resíduos produzidos, mas daí em diante volta a verificar-se um decréscimo na produção de resíduos, sendo 2012 o ano em que a quantidade de resíduos recolhidos atingiu o valor mais baixo, 129.890,26 toneladas. É também possível observar uma grande diferença entre a quantidade de resíduos provenientes da recolha indiferenciada (85% do total de resíduos) e a quantidade de resíduos recolhidos selectivamente (15% do total de resíduos).

Pode-se aplicar o mesmo raciocínio à zona CMP, considerando-se apenas o período de 2009 a 2012, porque a actual divisão da recolha em três grandes zonas só começou efectivamente em finais de 2008. Por conseguinte, para o período em análise verificou-se que a quantidade de resíduo cuja proveniência era a recolha indiferenciada era mais uma vez bem superior aos quantitativos provenientes da recolha selectiva (Figura 4.4).

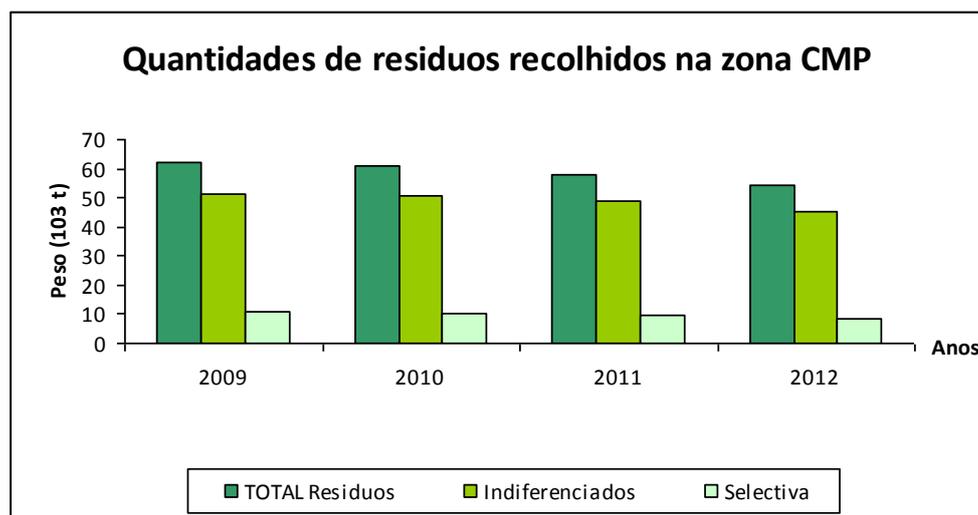


Figura 4.4 – Pesagens dos resíduos recolhidos durante o período 2009-2012 (fonte: CMP).

Fazendo o cruzamento entre os valores dos Censos 2011 relativos à população residente na cidade do Porto, e os dados da Lipor referentes às quantidades de resíduos recolhidos nesse mesmo ano, chega-se a um valor para a capitação diária de cerca de 1,6 kg/hab/dia. Este valor fica um pouco acima do valor da capitação diária a nível nacional, 1,4 kg/hab/dia (APA, 2012). Quando se faz o cálculo referido anteriormente, mas apenas para a zona CMP, a capitação apresenta um valor ligeiramente superior (1,61 kg/hab/dia).

#### 4.2.1. Cobertura dos serviços de recolha indiferenciada e da recolha selectiva

Recorrendo ao SIG da CMP constata-se que para 2012, na zona CMP, grande parte dos alojamentos estavam abrangidos pela recolha indiferenciada assim como pela recolha selectiva, como se pode observar no anexo II.

É necessário ter em atenção que no caso da recolha indiferenciada, este valor não corresponde totalmente à realidade, visto que nesta zona da cidade, em algumas das áreas não existe contentorização mas sim recolha de sacos, sendo impossível contabiliza-los. Por isso acredita-se que a recolha indiferenciada cobrirá cerca de 90% desta zona da cidade.

Quando se compara esta zona com toda a cidade do Porto, utilizando a mesma fonte de informação, verifica-se que estes valores aumentam, sendo as taxas de cobertura de 95% e 98% para a recolha indiferenciada e para a selectiva, respectivamente.

### **4.3. Os serviços de recolha e transporte de resíduos**

A gestão de resíduos sólidos urbanos é assegurada pela DMLUT, que procede à recolha de resíduos domésticos, comerciais e industriais, de resíduos especiais (objectos domésticos fora de uso e aparas de jardim), bem como à recolha selectiva multimaterial de resíduos. Para que tal seja possível, a DMLUT dispõe dos meios humanos e mecânicos necessários, de modo que o serviço de recolha e transporte de resíduos seja o mais adequado às quantidades de resíduos produzidas diariamente.

#### **4.3.1. Recursos humanos**

A DMLUT conta actualmente com 165 funcionários, mas destes, apenas 137 estão afectos unicamente ao serviço de gestão de resíduos. Destes cerca de 89 dedicam-se mesmo à recolha e transporte de resíduos, entre motoristas e cantoneiros. As equipas de trabalho que andam em veículos de recolha traseira (recolha indiferenciada) são constituídas por um motorista e dois cantoneiros, enquanto nos veículos de recolha superior (recolha indiferenciada e selectiva) as equipas de trabalho são constituídas por um motorista e um cantoneiro. O trabalho destas equipas é supervisionado pelos respectivos encarregados dos diferentes serviços.

#### **4.3.2. Tipo de contentorização**

Os equipamentos para deposição de resíduos, existentes na via pública, estão divididos em contentores de superfície e contentores enterrados ou semienterrados. De salientar

que a zona CMP engloba uma área da cidade em que as ruas e passeios são tão estreitos, que se torna inviável a colocação de contentores para deposição de resíduos, o que significa que os mesmos são colocados em sacos na via pública.

Os contentores de superfície dividem-se em contentores para a recolha indiferenciada e contentores para a recolha selectiva. Os primeiros são de cor verde, estando a ser feita uma transição para a cor cinzenta, com a sua capacidade a variar entre os 240Lt, os 800Lt e os 1000Lt. Os contentores destinados à recolha selectiva são do tipo cyclea ou vidro. A capacidade dos cyclea é de 2500Lt, enquanto os vidros apresentam uma capacidade de 1200Lt ou então de 1500Lt.

Os contentores enterrados ou semi-enterrados existentes correspondem a *molok* e *citytainer*. Os *molok's* têm 3000Lt ou 5000Lt de capacidade, enquanto nos *citytainer* a capacidade pode ser de 3000Lt ou então 5000Lt. Tanto os *molok* com os *citytainer* são destinados à recolha indiferenciada, assim como à recolha selectiva.

Nos Quadro 4.2 e Quadro 4.3 é indicado o tipo de equipamentos de deposição actualmente existente nas ruas, bem como as respectivas quantidades. Existem cerca de 2985 contentores, o que faz com que a capacidade total instalada do sistema de recolha de RSU seja de 4671,14m<sup>3</sup>.

Quadro 4.2 – Tipo e quantidade de equipamentos de deposição indiferenciada de RSU (fonte: CMP).

EQUIPAMENTO	Contentor			<i>Citytainer</i>		<i>Molok</i>	
	240L	800L	1000L	3000L	5000L	3000L	5000L
QUANTIDADE	86	1705	152	28	41	1	159

Analisando a contentorização por tipo de recolha, verifica-se que para a recolha indiferenciada existem 2172 contentores perfazendo uma capacidade instalada de 2623,24 m<sup>3</sup>, enquanto para a recolha selectiva existem 813 equipamentos com a capacidade instalada de 2047,50 m<sup>3</sup>.

Quadro 4.3 – Tipos e quantidade de equipamentos de deposição selectiva (fonte: CMP).

EQUIPAMENTO	<i>Cyclea</i>	Vidrão		<i>Citytainer</i>		<i>Molok</i>	
	2500L	1200L	1500L	3000L	5000L	3000L	5000L
QUANTIDADE	504	70	9	123	14	93	0

#### 4.3.3. Viaturas de recolha

Para assegurar devidamente os serviços de recolha e transporte de RSU e considerando a tipologia dos contentores (ver 4.3.2) que se encontram nas ruas, a DMLUT dispõe de uma frota de veículos composta por um total de 33 viaturas. Estas possuem diferentes características de acordo com o tipo de contentor a recolher. Tendo em consideração as suas características, as viaturas podem ser dadas entre aquelas que se destinam à recolha traseira de contentores e as que se destinam à recolha superior de contentores. No anexo III é possível ver um resumo das principais características técnicas das viaturas actualmente utilizadas.

Em 2012, os gastos com combustível foram de 515.115,92€, enquanto os custos da manutenção das viaturas (entra em linha de conta com mão de obra, materiais e serviços) foram de 284.768,16€, perfazendo um total de 799.884,08€ gastos com as viaturas. Como em 2012 foram percorridos cerca de 641.780 km, o custo por km é de 1,25€. No caso dos valores de combustível, convém não esquecer que neste tipo de serviço, as viaturas gastam combustível mesmo quando estão paradas.

#### 4.3.4. Circuitos realizados

Actualmente para a recolha diária dos resíduos produzidos na zona CMP, existem um total de 23 circuitos de recolha, dos quais 16 são relativos à recolha indiferenciada e 7 destinados à recolha selectiva. No anexo IV, é possível ver para cada um dos principais circuitos realizados qual o resíduo recolhido, a sua frequência semanal, o horário e o número de pontos de recolha.

Exceptuando os circuitos do vidro, dos orgânicos e a “Baixa Limpa”, todos os outros circuitos são efectuados no turno nocturno, pois como se trata de uma zona urbana, facilmente congestionava se a recolha fosse diurna. Dos turnos nocturnos, existem 4 circuitos somente para a recolha de resíduos depositados em contentores enterrados e

semienterrados, enquanto os outros 12 são para recolha de resíduos depositados em contentores de superfície.

A recolha selectiva está dividida em recolha de papel, recolha de embalagens, recolha de vidro e recolha de orgânicos. Para a recolha de papel e recolha de embalagens existem 3 circuitos para cada. No caso do vidro existe para além dos 3 circuitos atrás referidos, um pequeno circuito extra destinado à recolha de vidrões. No caso dos orgânicos existem apenas 2 circuitos (baixa e oriental).

Existe um outro circuito conhecido por “Baixa Limpa” que consiste na recolha selectiva porta-a-porta junto de todos os estabelecimentos comerciais (e particulares) aderentes. Actualmente são cerca de 100 o número de aderentes a este serviço disponibilizado pela CMP.

À excepção do circuito “Baixa Limpa”, todos os circuitos de recolha de RSU têm o seu início nas Oficinas Gerais da CMP, seguindo-se a recolha dos diversos tipos de resíduos, consoante o circuito a percorrer. No final todos os resíduos recolhidos são transportados até às instalações da Lipor (Lipor I em Gondomar e Lipor II na Maia), à excepção dos resíduos da Baixa Limpa e do circuito 4 do vidro, cujos resíduos são depositados no ecocentro. No caso dos circuitos de recolha selectiva, os resíduos são transportados até às instalações localizadas em Baguim do Monte, Gondomar. Neste percurso as viaturas percorrerem cerca de 7km desde o limite da cidade do Porto até à Lipor I. Os indiferenciados são transportados até às instalações na Maia e neste caso as viaturas percorrem cerca de 11 km desde o limite da cidade até à Lipor II.

Para todos estes circuitos é necessário não esquecer que o turno de trabalho, com a duração de 6,67 horas, tem que incluir: a saída da viatura das oficinas gerais da CMP, ir buscar o(s) cantoneiro(s) à DMLIUT; proceder à recolha dos resíduos; descarregar na Lipor, regressar para deixar o(s) cantoneiro(s) na DMLIUT e estacionar a viatura nas oficinas.

Para além dos circuitos anteriormente referidos, existem outros serviços de recolha de resíduos com uma realização não tão frequente, como a existência de um piquete para acudir a situações em que os contentores estão tão cheios que é possível ver lixo fora dos mesmos.

Como o objecto de estudo nesta dissertação foi a recolha selectiva do vidro, apenas é feita uma caracterização mais exaustiva dos circuitos de recolha deste resíduo reciclável, e mais especificamente o circuito 3, pois foi o único alvo de optimização.

#### **4.3.4.1. Os circuitos de recolha selectiva de vidro**

Nos SIG da CMP estão definidos cinco circuitos diferentes para recolha selectiva do vidro Estes circuitos incluem um total de 376 pontos de recolha (ver anexo V). Estes pontos de recolha podem ser *citytrainers*, *cycleas* ou vidrões. Actualmente não é logisticamente possível realizar todos estes circuitos diariamente, essencialmente devido à inexistência de recursos humanos e viaturas suficientes para assegurar estes serviços. Além disso, raramente são atingidas taxas de enchimento preocupantes que justifiquem uma recolha diária de todos os ecopontos, se bem que existam alguns pontos da cidade em que há necessidade de fazer uma recolha mais frequente, pois são locais turísticos ou com grande afluência de pessoas, como acontece por exemplo com os ecopontos que se encontram localizados na zona da Ribeira, os quais têm que ser recolhidos às 6as e novamente às 2as mesmo não estando previsto lá ir.

É normal que quando a equipa da recolha do vidro sai para a rua, ao deslocar-se para o circuito a realizar nesse dia, caso passe por algum ecoponto que se encontre cheio, proceda à sua recolha, passando depois nos locais definidos na folha de serviço. Neste sentido a capacidade de carga da viatura utilizada na recolha do vidro, representa também uma grande limitação á realização deste serviço. O que acaba por acontecer quase sempre é que os circuitos não são completados num só dia e o que ficar por fazer, passa para o dia seguinte, podendo por vezes ser necessários até 3 dias para completar um determinado circuito. Para cada ponto de recolha estão também definidos frequências de recolha, que podem ser sempre que o circuito se realiza, uma vez por semana, de duas em duas semanas, de três em três semanas ou apenas de quatro em quatro semanas. Nesse sentido o percurso a realizar em cada dia está dependente dos ecopontos que têm que ser recolhidos nesse dia.

A equipa que realiza a recolha do vidro está também encarregue de outros serviços igualmente importantes que são feitos no mesmo período, tais como a recolha de resíduos recicláveis nas escolas, a recolha selectiva de resíduos orgânicos, a recolha de contentores no Mercado Abastecedor do Porto (MAP) ou o projecto “Baixa Limpa”.

Com tudo isto procura-se fazer uma boa articulação dos meios disponíveis para fazer face às diferentes solicitações, garantido que não há acumulação excessiva de resíduos em nenhum local, garantindo sempre a salubridade e saúde públicas

O serviço de recolha do vidro apresenta as seguintes características:

- i. É realizado no período diurno, no horário compreendido entre 08h30 e as 17h00
- ii. Composto por cinco circuitos de recolha;
- iii. A frequência é definida consoante as necessidades e os recursos disponíveis,
- iv. Uma viatura afecta a este serviço (a V710), mas em caso de avaria, existem outras duas de menor capacidade mas que podem realizar este serviço, dado todas estarem equipadas com grua (ver Figura 4.5);
- v. Os recursos humanos afectos a este serviço são 1 motorista e 1 cantoneiro.

No anexo III é possível ver as principais características técnicas das viaturas afectas à recolha do vidro.



Figura 4.5 – Viaturas afectas ao serviço de recolha selectiva do vidro

#### **4.3.4.2. Circuito nº 3 de recolha selectiva do vidro**

O actual circuito nº 3 (é o resultado da junção do antigo circuito 3 com parte do circuito 5), cuja disposição espacial dos equipamentos de deposição selectiva de vidro pode ser visualizada no anexo VI.

De acordo com os dados geográficos da CMP, o circuito 3 engloba actualmente 112 pontos de recolha, perfazendo um total de 45 Km desde o primeiro ponto de recolha que se localiza na Rua Pinheiro de Campanhã até ao último ponto de recolha que se localiza na Rua Vasques de Mesquita.

#### 4.3.5. Controlo dos serviços de recolha e transporte de resíduos

O controlo dos serviços de recolha e transporte de resíduos é feito através de três ferramentas informáticas: PlanGes, GeoPorto e ArcGIS.

O PlanGes (Figura 4.6) é uma ferramenta informática desenvolvida no seio da CMP, que permite o planeamento e gestão diária de todos os serviços realizados pelo Departamento Municipal de Ambiente e Serviços Urbanos (DMASU). Os circuitos de recolha de resíduos, a varredura de ruas, e o agendamento de pedidos de recolha selectiva por parte de particulares são alguns exemplos disso.

No caso concreto dos serviços de recolha e transporte de resíduos, esta ferramenta permite o lançamento diário dos dados relativos aos circuitos efectuados, tais como os meios humanos e materiais envolvidos.

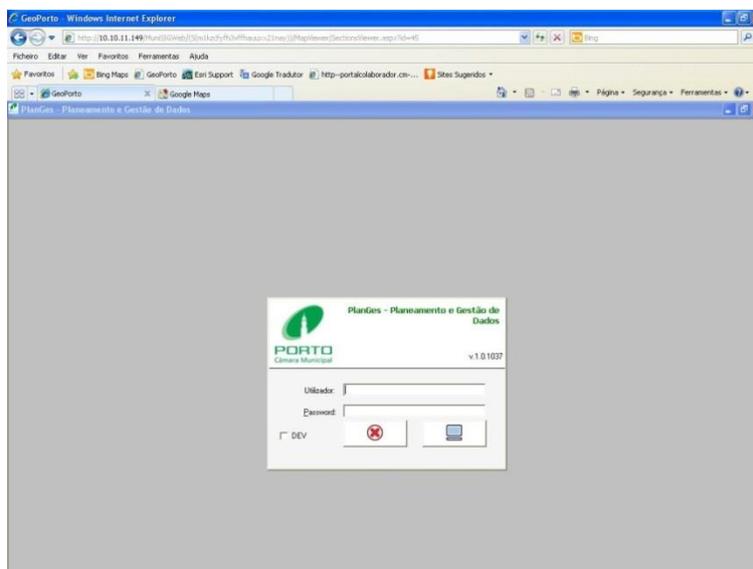


Figura 4.6– Layout de entrada no PlanGes (fonte: CMP)

O GeoPorto (Figura 4.7) trata-se de uma ferramenta, cujo projecto inicial foi criado exclusivamente para a CMP pela ESRI, em estreita colaboração com os serviços informáticos da CMP. Esta ferramenta existe com o intuito de introduzir dados e georreferenciar todo o tipo de equipamentos que esteja sob a alçada da CMP. Exemplos disso são as vias de circulação, semáforos, património, contentores, entre muitos outros. Futuramente será uma plataforma aberta ao público em geral, tal como já acontece com o urbanismo, em que é possível através da Internet consultar e pedir plantas da cidade do Porto.

No entanto para que todas informações acima referidas estejam disponíveis no GeoPorto é necessário que estas sejam devidamente georreferenciadas. Para isso os técnicos da CMP têm à sua disposição a *software* ArcGIS.

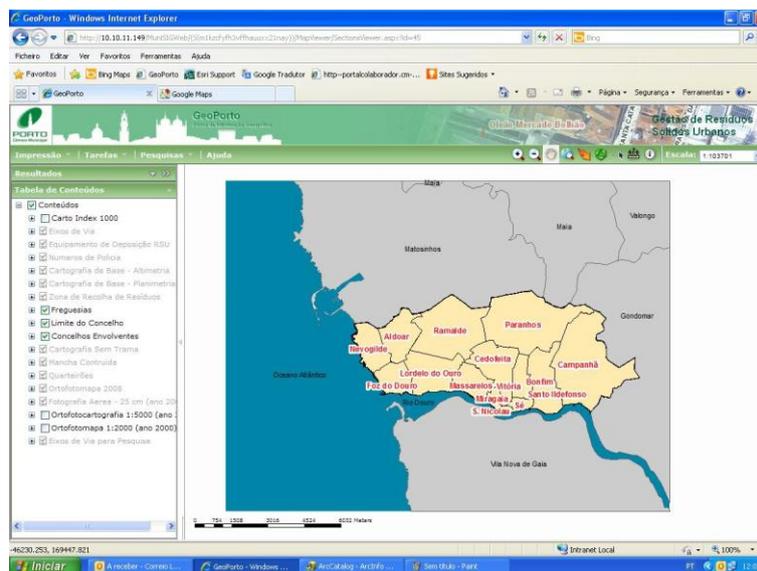


Figura 4.7– Layout de entrada no GeoPorto (fonte: CMP).



## 5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados do levantamento efectuado no terreno com recurso a um aparelho GPS. Posteriormente são analisados os resultados do processo de optimização de rotas, através da aplicação da extensão *Network Analyst*, do *software* ArcGIS 10.1, a um circuito da recolha selectiva do vidro.

### 5.1. Trabalho de campo

Actualmente a CMP já tem georreferenciados no ArcGIS a maioria dos equipamentos de deposição de RSU, existentes nas ruas da cidade do Porto. A georreferenciação feita para a zona da cidade que está ao encargo dos serviços competentes da CMP (zona CMP), teve por base ficheiros Excel existentes com a localização (nome da rua e número de policia) dos contentores e com a respectiva capacidade e ordem de recolha. Esta informação foi sendo validada e complementada de acordo com as informações que iam sendo dadas pelos encarregados dos diversos serviços de recolha. No entanto considerou-se pertinente ir para as ruas da zona CMP com o intuito fazer um levantamento da real localização de todos os pontos de deposição que constituem o circuito 3 da recolha selectiva de vidro, tendo-se também verificado qual tipo e a capacidade de cada um dos contentores existentes.

Este trabalho decampo foi útil pois permitiu fazer um exercício semelhante para a contentorização associada à recolha indiferenciada de RSU. No anexo VII é possível ver um exemplo do que resultou do trabalho de campo.

A recolha de elementos com recurso a equipamento GPS teve diversos contratemplos, nomeadamente a perda frequente de sinal ou a baixa precisão instantânea do mesmo. Isto dificultou a recolha de dados com boa qualidade. Outro dos contratemplos prendeu-se com o *software* instalado no aparelho GPS, dado este ter sido reinstalado mais do que uma vez. Tudo isto em conjunto acabou por atrasar o trabalho de campo.

Com este levantamento de campo verificou-se que os atributos dos pontos de recolha selectiva de resíduos estão, quase na sua totalidade, de acordo com a informação constante no SIG municipal; enquanto para a recolha indiferenciada não se poderá dizer isso com a mesma fiabilidade, designadamente porque os contentores nem sempre estavam correctamente localizados, ou nem sempre foi possível verificar a sua

localização e características (a título de exemplo foi impossível validar os contentores que estão nas casas do lixo, mas que faziam parte da base de dados).

## 5.2. Optimização de circuitos com recurso à extensão *Network Analyst*

A optimização dos circuitos da recolha selectiva de vidro incidu sobre o circuito nº 3. Por não dispor de todos os dados relativos aos circuitos, optou-se por fazer um exercício para verificar se a ordem de recolha estabelecida estava bem definida ou se, pelo contrário, haveria necessidade de se fazer algum ajuste.

Para isso foi necessário adicionar à rede viária os pontos de recolha selectiva do vidro para este circuito, seguindo a metodologia proposta no capítulo 3. O resultado pode ser observado na Figura 5.1. No anexo VI é indicada a actual ordem de recolha deste circuito e a respectiva localização (em que rua) de cada ponto de recolha.

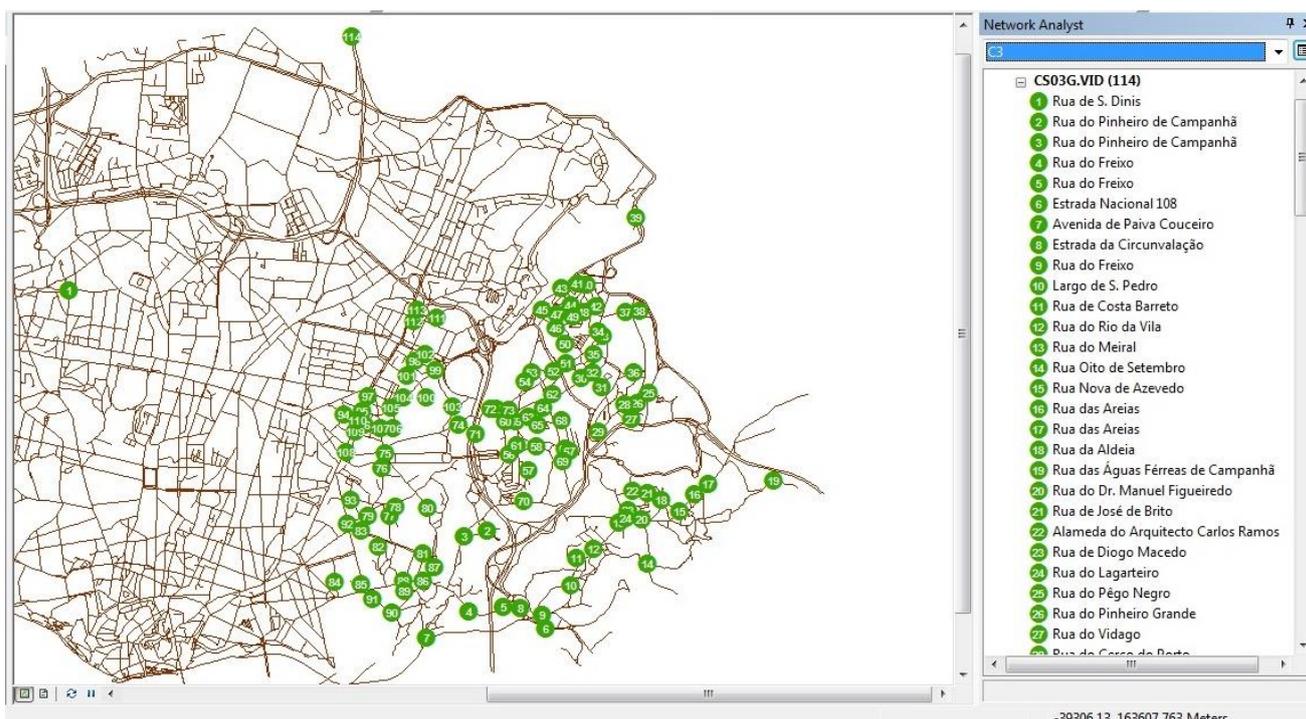


Figura 5.1 – Pontos de recolha selectiva de vidro do circuito nº 3

O processo de optimização ficou condicionado pela inexistência dos seguintes atributos: largura das vias e tempo de circulação em cada troço. Estes são importantes para por

exemplo definir quais as ruas interditas à circulação de viaturas de maior capacidade, ou, quanto tempo é efectivamente necessário para ir de um ponto a outro. Por conseguinte, estes atributos permitiriam incorporar no processo de optimização as restrições que se verificam na realidade.

Como referido na Metodologia, utilizou-se a ferramenta *New Route* da extensão *Network Analyst* para simular uma rota entre todos os pontos visitados.

Na Figura 5.2 pode-se observar o resultado espacial do processo de optimização do circuito 3 de recolha selectiva de vidro em comparação com o mesmo circuito não optimizado. Nota-se perfeitamente as diferenças, entre os dois cenários, nos percursos realizados.

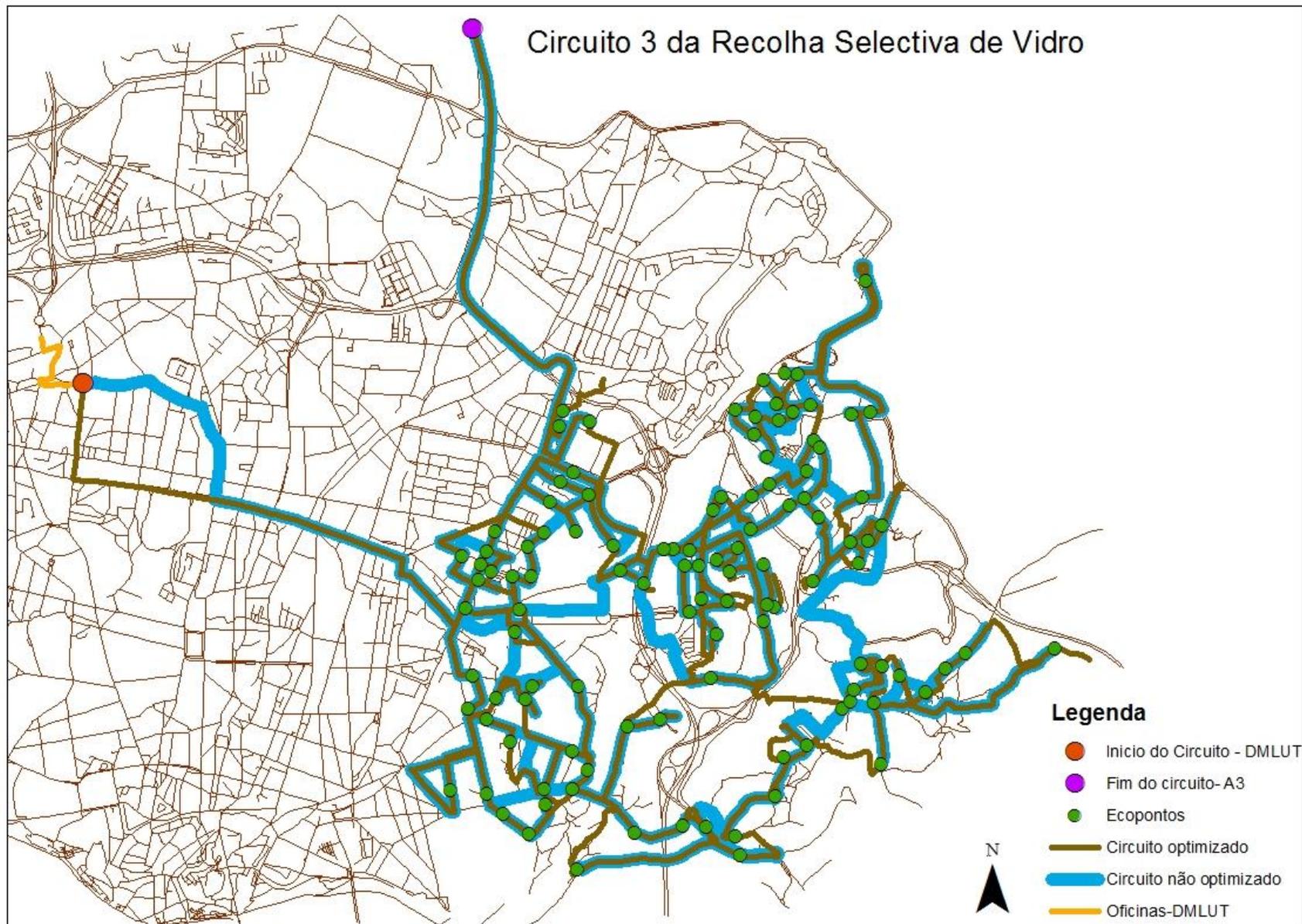


Figura 5.2 – Comparação entre circuito otimizado e circuito não otimizado

No Quadro 5. 1 é feita a comparação entre as distâncias percorridas, em quilómetros, para a actual ordem de recolha e após o processo de optimização.

Quadro 5. 1 – Distâncias percorridas no circuito 3 de recolha do vidro

PERCURSO		DISTÂNCIA (KM)	
		CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
Oficinas–DMLUT		0,70	0,70
DMLUT–C3–A3		61,31	58,08
A3–Lipor		6,90	6,90
DMLUT – C3 – Lipor	Diário	68,91	65,68
	Semanal (2X/semana)	137,82	131,36
	Mensal	551,30	525,42
	Anual	6.615,55	6.305,09

Não foi possível optimizar o percurso entre a auto-estrada A3 e a Lipor pois apenas os arruamentos que estão sob a gestão da CMP fazem parte do SIG da mesma entidade. O valor da distância entre a auto-estrada A3 e a Lipor foi obtido através do *Google Maps*.

O percurso entre as oficinas e a DMLUT não é passível de ser optimizado pois não existe uma alternativa melhor do ponto de vista da distância percorrida. Foi também confirmado por diversos motoristas que apenas há um percurso possível.

A grande diferença está, como seria de esperar, no percurso realizado entre as instalações da DMLUT e a auto-estrada A3. Ao final do ano a diferença entre os dois cenários cifra-se em 310 km.

### 5.3. Custos do serviço de recolha selectiva do vidro

Além de se verificar se ocorrem mudanças a nível espacial, convém também verificar se ocorrem alterações nos custos com recursos humanos, materiais e manutenção. De acordo com Quadro 5. 2 a alteração do número de quilómetros percorridos traduziu-se em diferentes valores para os custos com materiais e manutenção.

O valor de CRH não vai sofrer alteração na passagem do cenário 1 para o cenário 2, pois não há qualquer alteração nos meios envolvidos. É o valor do CRM que sofre alterações, devido à diferença de quilómetros percorridos entre os dois cenários.

Quadro 5. 2 – Custos com a recolha do vidro para os cenários 1 e 2

CUSTOS		CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
CRH		45,36 €	45,36 €
CRM		46,52 €	44,33 €
CRH + CRM	Diário	91,88 €	89,69 €
	Semanal (2x/semana)	183,75 €	179,39 €
	Mensal	735,00 €	717,54 €
	Anual	8.820,06 €	8.610,49 €
Manutenção anual		2.249,29 €	2.143,73 €
TOTAL ANUAL		11.069,35 €	10.754,22 €

Com este exercício ficou demonstrado que é possível fazer alterações à actual recolha selectiva do vidro, pelo menos, no que ao circuito nº 3 diz respeito. O resultado é a redução do número de quilómetros percorridos e consequente redução nos gastos com as viaturas. Neste caso concreto a optimização do circuito de recolha selectiva de vidro representou uma redução anual de 310 km e de cerca de 315€.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são expostas as principais conclusões retiradas do trabalho desenvolvido e dos resultados obtidos em função deste. São também dadas algumas pistas para serem abordadas em futuros estudos nesta área.

### 6.1. Principais conclusões

Os resíduos são algo inerente a qualquer sociedade, sendo praticamente impossível deixar de os produzir. Está ao alcance de cada cidadão reduzir ou alterar a sua produção. Cabe aos decisores definir as melhores estratégias para incentivar essa redução ou alteração, assim como para gerir os resíduos correctamente, perspectivando a minimização do seu impacto económico, social e ambiental.

Para se conseguir perceber como funciona um sistema de gestão de resíduos, torna-se necessário numa primeira fase definir os indicadores que permitirão avaliar esse mesmo sistema. Em segundo lugar é necessário perceber como é que os serviços de recolha e transporte de resíduos realmente operam; conhecer as suas dinâmicas e quais as dificuldades que se colocam ou que entraves poderão existir ao normal desenrolar destes mesmos serviços. Só com este conhecimento é que se poderá partir para a sua optimização.

No sentido de dar um contributo para a futura optimização dos circuitos de recolha e transporte de RSU realizados pela DMLUT, surgiu a possibilidade de realização da presente tese. Com os resultados obtidos, pode-se concluir que os objectivos inicialmente propostos foram praticamente atingidos, ficando a noção de que ainda muito pode ser feito no que a esta temática diz respeito, dada a existência de muita informação que ainda não está georreferenciada e trabalhada.

Surgiram alguns entraves à plena realização deste trabalho, particularmente na facilitação do *software* utilizado, na actualidade/actualização da informação digital disponibilizada, na obtenção nem sempre fácil dos dados necessários para a correcta caracterização dos distintos circuitos de recolha.

No que concerne à realidade digital da CMP, os equipamentos de deposição de resíduos já estão praticamente georreferenciados, faltando validar estes dados no terreno.

Relativamente aos circuitos de recolha de RSU, apesar de estar definida a ordem de recolha dos contentores, esta informação não se encontra georreferenciada. Por isso ainda não é de todo possível ter uma imagem perfeitamente definida da distribuição espacial dos equipamentos de deposição e muito menos visualizar a disposição espacial dos circuitos actualmente realizados. Nesse sentido, o SIG municipal ainda não corresponde fielmente à realidade do sistema de recolha de resíduos.

Quando os dados atrás referidos estiverem disponíveis digitalmente, poderá partir-se efectivamente para a optimização da recolha de RSU e responder a várias questões, entre as quais: os actuais circuitos serão mesmos necessários? estão adaptados à realidade ou podem ser melhorados? os equipamentos disponíveis dão uma resposta adequada às necessidades?

Dada a sensibilidade dos dados georreferenciados e o tempo necessário para os obter é importante definir um responsável pela sua actualização. Isto deve ser feito de forma rápida e sem grande dificuldade por alguém com conhecimentos mínimos sobre o *software* ArcGIS. Deve assim ser bem definido o protocolo de actuação para a actualização das bases de dados, definindo tanto as tarefas dos técnicos que estão no escritório, como daqueles que têm um melhor conhecimento do terreno como os encarregados. Com os dados do SIG municipal permanentemente actualizados será mais fácil conhecer a realidade, tomar decisões na hora e de certo modo antever o impacto dessas decisões.

Uma das grandes lacunas do actual sistema de recolha e transporte de resíduos na cidade do Porto reside no pouco conhecimento do rendimento de cada um dos circuitos, apesar da existência de muitos dados, designadamente aqueles que anualmente têm que ser enviados para a ERSAR.

A aplicação dos SIG aos serviços de recolha e transporte de resíduos está ainda numa fase inicial da sua implementação e as dificuldades sentidas estarão relacionadas com as limitações ao desenvolvimento dos SIG em geral, que segundo Alonso & Castro (2006) estão relacionadas com: i) a insuficiência e as limitações de acesso aos dados; ii) a forte dispersão das fontes, dos formatos e da resolução, com consequentes dificuldades de integração dos dados; iii) a dificuldade de simular os aspectos comportamentais; iv) os custos dos investimentos iniciais e a capacidade de adaptação/ inovação individual e institucional, v) mas acima de tudo, o relativo desconhecimento das aplicações destes instrumentos na sociedade e a própria incapacitação técnica.

Pelos resultados obtidos nesta tese (ver Quadro 6. 1) e com base nos dados disponíveis, os actuais circuitos de recolha, nomeadamente o circuito nº 3 do vidro, são passíveis de serem optimizados.

Quadro 6. 1 – Resultados comparativos para os cenários 1 e 2

PARÂMETROS	CENÁRIO 1 (C1)	CENÁRIO 2 (C2)	C2 – C1
Distância (Km)	6.616	6.305	310
Custos (€)	11069,35	10754,22	315

Existem ainda vários passos a serem dados para se pode fazer uma verdadeira optimização dos circuitos de recolha de RSU na zona CMP. Acima de tudo o importante é saber com exactidão qual o custo unitário da recolha de resíduos, ou seja saber quantos euros se gastam por cada tonelada de RSU que é recolhida.

## 6.2. Perspectivas futuras

Com as necessárias alterações e tendo em conta as especificações próprias dos resíduos a recolher, será possível melhorar e aplicar a metodologia utilizada neste trabalho à recolha de indiferenciados e também aos restantes circuitos da recolha selectiva. No entanto numa primeira fase seria importante retirar alguns indicadores para cada um dos circuitos. Sendo possível saber actualmente a quantidade e tipo de resíduos recolhidos diariamente, os meios humanos, mecânicos e materiais envolvidos; seria importante obter também os seguintes dados para cada um dos circuitos:

- a) Distâncias percorridas diariamente;
- b) Horas efectivas de trabalho;
- c) Taxas de enchimento dos equipamentos de deposição.

Relativamente às distâncias percorridas, seria conveniente fazer uma distinção entre: quilómetros percorridos desde o parque de viaturas até ao primeiro ponto de recolha; desde o primeiro até ao último ponto de recolha; desde o último ponto de recolha e a Lipor e finalmente entre a Lipor e o parque de viaturas.

As horas efectivas de trabalho deveriam ter em consideração: o tempo médio despendido desde a saída do parque de viaturas até ao primeiro ponto de recolha; o tempo médio de recolha dos RSU (entre o primeiro e o último pontos de recolha); o tempo médio despendido entre o último ponto de recolha e a Lipor; o tempo gasto desde a Lipor até ao próximo ponto de recolha, caso ainda seja possível fazer uma segunda volta; o tempo despendido no regresso ao parque de viaturas no final do turno de trabalho;

Com base nas folhas de serviço preenchidas pelos motoristas (ver anexo VIII) é possível saber, ainda que de uma forma empírica, se determinado equipamento de deposição esta a 0,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  ou 1 da sua capacidade total. Conseguindo fazer a sistematização destes dados é possível fazer a caracterização da taxa de enchimento dos vários equipamentos de deposição de RSU.

A partir destas informações, seria possível inferir o rendimento de cada circuito, tendo por base os seguintes indicadores, entre outros que mais tarde venham a ser definidos:

- a) Quantidades médias de RSU recolhidos por quilómetro percorrido;
- b) Quantidades médias de RSU recolhidos por hora de trabalho;
- c) Número de voltas normalmente realizadas por circuito;
- d) Quantidades médias recolhidas por cada ponto de recolha;
- e) Adequação dos equipamentos (contentores, viaturas e recursos humanos) às quantidades de RSU produzidas.

Dadas as características da cidade do Porto, no que diz respeito ao tráfego automóvel e a altimetria, a optimização dos circuitos deverá, sempre que possível, ter em conta a velocidade de circulação a largura e os sentidos de circulação nos diferentes troços e a altimetria dos mesmos.

Para isso seria útil envolver a Divisão de Trânsito para ter noção da velocidade de circulação em cada troço, assim como da sua largura. Isto possibilitaria fazer uma optimização em função do tráfego, identificando a(s) zona(s) da cidade em que se perde mais tempo em deslocações, bem como que viaturas poderão circular nos diferentes arruamentos.

A altimetria poderá ter influencia ou não nos custos com combustíveis e a manutenção das viaturas, podendo esta ser considerada como uma restrição importante na hora de proceder à optimização dos diferentes circuitos de recolha.

Sendo os SIG uma ferramenta fundamental na elaboração das melhores rotas, devem ser articulados com a tecnologia GPS (como já foi referido anteriormente permite saber quais as coordenadas de localização dos veículos) e com a possibilidade de pesagem em tempo real da quantidade de resíduos por contentor.

Com esta conjugação de tecnologias, poderá ser possível, num futuro bem próximo, indicar ou alterar na hora a rota que deverá ser feita de modo a passar em todos os pontos previamente definidos. Será possível priorizar os contentores a recolher, tendo em conta o tráfego a essa hora, os possíveis acidentes, a existência de obras na via entre outros entraves á normal circulação dos veículos.

O serviço de recolha de RSU poderá assim tornar-se menos dispendioso, dada a possibilidade de o adaptar constantemente à realidade. As grandes desvantagens passam pelo elevado investimento na implementação destas tecnologias, na vertiginosa desactualização de *software* e *hardware*, no tempo gasto na recolha de dados e a necessidade de formar técnicos municipais para gerir os SIG. Parte do sucesso da mudança, passa muito pela sensibilização da sociedade para a importância dos seus comportamentos na hora de se verem livres dos seus RSU.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, S. (2006) Proposta de um Modelo para a disseminação da Informação Geográfica nas Autarquias Locais, Dissertação de mestrado em Sistemas de Informação, Universidade do Minho, Braga

Alonso, J.; Castro, P. (2006) O Geobusiness como área de aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica e espaço de oportunidade; Nexus revista empresarial, Conselho Empresarial dos Vales do Lima e Minho

Ambirumo (2010) Opções de Gestão de Resíduos Urbanos; Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Lisboa

APA (2011a) Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020 – Proposta de PNGR; Agência Portuguesa do Ambiente, I.P, Lisboa

APA (2011b) Resíduos Urbanos em 2010, Portugal; Agência Portuguesa do Ambiente, I.P, Lisboa

APA (2012) Relatório do Estado do Ambiente 2012, Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., Lisboa

AR (2013) Lei n.º 11-A/2013 de 28 de Janeiro - Reorganização administrativa do território das freguesias; Diário da Republica, 1ª série – nº 19 – 28 de Janeiro de 2013, pp 552-(2) – 552(147)

Caldas, B. (2008) Sistema de Informação Territorial Vale do Minho; Fórum Vale do Minho Digital, Melgaço

Carvalho, M. (2008) Optimização de circuitos e indicadores de recolha de resíduos urbanos. Caso de estudo: Município de Almada; Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Gestão e Sistemas Ambientais; FCT–UNL, Lisboa

CIVIX L.L.C. (2011) FleetRouteTM: Route Optimisation, Software and Solutions; CIVIX L.L.C. [disponível em: <http://www.fleetroute.com/k1/e.php> - acesso em Julho de 2013]

CMP. (2006) Câmara Municipal do Porto. Resíduos - Divisão de Limpeza Urbana [disponível em: <http://www.cm-porto.pt/gen.pl?p=stories&op=view&fokey=cmp.stories/736> - acesso em Fevereiro de 2013]

CMP (2009) Monitorizar o Plano de Gestão do Centro Histórico: O Caso do Porto - Património Mundial [disponível em: <http://www.portovivosru.pt/pdfs/giulia.pdf> - acesso em Maio de 2013]

CMP (2013) Código Regulamentar do Município do Porto; Câmara Municipal do Porto [disponível em: <https://cmpexternos.cm-porto.pt/crmp/> - acesso em Abril de 2013]

Costa, R. (2007) Modelo de localização de Sistemas de Águas Residuais; Dissertação para a obtenção de grau de Mestre em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica; ISEGI–UNL, Lisboa

ERSAR (2011) Relatório Anual do Sector das Águas e Resíduos em Portugal (2010). Volume 1 – Caracterização Geral do Sector; Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Lisboa

ESRI (2013) ArcGIS Network Analyst; Environmental Systems Research Institute, Inc [disponível em: <http://www.esri.com/> - acesso em Junho de 2013]

Fernandes, G. (2009) Optimização da recolha de resíduos sólidos indiferenciados no Município de Sintra: Aplicação de SIG a um Sistema de Apoio à Decisão; Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Bioengenharia; FCT–UNL, Lisboa

INE (2012a) Censos 2011 Resultados Definitivos - Região Norte, Instituto Nacional de Estatística, I.P. Lisboa

INE (2012b) Estatísticas do Ambiente 2011, Edição 2012, Instituto Nacional de Estatística, I.P. Lisboa

Levy, J.; Cabeças, A. (2006) Resíduos Sólidos Urbanos: Princípios e processos; Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente; Lisboa

Lipor (2013) Lipor - Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto [disponível em: <http://www.lipor.pt/pt/> - acesso em Junho de 2013]

MAOTDR (2007) Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro – Aprova o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II); Diário da Republica, 1ª série – nº 30 – 12 de Fevereiro de 2007, pp 1045-1118

MAOT (2011) Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho – Regime geral da gestão de resíduos; Diário da Republica, 1ª série – nº 116 – 17 de Junho de 2011, pp 3251-3300.

Martinho, M.; Gonçalves, M. (2000) Gestão de resíduos; Universidade Aberta; Lisboa

Monteiro, J. (2009) Os SIG aplicados à gestão da recolha de resíduos urbanos; Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente; Universidade de Aveiro; Aveiro

Oliveira, M. (2008) Optimização de Circuitos de Recolha de Lixos Domésticos em Zonas Urbanas; Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Ciências de Engenharia; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Pinto, L. (2009) Sistemas de Informação e profissionais de Enfermagem; Dissertação de Mestrado em Gestão dos Serviços de Saúde; Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro; Vila Real

Ribeiro, V. (2010) Sistemas de Informação Geográfica como ferramenta de análise de distâncias; Revista GeoPlanUM, I Edição , p.3-7

Rodrigues, J.; Santos, L. (2003) Implementação em SIG de uma Heurística para o Estudo da Recolha de Resíduos Sólidos Urbanos; [disponível em: [http://www.inescc.pt/documentos/RI\\_6\\_2003.pdf](http://www.inescc.pt/documentos/RI_6_2003.pdf) - acesso em Abril de 2013]

Rodrigues, L.; Lourenço, N.; Jorge, R.; Machado, C.R. (2002) A integração do SIG num sistema de apoio à decisão. Uma proposta metodológica de apoio ao estudo empírico para a gestão dos recursos hídricos; in Actas do VII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica (ESIG 2002). Oeiras: USIG. Publicado em CD-ROM [disponível em: [http://www.igeo.pt/servicos/cdi/biblioteca/PublicacoesIGP/esig\\_2002/papers/p072.pdf](http://www.igeo.pt/servicos/cdi/biblioteca/PublicacoesIGP/esig_2002/papers/p072.pdf), - acesso em Maio de 2013]

Sbihi, A.; Eglese, R. (2007) Combinatorial Optimization and Green Logistics; 4OR: A Quarterly Journal of Operations Research, 5, 99-116

Silva, A. (2009) Optimização da recolha de resíduos urbanos; Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente; Universidade de Aveiro; Aveiro

Tristany, M.; Coelho, J. (2003) Breve apresentação e discussão em torno dos Sistemas de Informação Geográfica; Anais do Instituto Superior de Agronomia, Lisboa

UE (2008) DIRECTIVA 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Novembro de 2008 relativa aos resíduos, Jornal Oficial da União Europeia de 22 de Novembro de 2008,

UE (2010) Being wise with waste: the EU's approach to waste management; Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Vitorino, S. (2008) Um contributo para a avaliação do desempenho do serviço de gestão de RSU do Município de Tarouca; Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente; Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro; Vila Real

## **8. ANEXOS**

- I. Procedimento para o trabalho de campo.
- II. Cobertura dos serviços de recolha indiferenciada e selectiva de RSU.
- III. Principais características técnicas das viaturas de recolha de RSU.
- IV. Características dos circuitos de recolha de RSU.
- V. Distribuição espacial dos ecopontos que fazem parte dos circuitos de recolha selectiva do vidro.
- VI. Localização dos pontos de recolha do actual circuito nº 3 de recolha selectiva do vidro.
- VII. Levantamento e validação dos equipamentos de deposição de RSU.
- VIII. Modelo da folha de serviço utilizada pelas equipas de recolha de RSU.

## Anexo I – Procedimento para o trabalho de campo.

Neste anexo é apresentado o protocolo de trabalho utilizado para fazer o levantamento e validação dos pontos de recolha selectiva de resíduos na zoina CMP.

### LEVANTAMENTO PONTOS DE RECOLHA

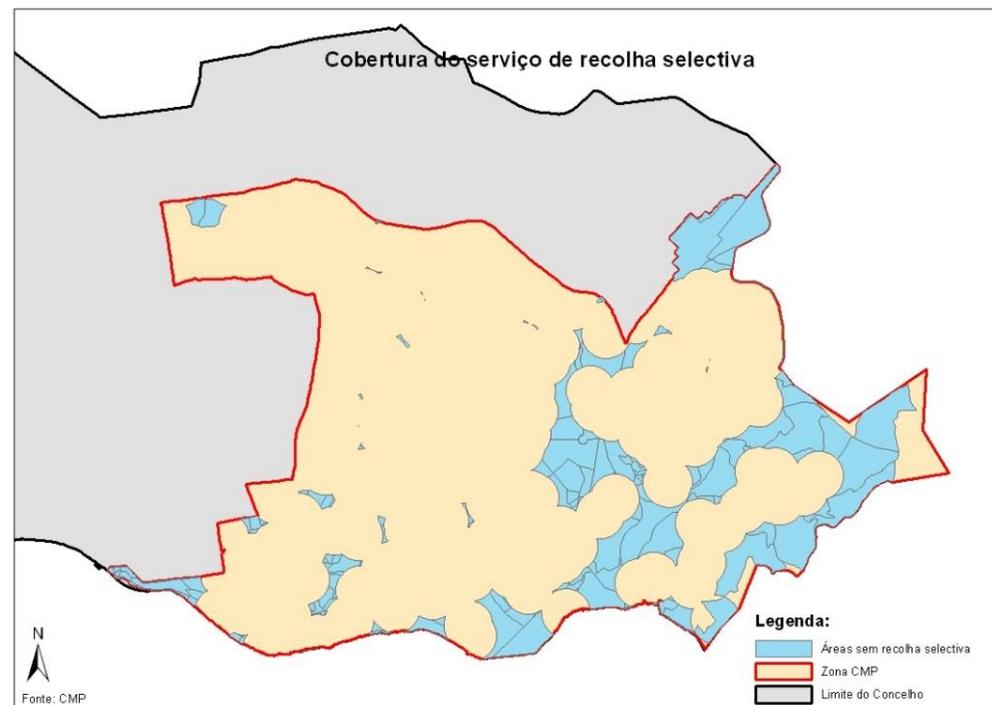
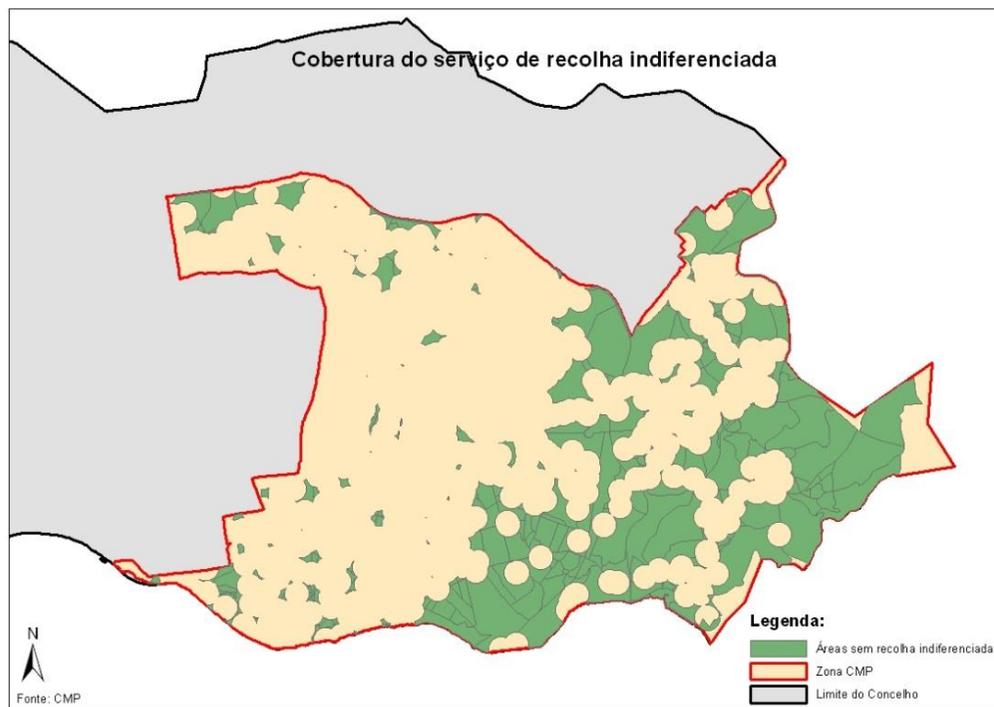
<b>OBJECTIVOS</b>	Levantamento e validação dos pontos de RS do vidro que constituem o circuito 3+5
	Levantamento e validação dos pontos de recolha junto aos ecopontos de vidro
<b>EQUIPAMENTO</b>	GPS Leica Zeno 10
	Telemóvel
<b>MATERIAL</b>	Mapas da cidade com identificação das ruas principais - Campanhã
	Listagem de códigos utilizados no SIG
	Bloco de notas + caneta

RESÍDUO	Nº DE PONTOS
Vidro	134
Papel	101
Embalagens	102

TAREFAS	DIAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Preparação do equipamento	X									
Levantamento dos pontos (mínimo 50/dia)		X	X		X	X	X	X	X	
Verificação da qualidade dos pontos levantados				X						X
Validação dos pontos levantados				X						X

## Anexo II - Cobertura dos serviços de recolha indiferenciada e selectiva de RSU.

Neste anexo é apresentada a cobertura territorial dos serviços de recolha indiferenciada e de recolha selectiva de resíduos na zona CMP.



### **Anexo III – Principais características técnicas das viaturas de recolha de RSU.**

Neste anexo são apresentadas as principais características das viaturas que fazem actualmente parte da frota que a CMP dispõe para a realização dos serviços de recolha e transporte de RSU até ao destino final.

Entre estas encontram-se as viaturas utilizadas na recolha selectiva do vidro:

- V710;
- V586;
- V588.

VIATURA	SERVIÇO	MARCA	PESO BRUTO (KG)	TARA (KG)	CAPACIDADE		GRUA
					M <sup>3</sup>	TON	
VR-0467	R.S.U.	VOLVO FL 612	12.000	8.480	9 – 10	-	Não
VR-0478	R.S.U.	MERCEDES 1922 K	19.000	11.560	12 – 15	-	Não
VR-0509	R.S.U.	MERCEDES 1820 K 39	19.000	10.980	12 – 15	-	Não
VR-0511	R.S.U.	MERCEDES 1820 K 39	19.000	10.981	12 – 15	-	Não
VR-0527	R.S.U.	VOLVO FL 7 - 41	19.000	12.300	12 – 15	-	Não
VR-0547	R.S.U.	MERCEDES 2024 K / 38	19.000	11.840	12 – 15	-	Não
VR-0548	R.S.U.	MERCEDES 2024 K / 38	19.000	11.840	12 – 15	-	Não
VR-0565	Pesado Mercadorias	MERCEDES 2024 / 45	19.000	12.000	22	-	Sim
VR-0566	Pesado Mercadorias	MERCEDES 2024 / 45	19.000	11.870	22	-	Sim
VR-0586	<i>Recolha selectiva</i>	<i>VOLVO FL 615 - 43</i>	<i>15.000</i>	<i>9.560</i>	<i>22</i>	<i>-</i>	<i>Sim</i>
VR-0587	Ampliroll	VOLVO FM 12	26.000	13.475	-	20	Sim
VR-0588	<i>Recolha selectiva</i>	<i>VOLVO FL 615 - 43</i>	<i>15000</i>	<i>9.560</i>	<i>22</i>	<i>-</i>	<i>Sim</i>
VR-0606	Pesado esp. Rec. Lixo	TOYOTA DYNA 250	6000	3.675	5	-	Não
VR-0607	Pesado esp. Rec. Lixo	TOYOTA DYNA 250	6000	3.675	5	-	Não
VR-0625	R.S.U.	VOLVO FM 7	19.000	12.900	12 – 15	-	Não
VR-0643	Ampliroll	VOLVO FM 12	26.000	13.700	-	20	Sim
VR-0648	R.S.U.	VOLVO FM 9	19.000	13.420	12 – 15	-	Não
VR-0650	Ampliroll	VOLVO FM 9 6X4	26.000	13.860	-	20	Sim
VR-0674	Ampliroll	VOLVO FM 9 6X4	26.000	12.560	-	20	Sim
VR-0679	Ampliroll	MAN 32.364 VFK 32 N	32.000	15.040	-	20	Sim
VR-0696	Ampliroll	VOLVO FM 9 6X2	26.000	12.910	-	20	Sim
VR-0699	R.S.U.	VOLVO FES-280 (4X2)	19.000	11.439	12 – 15	-	Não
VR-0700	R.S.U.	VOLVO FES-280 (4X2)	19.000	11.439	12 – 15	-	Não
VR-0701	R.S.U.	VOLVO FES-300(4X2)	19.000	11.439	15	-	Não
VR-0702	R.S.U.	VOLVO FES-300(4X2)	19.000	11.439	15	-	Não
VR-0703	R.S.U.	VOLVO FES-300(4X2)	19.000	11.439	15	-	Não
VR-0704	R.S.U.	VOLVO FES-300(4X2)	19.000	11.439	15	-	Não
VR-0705	R.S.U.	VOLVO FES-300(4X2)	19.000	11.439	15	-	Não
VR-0706	R.S.U.	VOLVO FLL 16 (4X2)	19.000	11.439	10	-	Não
VR-0707	R.S.U.	VOLVO FLL 16 (4X2)	19.000	11.439	10	-	Não
VR-0708	Recolha Selectiva	VOLVO FES-300 (4X2)	19.000	14.280	22	-	Sim
VR-0709	Recolha Selectiva	VOLVO FES-300 (4X2)	19.000	14.280	22	-	Sim
VR-0710	<i>Recolha Selectiva</i>	<i>VOLVO FES-300 (4X2)</i>	<i>19.000</i>	<i>14.280</i>	<i>22</i>	<i>-</i>	<i>Sim</i>

#### **Anexo IV – Características dos circuitos de recolha de RSU.**

Neste anexo são caracterizados os principais circuitos de recolha indiferenciada e selectiva, indicando para cada um: o resíduo recolhido, a frequência semanal, o horário e quantidade de pontos de recolha.

<b>RECOLHA INDIFERENCIADA</b>				
<b>CIRCUITO</b>	<b>RESÍDUO RECOLHIDO</b>	<b>FREQUÊNCIA SEMANAL</b>	<b>HORÁRIO DA RECOLHA</b>	<b>PONTOS DE RECOLHA</b>
1	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	51
2	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	74
3	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	72
4	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	32
5	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	155
6	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	169
7	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	264
8	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	199
9	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	233
10	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	221
11	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	173
12	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	127
13	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	150
14	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	48
15	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	77
16	Indiferenciado	Diariamente	20h30-03h00	127

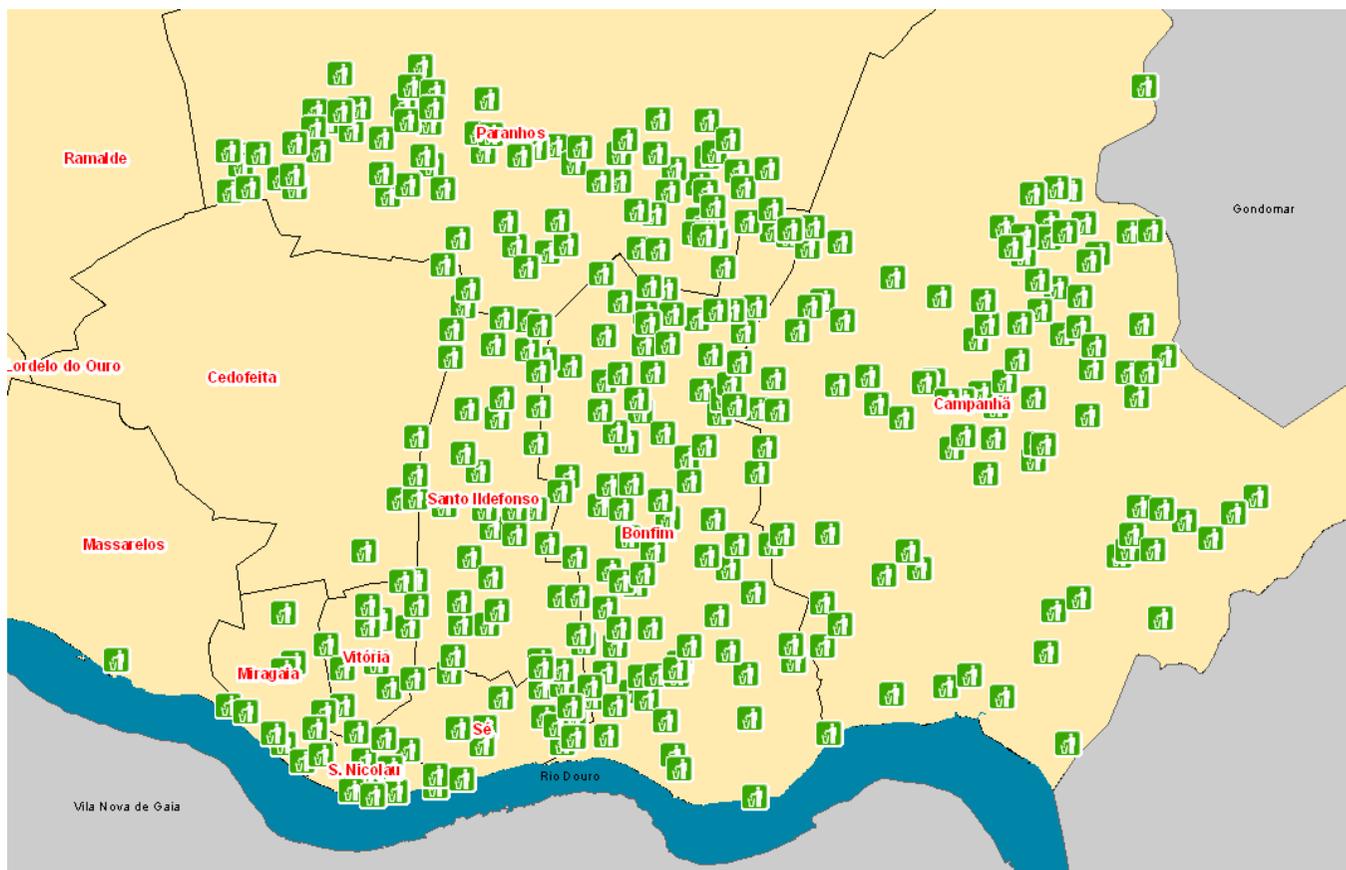
<b>RECOLHA SELECTIVA</b>				
<b>CIRCUITO</b>	<b>RESÍDUO RECOLHIDO</b>	<b>FREQUÊNCIA SEMANAL</b>	<b>HORÁRIO DA RECOLHA</b>	<b>PONTOS DE RECOLHA</b>
1S	Papel	3ª a 6ª	20h30-03h00	92
	Embalagens	3ª a 6ª	20h30-03h00	92
	Vidro	a)	08h30-17h00	112
2S	Papel	3ª a 6ª	20h30-03h00	83
	Embalagens	3ª a 6ª	20h30-03h00	83
	Vidro	a)	08h30-17h00	119
3S <sup>b)</sup>	Papel	3ª a 6ª	20h30-03h00	64
	Embalagens	3ª a 6ª	20h30-03h00	63
	Vidro	a)	08h30-17h00	112
4S <sup>c)</sup>	Vidro	a)	08h30-17h00	11
5S	Vidro	a)	08h30-17h00	22
5S	Orgânicos	2ª a 6ª	14h00-20h30	83 <sup>d)</sup>
6S	Orgânicos	2ª a Sábado	14h00-20h30	83 <sup>d)</sup>
Baixa Limpa	Papel, Embalagens e Vidro	2ª a 6ª	14h00-20h30	83 <sup>d)</sup>

**NOTAS:**

- a) Não tem dias definidos, pois pode não haver viatura ou homem disponíveis ou podem existir outros serviços importantes para serem feitos como recolha de orgânicos, recolha selectiva nas escolas, recolha no MARP ou então Baixa Limpa.
- b) Actualmente na recolha do vidro, este circuito abrange também quase todos os pontos de recolha que outrora constituíam o circuito 5.
- c) O vidro recolhido neste circuito é descarregado no EcoCentro.
- d) Valor médio diário, sendo que à 2ª, 4ª e 6ª é feita a recolha em todos os aderentes, enquanto à 3ª e 5ª a recolha diminui

**Anexo V – Distribuição espacial dos ecopontos que fazem parte dos circuitos de recolha selectiva do vidro.**

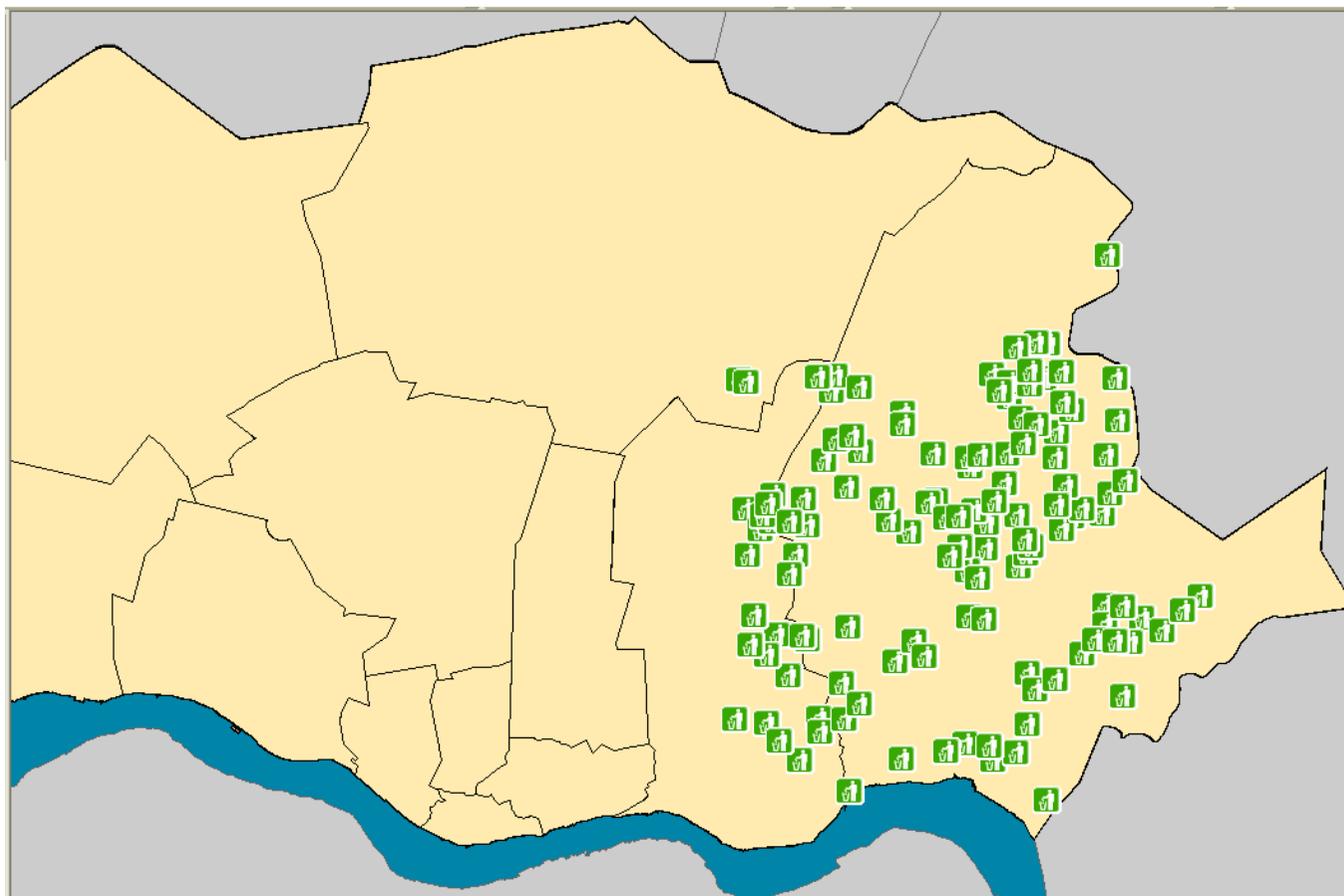
Neste anexo é apresentada a localização espacial de todos os pontos de recolha selectiva de vidro na zona CMP.



**Anexo VI – Localização dos pontos de recolha do actual circuito nº 3 da recolha selectiva do vidro.**

Neste anexo é apresentada a localização espacial dos pontos de recolha que constituem o circuito nº 3 da recolha selectiva de vidro.

É também indicada a ordem de passagem e os arruamentos onde se encontram esses mesmos pontos de recolha.



ORDEM DE PASSAGEM	LOCALIZAÇÃO	ORDEM DE PASSAGEM	LOCALIZAÇÃO	ORDEM DE PASSAGEM	LOCALIZAÇÃO
1	Rua do Pinheiro de Campanhã	22	Rua de Diogo Macedo	43	Largo de Valverde
2	Rua do Pinheiro de Campanhã	23	Rua do Lagarteiro	44	Rua do Buçaco
3	Rua do Freixo	24	Rua do Pêgo Negro	45	Rua da Beata D. Mafalda
4	Rua do Freixo	25	Rua do Pinheiro Grande	46	Rua da Senhora de Campanhã
5	Estrada Nacional 108	26	Rua do Vidago	47	Rua de Ourique
6	Avenida de Paiva Couceiro	27	Rua do Cerco do Porto	48	Rua de D. João Peculiar
7	Estrada da Circunvalação	28	Rua do Cerco do Porto	49	Rua da Senhora de Campanhã
8	Rua do Freixo	29	Rua do Peso da Régua	50	Rua de S. Roque da Lameira
9	Largo de S. Pedro	30	Rua Carrington da Costa	51	Rua de S. Roque da Lameira
10	Rua de Costa Barreto	31	Rua Carrington da Costa	52	Rua de Chaves de Oliveira
11	Rua do Rio da Vila	32	Rua Nossa Senhora do Calvário	53	Rua de Chaves de Oliveira
12	Rua do Meiral	33	Rua Nossa Senhora do Calvário	54	Rua de S. Roque da Lameira
13	Rua Oito de Setembro	34	Travessa do Pinheiro Grande	55	Praça da Corujeira
14	Rua Nova de Azevedo	35	Rua de Vila Nova de Foz Côa	56	Rua do Dr. José Marques
15	Rua das Areias	36	Rua do Cerco do Porto	57	Rua da Corujeira de Baixo
16	Rua das Areias	37	Rua de S. Roque da Lameira	58	Praça da Corujeira
17	Rua da Aldeia	38	Estrada da Circunvalação	59	Praça da Corujeira
18	Rua das Águas Férreas de Campanhã	39	Praceta de S. Mamede	60	Praça da Corujeira
19	Rua do Dr. Manuel Figueiredo	40	Rua das Navas de Tolosa	61	Rua Emílio Biel
20	Rua de José de Brito	41	Rua do Salado	62	Rua Cecília Meireles
21	Alameda do Arquitecto Carlos Ramos	42	Rua da Roliça	63	Rua Cecília Meireles

<b>ORDEM DE PASSAGEM</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>ORDEM DE PASSAGEM</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>	<b>ORDEM DE PASSAGEM</b>	<b>LOCALIZAÇÃO</b>
64	Rua do Maestro Raúl Casimiro	85	Travessa de Nova Sintra	106	Rua de João Espregueira Mendes
65	Rua do Monte de Campanhã	86	Rua da Estação	107	Rua do Amparo
66	Rua do Monte de Campanhã	87	Rua do Padre António Vieira	108	Avenida de Fernão de Magalhães
67	Rua da Cooperativa de Pêgo Negro	88	Travessa da Formiga	109	Avenida de Fernão de Magalhães
68	Rua do Falcão	89	Rua do Barão de Nova Sintra	110	Rua da Vigorosa
69	Rua de Bonjória	90	Rua do Barão de Nova Sintra	111	Avenida de Fernão de Magalhães
70	Rua da Fábrica A Invencível	91	Rua do Monte do Bonfim	112	Rua de Vasques de Mesquita
71	Rua de S. Roque da Lameira	92	Rua das Eirinhas		
72	Rua das Escolas	93	Rua do Major David Magno		
73	Rua da Lameira de Baixo	94	Avenida de Fernão de Magalhães		
74	Alameda de 25 de Abril	95	Rua de Firmino Pereira		
75	Praça das Flores	96	Avenida de Fernão de Magalhães		
76	Rua do Dr. Sousa Avides	97	Rua de Rodrigo Álvares		
77	Rua de S. Rosendo	98	Rua de Rodrigo Álvares		
78	Rua do Bonfim	99	Rua do Monte Aventino		
79	Rua de Justino Teixeira	100	Rua do Monte Aventino		
80	Rua de Pinto Bessa	101	Rua dos Campeões Europeus		
81	Rua de Vera Cruz	102	Rua da Sociedade Protectora dos Animais		
82	Rua de Pinto Bessa	103	Travessa das Antas		
83	Rua de António Granjo	104	Rua de João Espregueira Mendes		
84	Rua de António Carneiro	105	Rua de João Espregueira Mendes		

## Anexo VII – Levantamento e validação dos equipamentos de deposição de RSU.

Neste anexo é apresentado o resultado prático do trabalho de campo fazendo uma comparação entre o que existia: (a) antes do trabalho de campo e (b) após o trabalho de campo.



Legenda:

Vermelho – pontos de recolha não validados

Amarelo, Verde, Azul e Cinzento – pontos de recolha validados



### **Anexo VIII – Modelo da folha de serviço utilizada pelas equipas de recolha de RSU.**

Neste anexo é apresentado um exemplo da ficha de serviço que é utilizada por todas as equipas de recolha de RSU sempre que estas saem para a rua, com a indicação dos pontos de recolha por onde têm que passar obrigatoriamente.



# Circuito

# IMP-8-DMLUT/2

Circuito: **CS03G.VID - Circuito Seletiva 03 Geral.Vidro**

FICHA N.º 0

Data Execução: **24-05-2013**

Ordem	Local	Equip.	n.º	Litros	0	1/2	3/4	I	R
1	Rua do Pinheiro de Campanhã [Esq. com a Trav. Pinheiro de campanhã 2/2 S]	vidrao	1	800					
2	Rua do Pinheiro de Campanhã [Frt Estádio Mário Navega 4/4S]	cicleia	1	1500					
3	Rua do Freixo [Ao 1245 - 4/4S]	vidrao	1	800					
4	Rua do Freixo [Próximo à Rotunda 4/4S]	molok	1	3000					
5	Avenida de Paiva Couceiro [Ao 760 Com Rua Sabrosa 2/2S]	cicleia	1	1500					
6	Estrada da Circunvalação [GALP FREIXO]	cicleia	1	1500					
7	Rua do Freixo [Com Rua Esteiro de Campanhã 3/3S]	vidrao	1	800					
8	Largo de S. Pedro [Frt. Á Cabine]	cicleia	1	1500					
9	Rua de Costa Barreto [Frente à Rua do Meiral]	cicleia	1	1500					
10	Rua do Rio da Vila [Junto Á Rua Meiral - Coop. Nova Ramalde]	cicleia	1	1500					
11	Rua do Meiral [Esq. Travessa Outeiro de Tine]	cicleia	1	1500					
12	Rua Oito de Setembro [Esq. com a Travessa Granja- 3/3 S]	vidrao	1	800					
13	Rua Nova de Azevedo [Frt. ao Nº 29 Próx. à Tv de Azevedo]	cicleia	1	1500					
14	Rua das Areias [Junto ao Nº 264]	cicleia	1	1500					
15	Rua das Areias [Ao nº 404- 4/4S]	vidrao	1	800					
16	Rua da Aldeia [Esq. com Travessa da Aldeia 2/2 S]	vidrao	1	800					
17	Rua do Dr. Manuel Figueiredo [Esq. Rua de Azevedo]	molok	1	3000					
18	Rua de José de Brito [FRT N84 (BAIRRO LAGARTEIRO VELHO - BLOCO 10)]	molok	1	3000					
19	Alameda do Arquitecto Carlos Ramos [4/4S]	molok	1	3000					
20	Rua de Diogo Macedo [Bairro do Lagarteiro no Topo do Bloco 6]	molok	1	3000					
21	Rua do Lagarteiro [Esq. com a Rua de Azevedo 3/3 S]	vidrao	1	800					
22	Rua do Pêgo Negro [Junto á Circunvalação 4/4S]	vidrao	1	800					
23	Rua do Pinheiro Grande [nº 691 4/4S]	vidrao	1	800					
24	Rua do Vidago [Com Rua Pedras Salgadas 2/2 S]	cicleia	1	1500					
25	Rua do Cerco do Porto [ao bloco 21]	cicleia	1	1500					
26	Rua do Cerco do Porto [ao Bloco 2]	cicleia	1	1500					
27	Rua do Peso da Régua [Centro Formação - 4/4S]	cicleia	1	1500					
28	Rua Carrington da Costa [ao Bairro do Ilheu/Peso da Régua]	cicleia	1	1500					
29	Rua Carrington da Costa [Rua Nossa Senhora do Calvário 2/2 S]	vidrao	1	800					
30	Rua Nossa Senhora do Calvário [Escola Secundária do Cerco]	cicleia	1	1500					
31	Rua Nossa Senhora do Calvário [S. Roque 3/3 S]	vidrao	1	800					
32	Travessa do Pinheiro Grande [Esq. com a Rua Pinheiro Grande 2/2 S]	vidrao	1	2500					
33	Rua de Vila Nova de Foz Côa [Bloco 31 2/2 S]	cicleia	1	1500					
34	Rua do Cerco do Porto [Frt. Nº 10]	cicleia	1	1500					
35	Rua de S. Roque da Lameira [Ao nº 37 4/4S]	vidrao	1	800					
36	Estrada da Circunvalação [Vila Cova 2/2S]	vidrao	1	800					
37	Praceta de S. Mamede [Ao n77 4/4S]	vidrao	1	800					
38	Rua das Navas de Tolosa [Frente ao Beco 3/3 S]	cicleia	1	1500					
39	Rua do Salado [Com Rua Gama Barros 1X S]	cicleia	1	1500					
40	Rua da Roliça [3/3 S]	vidrao	1	800					
41	Largo de Valverde [2/2 S]	cicleia	1	1500					
42	Rua do Buçaco [Bloco 17 3/3 S]	vidrao	1	800					
43	Rua da Beata D. Mafalda [Bloco 7 3/3 S]	cicleia	1	1500					
44	Rua da Senhora de Campanhã [Bairro S. Roque da Lameira - Esq. J/BI 13 - 3/3 S]	cicleia	1	1500					
45	Rua de Ourique [Bairro S. Roque da Lameira C/Rua de João Peculiar - 2/2 S]	cicleia	1	1500					
46	Rua de D. João Peculiar [Bairro S. Roque da Lameira Frente Bl.2 3/3 S]	cicleia	1	1500					
47	Rua da Senhora de Campanhã [Com a Rua da Arada 2/2 S]	cicleia	1	1500					
48	Rua de S. Roque da Lameira [Ao nº 839 4/4S]	vidrao	1	800					
49	Rua de Chaves de Oliveira [Mercado Abastecedor do Porto 2/2 S]	vidrao	1	2500					
50	Rua de Chaves de Oliveira [Mercado Abastecedor do Porto 2/2 S]	vidrao	1	800					
51	Rua de S. Roque da Lameira [Ao nº. 949 2/2 S]	cicleia	1	1500					
52	Rua de Chaves de Oliveira [Esq. Calçada Chaves Oliveira j/ ao Largo 1X S]	cicleia	1	1500					
53	Rua de Chaves de Oliveira [Junto ao nº 101 j/ao largo Chaves Oliveira 2/2 S]	cicleia	1	1500					