

Grupo de Disciplinas de Ecologia da Hidrosfera

**OPTIMIZAÇÃO DA RECOLHA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
INDIFERENCIADOS NO MUNICÍPIO DE SINTRA**

Aplicação de SIG a um Sistema de Apoio à Decisão

Gisela Alexandre T. Fernandes

“Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia”

Orientador: Professor Doutor Marco Octávio Trindade Paíinho

Co-orientador: Professor Doutor Nuno Carlos Lapa dos Santos Nunes

Agradecimentos

Pela sua finalidade académica, uma dissertação de mestrado é um trabalho individual. Contudo, na realização desta tese existiram diversos contributos que não posso deixar de referir.

Assim, começo por agradecer aos meus orientadores. Grata ao Professor Marco Paíño pelo papel preponderante que teve na escolha do tema desta dissertação e por todas as sugestões relevantes feitas durante a orientação. Agradeço ao Professor Nuno Lapa pelo interesse demonstrado no bom decurso do trabalho e também pelas críticas, correcções e apoio na elaboração da tese.

Os meus agradecimentos à HPEM por toda a informação fornecida e pela disponibilização dos meios necessários à realização deste trabalho. Agradeço à Eng.^a Susana Rodrigues os conhecimentos transmitidos e a colaboração e esclarecimentos prestados. Grata ao Eng.^o Jorge Ferreira pela disponibilidade e pela ajuda técnica.

Pelos conhecimentos transmitidos na parte teórica do mestrado, deixo o meu agradecimento a todos os professores lecionantes. Estendo os meus agradecimentos aos meus colegas de mestrado, em especial àqueles que se encontravam na mesma altura a efectuar a dissertação, pela ajuda e intercâmbio de ideias.

Agradeço ainda a todas as pessoas que contribuíram, directa ou indirectamente, para a execução desta dissertação de mestrado.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

ÍNDICE

Índice de Figuras	v
Índice de Quadros.....	vi
Lista de Abreviaturas.....	vii
1 RESUMO	1
2 INTRODUÇÃO	2
2.1 Estado da Arte dos Sistemas de Informação Geográfica.....	2
2.1.1 Sistemas de Informação Geográfica.....	2
2.1.2 Sistemas de Apoio à Decisão	2
2.1.3 Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão	3
2.2 Enquadramento do Projecto	4
2.2.1 Resíduos Sólidos Urbanos.....	4
2.2.1.1 Sistemas de Recolha de RSU	7
2.2.1.2 SIG e Estudo de Circuitos de Recolha de RSU	8
2.2.2 SIG e Bioenergia	9
2.3 Objectivos do Presente Trabalho.....	10
2.4 Pressupostos	10
2.5 Locais onde o Estudo foi Desenvolvido.....	10
2.6 Metodologia	11
2.6.1 Etapa 1.....	11
2.6.2 Etapa 2.....	12
2.6.3 Etapa 3.....	12
3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	13
3.1 Recolha Traseira.....	13
3.1.1 Pontos de Recolha	13
3.1.2 Circuitos Existentes.....	14
3.2 Recolha Lateral.....	16
3.2.1 Circuitos Existentes.....	16
3.2.2 Pontos de Recolha a Implementar	17
3.2.3 Optimização de Circuitos	20
3.2.4 Circuitos Optimizados.....	21
3.3 Características e Recursos Envolvidos nos dois Sistemas de Recolha.....	28
3.4 Emissões Atmosféricas.....	30
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

6 RECURSOS ELECTRÓNICOS CONSULTADOS	36
7 ANEXOS.....	I
7.1 Anexo 1 – Mapas pormenorizados dos percursos calculados para o circuito 320-B	I
7.2 Anexo 2 – Relatório da sequência de recolha para o circuito 320-B	XVI
7.3 Anexo 3 – Mapas pormenorizados dos percursos calculados para o circuito 320-C	XXII
7.4 Anexo 4 – Relatório da sequência de recolha para o circuito 320-C	XXXVII
7.5 Anexo 5 – Exemplo de um relatório de direcções de percurso	XLIII

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema do processo de tomada de decisão baseado em SIG.....	3
Figura 2. Freguesias dos Concelhos de Sintra e Cascais, com a localização aproximada da HPEM e da TratoLixo	6
Figura 3. Esquema do sistema de recolha e tratamento dos RSU	6
Figura 4. Recolha traseira: (a) contentores de 1000 litros; (b) veículo de recolha	7
Figura 5. Recolha lateral: (a) ilhas de contentores de 2400 litros; (b) veículo a recolher um contentor	7
Figura 6. Áreas em que foi otimizada a recolha lateral de resíduos por aplicação do <i>FleetRoute</i> TM	11
Figura 7. Pontos de recolha traseira existentes na Tapada das Mercês	14
Figura 8. Pontos de recolha traseira existentes nas zonas mistas	14
Figura 9. Circuito de recolha traseira de resíduos indiferenciados que serve a zona da Tapada das Mercês	115
Figura 10. Circuitos de recolha traseira de resíduos indiferenciados que servem as zonas mistas	115
Figura 11. Circuito de recolha lateral de resíduos indiferenciados	17
Figura 12. Pontos de recolha lateral a implementar na Tapada das Mercês.....	18
Figura 13. Pontos de recolha lateral a implementar nas zonas mistas.....	18
Figura 14. Conjunto de pontos considerados na optimização de circuitos.....	19
Figura 15. Número de contentores de resíduos indiferenciados e capacidade instalada.....	19
Figura 16. Estatísticas dos circuitos 320-B e 320-C.....	21
Figura 17. Percurso efectuado no circuito 320-B.....	22
Figura 18. Percurso efectuado no circuito 320-C.....	22
Figura 19. Percurso de recolha a efectuar para o circuito 320-B, com serviço de recolha de ambos os lados da rua.....	23
Figura 20. Percurso de descarga à TratoLixo e retorno ao ponto de recolha seguinte, para o circuito 320-B.....	24
Figura 21. Percurso a efectuar das instalações da HPEM até ao primeiro ponto de recolha, para o circuito 320-C.....	225
Figura 22. Continuação do percurso de recolha a efectuar no circuito 320-C, com serviço de recolha apenas do lado esquerdo ou apenas do lado direito da rua.....	26
Figura 23. Consumo e custo de combustível para cada tipo de viatura.....	29
Figura 24. Poluentes emitidos pelos três tipos de viaturas	30

Índice de Quadros

Quadro 1. Composição física média dos RSU.....	4
Quadro 2. Composição média dos RSU de Lisboa ..	4
Quadro 3. Número de contentores e capacidade instalada nos circuitos de recolha traseira existentes	16
Quadro 4. Número de contentores e capacidade instalada no circuito de recolha lateral existente	16
Quadro 5. Número de contentores de resíduos indiferenciados e capacidade a instalar	17
Quadro 6. Número de contentores de resíduos indiferenciados e capacidade instalada	19
Quadro 7. Parâmetros que foi necessário inserir para o funcionamento da aplicação <i>FleetRouteTM</i>	20
Quadro 8. Estatísticas dos circuitos otimizados	21
Quadro 9. Excerto do relatório da sequência de recolha para o circuito 320-C	27
Quadro 10. Características e recursos envolvidos nas recolhas traseira e lateral de resíduos indiferenciados	28
Quadro 11. Combustível gasto em cada circuito e custo monetário correspondente	29
Quadro 12. Emissões atmosféricas decorrentes da recolha traseira e da recolha lateral	30
Quadro 13. Emissões atmosféricas decorrentes de cada circuito	31

Lista de Abreviaturas

ESRI – Instituto de Investigação de Sistemas Ambientais

GPS – Sistema de Posicionamento Global

HPEM – Higiene Pública Empresa Municipal

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SAD – Sistema de Apoio à Decisão

SEAD – Sistema Espacial de Apoio à Decisão

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

1 RESUMO

A construção da sustentabilidade depende do modo como utilizamos os recursos. Os resíduos têm que, cada vez mais, ser olhados como uma matéria-prima que interessa aproveitar, até porque o seu aproveitamento permite poupar recursos naturais e energia. O desenvolvimento sustentável deve estar na base de qualquer estratégia futura de desenvolvimento. A recolha de resíduos é um problema frequente na gestão de qualquer cidade e envolve encargos avultados. As decisões tomadas e as acções praticadas deverão ser tecnicamente responsáveis mas também economicamente viáveis.

Neste trabalho utilizou-se uma aplicação SIG no apoio à tomada de decisão na recolha de resíduos sólidos indiferenciados no Município de Sintra. O objectivo foi minimizar os recursos dispendidos nesta recolha e as emissões de gases de escape para a atmosfera, por minimização da distância total percorrida, do número de veículos envolvidos e da quantidade de combustível gasto. Para tal, recorreu-se ao programa *ArcGIS™ Desktop*, com visualização em *ArcView®* versão 9.2, propriedade da ESRI, correndo dentro deste programa a aplicação *FleetRoute™* versão 5.0.3, propriedade da CIVIX L.L.C.. Foi utilizada a aplicação *FleetRoute™* na definição e optimização de circuitos de recolha de resíduos sólidos (na valência de resíduos indiferenciados) para as áreas onde já existem pontos de recolha lateral e para aquelas em que está projectada a mudança para este tipo de recolha, no Município de Sintra.

Ao utilizar-se a tecnologia SIG, foi possível representar as soluções obtidas sobre o mapa digitalizado do Município de Sintra. Deste modo, foi possível visualizar os circuitos num ambiente próximo do real. As ferramentas SIG utilizadas actuam como um sistema de apoio à decisão através da execução interactiva de todas as operações, e por integrarem informação contida em bases de dados externas com o discernimento e experiência do decisor. Os resultados obtidos através do uso da aplicação *FleetRoute™* demonstram-na eficaz, validando a sua utilização para determinação de circuitos de recolha. No entanto, a versão do programa que foi utilizada apresenta algumas lacunas que desvalorizam bastante a sua utilização, visto não serem gerados alguns relatórios relevantes, como seja o relatório de direcções de percurso. Outra importante inexactidão ocorrida foi o programa ter, por vezes, considerado a capacidade máxima da viatura de recolha lateral superior às estipuladas 15 toneladas.

Em comparação com o sistema de recolha com carga traseira, a instalação do sistema de recolha com carga lateral é compensatório do ponto de vista do tempo de recolha e dos recursos humanos necessários, e compensa o investimento efectuado. Para além de reduzir os custos operacionais de recolha, as características do sistema de recolha lateral conduzem ao aumento da recolha de resíduos recicláveis, minimizando e tornando aceitáveis os efeitos que decorrem da mudança de recolha traseira para recolha lateral. Contudo, sob o ponto de vista da utilização de combustível e das emissões de gases com efeito de estufa, o sistema de recolha com carga lateral não é compensatório.

2 INTRODUÇÃO

Os sistemas de informação geográfica (SIG) têm-se estabelecido nas últimas décadas como um importante instrumento de aquisição, produção de análises e representação de informações sobre o espaço geográfico. Reúne para isso os conhecimentos e as práticas tecnológicas oriundas de diversas áreas do conhecimento científico. Pressupõe um ambiente transdisciplinar por natureza, uma vez que não existe uma categoria profissional com formação única que venha abarcar toda a gama do conhecimento que constitui o ambiente geotecnológico (cartografia, geografia, estatística, equipamentos e sistemas computacionais, processamento de dados, etc.).

Num mesmo ambiente de trabalho, o SIG permite tratar dados provenientes de fontes diversas, como por exemplo, redes de monitorização por satélite (imagens, sinais GPS, etc.), levantamentos de campo (topográficos, censitários, etc.), mapeamentos sistemáticos ou mapeamentos temáticos, com escala de abrangência que vai do local ao global. Os formatos dos dados, por sua vez, também são diversificados e podem ser adquiridos e manipulados na forma de mapas, imagens, relatórios, gráficos, vídeos, entre outros (Matias, 2002).

2.1 Estado da Arte dos Sistemas de Informação Geográfica

A tecnologia SIG vem sendo adoptada tanto por utilizadores individuais como pelas grandes empresas, sendo utilizada em estudos localizados em pequenas áreas ou espaços abrangentes, até mesmo na escala do globo. Além disso, contempla os temas mais diversos, desde pesquisas de carácter básico e prospectivo até actividades de monitorização em tempo real.

2.1.1 Sistemas de Informação Geográfica

Os SIG podem ser definidos como um conjunto de ferramentas que permitem armazenar, extrair, transformar e visualizar dados espaciais, que representam a realidade para um certo conjunto de objectivos (Burrough *et al.*, 1998). Os SIG distinguem-se de outros sistemas de informação capazes de utilizarem dados georreferenciados, por possibilitarem a execução de operações espaciais, tornando assim possível a realização de análises espaciais. A interface associada aos SIG integra, normalmente, dois componentes: um alfanumérico e outro gráfico.

A utilização dos SIG pode trazer grandes benefícios, devido à sua capacidade de gestão de informação geográfica de um modo rápido, preciso e sofisticado (Cabral, 2001). Actualmente, as intervenções necessárias têm de ser baseadas numa correcta fundamentação, por via de um diagnóstico das situações e por via da avaliação das diferentes propostas de intervenção. Uma das aplicações mais importantes dos SIG é na análise dos dados para o apoio aos processos de decisão (Rodrigues *et al.*, 2004).

2.1.2 Sistemas de Apoio à Decisão

Os sistemas de apoio à decisão (SAD) são sistemas interactivos, baseados em computadores, que têm como objectivo principal ajudar os decisores a utilizar dados e modelos para identificar e resolver problemas, assim como a tomar decisões. No dia-a-dia das empresas, sejam estas públicas ou privadas, são produzidas grandes quantidades de informação provenientes de *softwares* de controlo e acompanhamento da área operacional, além de dados gerados por comunicação entre pessoas internas ou externas à empresa, dados vindos da *internet*, etc.

A utilização de um SAD permite retirar da grande quantidade de dados de uma organização informação útil para que o profissional da área estratégica ou de planeamento possa fazer o seu trabalho de forma racional e otimizada. O objectivo dos SAD é o de melhorar a eficácia do processo de tomada de decisão, em detrimento da eficiência. A eficácia máxima é atingida quando se conseguem incorporar conhecimentos do decisor e programas baseados em computador no processo de tomada de decisão. Para ser eficaz, o processo deverá ser de fácil utilização, de modo a evitar uma separação funcional dos papéis do analista e da pessoa encarregue de tomar a decisão (Goodchild, 1993).

2.1.3 Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão

Os sistemas espaciais de apoio à decisão (SEAD) são sistemas interactivos concebidos para apoiar o utilizador, ou grupo de utilizadores, na obtenção de uma maior eficácia na tomada de decisões respeitantes a problemas semi-estruturados de decisão espacial (Malczewski, 1999). Este tipo de sistemas caracteriza-se por disponibilizar uma infra-estrutura que integra os sistemas de gestão de base de dados com os modelos analíticos, os dispositivos gráficos de visualização, a possibilidade de elaboração de relatórios tabulares e a inclusão dos conhecimentos do decisor. Nos últimos anos, tem-se assistido a um incremento na investigação e no desenvolvimento dos SEAD. O aparecimento do conceito de SEAD está relacionado com a necessidade de expansão das capacidades dos SIG para a resolução de problemas complexos de decisão espacial (Densham, 1991).

Os dados geográficos, a informação e a tomada de decisão interrelacionam-se. Dados geográficos ou espaciais podem ser definidos como materiais desorganizados e não classificados, que podem ser associados a uma localização (Malczewski, 1999). Ao proceder-se à organização, análise e interpretação destes materiais, eles transformam-se em informação, tornando-se úteis numa tomada de decisão específica. O processo de conversão de dados em informação proporciona um valor acrescentado aos dados, sendo crucial para a tomada de decisão. Assim, a informação geográfica pode ser entendida como: dados georreferenciados, processados de modo a serem perceptíveis e a terem significado para os decisores.

Os problemas de decisão que envolvem dados geográficos e informação são designados por problemas de decisão espacial. Normalmente, os problemas de decisão espacial caracterizam-se por permitirem a inclusão de um grande número de alternativas de decisão, cujos resultados diferem no espaço (Maczweski, 1999). A avaliação de cada alternativa é baseada em múltiplos critérios, os quais podem ser qualitativos e/ou quantitativos. Cada decisor apresenta preferências diferentes em termos da importância relativa dos critérios de avaliação e das respectivas consequências. As decisões envolvem na maior parte dos casos um ou mais factores de incerteza. O sucesso da tomada de decisão depende grandemente da quantidade e da qualidade da informação que é tornada disponível aos decisores. Os SIG são, em muitos casos, o melhor instrumento de suporte à decisão, contribuindo para uma superior compreensão e actuação sobre as questões colocadas aos tomadores de decisão. Na Figura 1, esquematiza-se o processo de tomada de decisão baseado em SIG.

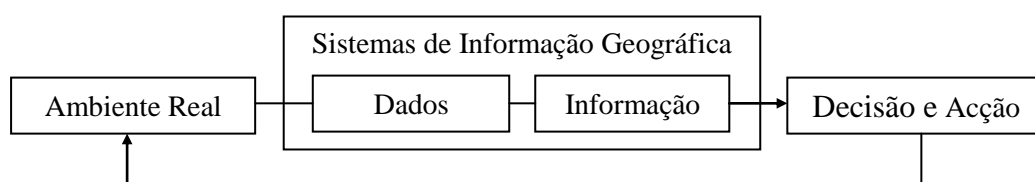


Figura 1. Esquema do processo de tomada de decisão baseado em SIG (Adaptado de: www.fatorgis.com.br)

2.2 Enquadramento do Projecto

A produção de resíduos tem vindo a aumentar em quantidade e diversidade nas últimas décadas em todo o mundo, como resultado do aumento da população, do crescimento económico e do incremento do poder de compra das famílias, podendo também constituir um sintoma de uso ambientalmente ineficiente de recursos. Esta temática representa, assim, um desafio ambiental, social e económico, tanto a nível global, como nacional (REA 2006).

De acordo com o Decreto-Lei n.º178/2006, resíduo é qualquer substância ou objecto de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer. Não tendo utilização ou sendo indesejáveis para o seu detentor, os resíduos são, no entanto, potencialmente valorizáveis. No âmbito dos resíduos sólidos gerados pela sociedade nos nossos dias, os resíduos sólidos urbanos (RSU) representam a maior e mais volumosa fatia desses desperdícios, motivo porque tem vindo a constituir um factor de crescente preocupação (Russo, 2003).

2.2.1 Resíduos Sólidos Urbanos

Os RSU têm uma determinada composição em termos do tipo de materiais que os compõem e do peso relativo de cada uma destas tipologias. No Quadro 1 apresenta-se a composição típica dos resíduos de recolha municipal, de acordo com os dados do estudo: Resíduos Sólidos Urbanos - Concepção, Construção e Exploração de Tecnossistemas, que caracteriza a situação nacional entre 1996 e 2001; no Quadro 2 é apresentada a média anual da composição física dos RSU indiferenciados entregues à Valorsul, em 2005, pelos serviços municipalizados de Lisboa.

Quadro 1. Composição física média dos RSU
(Fonte: www.inresiduos.pt)

Componente	%(m/m)
Papel/Cartão	26,4
Vidro	7,40
Plástico	11,10
Metais	2,75
Têxteis	2,60
Madeira/Embalagens	0,50
Materiais Fermentáveis	26,50
Verdes	3,15
Finos	14,25
Outros Resíduos	5,35

Quadro 2. Composição média dos RSU de Lisboa
(Fonte: www.valorsul.pt)

Componente	%(m/m)
Papel e cartão	21,48
Vidro	6,93
Plástico	8,69
Metais ferrosos	1,43
Metais não ferrosos	0,42
Materiais fermentáveis	38,71
Têxteis	2,18
Outros	8,94
Finos (<20mm)	11,22

A actual política de gestão de resíduos é baseada no conceito da hierarquia de gestão de resíduos. Os objectivos estabelecidos continuam a ser a prevenção de resíduos e a promoção da sua reutilização, reciclagem e recuperação, de forma a reduzir o impacte ambiental negativo dos resíduos. O recurso à deposição em aterro deve ser utilizado em última instância (CEC, 2005).

A reciclagem traduz-se fundamentalmente na valorização de determinadas componentes dos RSU, na qual se recuperam e/ou regeneram diferentes matérias constituintes de forma a dar origem a novos produtos. É também uma forma de diminuir a quantidade de resíduos, poupando recursos naturais e energéticos. É necessário que os materiais sejam sujeitos a uma separação na origem, para serem sujeitos a reciclagem (Fussler *et al.*, 1996):

- O papel e o cartão são reciclados para darem origem a papel novo;
- Os metais podem ir para fundição e dar origem a novas peças metálicas;
- As embalagens de vidro após a reciclagem podem dar origem a novas embalagens;
- Os plásticos também podem ser recuperados, podendo alguns ser fundidos e moldados de novo;
- Os materiais fermentáveis são o maior constituinte dos RSU e podem ser transformados em composto, que pode ser utilizado como correctivo orgânico, ou podem ser submetidos a digestão anaeróbia para produção de biogás.

Os resíduos urbanos são definidos ainda de acordo com o Decreto-Lei n.º178/2006, como resíduos provenientes de habitações bem como outros resíduos que, pela sua natureza ou composição, sejam semelhantes aos resíduos provenientes de habitações. A designação Resíduos Sólidos Urbanos é um termo abrangente respeitante à mistura de materiais e objectos que tem como referência os resíduos de origem doméstica.

Engloba ainda resíduos provenientes do sector de serviços ou de estabelecimentos comerciais ou industriais e de unidades prestadoras de cuidados de saúde com uma natureza ou composição afim dos domésticos. De acordo com a lei (Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro) desde que não seja ultrapassado o limiar de produção diária de 1100 litros por produtor, todos estes resíduos podem ser classificados como sendo resíduos sólidos urbanos. Em termos práticos são objecto de recolha municipal.

No geral, os resíduos têm que, cada vez mais, ser olhados como uma matéria-prima que interessa aproveitar, até porque o seu aproveitamento permite poupar recursos naturais e energia. A Tratolixo S.A. é a empresa responsável pelo tratamento e valorização dos RSU produzidos nos municípios de Cascais, Mafra, Oeiras e Sintra. Após a sua recolha, os resíduos sólidos indiferenciados são encaminhados para a Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos da Tratolixo, situada em Trajouce (pertencente à Freguesia de São Domingos de Rana, Concelho de Cascais – Figura 2). O sistema é utilizado pelos Municípios, mas não é a Tratolixo que efectua a recolha. Esta é da responsabilidade dos próprios Municípios.

Em Portugal, a gestão dos RSU é da responsabilidade das Câmaras Municipais. Porém, legalmente, os Municípios podem, através de concursos públicos, contratar empresas privadas para executarem a recolha dos RSU. No Concelho de Sintra, a actividade legalmente cometida ao Município no domínio da higiene e limpeza públicas foi atribuída à HPEM – Higiene Pública Empresa Municipal – situada em Vila Verde (Freguesia da Terrugem – Figura 2), a qual entrou em funcionamento em 29 de Maio de 2000.

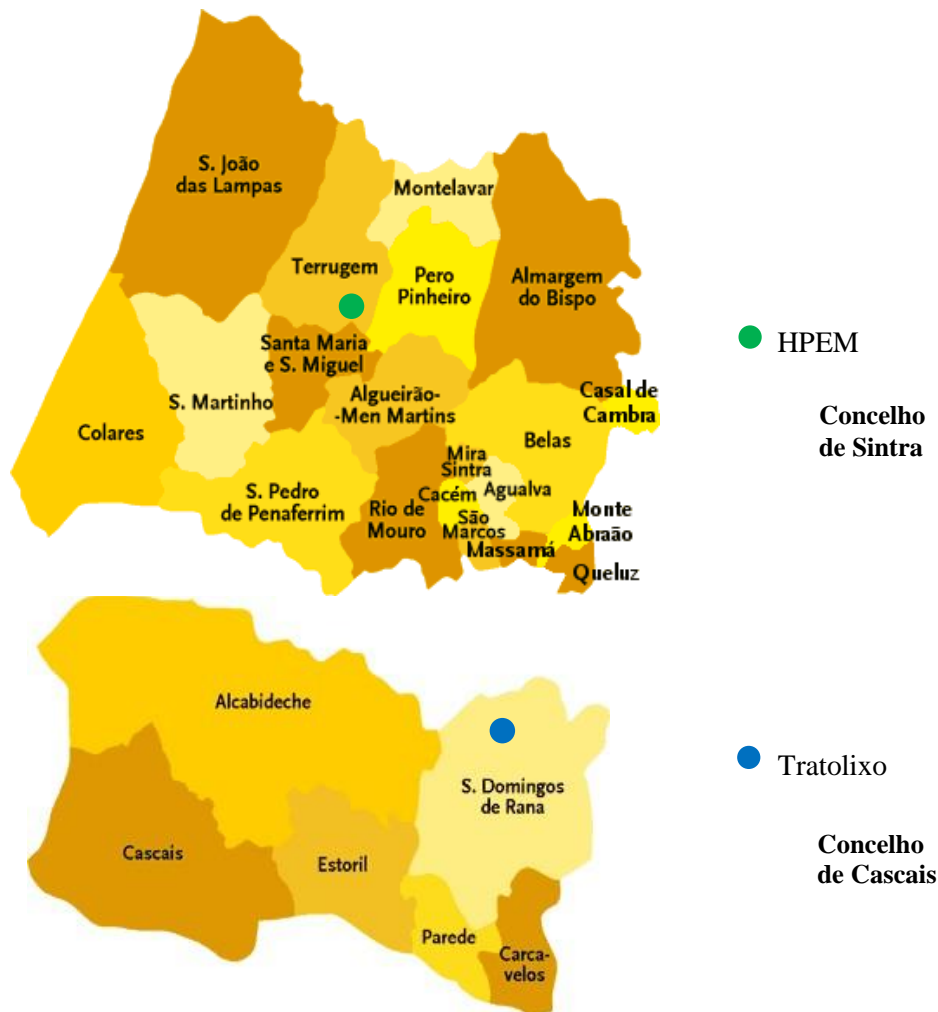


Figura 2. Freguesias dos Concelhos de Sintra e Cascais, com a localização aproximada da HPEM e da Tratolixo

A recolha de resíduos sólidos, segundo o Decreto-Lei nº178/2006, é a operação de apanha de resíduos com vista ao seu transporte. É executada segundo horários pré-estabelecidos, com uma periodicidade variável, dependendo da capacidade do equipamento de recolha instalado e das características do meio rural ou urbano. Na Figura 3, esquematiza-se o sistema de recolha e tratamento dos RSU.

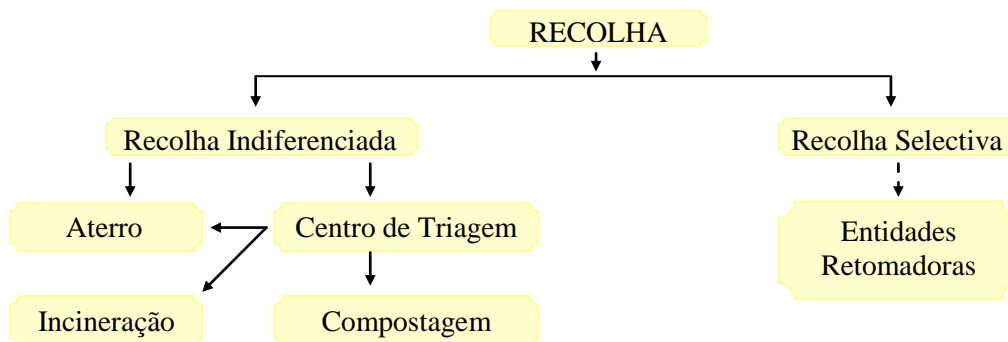


Figura 3. Esquema do sistema de recolha e tratamento dos RSU (Adaptado de: Levy, 2004)

A recolha de resíduos sólidos urbanos é um problema frequente na gestão de qualquer cidade e envolve encargos avultados relacionados com a aquisição, manutenção e circulação dos veículos, e com a instalação e manutenção dos equipamentos de deposição de resíduos (Santos *et al.*, 2003). As decisões tomadas e as ações praticadas deverão ser tecnicamente responsáveis mas também economicamente viáveis.

2.2.1.1 Sistemas de Recolha de RSU

O sistema de recolha mais generalizado é a recolha com elevador de carga traseiro – recolha traseira – na qual o veículo segue ao longo da rua, parando nos locais onde se encontram os contentores. Os cantoneiros, por sua vez, trazem os contentores do lancil até ao veículo, onde estes são despejados por um elevador mecânico localizado na parte traseira do veículo. Na Figura 4, apresentam-se fotografias do tipo de contentores e veículos utilizados no sistema de recolha traseira.



Figura 4. Recolha traseira: (a) contentores de 1000 litros; (b) veículo de recolha (Fonte: HPEM)

No sistema de recolha com elevador de carga lateral – recolha lateral – o veículo vai parando em frente a cada contentor. Por sua vez, o motorista, através do uso de câmaras instaladas no exterior do veículo, alinha o elevador à marca existente no centro do corpo do contentor. Assim, os resíduos são recolhidos directamente por um sistema elevatório robotizado situado na parte lateral do veículo, não existindo intervenção de cantoneiros. Na recolha lateral, os pontos de deposição de resíduos estão organizados na forma de ilhas ecológicas, nas quais os contentores para deposição de resíduos indiferenciados estão junto aos destinados às três valências de deposição selectiva. Deste modo, os munícipes necessitam de se deslocar apenas a um local para depositarem os vários tipos de resíduos, o que promove a adesão à deposição selectiva. Na Figura 5, apresentam-se fotografias do tipo de contentores e veículos utilizados no sistema de recolha lateral.



Figura 5. Recolha lateral: (a) ilhas de contentores de 2400 litros; (b) veículo a recolher um contentor (Fonte: HPEM)

O serviço de recolha dos resíduos é organizado em circuitos de recolha. O planeamento dos circuitos pode ser optimizado recorrendo a programas de computador, tendo em conta a análise da estrutura viária (largura das ruas, sinuosidade, etc.), o tipo de contentores utilizados e a frequência de recolha, entre outros aspectos. O planeamento do serviço inclui a escolha do equipamento adequado para a recolha, tendo em conta as características da zona e a captação de resíduos estimada.

2.2.1.2 SIG e Estudo de Circuitos de Recolha de RSU

Um dos aspectos mais importantes na gestão eficiente dos problemas que envolvem a circulação de veículos em redes urbanas está na capacidade de obtenção de circuitos otimizados. Vários exemplos de problemas deste tipo podem ser mencionados: recolha de RSU, recolha de alunos em autocarros escolares, limpeza de ruas, leitura de contadores ou entrega de correspondência. Este tipo de problemas pertence à família dos Problemas de Circulação e têm em comum a necessidade de obter uma configuração óptima para um conjunto de circuitos, de modo que sejam satisfeitos dois tipos de objectivos: por um lado, prestar determinados serviços em locais que são conhecidos à partida e, por outro, minimizar os custos envolvidos na execução de todas as tarefas. Geralmente, nos problemas de circulação, os veículos efectuem uma ou mais voltas, regressando posteriormente ao local de partida, definindo assim um circuito (Santos *et al.*, 2003).

A minimização de recursos despendidos na recolha dos RSU e a maximização da eficiência desta recolha é fundamental para cada município, podendo esta optimização ser facilitada pelo uso de SIG. Com a utilização do SIG, torna-se possível visualizar os resultados obtidos num ambiente próximo do real, ou seja, é possível representar no sistema a rede real que está subjacente ao problema em causa e posteriormente projectar aí a solução obtida. Esta componente da visualização dos resultados é extremamente importante, pois permite ao utilizador ter uma noção imediata da configuração dos circuitos, em vez de ter apenas uma lista ordenada das ruas a percorrer.

Os SIG, como sistemas que permitem armazenar, integrar, visualizar e analisar objectos e processos em relação aos quais a localização espacial é uma característica importante ou crucial para o problema, podem ser uma ferramenta importante de apoio à gestão de resíduos. O SAD apoia-se no SIG para a constituição de uma base de informação georreferenciada com elementos inter-relacionados que visam dotar este SAD de algumas funcionalidades dos sistemas de informação: recolha, entrada, armazenamento, tratamento, análise e visualização de informação. Na gestão de resíduos, a componente “informação” deve ser apresentada de forma (geo)gráfica, numérica ou alfanumérica, de modo a permitir a criação de associações ou relações de carácter espacial significativas para quem tenha de decidir.

Na cidade de Trabzon (Turquia), foi efectuado um estudo de optimização dos circuitos de recolha de resíduos sólidos, com o objectivo de minimizar as emissões de gases de escape dos veículos de recolha. Nesta optimização foi utilizado a aplicação informática *RouteView ProTM*. O *software* de optimização criou 9 circuitos, diminuindo a distância percorrida em 24,6% e o tempo total em 44,3%. A optimização conduziu também a que as emissões atmosféricas de CO₂, NO_x, HC, CO e PM fossem reduzidas em 831,4 g, 12,8 g, 1,2 g, 0,4 g e 0,7 g por circuito, respectivamente (Apaydin *et al.*, 2008).

Com base num modelo SIG de optimização de circuitos, recorrendo ao uso do módulo *Network* do *software ArcGIS*, foi estudado o sistema de recolha de resíduos no Município de Anasol (Bengala, Índia). Para a optimização foram considerados parâmetros como sejam a densidade populacional, a capacidade de geração de resíduos, a rede viária e os tipos de ruas, de contentores e de veículos de recolha, etc., tendo sido possível criar percursos de recolha mais eficientes, sendo conseguida a minimização do custo/distância dos percursos para transportar os resíduos sólidos para o aterro (Ghose *et al.*, 2006).

Na cidade de *Edmond* (*Oklahoma*, EUA) a implementação de uma ferramenta informática de optimização de circuitos baseada em SIG (*FleetRouteTM*) foi essencial na reorganização do sistema de circulação de veículos de recolha de resíduos, conduzindo à redução do número de rotas e do número de veículos utilizados em 25% e à poupança anual de 250 000 dólares (www.gbbinc.com). A empresa americana WM implementou o *WasteRoute*, desenvolvido pelo *Institute of Information Technology*, como ferramenta informática no estudo e optimização do sistema de recolha de resíduos, tendo sido possível na zona de *Elgin* (Illinois, EUA) reduzir em 10% o número de circuitos de recolha (Sahoo *et al.*, 2005).

Em Portugal, existem diversas aplicações de SIG à optimização de circuitos. Várias Câmaras Municipais utilizam sistemas baseados em SIG na melhoria dos circuitos de recolha de resíduos. Nomeadamente, a Câmara Municipal de Lisboa utiliza a extensão *Network Analyst* do ArcGIS, adaptada pela ESRI às suas necessidades. Na HPEM, também foi instalada a aplicação informática *FleetRouteTM*. Aquando desta instalação, foram efectuados testes, os quais reflectiram uma redução de 9% no número de quilómetros percorridos e uma redução de 10% no tempo total do circuito (VTM, 2008).

2.2.2 SIG e Bioenergia

Uma das componentes leccionadas no Mestrado em Bioenergia foi direccionada ao ensino de tecnologias SIG. O tema denominado '*Evaluation of land use potential – Geographic information systems*' contextualiza, evidencia a importância e suscita interesse pelas diferentes vertentes e aplicações dos SIG. Os SIG podem ter vários níveis de utilização, sendo aplicados a diversos tipos de problemas. Tal como acontece em diversos sectores, no sector florestal são possíveis aplicações dos SIG a todos os níveis. Uma das aplicações mais comuns no sector florestal consiste na criação e actualização de cartografia de consulta. Com a tecnologia computacional actual é possível a elaboração de cartas convencionais de grande qualidade a custos relativamente baixos, para as mais diversas finalidades, como seja a apresentação de cartas nos estudos e projectos florestais.

Os SIG podem ser utilizados nos trabalhos de prevenção e combate a incêndios florestais. Tendo em consideração as condições climáticas e as características do terreno e do coberto vegetal, é possível a criação de cartas de risco de incêndio e o estabelecimento de sistemas de apoio à vigilância e combate de fogos florestais. Do mesmo modo, um SIG pode ser aplicado à selecção das espécies florestais mais adequadas para as florestações. Tendo em conta diversas condições da área a florestar, tais como precipitação, temperatura, altitude, exposição, declive e tipo de solo, entre muitas outras, é possível a criação de cartografia de aptidão para a cultura de espécies florestais. Os SIG podem ser aplicados em estudos para a protecção das florestas contra pragas. Com base em registos anuais de ocorrências e nas características do coberto, é possível estudar o comportamento de pragas e analisar a susceptibilidade dos povoamentos.

A gestão de grandes áreas produtivas e o planeamento da respectiva exploração poderão também ser realizados através da utilização dos SIG. Considerando as condições e características da área em causa é possível a localização de zonas óptimas para determinados tipos de exploração e a criação de mapas com as zonas a explorar e a manter. Tendo em conta a rede de caminhos e as condições do terreno é possível seleccionar os tipos de equipamento a utilizar e planear as operações de chegada e de transporte do modo mais eficaz e económico. As ferramentas SIG podem ainda ser aplicadas em estudos de comportamento territorial de animais selvagens, planeamento de recursos hídricos, análises de desflorestação e erosão, entre vários outros trabalhos (Maguire *et al.*, 1991).

2.3 Objectivos do Presente Trabalho

Neste trabalho pretendeu-se utilizar uma aplicação SIG no apoio à tomada de decisão na recolha de resíduos sólidos indiferenciados no Município de Sintra. O objectivo foi minimizar os recursos dispendidos nesta recolha e as emissões de poluentes para a atmosfera. Estes objectivos devem ser atingidos mantendo ou melhorando a qualidade do serviço prestado à população.

Através da tecnologia SIG, procurou-se otimizar os circuitos de recolha de resíduos sólidos urbanos indiferenciados, nalgumas áreas específicas do Município de Sintra. O objectivo foi minimizar a distância total percorrida, o número de veículos envolvidos, a quantidade de combustível gasto, as emissões de gases de escape para a atmosfera e, portanto, o custo do processo de recolha.

Utilizou-se a tecnologia SIG não só para armazenar informação gráfica e alfanumérica, mas sobretudo para apresentar as soluções do problema num ambiente próximo do real e, deste modo, poder tentar tirar partido da inspecção visual dos circuitos obtidos.

2.4 Pressupostos

O principal obstáculo associado ao tratamento dos Problemas de Circulação reside no facto de serem casos, na maioria, com uma complexidade computacional bastante elevada. Deste modo, no estudo dos circuitos dos veículos de recolha de resíduos foi utilizada uma aplicação específica: o *FleetRouteTM*. O *FleetRouteTM* é um *software* de modelagem baseado num sistema de informação geográfica, para desenvolvimento de circuitos de veículos. Esta aplicação é um algoritmo baseado em linguagem *Java*.

Pressupõe-se que a aplicação *FleetRouteTM* consegue resolver eficientemente as questões de optimização dos circuitos de recolha de resíduos, conduzindo à minimização dos recursos envolvidos na recolha de resíduos indiferenciados. A opção pelo *FleetRouteTM* baseou-se nos seguintes factores:

- é um *software* específico para o estudo de percursos de recolha de resíduos;
- é uma aplicação compatível com o *ArcView[®]*;
- possui a definição necessária para um trabalho analítico de pormenor.

Estes pressupostos permitiram garantir que o tempo necessário para proceder à implementação dos novos circuitos de recolha lateral não iria inviabilizar o projecto. No caso deste pressuposto não se verificar, correr-se-ia o risco de só ter os circuitos definidos muito tempo após a aquisição dos equipamentos necessários à recolha lateral (camiões, contentores,...), levando a que estes equipamentos ficassem parados/sem uso, conduzindo consequentemente a perdas de investimento.

Foi ainda utilizado como pressuposto que a recolha lateral, em comparação com a recolha traseira, é um sistema mais eficiente na recolha dos resíduos sólidos, permitindo uma redução dos custos de recolha e, simultaneamente, um aumento da recolha de resíduos recicláveis.

2.5 Locais onde o Estudo foi Desenvolvido

A aplicação *FleetRouteTM* foi utilizada na definição e optimização de circuitos de recolha de resíduos sólidos (na valência de recolha indiferenciada) para as áreas onde já existem pontos de recolha lateral e para aquelas em que está projectada a mudança para este tipo de sistema de recolha.

Em algumas áreas da Freguesia de Algueirão-Mem Martins e da Freguesia de Rio de Mouro (Bairro da Coopalme, Urbanização do Pinhal, centro de Mem Martins, Mercês, Casais de Mem Martins, Rinchoa, e centro de Rio de Mouro) já está implementada a recolha lateral.

Na área da Tapada das Mercês (área urbana – com densa edificação em altura) e nas localidades de Terrugem, Alpolentim, Vila Verde e Bairro Novo (áreas mistas – rurais e urbanas – com fraca densidade populacional e edificação horizontal) está previsto ser implementado este tipo de recolha, como parte de um projecto-piloto de aplicação da recolha lateral e utilização do *FleetRoute*TM na definição dos circuitos de recolha.

Na Figura 6, sobrepõem-se ao mapa do Concelho de Sintra as áreas onde foi desenvolvido o presente estudo. As áreas representadas incluem os locais onde a recolha lateral já está implementada ou onde se pretende implementá-la.

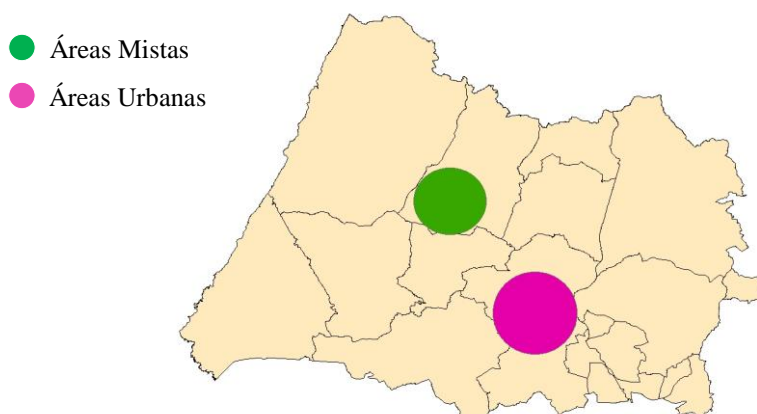


Figura 6. Áreas em que foi otimizada a recolha lateral de resíduos por aplicação do *FleetRoute*TM

2.6 Metodologia

Na realização deste trabalho foi utilizado o programa *ArcGIS*TM *Desktop*, com visualização em *ArcView*[®] versão 9.2, propriedade da ESRI, correndo dentro deste programa a aplicação *FleetRoute*TM versão 5.0.3, propriedade da CIVIX L.L.C..

Para alcançar o objectivo deste trabalho foi necessário proceder às seguintes etapas:

2.6.1 Etapa 1

- a) Compreender a filosofia de funcionamento da aplicação *FleetRoute*TM.
- b) Análise dos dados de caracterização do sistema de recolha, nomeadamente:
 - os eixos de via (características das ruas e sinalética);
 - a localização da Central de Tratamento de Resíduos;
 - a localização dos pontos de recolha;
 - a capacidade dos pontos de recolha e as quantidades médias recolhidas;
 - a capacidade dos veículos de recolha e o número de veículos utilizados;
 - os tempos de recolha;
 - a frequência de recolha e os turnos de trabalho;
 - e os circuitos de recolha que estão a ser actualmente aplicados.

2.6.2 Etapa 2

- a) Edição das coordenadas dos pontos de recolha lateral.
- b) Colocação de novos pontos de recolha sobre eixos de via (nas áreas em que está projectada a mudança para recolha lateral).
- c) Caracterização dos novos pontos de recolha lateral no que se refere a:
 - capacidade dos pontos de recolha e as quantidades médias recolhidas;
 - capacidade dos veículos de recolha e o número de veículos disponíveis;
 - tempos de recolha;
 - frequência de recolha.

2.6.3 Etapa 3

- a) Correr a aplicação *FleetRouteTM* que optimizou os circuitos, tendo em consideração as características introduzidas na etapa 2. e as seguintes variáveis já introduzidas:
 - tempo de recolha;
 - distância total percorrida;
 - número de veículos envolvidos;
 - quantidade de resíduos recolhida;
 - quantidade de combustível gasto;
 - custo do processo de recolha.

3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Um ponto de recolha é definido como sendo uma localização geográfica de contentores de resíduos. Cada ponto de recolha pode ter mais do que um contentor associado. São características inerentes a um ponto de recolha: o número de contentores, o modelo de cada contentor, a valência de deposição e a frequência de recolha.

Um circuito é definido como sendo um percurso que se inicia e termina nas instalações da HPEM, dentro do período de tempo de um turno de trabalho (7 horas). Quando um veículo de recolha, durante um circuito, perfaz a sua capacidade máxima, é efectuado um percurso até à Tratolixo, para descarga dos resíduos, após a qual o veículo retorna ao último ponto de recolha, continuando assim a prosseguir o circuito, pela ordem de pontos estabelecida. Estes percursos de descarga na Tratolixo e retorno ao último ponto recolhido são denominados “voltas”. Assim, um circuito pode ter uma ou mais voltas associadas.

Dentro do período de tempo de um turno de trabalho existem quantidades de tempo improdutivo, sendo o tempo útil para efectuar um circuito de recolha inferior a 7 horas. Contam-se como tempos improdutivos: a pausa para descanso (30 minutos), a deslocação do ponto de partida até ao primeiro ponto de recolha, o tempo de descarga na Tratolixo e o regresso à HPEM com abastecimento de combustível.

A nomenclatura utilizada na HPEM também associa um circuito a determinadas áreas geográficas. Dentro dessas áreas existirão múltiplos pontos de recolha, porém nem todos os pontos serão recolhidos sempre que o circuito é efectuado. Determinados conjuntos de pontos serão recolhidos em diferentes dias da semana, podendo a frequência de recolha de cada ponto variar. Assim, quando um circuito é executado, nem sempre se efectua a recolha de resíduos em todos os pontos de recolha. A periodicidade de recolha para cada ponto pode ser diferente, consoante a taxa de enchimento dos contentores de resíduos.

3.1 Recolha Traseira

A Tapada das Mercês é uma zona urbana muito densa, onde a recolha de resíduos indiferenciados se faz actualmente com contentores de recolha traseira de 800, 1000 e 1100 litros, formando frequentemente conjuntos de cinco e seis contentores para resíduos indiferenciados (chegando a ocupar uma área aproximada de 9 m²), acrescentando-se os ecopontos de 2500 litros de recolha selectiva (ocupando cada conjunto de três contentores uma área aproximada de 5 m²), nem sempre com a mesma localização dos indiferenciados.

As localidades de Terrugem, Alpolentim, Vila Verde e Bairro Novo são áreas mistas, sem ruralidade acentuada, mas com fraca densidade populacional, edificação horizontal e predominância de actividades agrícolas ou mistas. Nestas zonas, a recolha de resíduos faz-se com contentores de recolha traseira análogos aos utilizados na zona da Tapada das Mercês, sendo porém necessário menor número de contentores por ponto de deposição.

3.1.1 Pontos de Recolha

Estão implementados 55 pontos de recolha traseira para resíduos indiferenciados na zona da Tapada das Mercês (Figura 7).

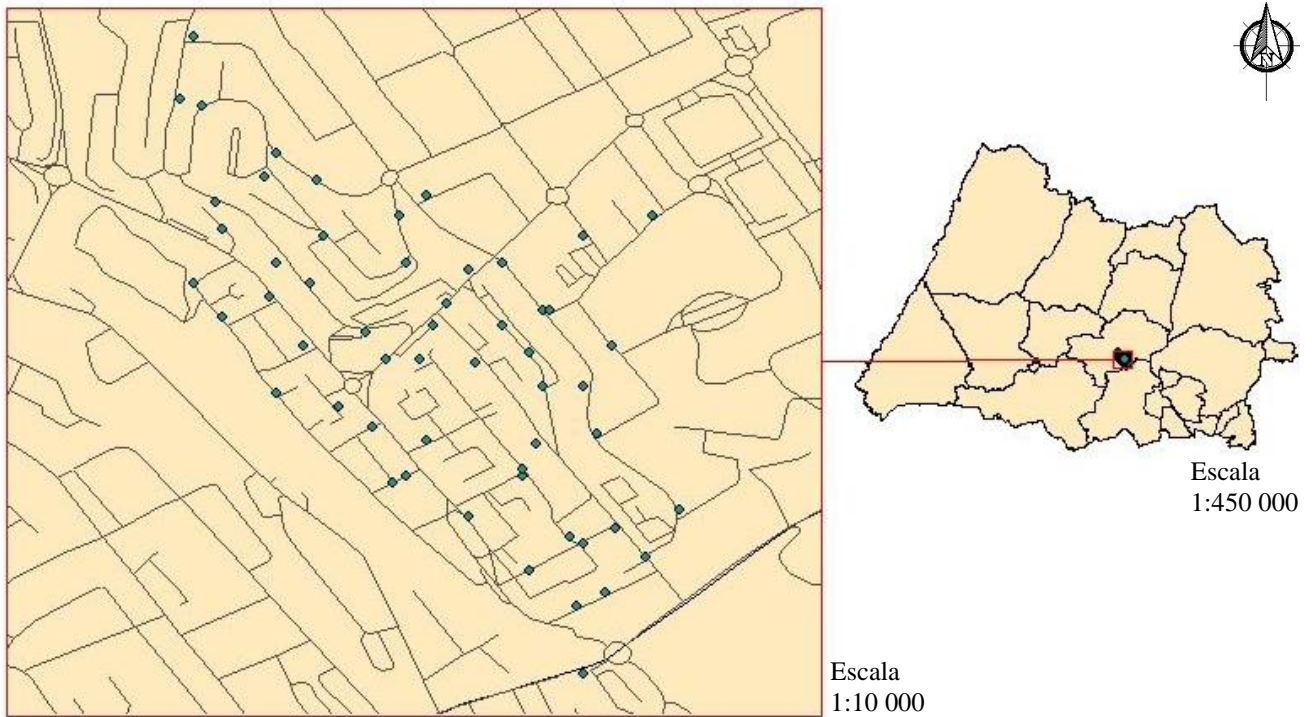


Figura 7. Pontos de recolha traseira existentes na Tapada das Mercês

Nas zonas mistas, estão implementados 58 pontos de recolha traseira para resíduos indiferenciados (7 em Alpolentim, 10 no Bairro Novo, 15 na Terrugem e 26 em Vila Verde), como se pode observar na Figura 8.

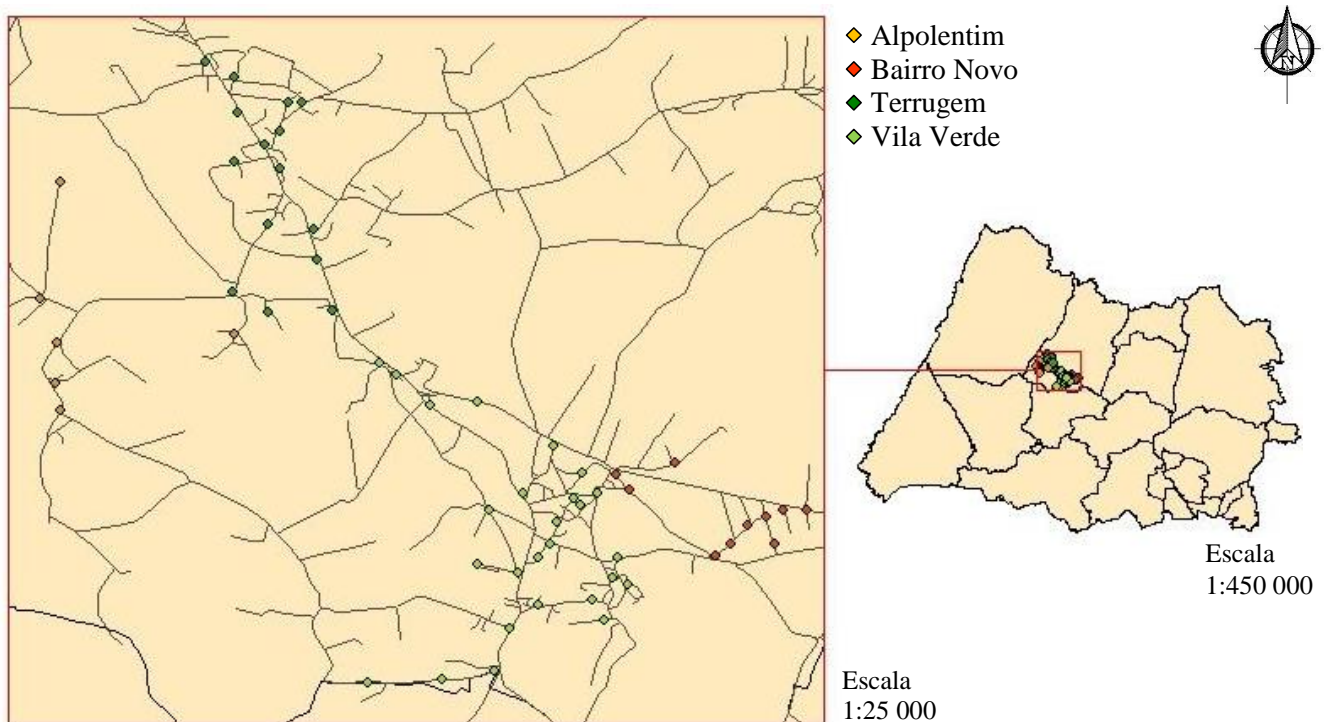


Figura 8. Pontos de recolha traseira existentes nas zonas mistas

3.1.2 Circuitos Existentes

Os pontos de deposição de resíduos indiferenciados, na zona da Tapada das Mercês, estão inseridos em apenas um circuito de recolha traseira (Figura 9).

Os pontos de deposição de resíduos indiferenciados, nas zonas mistas, estão inseridos em 2 circuitos diferentes de recolha traseira (Figura 10). No Quadro 3, apresenta-se a capacidade instalada, para resíduos indiferenciados, nestes circuitos.

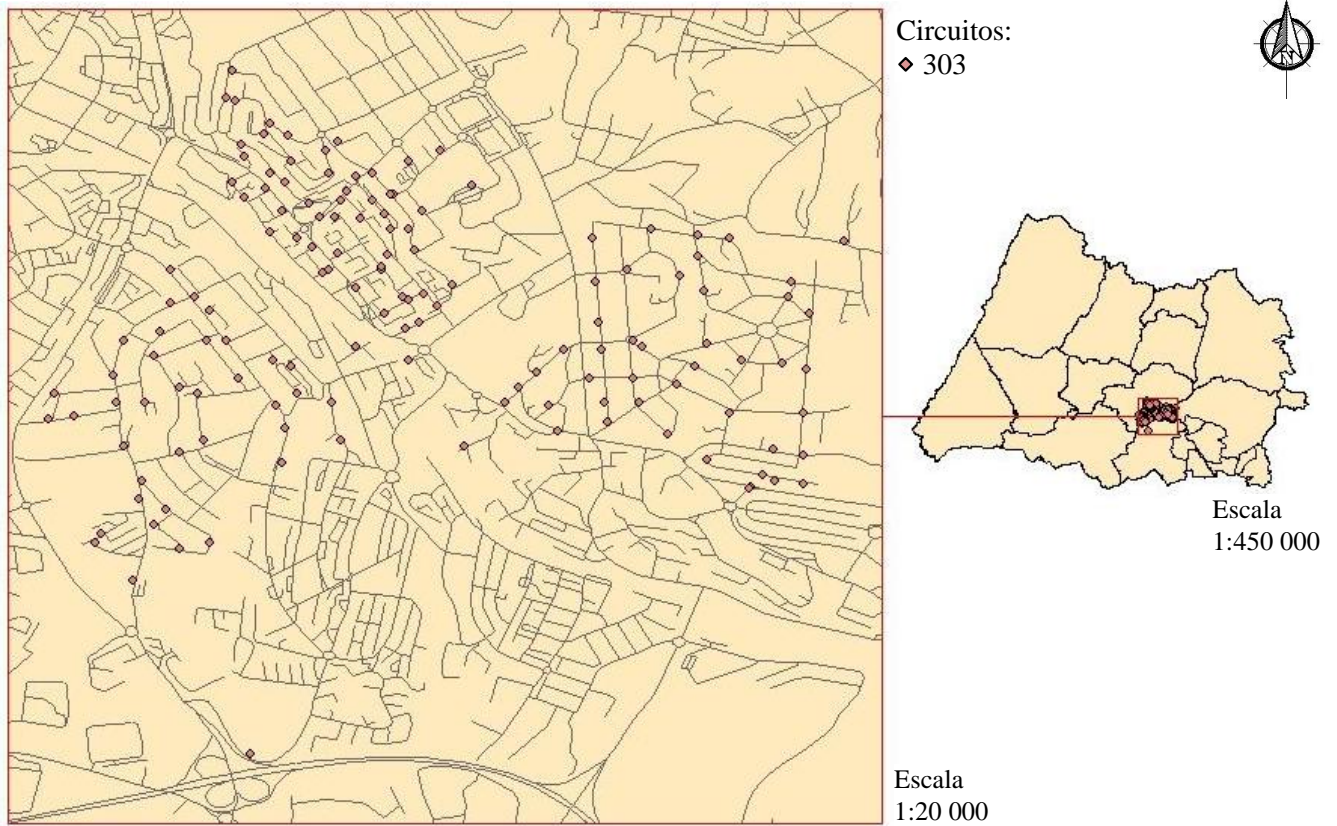


Figura 9. Circuito de recolha traseira de resíduos indiferenciados que serve a zona da Tapada das Mercês

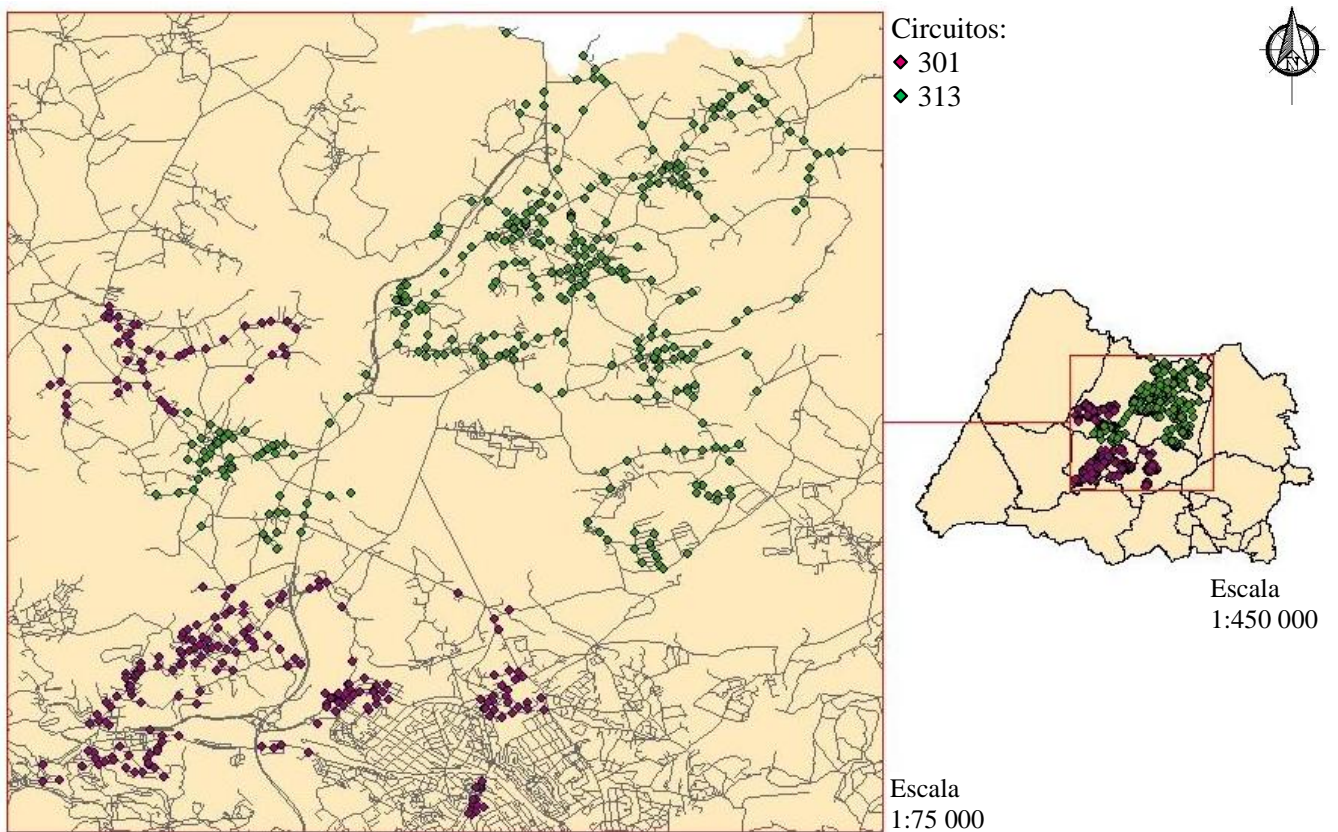


Figura 10. Circuitos de recolha traseira de resíduos indiferenciados que servem as zonas mistas

Quadro 3. Número de contentores e capacidade instalada nos circuitos de recolha traseira existentes

Circuito	Nº Contentores Totais	Capacidade Total (L)		Nº Contentores na Zona de Estudo	Capacidade na Zona de Estudo (L)
303	338	336 900	Tapada das Mercês	202	206 200
301	439	407 760	Zonas	37	36 400
313	532	499 180	Mistas	50	51 400

Diariamente, em cada um destes circuitos, está envolvido 1 veículo de recolha traseira, geralmente de 20m³ para os circuitos 303 e 313, e de 15m³ para o circuito 301. Nos circuitos 303, 301 e 313 são percorridos, em média, respectivamente, 80, 100 e 120 quilómetros.

Nas zonas mistas, a maioria dos contentores é recolhida 3 vezes por semana, mas alguns chegam a ser recolhidos 6 vezes por semana. Na zona da Tapada das Mercês, a recolha é, na sua maioria, efectuada 7 vezes por semana.

3.2 Recolha Lateral

O primeiro passo na alteração do processo de recolha traseira para a recolha lateral foi dado previamente ao início do presente trabalho. Este passo consiste na definição do número de contentores de recolha lateral necessários e a sua melhor localização, com base em informação referente ao número de fogos e estabelecimentos comerciais, às acessibilidades, à distribuição de contentores existente, à capacidade dos contentores e ao espaço ocupado pelos mesmos.

Os contentores de recolha lateral podem ser de 1100, 2400 ou de 3200 litros, e têm que ficar alinhados com as vias de circulação das viaturas. Os conjuntos de quatro contentores (um contentor para resíduos indiferenciados e três contentores para recolhas selectivas) ocupam uma frente entre 7 a 9 metros, e os conjuntos de cinco contentores (dois contentores para resíduos indiferenciados e três para recolhas selectivas) uma frente entre 9 a 11 metros.

3.2.1 Circuitos Existentes

Actualmente, existe apenas um circuito de recolha lateral a ser efectuada, que inclui 122 pontos de recolha de resíduos indiferenciados. Este circuito abrange parte da freguesia de Algueirão-Mem Martins e parte da freguesia de Rio de Mouro (Figura 11). No Quadro 4 apresentam-se o número de contentores e a capacidade instalada no circuito de recolha lateral de resíduos indiferenciados que já está implementado.

Quadro 4. Número de contentores e capacidade instalada no circuito de recolha lateral existente

Circuito	Nº Contentores	Capacidade Instalada (L)
320	146	467 200

Neste circuito de recolha de resíduos indiferenciados, está envolvido 1 veículo de recolha lateral de 25m³, sendo percorridos, em média, 100 quilómetros. Esta recolha é efectuada 7 vezes por semana.

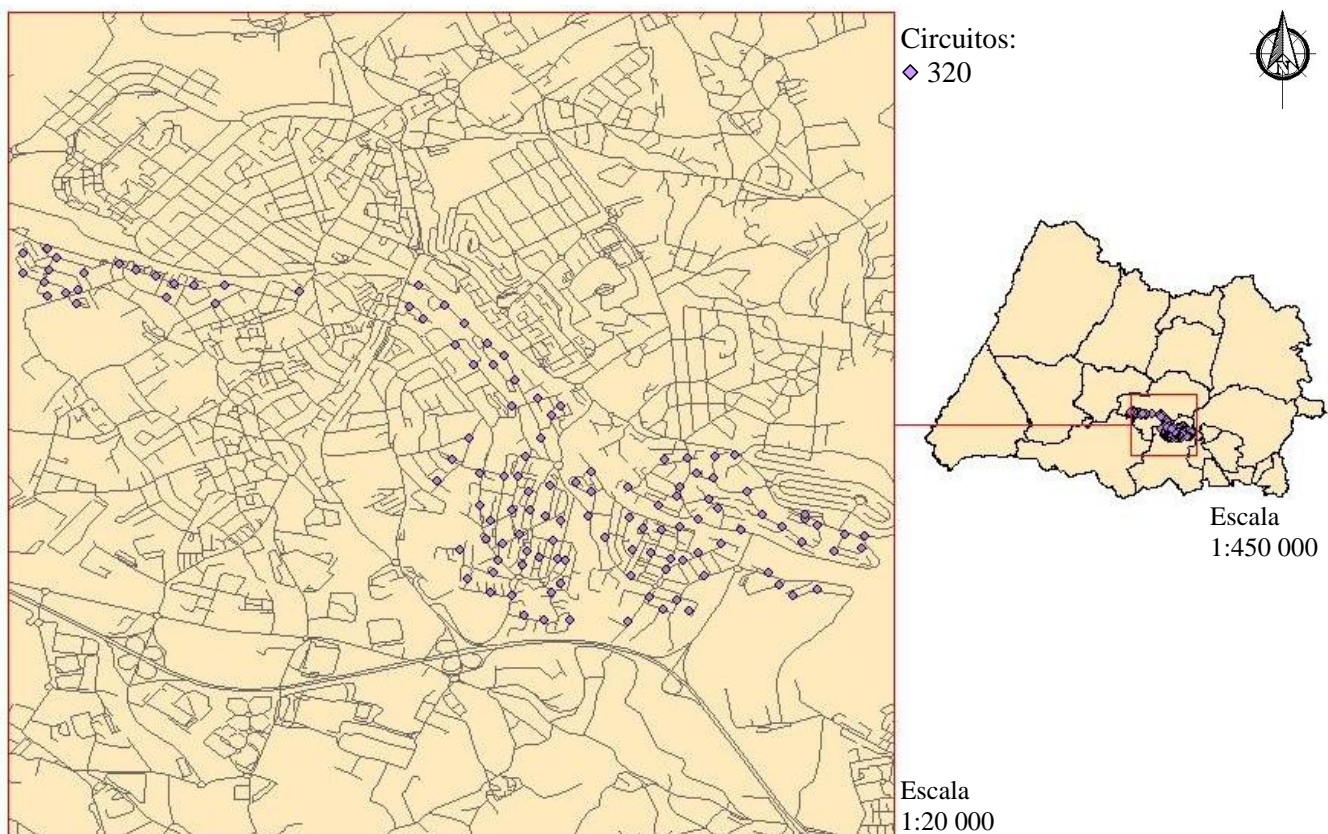


Figura 11. Circuito de recolha lateral de resíduos indiferenciados

3.2.2 Pontos de Recolha a Implementar

Para uma substituição eficaz dos contentores de recolha traseira, os estudos prévios indicam a necessidade de implementar 42 conjuntos de contentores de recolha lateral na área da Tapada das Mercês (Figura 12), e 39 destes conjuntos nas áreas mistas (3 em Alpolentim, 5 no Bairro Novo, 15 na Terrugem e 16 em Vila Verde), como se pode observar na Figura 13. No Quadro 5, apresentam-se o número de contentores e a capacidade a instalar nas zonas onde se passará a efectuar a recolha de tipo lateral de resíduos indiferenciados.

Quadro 5. Número de contentores de resíduos indiferenciados e capacidade a instalar

Locais	Nº Contentores	Capacidade (L)
Tapada das Mercês	51	163 200
Zonas Mistas	40	72 400

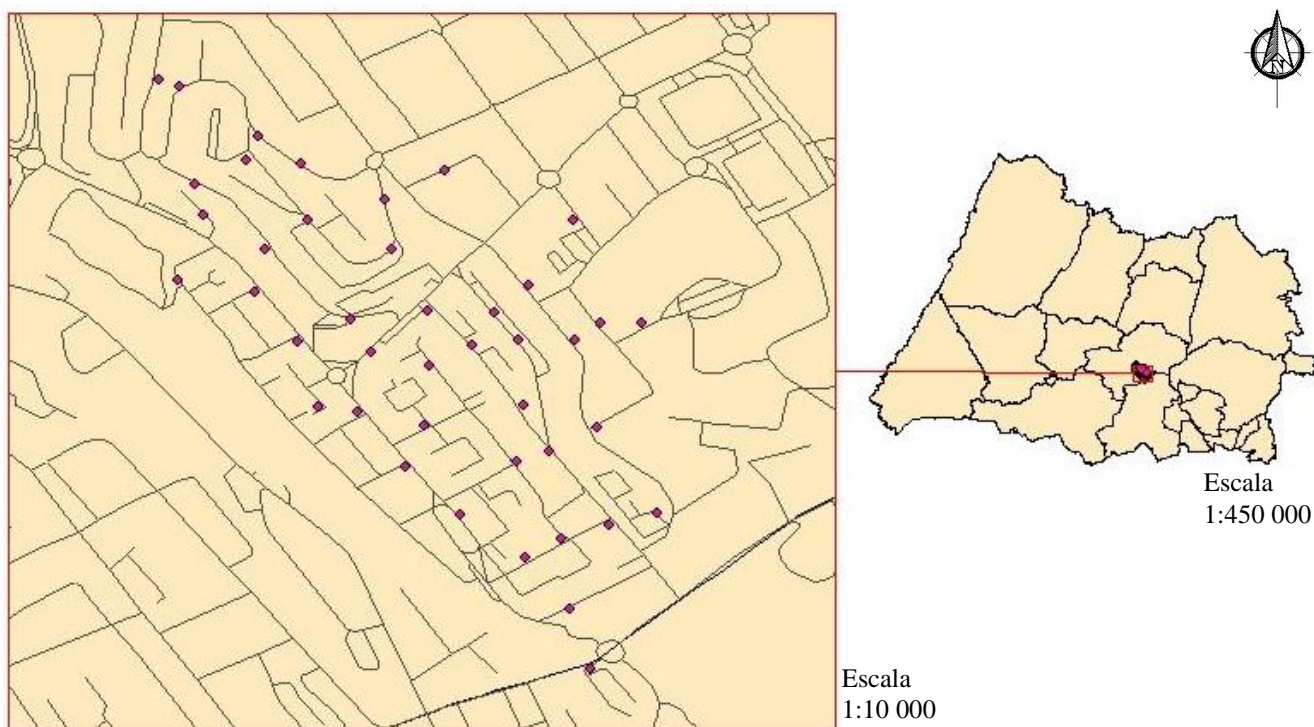


Figura 12. Pontos de recolha lateral a implementar na Tapada das Mercês

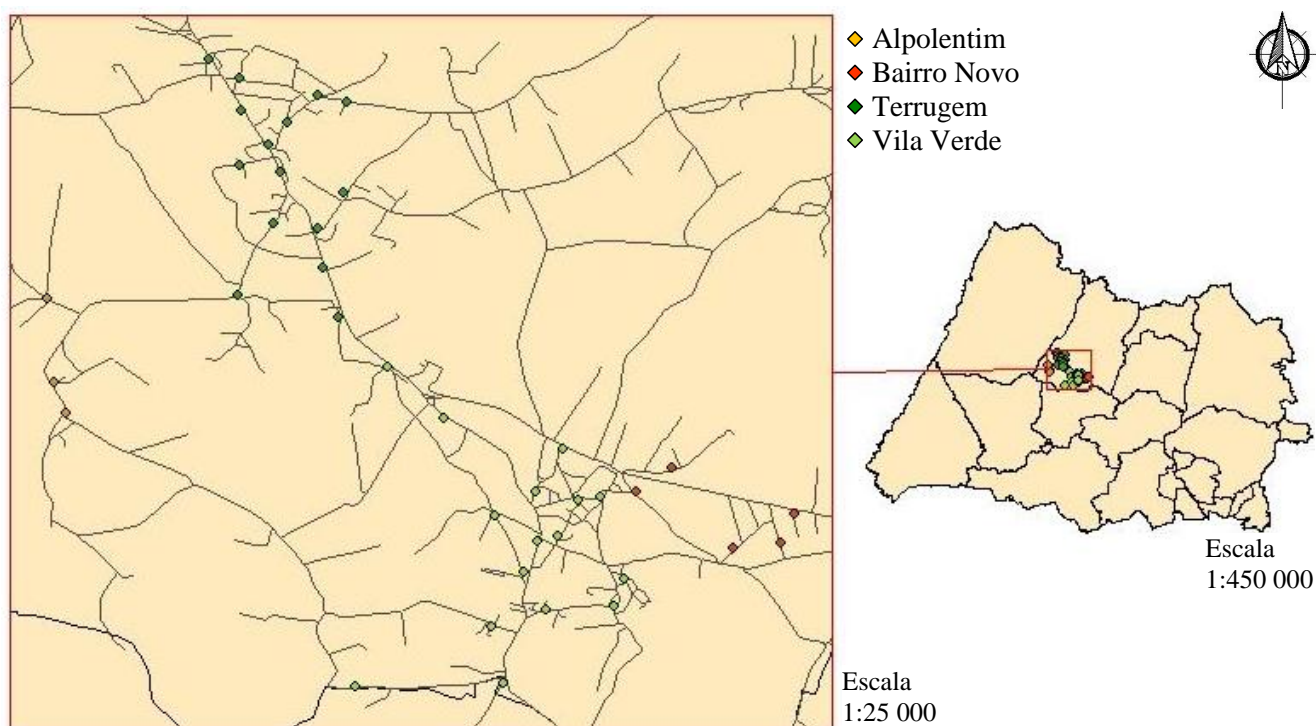


Figura 13. Pontos de recolha lateral a implementar nas zonas mistas

Os pontos de recolha apresentados nas Figuras 7 e 8 foram retirados dos circuitos de recolha traseira em que estavam inseridos (circuitos 303, 301 e 313) e substituídos pelos pontos de recolha lateral apresentados nas Figuras 12 e 13. A optimização de circuitos foi efectuada considerando o conjunto de pontos de recolha que inclui os constantes nas Figuras 12 e 13 e a totalidade dos pontos de recolha pertencentes ao circuito 320 (Figura 11). Na Figura 14 é observável o conjunto de pontos considerados na optimização de circuitos, que traduz a soma dos pontos de recolha lateral que já existem com os novos pontos de recolha lateral.

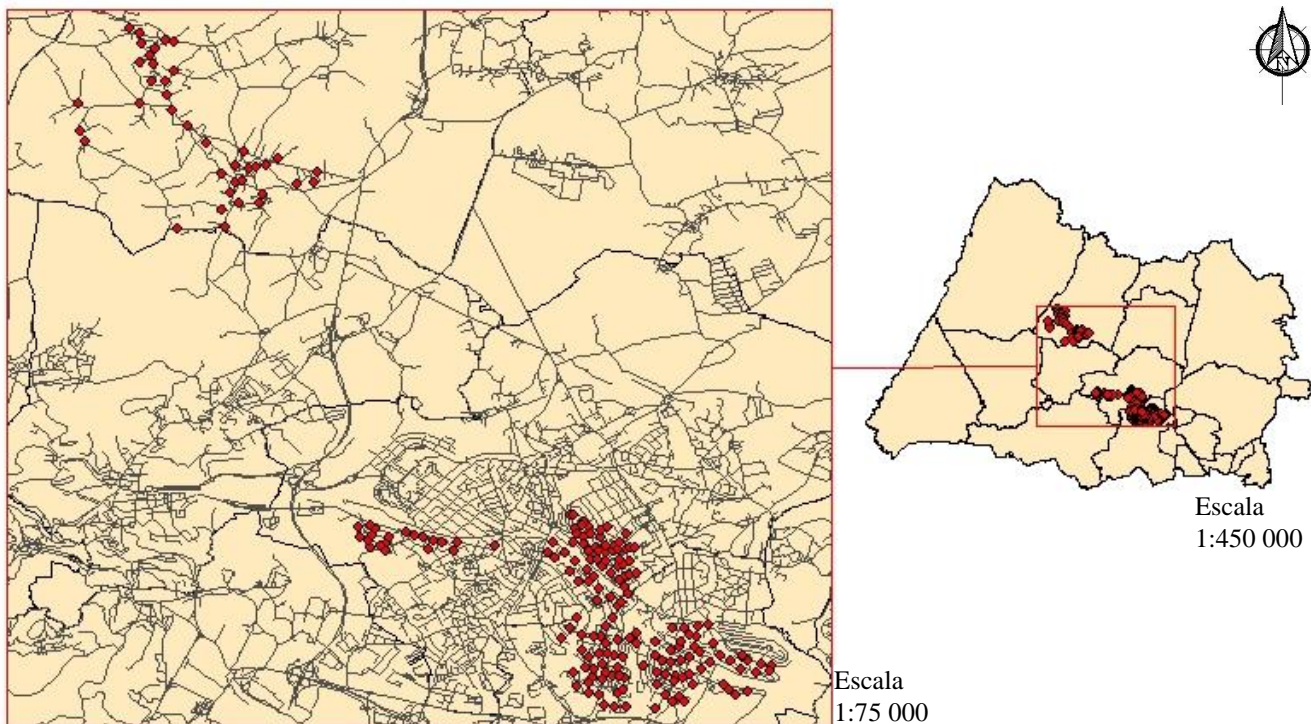


Figura 14. Conjunto de pontos considerados na optimização de circuitos

No Quadro 6 e na Figura 15, resumem-se os valores de comparação, em termos de número de contentores envolvidos e capacidade instalada, entre as recolhas traseira e lateral para a recolha de resíduos indiferenciados, nas zonas de estudo.

Quadro 6. Número de contentores de resíduos indiferenciados e capacidade instalada

		Recolha Traseira	Recolha Lateral
Tapada das Mercês	Nº contentores	202	51
	Capacidade Instalada (L)	206 200	163 200
Áreas Mistas	Nº contentores	87	40
	Capacidade Instalada (L)	87 800	72 400
Onde já existe Recolha Lateral	Nº contentores	-	146
	Capacidade Instalada (L)	-	467 200

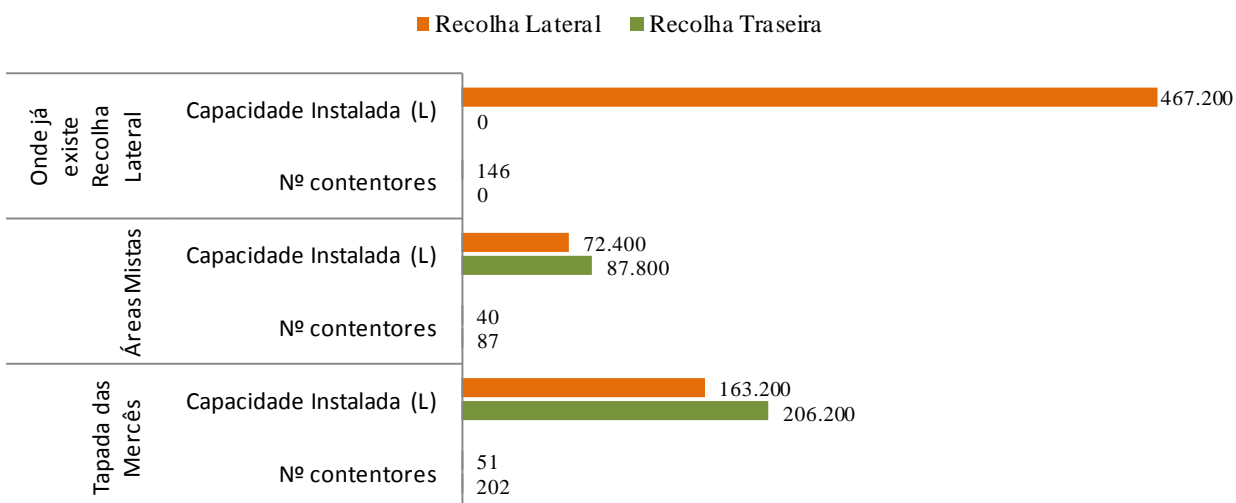


Figura 15. Número de contentores de resíduos indiferenciados e capacidade instalada

Considerou-se uma redução da capacidade global dos contentores para resíduos urbanos indiferenciados, visto que a experiência com o circuito 320 tem comprovado que as ilhas ecológicas levam a uma maior separação dos diferentes tipos de resíduos (maior recolha selectiva), reduzindo a quantidade depositada nos contentores de resíduos indiferenciados.

3.2.3 Optimização de Circuitos

De modo a que a aplicação *FleetRoute*TM estivesse apta a otimizar circuitos, foi necessário inserir, na tabela de atributos respectiva, informações e características relativas aos pontos de recolha, aos veículos utilizados, às instalações envolvidas no processo (HPEM e Tratolixo) e à rede viária existente. No Quadro 7, apresentam-se os parâmetros que foi necessário inserir na tabela de atributos de cada tema (*layer*).

Quadro 7. Parâmetros que foi necessário inserir para o funcionamento da aplicação *FleetRoute*TM

	Parâmetros
Pontos de Recolha	Identificação do ponto de recolha (conjunto de contentores numa dada localização) Quantidade total por ponto de recolha (quantidade por contentor × nº contentores) Tempo de serviço (recolha) por ponto
Veículos	Hora de início do circuito (saída do portão das instalações da HPEM) Duração mínima e duração máxima desejadas para o circuito Tempo de pausa total (refeição, descanso, café, ...) Capacidade máxima do veículo (toneladas de resíduos) Tamanho do veículo (limitações relacionadas com o acesso a ruas estreitas)
Instalações	Identificação e classificação da instalação (<i>depot</i> : HPEM; <i>landfill</i> : Tratolixo; ...) Tempo no início do dia de trabalho (hora a que pica o ponto até hora de saída do portão: preenchimento das fichas, espera pelos cantoneiros, ...) Tempo do fim do dia de trabalho (abastecimentos, preenchimento da ficha, ...) Tempo que demora na Tratolixo
Rede viária	Identificação da rua (cartografia) Classificação da rua de acordo com a hierarquia (dimensão e tráfego) Velocidade média por tipo de zona e por tipo de viatura
<i>Turn Restrictions</i>	Definição de sentidos obrigatórios, sentidos proibidos, ...

A introdução dos dados foi seguida da edição do perfil do projecto, onde foram definidas as unidades utilizadas e muitas outras características referentes ao projecto, aos dados, à realização de circuitos e à visualização de resultados, mapas e relatórios. Procedeu-se então à validação dos dados e da geometria das ruas, para excluir a hipótese da existência de erros. Embora os dados não tenham sido criados na versão anterior do programa, foi necessário recorrer à função *migrate to current version*, para que os dados fossem reconhecidos por esta versão do *software*.

Muito comuns são erros na conexão da rede viária devido a incongruências e impedimentos criados pelas restrições de viragem (*Turn Restrictions*). Neste projecto, a validação da geometria das ruas identificou a existência de ilhas (ruas sem ligação – não podem ser acedidas), que usualmente resultam de nós que deveriam estar em conexão, mas como não estão sobrepostos não estabelecem uma intersecção; e a existência de penínsulas (ruas sem ligação numa das intersecções – podem ser acedidas, mas não se consegue sair de lá), que normalmente são ruas de sentido único mal codificadas ou cujas ruas de ligação não estão incluídas na rede viária. Estes erros foram tratados através da modificação das restrições de viragem e da conectividade das ruas. As modificações efectuadas sobre a rede viária incluem a criação de ruas de ligação e a modificação de nós, de modo a que fiquem sobrepostos.

Seguidamente, foi accionada a opção *spatial stops to street assignment*, a qual associa automaticamente os pontos de recolha a um dos lados da rua onde se situam (lado esquerdo ou lado direito). Depois, foi activada a acção *load service into streets*, onde os pontos de recolha e suas características são ‘carregados’ no tema da rede viária. Por fim, foi definida a rede por defeito (*default network*), na qual se baseou a criação automática de circuitos.

3.2.4 Circuitos Optimizados

Após a inserção, tratamento e preparação dos dados necessários, foi accionada a opção de criação automática de circuitos oferecida pelo *FleetRouteTM*. No Quadro 8 apresentam-se as estatísticas dos circuitos resultantes da execução da opção de criação automática de circuitos oferecida pelo *FleetRouteTM*.

Quadro 8. Estatísticas dos circuitos optimizados

Circuito	Pontos	Contentores	Quantidade (t)	Distância (km)	Viagens à TratoLixo	Tempo (h)
320-A	205	243	50,64	149,30	4	08:53
320-B	101	115	22,26	83,55	2	04:55
320-C	104	128	28,38	80,95	2	05:07

Por análise das estatísticas do circuito 320-A, observa-se que não foi possível incluir todos os pontos de recolha num mesmo circuito, pois é ultrapassado o tempo de 1 turno (7 horas). A recolha terá de ser efectuada em 2 circuitos diários, assim foram criados os circuitos 320-B e 320-C. A Figura 16 sintetiza graficamente as estatísticas destes circuitos.

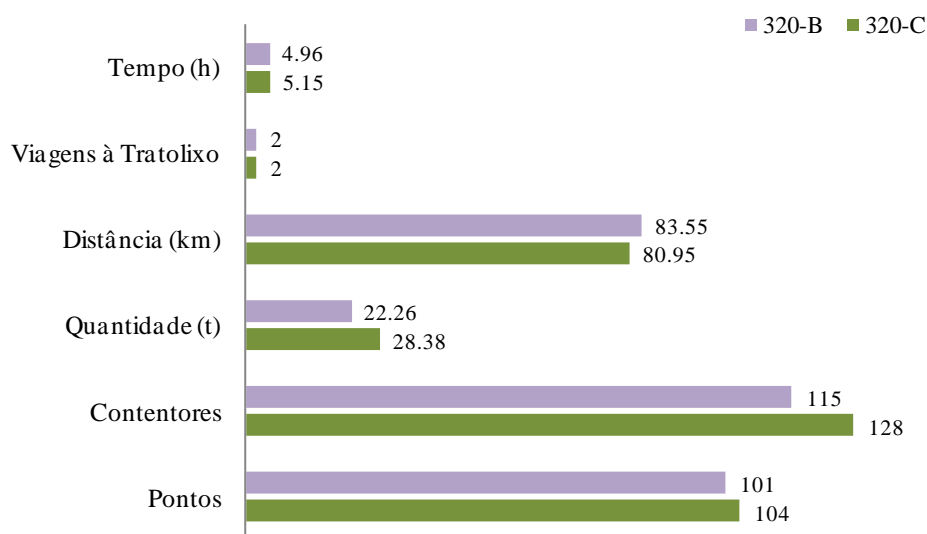


Figura 16. Estatísticas dos circuitos 320-B e 320-C

Os mapas dos percursos calculados pelo programa, para os circuitos 320-B e 320-C, podem ser observados nas Figuras 17 e 18. As Figuras 19 a 22 exemplificam os mapas correspondentes aos percursos de recolha pormenorizados, sendo as séries completas apresentadas no Anexo 1, para o circuito 320-B, e no Anexo 3, para o circuito 320-C. Os relatórios das sequências de recolha estão presentes no Anexo 2 e no Anexo 4, respectivamente.

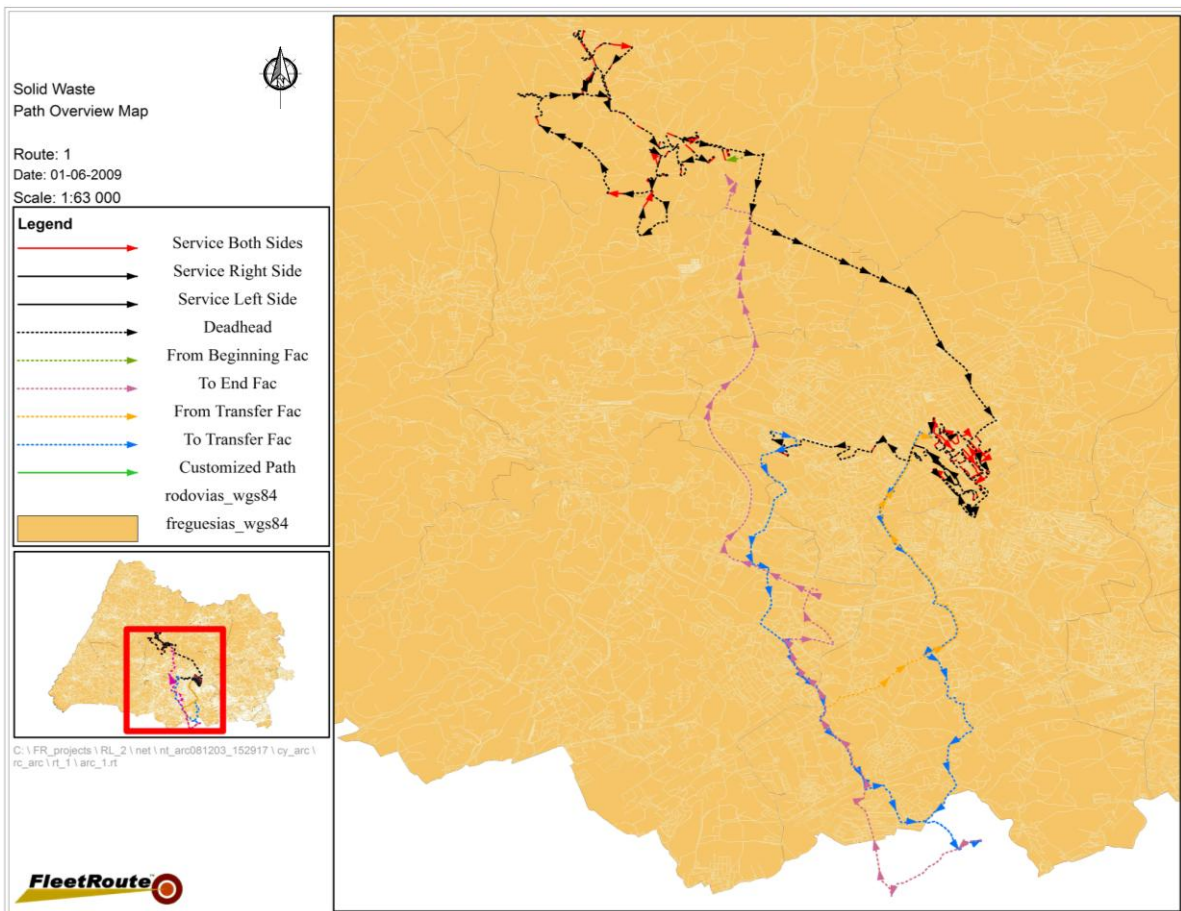


Figura 17. Percurso efectuado no circuito 320-B

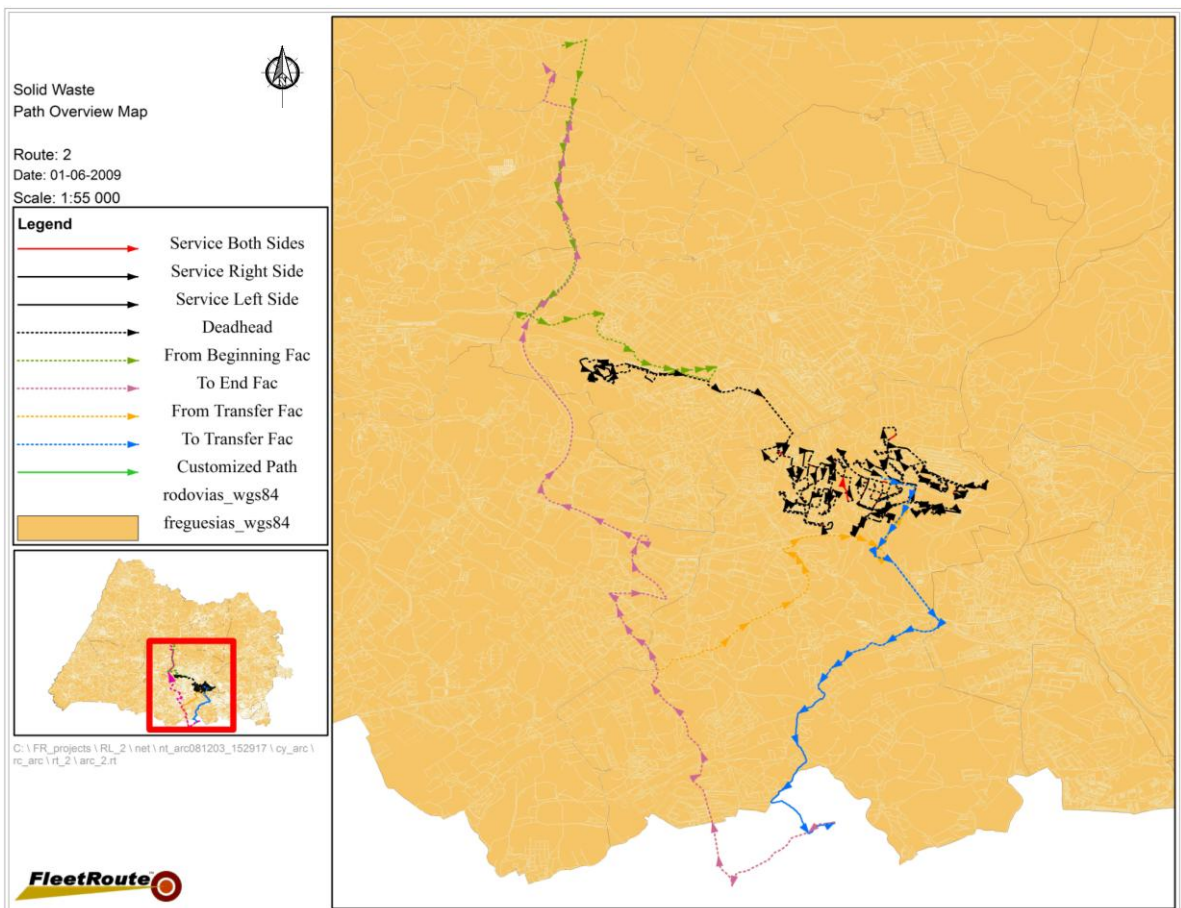


Figura 18. Percurso efectuado no circuito 320-C

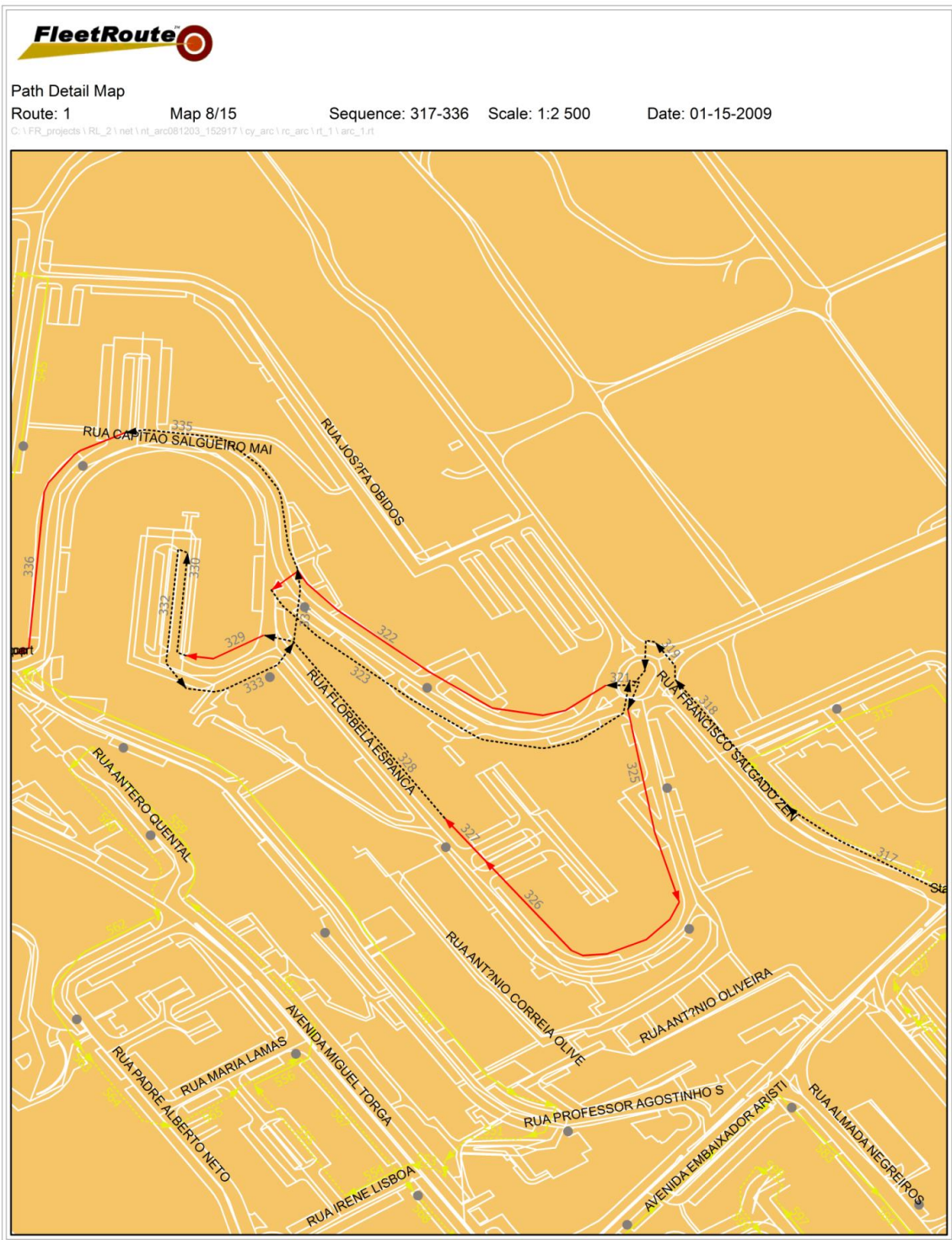


Figura 19. Percurso de recolha a efectuar para o circuito 320-B, com serviço de recolha de ambos os lados da rua

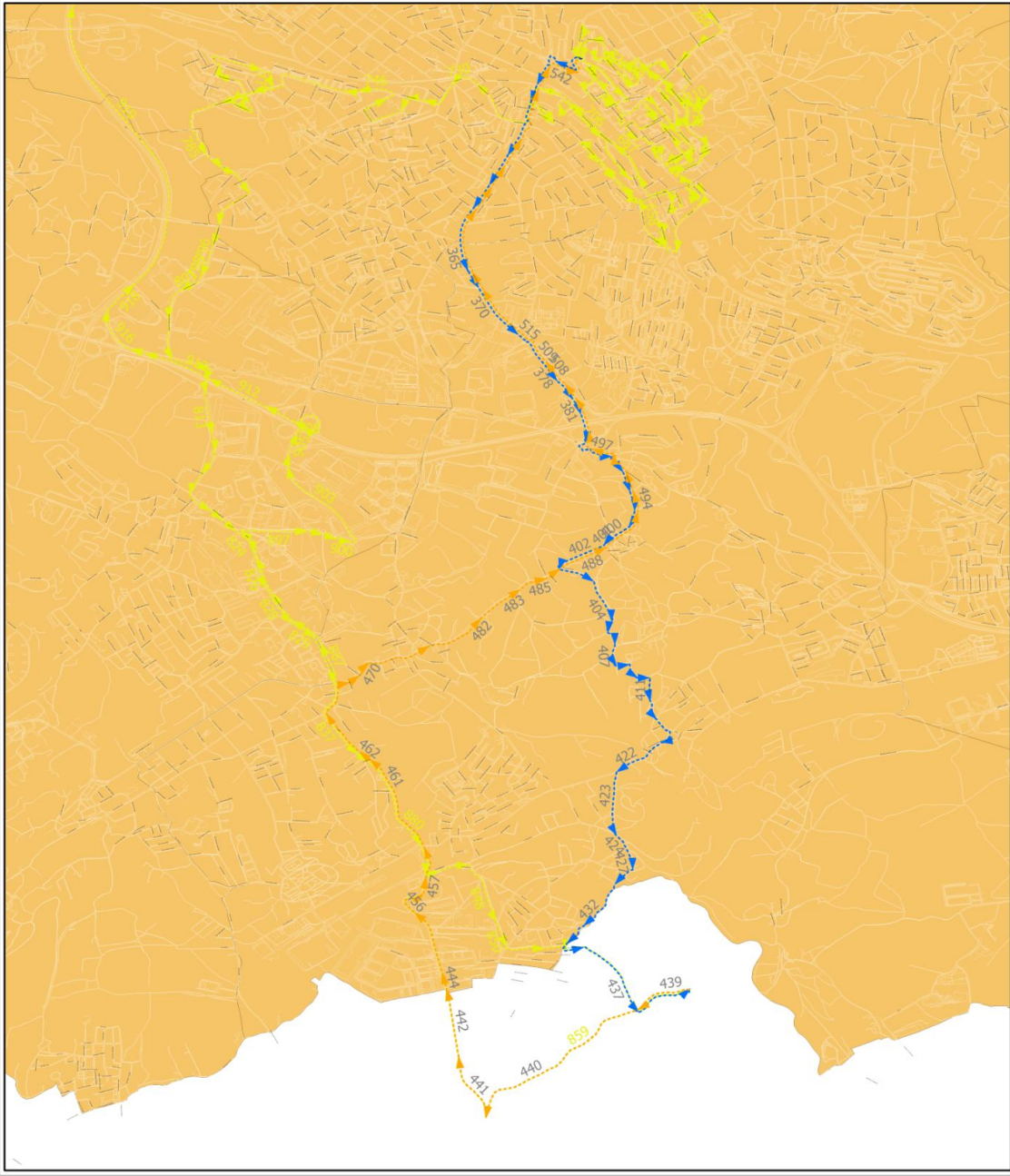


Figura 20. Percurso de descarga à Tratolixo e retorno ao ponto de recolha seguinte, para o circuito 320-B

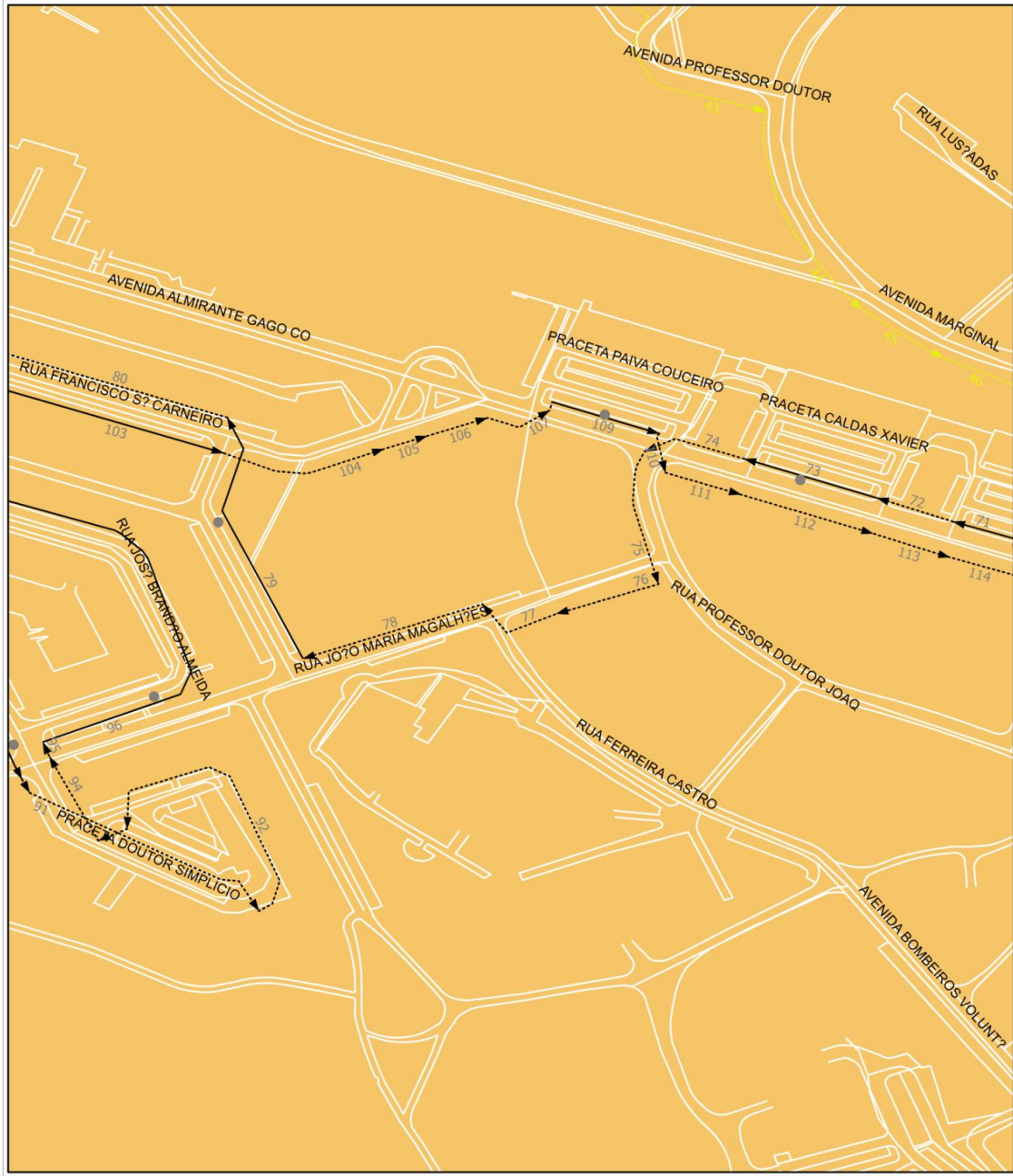


Figura 22. Continuação do percurso de recolha a efectuar no circuito 320-C, com serviço de recolha apenas do lado esquerdo ou apenas do lado direito da rua

Ao utilizar-se a tecnologia SIG foi possível representar as soluções obtidas sobre o mapa digitalizado do Município de Sintra. Deste modo, foi possível visualizar os circuitos num ambiente próximo do real. Após a introdução das características da recolha lateral no *FleetRoute*TM estar completa, foram calculados novos cenários de modo a criar circuitos mais eficientes. A eficiência foi baseada, nomeadamente, em número de quilómetros percorridos, horas de trabalho e quantidade de resíduos por veículo.

O *FleetRoute*TM permitiu que os vários atributos da rede viária, dos contentores, dos veículos e das instalações fossem modelados individualmente, na produção de circuitos de recolha otimizados. Permitiu também equilibrar a quantidade de trabalho entre equipas, equilibrando o tempo total de cada circuito com uma diferença de 12 minutos entre si, a distância percorrida com uma diferença de 2,6 km e a quantidade recolhida por circuito com uma diferença de 6,1 toneladas. Os resultados da optimização foram analisados através da projecção individual, sobre a rede, dos circuitos obtidos, e ainda através de gráficos que sintetizam a informação relativa ao comprimento, carga e duração dos circuitos. Esta aplicação informática produziu ainda estatísticas dos circuitos, relatórios de sequência de recolha e mapas em várias escalas, o que irá facilitar a validação e posterior utilização no terreno, por parte dos motoristas.

A utilização do *FleetRoute*TM permitiu definir o tempo necessário para a recolha lateral dos pontos em estudo, sendo visível que não foi possível incluir todos os pontos de recolha num mesmo circuito, devido a serem ultrapassadas as 7 horas de turno. A utilização mais eficiente de recursos passa por aproveitar todo o tempo disponível num turno de recolha. Porém, os circuitos 320-B e 320-C criados são efectuados em apenas aproximadamente 5 horas, deixando 2 horas não aproveitadas, o que corresponde a quase 30% de tempo não aproveitado por circuito. A optimização das 7 horas disponíveis pode ser alcançada pela inclusão de mais pontos de recolha lateral no sistema de recolha de resíduos indiferenciados existente, alargando a mudança para o sistema de recolha lateral a outras zonas do Município.

No entanto, a versão do programa que foi utilizada apresenta algumas lacunas que desvalorizam bastante a sua utilização, visto não serem gerados alguns relatórios relevantes, como seja o relatório de direcções de percurso (um exemplo pode ser visualizado no Anexo 5). Outra importante inexactidão ocorrida foi o programa ter, por vezes, considerado a capacidade máxima da viatura de recolha lateral superior às estipuladas 15 toneladas, como pode ser observado no Quadro 9. Todas estas situações foram reportadas à empresa de consultoria responsável. Porém, até à data de conclusão desta tese, não foi possível obter resposta e correcção para as irregularidades observadas.

Quadro 9. Excerto do relatório da sequência de recolha para o circuito 320-C

	Subtotais:
Viagem para a Tratolixo	89 unidades
	19,56 toneladas

Após a obtenção dos circuitos produzidos pelo *FleetRoute*TM (ponto a que foi possível chegar neste trabalho) seria necessário proceder à validação destes mesmos circuitos. Esta validação consiste na realização no terreno das sequências de recolha produzidas, o que não será possível antes do ano de 2010, por previsão de calendarização da HPEM na colocação dos novos contentores de recolha lateral para resíduos indiferenciados. Os testes no terreno conduziram à definição de eventuais impedimentos e dificuldades, como sejam ruas demasiado estreitas ou inclinadas para os veículos circularem, entre outros. No caso de serem observados obstáculos à efectuação do circuito como está definido, teriam de ser impostas restrições e exploradas soluções, de forma a serem criados cenários viáveis. É possível que após a validação no terreno os circuitos tivessem de voltar a ser modelados pelo *software*.

3.3 Características e Recursos Envolvidos nos dois Sistemas de Recolha

No Quadro 10, apresenta-se a comparação de características e recursos envolvidos nos dois tipos de recolha.

Quadro 10. Características e recursos envolvidos nas recolhas traseira e lateral de resíduos indiferenciados

	Recolha Traseira		Recolha Lateral
Tipo de Viatura (m ³)	15	20	25
Taxa de Compactação	-	-	1:4
Capacidade da Viatura (t) ¹	-	-	15,0
Consumo de Combustível (L/km) ²	0,51	0,61	0,76
Custo por Viatura, inclui IVA a 19% (€) ³	-	166 800	228 000
Custo por Contentor, inclui IVA a 19% (€) ³	168,98		952,00
Tempo Médio de Recolha (minutos) ⁴	1,5		1
Recursos Humanos (nº pessoas por turno)	3		1
Custo do gasóleo (€/L) ⁵		0,974	
Custo do biodiesel (€/L) ⁵		0,874	

¹ usando $P_{esp. RSU} = 150 \text{ kg/m}^3$

² inclui o percurso efectuado e o funcionamento do sistema hidráulico

³ preço vigente em Março de 2005, não inclui manutenção

⁴ de 1 contentor

⁵ preço vigente a 10 de Dezembro de 2008, sendo este preço revisto quinzenalmente

A velocidade média de circulação dos veículos é equivalente, existindo ou não a presença de cantoneiros. Dentro das localidades, a presença dos cantoneiros nos estribos traseiros não afecta consideravelmente a velocidade média de circulação dos veículos (entre 50 a 70 km/h). Em vias rápidas os cantoneiros viajam dentro da cabine do veículo, sendo nestas vias atingida uma velocidade de circulação de 90 km/h.

Na mudança do método de recolha traseira para o método de recolha lateral, verificam-se melhorias no sistema de recolha. O tempo médio de recolha de 1 contentor estima-se em 1,5 minutos para a recolha traseira e 1 minuto na recolha lateral (de notar que no caso de terem de ser recolhidos 2 contentores no mesmo local o tempo médio de recolha não duplica, isto é, o aumento do tempo médio de recolha não é linear). Nos locais de implementação da recolha lateral é necessária a presença de menos contentores, pois cada um destes tem maior capacidade que os de recolha traseira. Estes factores conduzem à diminuição do tempo total médio de recolha em 33%, quando é empregue a recolha lateral.

O custo total de recolha de uma tonelada de resíduos indiferenciados não é aqui apresentado, uma vez que não foi possível calcular ou estimar todos os parâmetros envolvidos no sistema de recolha. Não foi possível atribuir um valor a variáveis como sejam: manutenção de viaturas (há contratos que incluem manutenção, outros não), substituição de pneus, manutenção de contentores, processo de lavagem de contentores, entre outros. No entanto, segundo informação fornecida pela HPEM, os maiores custos de operação são os custos com recursos humanos.

A estimativa do custo de investimento na implementação do sistema de recolha lateral é superior à implementação do sistema de recolha traseira, em termos do custo de contentores (os contentores de recolha lateral custam mais 82% que os de recolha traseira) e viaturas (as viaturas de recolha lateral custam mais 26% que as de recolha traseira). No entanto, o facto de na recolha traseira ser necessário empregar 3 pessoas (1 motorista e 2 cantoneiros) e na recolha lateral ser necessário apenas 1 motorista, conduz a uma compensação monetária do investimento durante a exploração. Atenta-se que o objectivo primordial da HPEM, sendo uma empresa pública, não é ter lucros, é prestar um serviço de qualidade aos municípios, escolhendo opções adaptadas às necessidades destes, com o menor custo possível.

As viaturas de recolha de resíduos são abastecidas com uma mistura de combustíveis. Esta mistura é constituída por 95% de gasóleo e 5% de biodiesel (produzido a partir de óleos alimentares usados). Na Figura 23, é possível visualizar a quantificação do consumo de combustível e do custo associado a este consumo, para cada tipo de viatura.

Os veículos de recolha lateral têm um consumo de combustível mais elevado que os veículos de recolha traseira (de 20% a 33% superior), levando a um maior gasto monetário com este combustível (de 0,15 a 0,24 €/km).

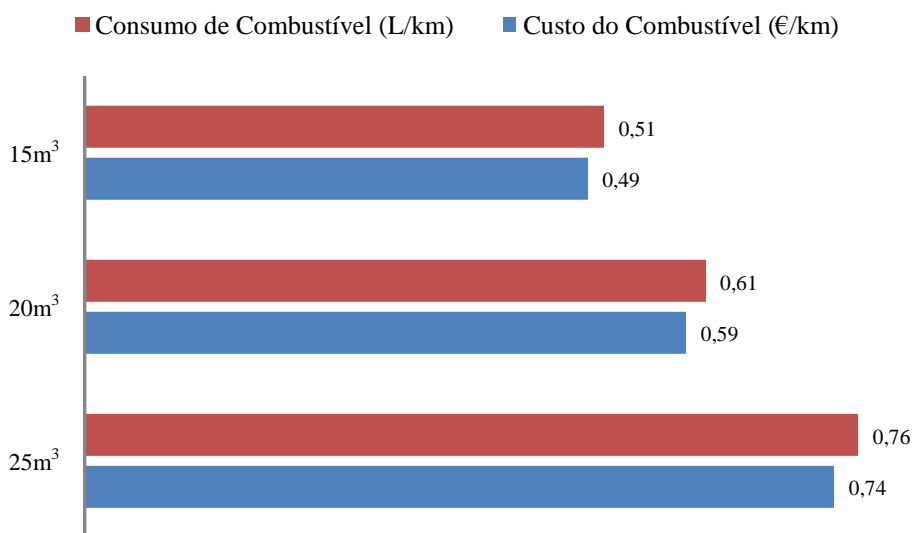


Figura 23. Consumo e custo de combustível para cada tipo de viatura

No Quadro 11, pode-se verificar a quantidade aproximada de combustível gasto em cada circuito e o custo monetário associado.

Quadro 11. Combustível gasto em cada circuito e custo monetário correspondente

Sistema de Recolha	Circuito	Distância Percorrida (km)	Combustível gasto (L)	Custo (€)
Traseira	301	100,00	51,00	49,42
Traseira	313	120,00	73,20	70,93
Traseira	303	80,00	48,80	47,29
Lateral	320	100,00	76,00	73,64
Lateral	320-A	149,30	113,47	109,95
Lateral	320-B	83,55	63,50	61,53
Lateral	320-C	80,95	61,52	59,61

Pelos valores apresentados anteriormente, verifica-se que ao ter sido efectuada a necessária divisão do circuito 320-A em dois circuitos (320-B e 320-C), existe um aumento da distância total percorrida (distância aumenta de 149,3 para 164,5 quilómetros na soma dos dois circuitos). O acréscimo da distância total percorrida deve-se a passarem a ser efectuados dois percursos de saídas da HPEM até ao primeiro ponto de recolha e também dois percursos de retorno da última descarga na TratoLixo até à bomba de biodiesel. O aumento da distância percorrida conduziu ao aumento do consumo de combustível (de 113,47 para 125,02 litros) e do custo de combustível associado (de 109,95 para 121,14 euros).

Ao adicionar ao circuito 320 os pontos de recolha dos circuitos 303, 301 e 313, que sofreram mudança para a recolha lateral, é visível um acréscimo de 64,6 quilómetros na distância percorrida (somando a distância percorrida nos circuitos 320-B e 320-C), o que se traduz num acréscimo de 49,02 litros de combustível gasto e 47,5 euros com custos em combustível.

3.4 Emissões Atmosféricas

No Quadro 12, pode-se observar a quantidade emitida para a atmosfera de alguns gases e partículas, a partir dos veículos utilizados nos dois tipos de recolha. Na Figura 24 sintetizam-se estes parâmetros.

Compostos Emitidos	Recolha Traseira		Recolha Lateral
	15m ³	20m ³	25m ³
CO ₂ (kg/km) ¹	1,31	1,56	1,95
CO (g/km) ²	1,88	1,88	1,88
PM (g/km) ²	0,42	0,51	0,51
HC (g/km) ²	0,03	0,08	0,08
NO _x (g/km) ²	4,16	8,31	8,31

¹ cálculo baseado em: <http://www.cheida.com.br>

² cálculo baseado em: Ntziachristos *et al.*, 2000 e EPA, 2002

Como se observa no Quadro 12, verifica-se uma igualdade nas emissões de monóxido de carbono nas três situações. Quanto às emissões de material particulado, hidrocarbonetos e compostos azotados observa-se um aumento destas emissões quando se utiliza um veículo de recolha traseira de 20m³ ou um veículo de recolha lateral de 25m³, relativamente ao uso de um veículo de 15m³ de recolha traseira. As emissões de CO₂ são crescentes ao ser utilizado um veículo de recolha traseira 15m³, um veículo de recolha traseira de 20m³ ou um veículo de recolha lateral de 25m³.

Através dos valores expostos no quadro anterior, ao ser utilizado um veículo de recolha lateral, observa-se um aumento entre 0,38 e 0,64 kg/km das emissões atmosféricas de CO₂. Quanto aos outros poluentes estimados, verifica-se uma analogia nas quantidades de CO emitidas para todos os veículos, uma vez que o cálculo é baseado apenas na velocidade das viaturas, e ainda uma analogia nas emissões de PM, HC e NO_x entre a viatura de 20m³ de recolha traseira e a viatura de 25m³ de recolha lateral, visto a base de cálculo depender do peso bruto das viaturas.

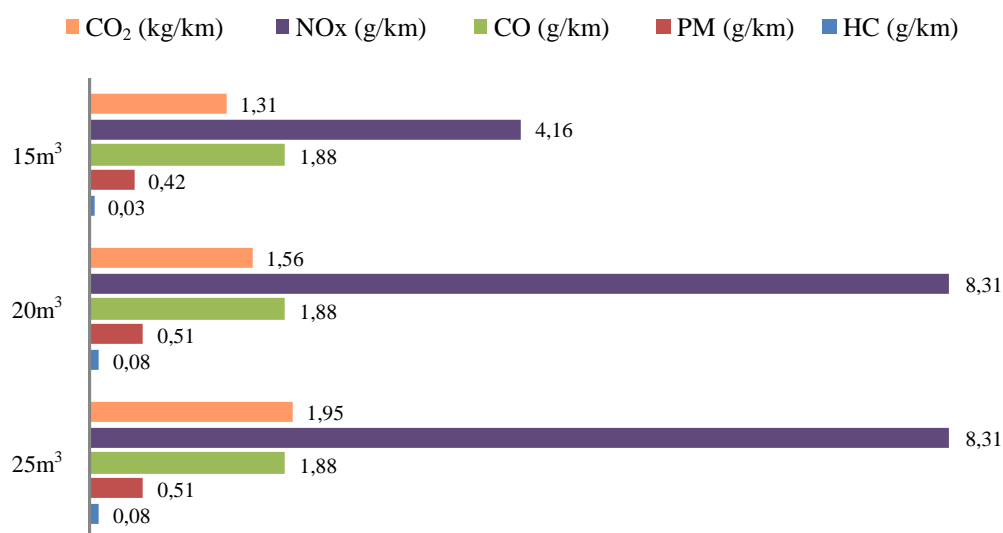


Figura 24. Poluentes emitidos pelos três tipos de viaturas

No Quadro 13, são apresentadas as emissões atmosféricas, tendo em conta os quilómetros efectuados em cada circuito.

Quadro 13. Emissões atmosféricas decorrentes de cada circuito

Sistema de Recolha	Circuito	Distância (km)	Emissões				
			CO ₂ (kg)	CO (g)	PM (g)	HC (g)	NO _x (g)
Traseira	301	100,00	131,00	188,00	42,00	3,00	416,00
Traseira	313	120,00	187,20	225,60	61,20	9,60	997,20
Traseira	303	80,00	124,80	150,40	40,80	6,40	664,80
Lateral	320	100,00	195,00	188,00	51,00	8,00	831,00
Lateral	320-A	149,30	291,14	280,68	76,14	11,94	1240,68
Lateral	320-B	83,55	162,92	157,07	42,61	6,68	694,30
Lateral	320-C	80,95	157,85	152,19	41,28	6,48	672,69

Pela observação do Quadro 13 é possível verificar que, embora a distância média percorrida seja igual, a emissão de CO₂ para o circuito 301 de recolha traseira é inferior à mesma emissão para o circuito 320 de recolha traseira, o que está concordante com o cálculo presente no Quadro 12. Verifica-se ainda que o aumento do consumo de combustível, por necessidade de dividir o circuito 320-A nos circuitos 320-B e 320-C, já referida anteriormente, conduz ao aumento de todos os poluentes atmosféricos emitidos (acréscimo de: 29,63 kg CO₂; 28,58 g CO; 7,75 g PM; 1,22 g HC; 126,31 g NO_x).

Ainda relativamente ao circuito 320, nota-se que ao adicionar os pontos de recolha dos circuitos 303, 301 e 313, que sofreram mudança para a recolha lateral, existe um aumento das emissões de CO₂, CO, PM, HC e NO_x no valor de 125,77 kg, 121,26 g, 32,89 g, 5,16 g e 535,99 g, respectivamente, concordante com o aumento de consumo de combustível referido anteriormente.

Por planeamento prévio da HPEM, os circuitos de recolha traseira que servem as áreas de estudo não foram na sua totalidade transpostos para o sistema de recolha lateral. As zonas onde foi alterado o sistema de recolha foram escolhidas por o reduzido número de contentores de recolha lateral implementados não implicar um investimento inicial elevado e por serem zonas cujas ruas de acesso são circuláveis pelos veículos utilizados (zonas sem ruas estreitas). Apenas alguns pontos de recolha dos circuitos de recolha traseira existentes sofreram então mudança para o sistema de recolha lateral, sendo estes pontos retirados dos circuitos em que estavam incluídos e passando a ser abrangidos pelos circuitos de recolha lateral. Estes pontos de recolha lateral, somados com os pontos de recolha pertencentes ao circuito 320, foram considerados na optimização de circuitos. Visto a mudança não ser efectuada sobre a totalidade dos pontos incluídos em cada circuito, não é possível comparar linearmente a situação existente com a situação a implementar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado levou à consolidação da utilização de tecnologias SIG, iniciada pela HPEM em Julho de 2007. O geoprocessamento da rede de recolha de resíduos tem conduzido a melhorias significativas, entre elas:

- consistência (juntou informações repetidas e/ou complementares, que estavam distribuídas em diferentes áreas);
- actualização (dados e informações actualizados – implementação de rotinas de actualização e definição de responsáveis);
- conhecimento do território (visão espacial dos problemas);
- gestão mais eficiente e eficaz;
- qualificação da tomada decisão sobre o espaço geográfico.

As ferramentas SIG utilizadas, actuam como um sistema de apoio à decisão através de executarem interactivamente todas as operações, e integrarem informação contida em bases de dados externas com o discernimento e experiência do tomador de decisão. A contribuição das tecnologias SIG reflectiu-se numa avaliação mais adequada da rede de recolha de resíduos indiferenciados existente no Concelho de Sintra, particularmente no que diz respeito aos aspectos de minimização de recursos envolvidos.

Os resultados obtidos através do uso da aplicação *FleetRoute*TM demonstram-na eficaz, validando a sua utilização para determinação de circuitos de recolha. Esta aplicação de optimização de circuitos é flexível, e apresentou-se ajustada às necessidades do estudo, permitindo uma rápida visualização dos resultados e uma intervenção nas decisões conforme a necessidade e a realidade local.

Nesta tese, está assinalada a importância e utilidade dos SIG em estudos de optimização de circuitos de recolha de RSU. O âmbito deste estudo restringiu-se à optimização dos circuitos de recolha de tipo lateral de resíduos sólidos indiferenciados. Porém a metodologia desenvolvida pode ser alargada à recolha de outros tipos de resíduos (resíduos florestais, etc.) e/ou tipo de veículos usados.

A optimização de circuitos recorrendo a aplicações informáticas de gestão de frotas é um procedimento útil, que auxilia a realização de um planeamento adequado. Contudo, outras ferramentas podem contribuir para a análise e melhoria do sistema de recolha de resíduos. A introdução de dispositivos de medição do nível de enchimento de cada contentor permite tornar o processo mais completo e apurado, uma vez que possibilita saber, em tempo real, exactamente quais os contentores que é impreterível recolher ou aqueles que não é indispensável serem recolhidos. Este tipo de sistema faculta um maior suporte e uma análise mais adequada, rentabilizando ainda mais os meios existentes.

Em comparação com o sistema de recolha com carga traseira, a instalação do sistema de recolha com carga lateral é compensatório do ponto de vista do tempo de recolha e dos recursos humanos necessários, e compensa o investimento efectuado. Para além de reduzir os custos operacionais de recolha, as características do sistema de recolha lateral conduzem ao aumento da recolha de resíduos recicláveis, minimizando e tornando aceitáveis os efeitos que decorrem da mudança de recolha traseira para recolha lateral. Contudo, sob o ponto de vista da utilização de combustível e das emissões de gases com efeito de estufa, o sistema de recolha com carga lateral não é compensatório.

Sendo um serviço público e essencial, o investimento na recolha de resíduos sólidos não requer uma justificação em termos de retorno positivo do investimento. Um tal investimento, no entanto, necessita de ser justificado com base em ser a opção tecnológica viável, de menor custo, para atingir o grau de eficiência exigido. É também necessário que a opção tecnológica seja respeitadora do ambiente, não causando impactos negativos no ambiente e na comunidade. O impacto ambiental de um sistema de recolha só pode ser correctamente avaliado se considerarmos o ciclo de vida do processo. A análise do ciclo de vida é um método que deve ser tido em consideração no processo de tomada de decisão, de modo a reduzir a pressão exercida sobre o ambiente por parte do processo de recolha e transporte de resíduos. Tudo isto advoga a importância de um estudo de análise económica mais aprofundado e também um estudo futuro de análise do processo de recolha de resíduos (indiferenciados e outros) que avalie os aspectos ambientais e potenciais impactos associados aos sistemas de recolha ao longo de todo o seu ciclo de vida, incluindo a avaliação dos impactos na saúde e na qualidade de vida dos munícipes, a médio/longo prazo, de factores, como sejam, as emissões poluentes.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apaydin, O.; Gonullu, M.; Emission control with route optimization in solid waste collection process: A case study. *Sadhana*, vol. 33, 2, 71–82, 2008.

Burrough, P.; McDonnel, R.; Principles of geographical information systems. Oxford University Press, 1998.

Cabral, P.; Sistemas espaciais de apoio à decisão – O sistema de apoio ao licenciamento da DRAA. Dissertação de mestrado em SIG, IST-UTL, 2001.

Commission of the European communities (CEC); A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste. Communication from the commission to the council, the European parliament, the European economic and social committee and the committee of the regions - Taking sustainable use of resources forward, Brussels, 2005.

Densham, P.; Spatial decision support systems, *in* Geographical information systems: principals and applications. Longman (ed.), London, 403-412, 1991.

EPA; A comprehensive analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions. Draft technical report, EPA (ed.), 2002.

Fernandez, P.; Simões, F.; Frazão, F.; Monteiro, J. M.; Afonso, F.; Roque, N & Vilela, B.; Os sistemas de informação geográfica como Ferramenta de apoio à decisão na exploração e Gestão de aproveitamentos hidroagrícolas – Gestregasig. Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, II Congresso Nacional de Rega e Drenagem, 2007.

Fussler, C.; James, P.; Driving Eco Innovation - A breakthrough discipline for innovation and sustainability. Pitman Publishing (ed.), Londres, 1996.

Ghose, M.; Dikshit, A.; Sharma, S.; A GIS based transportation model for solid waste disposal – A case study on Asansol municipality. Elsevier, *Waste Management*, 26, 1287–1293, 2006.

Goodchild, M.; Parks, B.; Steyaert, L.; Environmental modeling with GIS. Oxford University Press, 1993.

Levy, J.; Apresentação sobre Recursos, Resíduos e Reciclagem - Panorama Nacional e a política dos 3R (Logística Inversa). IST, 2004.

MacDonald, A.; Building a Geodatabase. Redlands, ESRI Press, 1999.

Maguire, D.; Goodchild, M.; Rhind, D.; Geographical Information Systems - Principles and Applications. Longman Scientific & Technical (ed.), 1991.

Malczewski, J.; GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons Inc. (ed.), 1999.

Matias, L.; Sistema de informações geográficas (SIG): Ainda a questão de método. Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2002.

Matos, J.; Fundamentos de Informação Geográfica. Lidel – edições técnicas Lda., 2001.

Ntziachristos, L.; Samaras, Z.; COPERT III – Computer programme to calculate emissions from road transport - Methodology and emission factors (Version 2.1). Technical report N° 49, European Environment Agency, 2000.

Relatório do Estado do Ambiente 2006 (REA 2006). Agência Portuguesa do Ambiente, 2007.

Resíduos Sólidos Urbanos – Concepção, Construção e Exploração de Tecnosistemas, Projectos, metodologias e tecnologias aplicadas em Portugal no período de 1996 a 2001. Instituto Nacional dos Resíduos.

Rodrigues, L.; Lourenço, N; Machado, C.; Jorge, M.; A integração do SIG num sistema de apoio à decisão - uma proposta metodológica de apoio ao estudo empírico para a gestão dos recursos hídricos. Centro de Investigação da Universidade Atlântica, 2004.

Rodrigues, P.; Projecto de instalação de contentores de recolha lateral na Tapada das Mercês. HPEM, Sintra, 2005.

Rodrigues, S.; Silva, F.; Marinheiro, J.; Pereira, F.; Recolha lateral na zona rural. HPEM, Sintra, 2006.

Roviriego, L.; Proposta de uma metodologia para a avaliação de sistemas de colecta selectiva de resíduos sólidos domiciliários. Dissertação de mestrado em engenharia civil com ênfase em transportes, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

Russo, M.; Tratamento de resíduos sólidos. Universidade de Coimbra, 2003.

Sahoo, S; Kim, S.; Kim, B.; Kraas, B.; Popov, A.; Routing Optimization for Waste Management. *Interfaces*, vol. 35, 1, 24–36, 2005.

Santos, L.; Coutinho-Rodrigues, J.; Implementação em SIG de uma Heurística para o Estudo da Recolha da Resíduos Sólidos Urbanos. Coimbra, 2003.

Shepherd, I.; Information Integration and GIS *in* Maguire, D.; Goodchild, M.; Rhind, D; Geographical Information Systems: Principals and Applications. Longman Scientific & Technical (ed.), vol. 1, 22, 337-360, 1991.

Vecofabril; Proposta a concurso - Aquisição de viaturas com sistema automático de recolha lateral de contentores de RSU. 2003.

VTMconsultores; Optimização de percursos de recolha de resíduos sólidos urbanos – Consulta para o desenvolvimento de uma ferramenta SIG; Workshop, Novembro de 2007.

VTMconsultores; Optimização de percursos de recolha de resíduos sólidos urbanos – Consulta para o desenvolvimento de uma ferramenta SIG; Memória descritiva, Janeiro de 2008.

6 RECURSOS ELECTRÓNICOS CONSULTADOS

<http://www.inresiduos.pt> (consultado em Julho, 2008)

<http://www.valorsul.pt> (consultado em Julho, 2008)

<http://www.tratolixo.pt> (consultado em Julho, 2008)

<http://www.hpem.pt> (consultado em Julho, 2008)

<http://www.fleetroute.com/> (consultado em Agosto, 2008)

http://www.directionsmag.com/companies/FleetRoute_-and-_WasteBid
(consultado em Agosto, 2008)

<http://w3.ualg.pt/~tpanago/SIGaplic.htm> (consultado em Setembro, 2009)

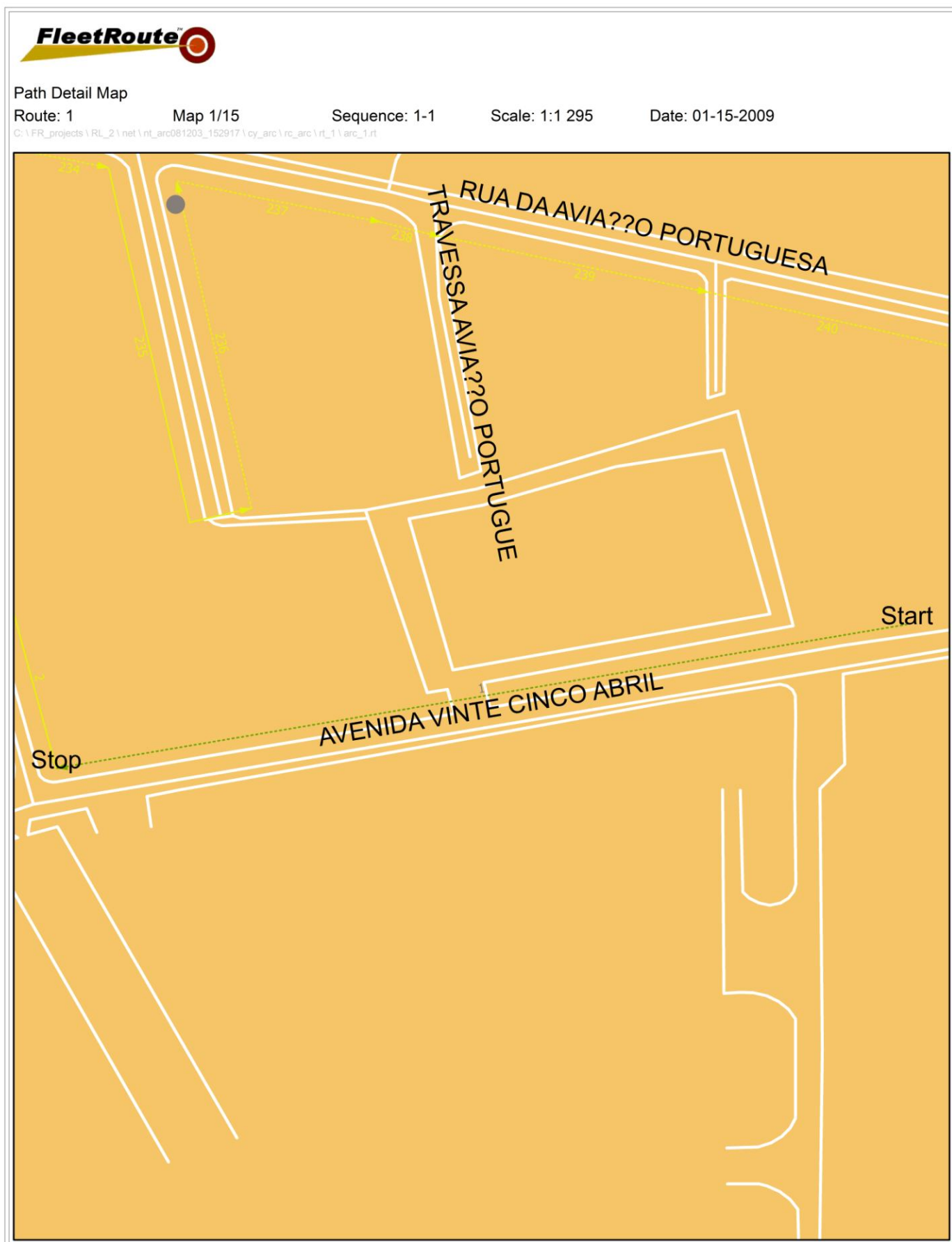
http://www.fatorgis.com.br/geotecnologias_tecnicas.asp (consultado em Outubro, 2008)

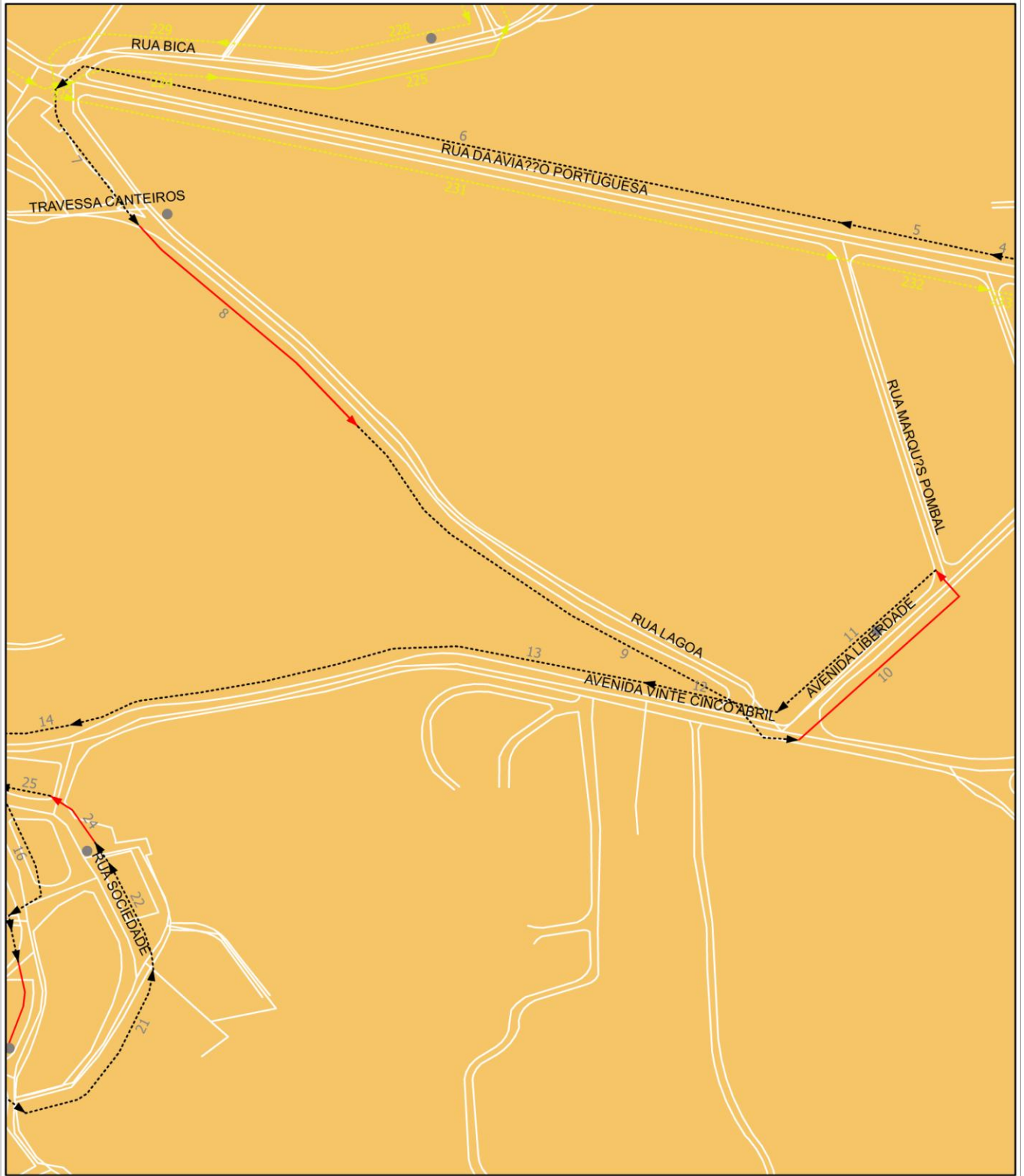
http://www.cheida.com.br/pdf/carbono_neutro_calculo.pdf (consultado em Novembro, 2008)

<http://www.gbbinc.com/doc/GBB%20brochure.pdf> (consultado em Janeiro, 2009)

7 ANEXOS

7.1 Anexo 1 – Mapas pormenorizados dos percursos calculados para o circuito 320-B







Path Detail Map

Route: 1

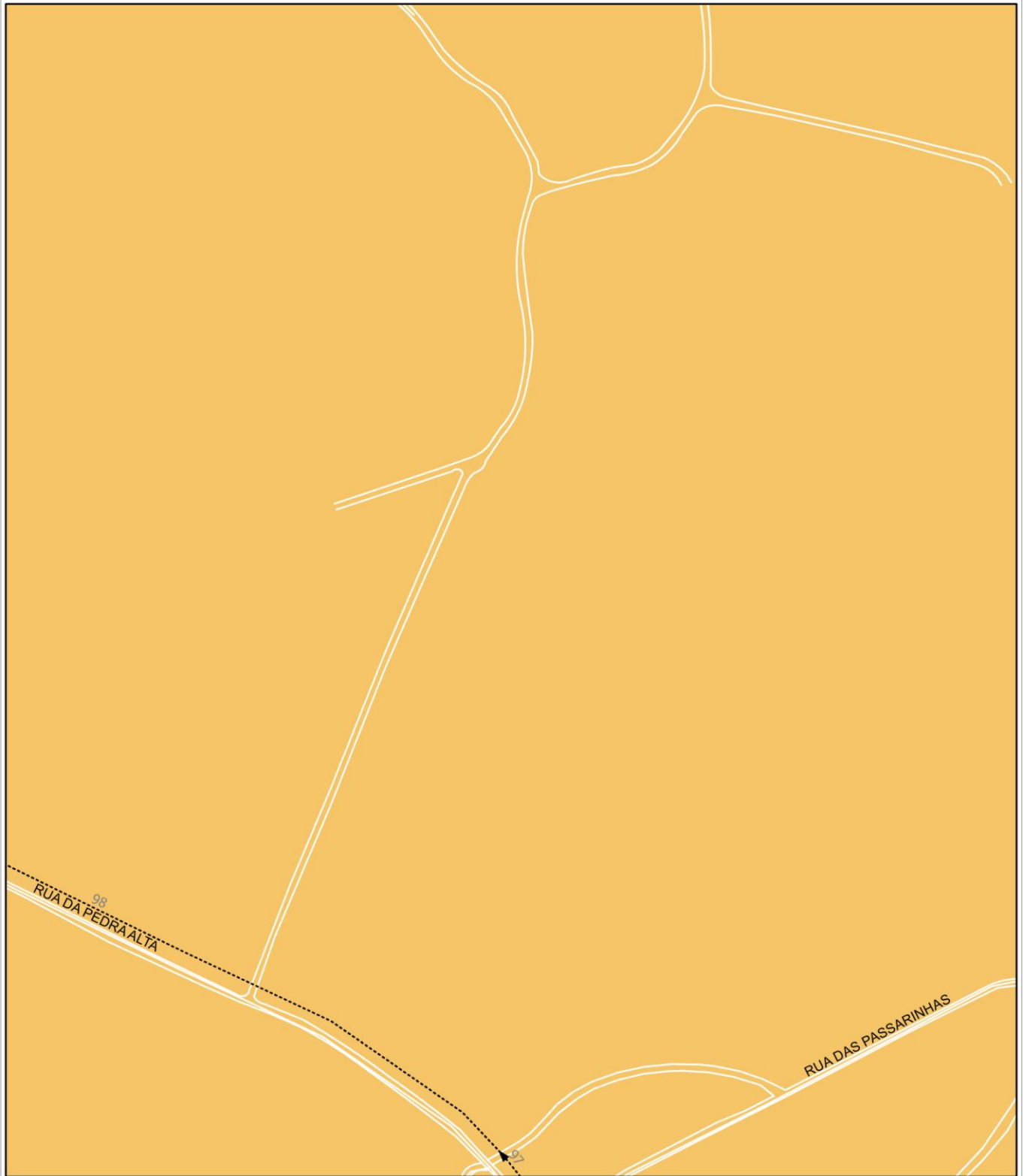
Map 4/15

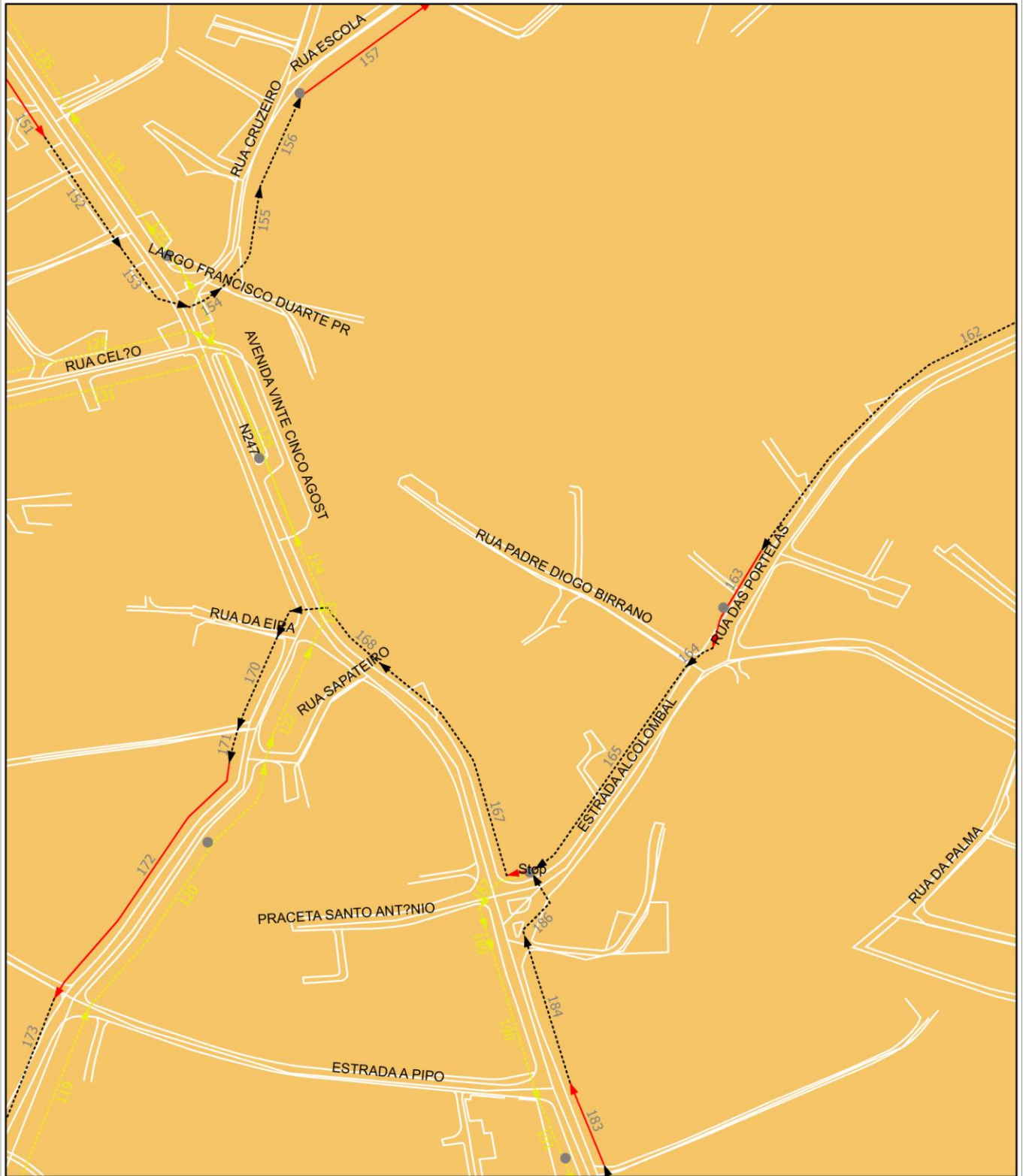
Sequence: 53-142

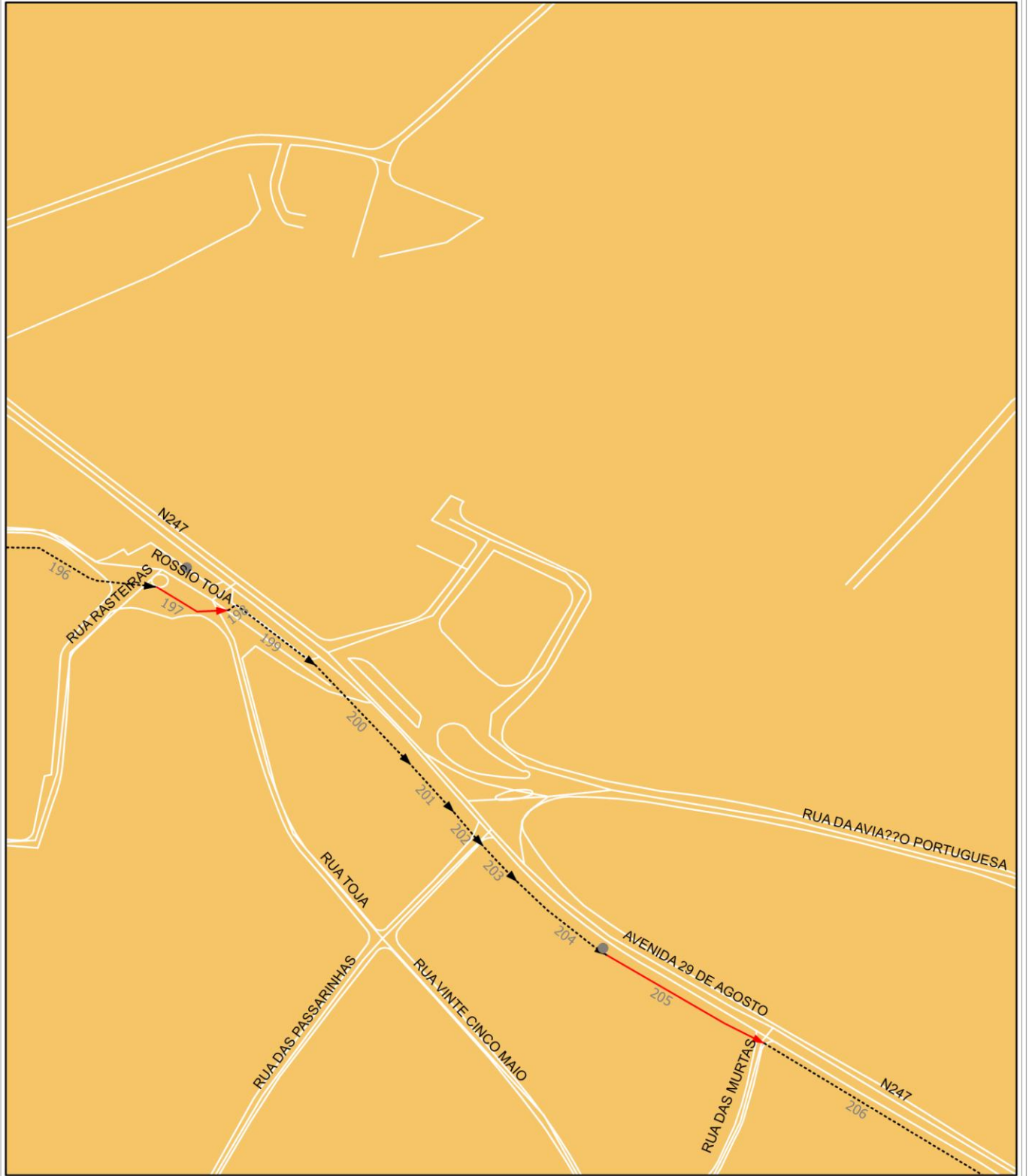
Scale: 1:2 500

Date: 01-15-2009

C:\FR_projects\RL_2\nt_arc081203_152917\cy_arc\rc_arc\rt_1\arc_1.rtf









Path Detail Map

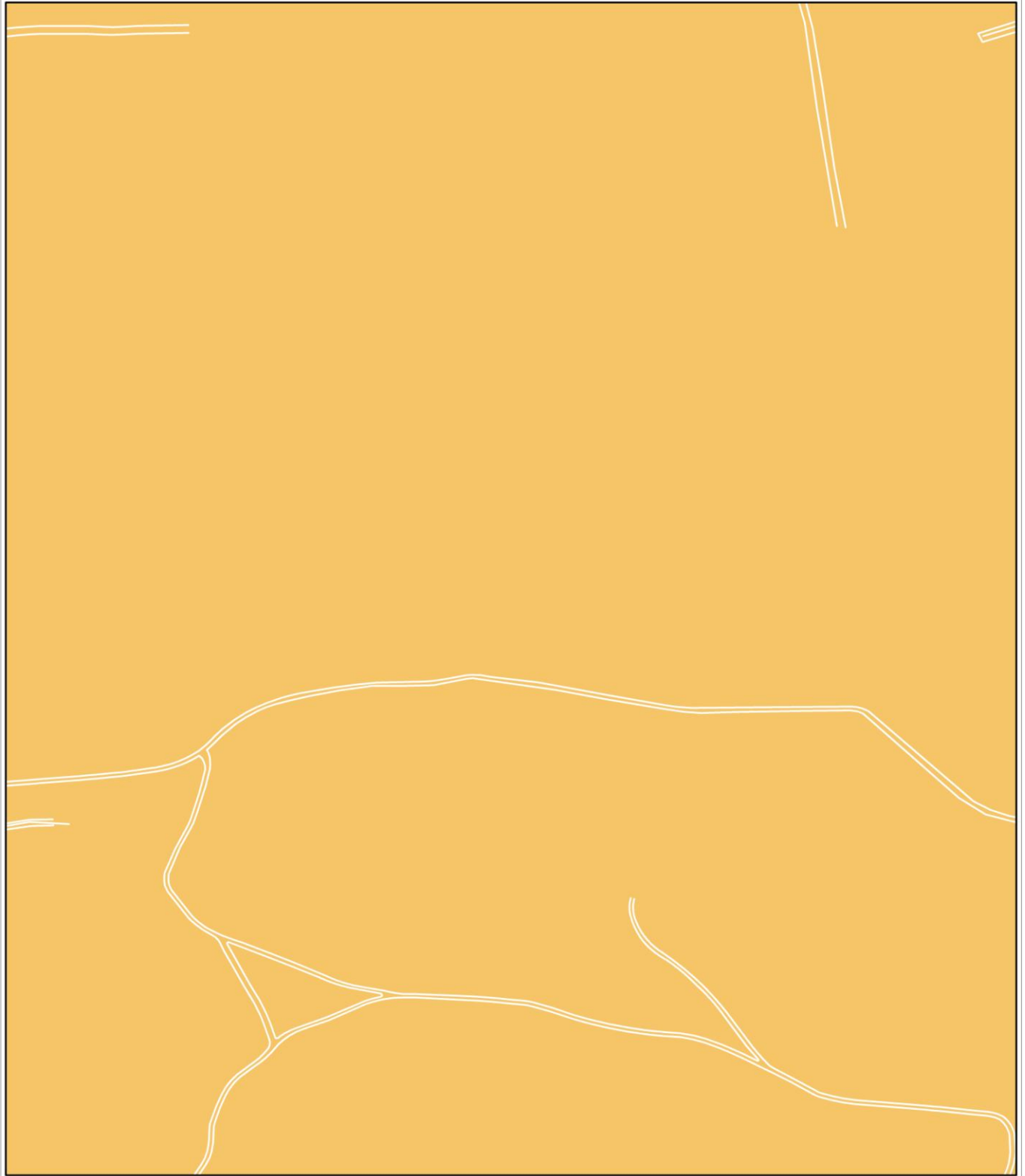
Route: 1

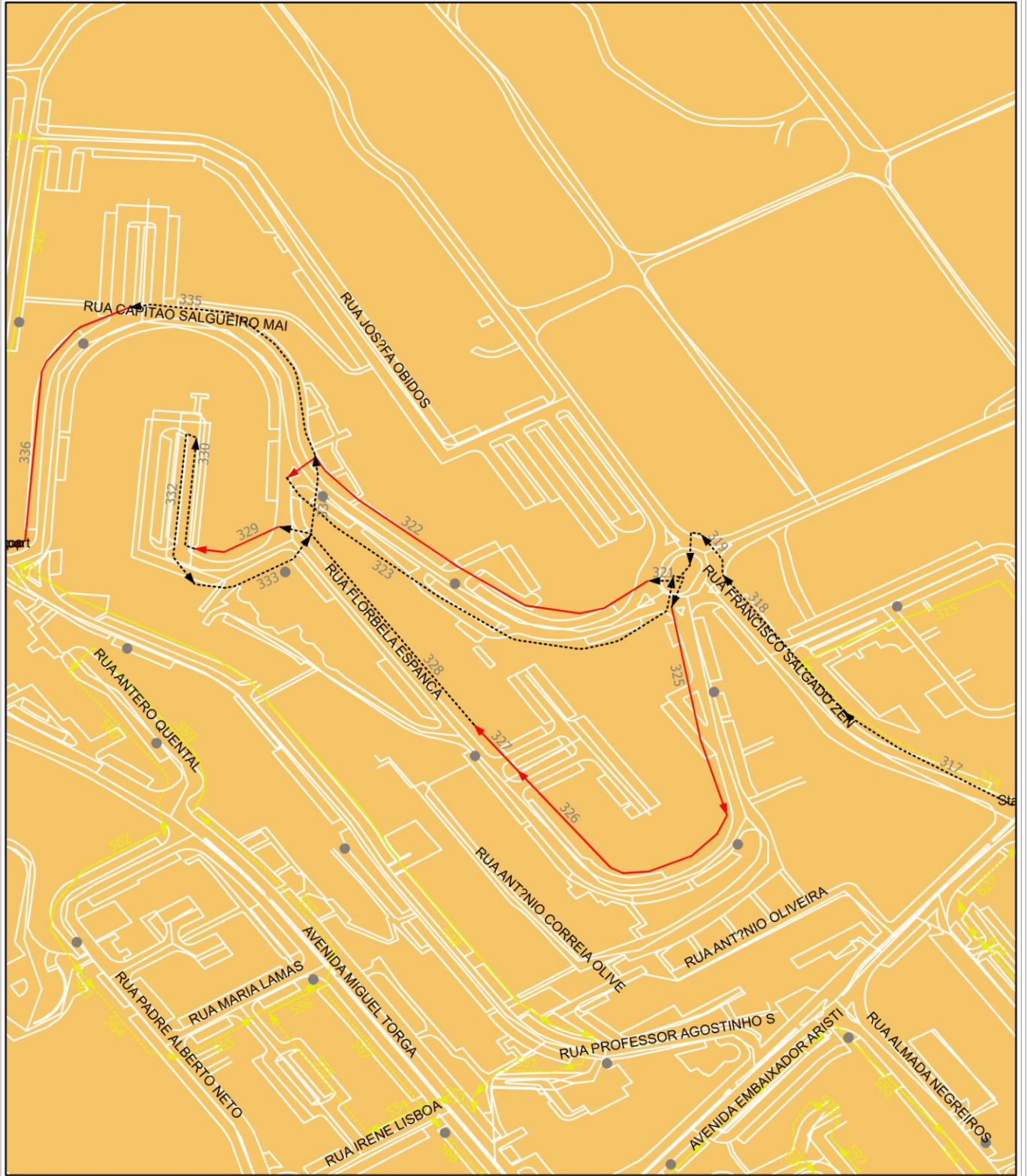
Map 7/15

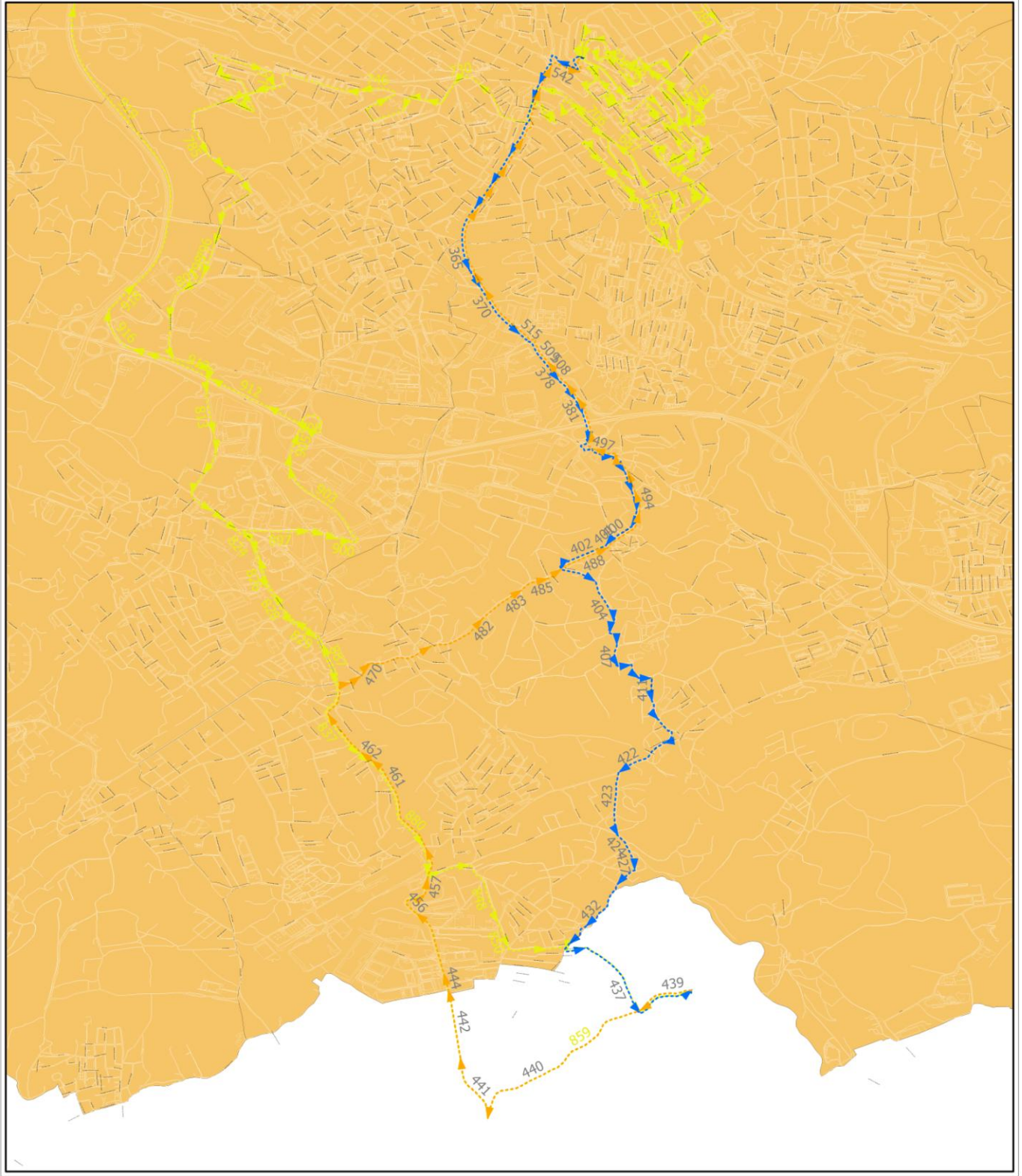
Sequence: 212-316 Scale: 1:2 500

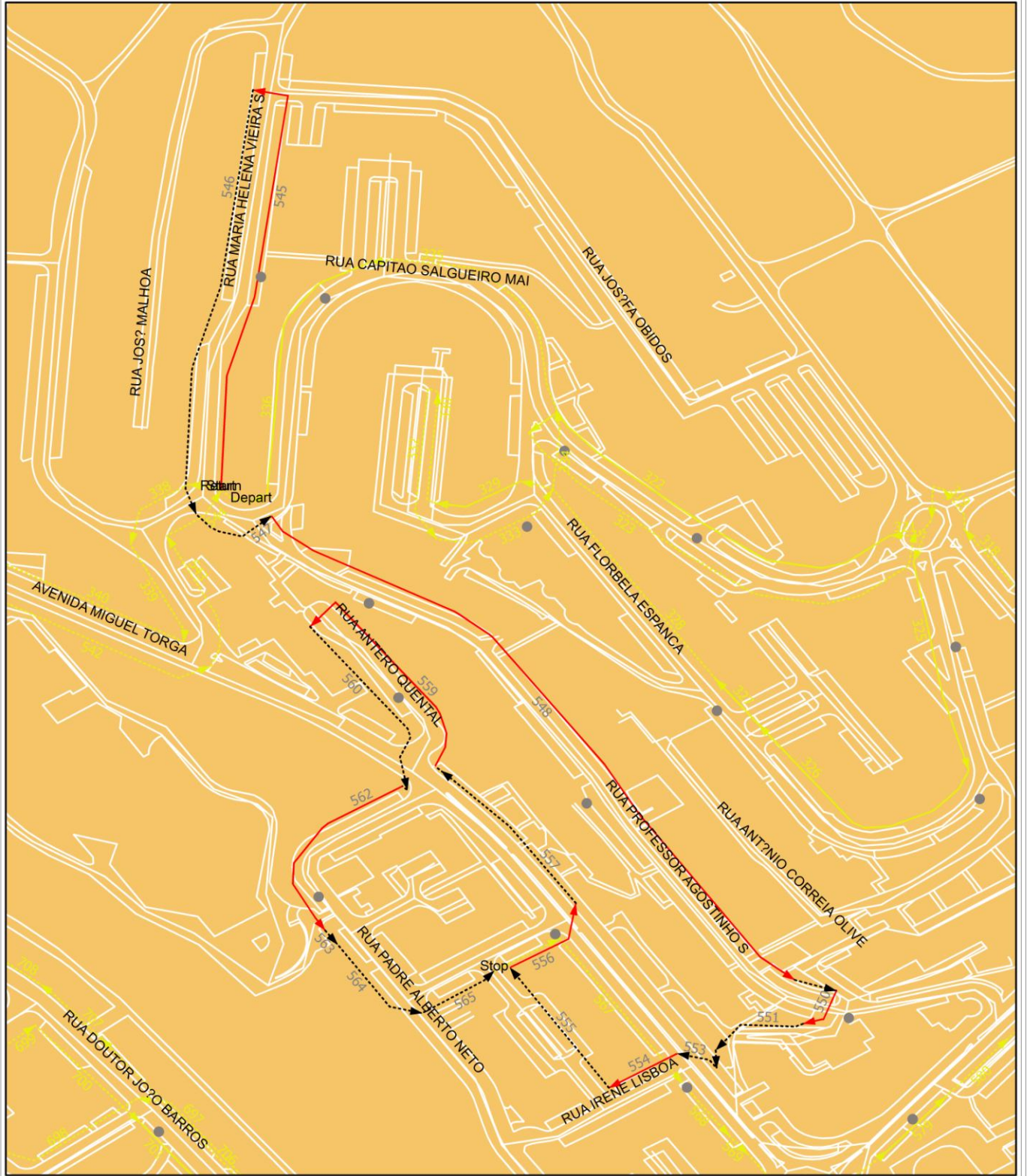
Date: 01-15-2009

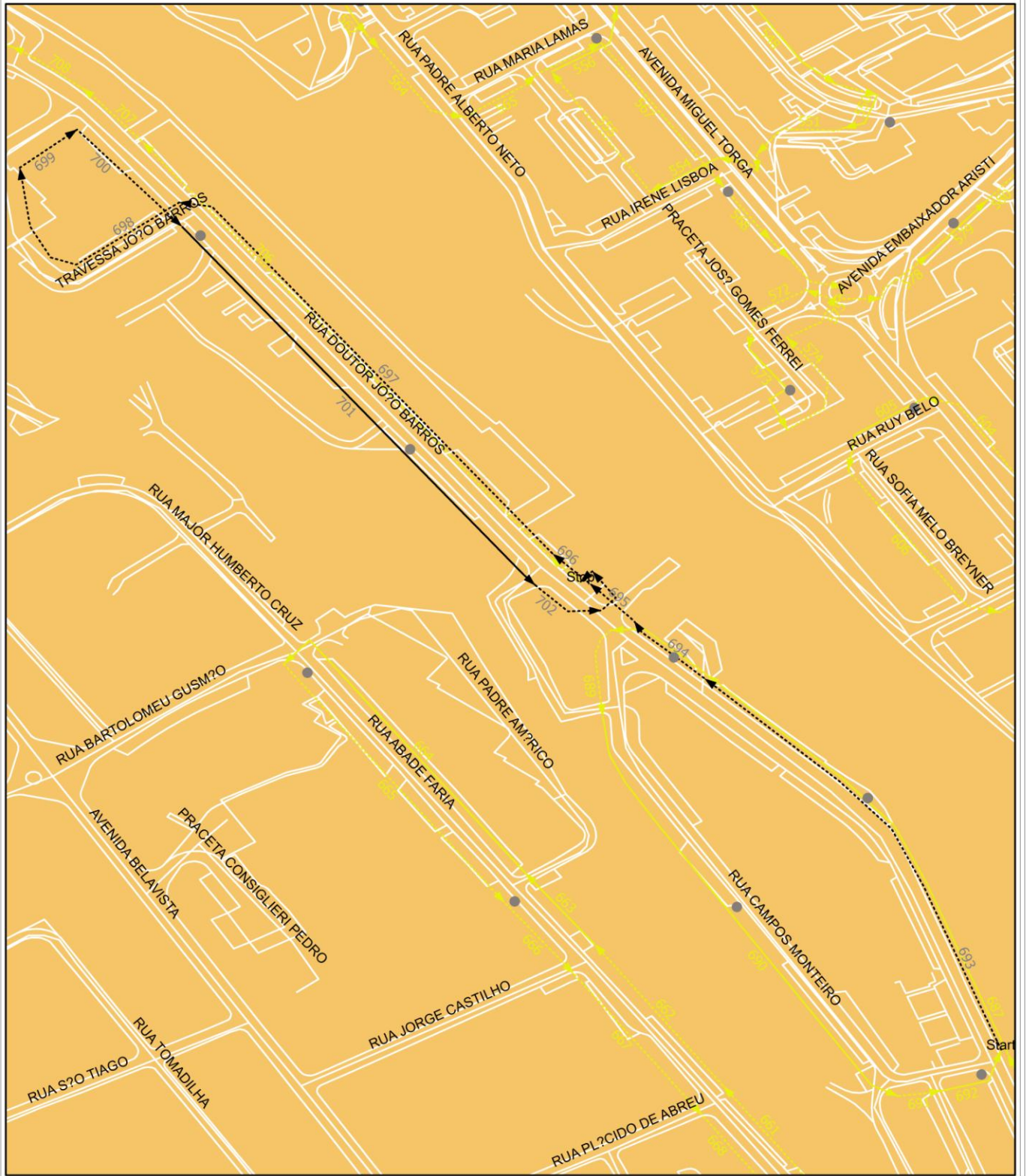
C:\FR_projects\RL_2\nt_arc081203_152917\cy_arc\rc_arc\rt_1\arc_1.rt

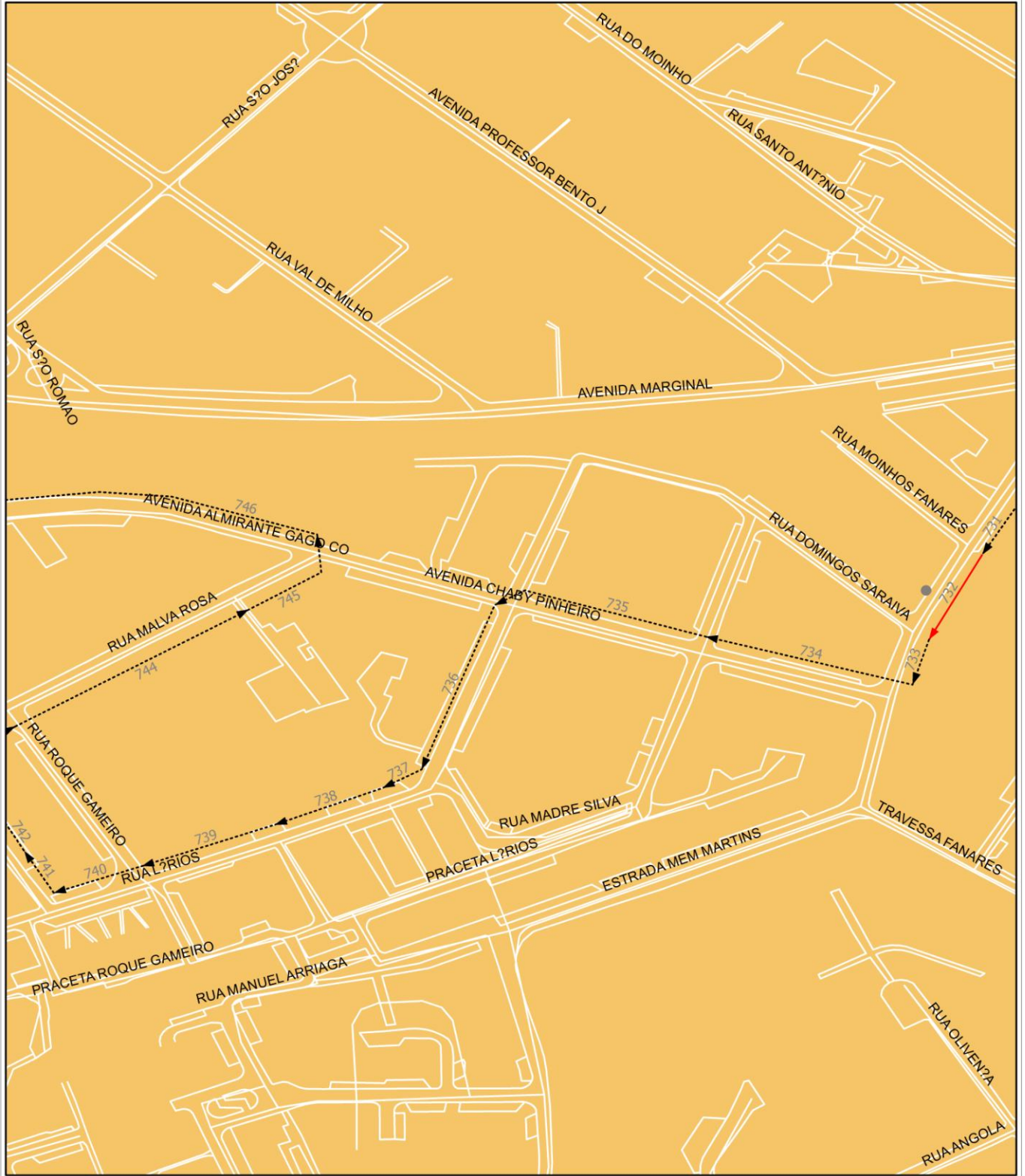














7.2 Anexo 2 – Relatório da sequência de recolha para o circuito 320-B

Ordem	Morada	Contentor ID Local ID	Tempo de Serviço Unidades Quantidade
1	Rua Vasco Gonçalves, 31 2705 Bairro Novo	Recolha Lateral 35	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
2	Rua da Lagoa, 87 2705 Bairro Novo	Recolha Lateral 26	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
3	Av. da Liberdade, LT16 2705 Bairro Novo	Recolha Lateral 34	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
4	Rua dos Combatentes, 8 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 32	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
5	Largo do Movimento das Forças Armadas 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 33	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
6	Largo das Flores, 10 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 24	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
7	Av. General Humberto Delgado 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 23	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
8	Rua Luís de Camões, 6 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 22	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
9	Av. 29 de Agosto, 15 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 21	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
10	Rua 21 de Maio, 2 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 27	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
11	Rua Primeiro de Dezembro, 27 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 20	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
12	Rua 5 de Outubro, 19 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 28	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
13	Rua do Ulmeiro, 19 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 29	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
14	Rua dos Carvalhais, 2 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 31	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
15	Rua do Paço, 44 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 30	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
16	Rua da Fonte, 37 2705 Terrugem	Recolha Lateral 38	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
17	Largo da Fonte, 2 2705 Alpolentim	Recolha Lateral 37	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg

18	Rua das Concheiras, 1 2705 Alpolentim	Recolha Lateral 39	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
19	Av. 29 de Agosto, 144 2705 Terrugem	Recolha Lateral 9	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
20	Rua do Celão, 8 2705 Terrugem	Recolha Lateral 8	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
21	Av. 29 de Agosto, 170 2705 Terrugem	Recolha Lateral 4	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
22	Rua das Industrias, 2 2705 Terrugem	Recolha Lateral 2	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
23	Av. 29 de Agosto, 216A 2705 Terrugem	Recolha Lateral 1	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
24	Av. 29 de Agosto, 202 2705 Terrugem	Recolha Lateral 3	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
25	Rua da Escola, 25 2705 Terrugem	Recolha Lateral 5	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
26	Rua da Escola, L12 2705 Terrugem	Recolha Lateral 6	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
27	Rua da Fonte Pedrinha, L6 2705 Terrugem	Recolha Lateral 7	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
28	Rua das Portelas, 5 2705 Terrugem	Recolha Lateral 10	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
29	Largo de Santo António, 3 2705 Terrugem	Recolha Lateral 11	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
30	Rua da Eira, 27 2705 Terrugem	Recolha Lateral 12	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
31	Estrada de Alpolentim, 40 2705 Alpolentim	Recolha Lateral 13	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
32	Rua da Carriça, 1 2705 Terrugem	Recolha Lateral 15	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
33	Av. 29 de Agosto, 1 2705 Terrugem	Recolha Lateral 14	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
34	Rossio da Toja, 8 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 16	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
35	Av. 29 de Agosto, 7 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 17	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg

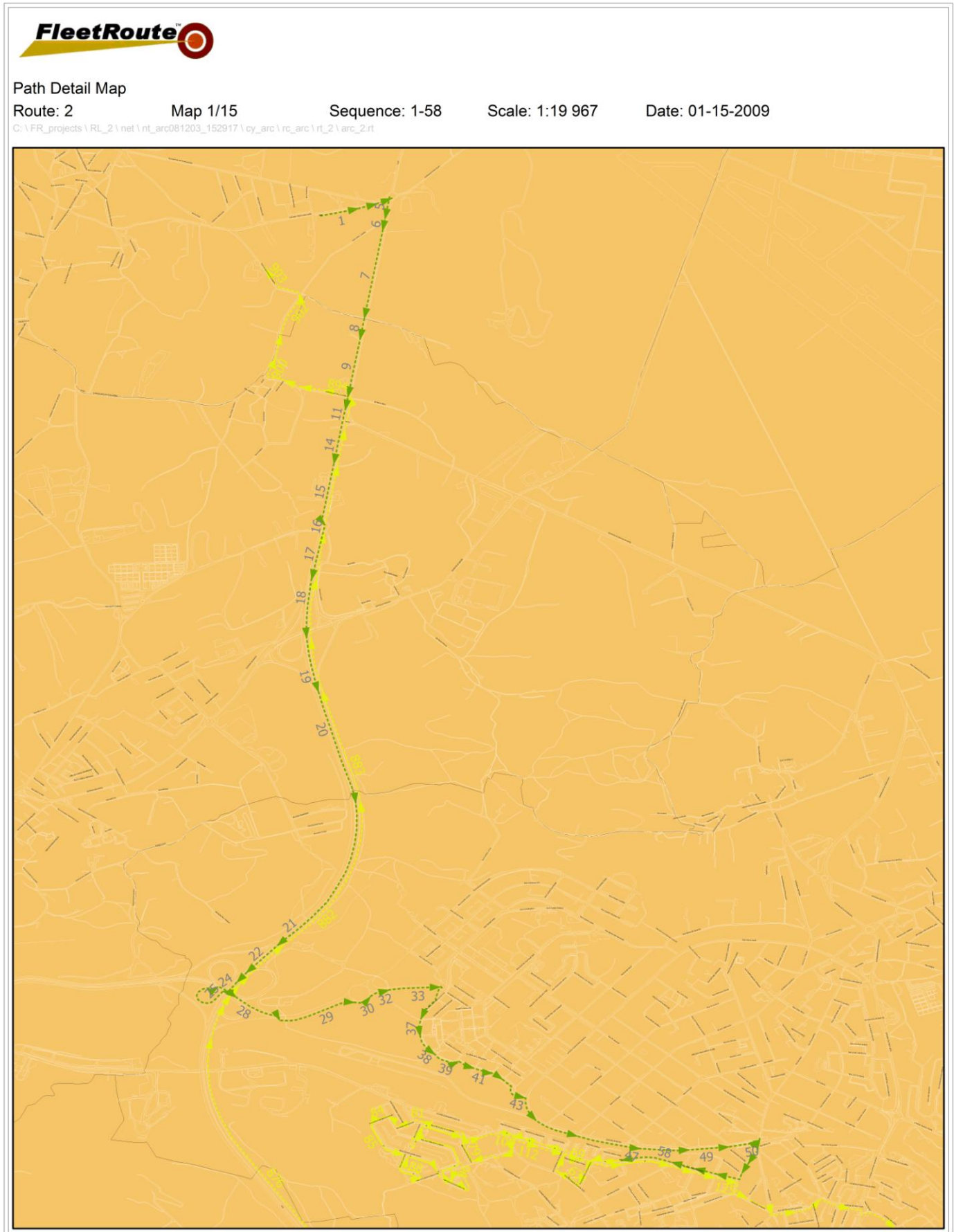
36	Rua da Liberdade, 11 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 19	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
37	Av. da Aviação Portuguesa 2705 Vila Verde	Recolha Lateral 18	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
38	Rua das Bicas, 25 2705 Bairro Novo	Recolha Lateral 25	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
39	Travessa da Aviação Portuguesa 2705 Bairro Novo	Recolha Lateral 36	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
40	Rua Mário Sá Carneiro 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 79	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
41	Rua: não disponível 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 50	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
42	Rua: não disponível 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 41	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
43	Rua: não disponível 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 63	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
44	Rua Francisco Salgado Zenha 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 51	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
45	Rua Francisco Salgado Zenha 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 69	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
46	Rua: não disponível 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 75	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
47	Rua Capitão Salgueiro Maia 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 78	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
Viagem para a TratoLixo		Subtotais: 50 unidades 7,1 toneladas	
48	Rua Capitão Salgueiro Maia 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 60	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
49	Rua Florbela Espanca 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 66	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
50	Rua Florbela Espanca 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 55	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
51	Rua Florbela Espanca 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 52	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
52	Rua Florbela Espanca 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 64	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg

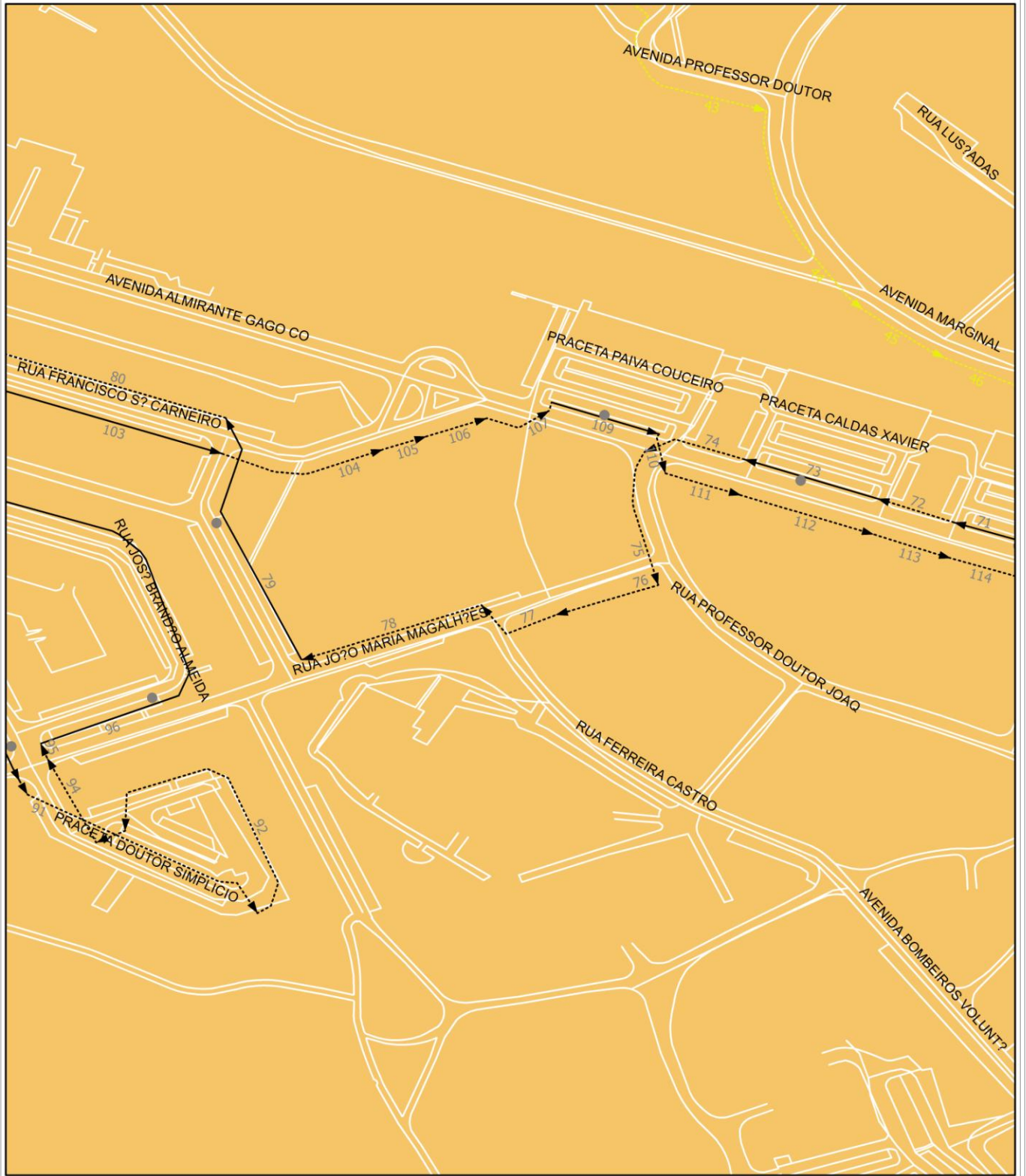
53	Rua Capitão Salgueiro Maia 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 62	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
54	Rua Maria Helena Vieira Silva 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 73	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
55	Rua Professor Agostinho Silva 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 80	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
56	Rua Professor Agostinho Silva 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 58	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
57	Rua Professor Agostinho Silva 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 77	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
58	Rua Irene Lisboa 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 76	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
59	Rua Maria Lamas 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 44	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
60	Rua Antero Quental 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 47	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
61	Rua Padre Alberto Neto 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 65	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
62	Praceta José Gomes ferreira 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 67	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
63	Av. Embaixador Aristides Sousa Mendes 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 57	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
64	Rua Almada Negreiros 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 42	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
65	Rua Almada Negreiros 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 54	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
66	Rua Almada Negreiros 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 74	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
67	Rua Almada Negreiros 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 72	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
68	Rua António Ferreira Gomes 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 59	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
69	Rua António Ferreira Gomes 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 48	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
70	Rua Professor Rui Luís Gomes 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 49	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg

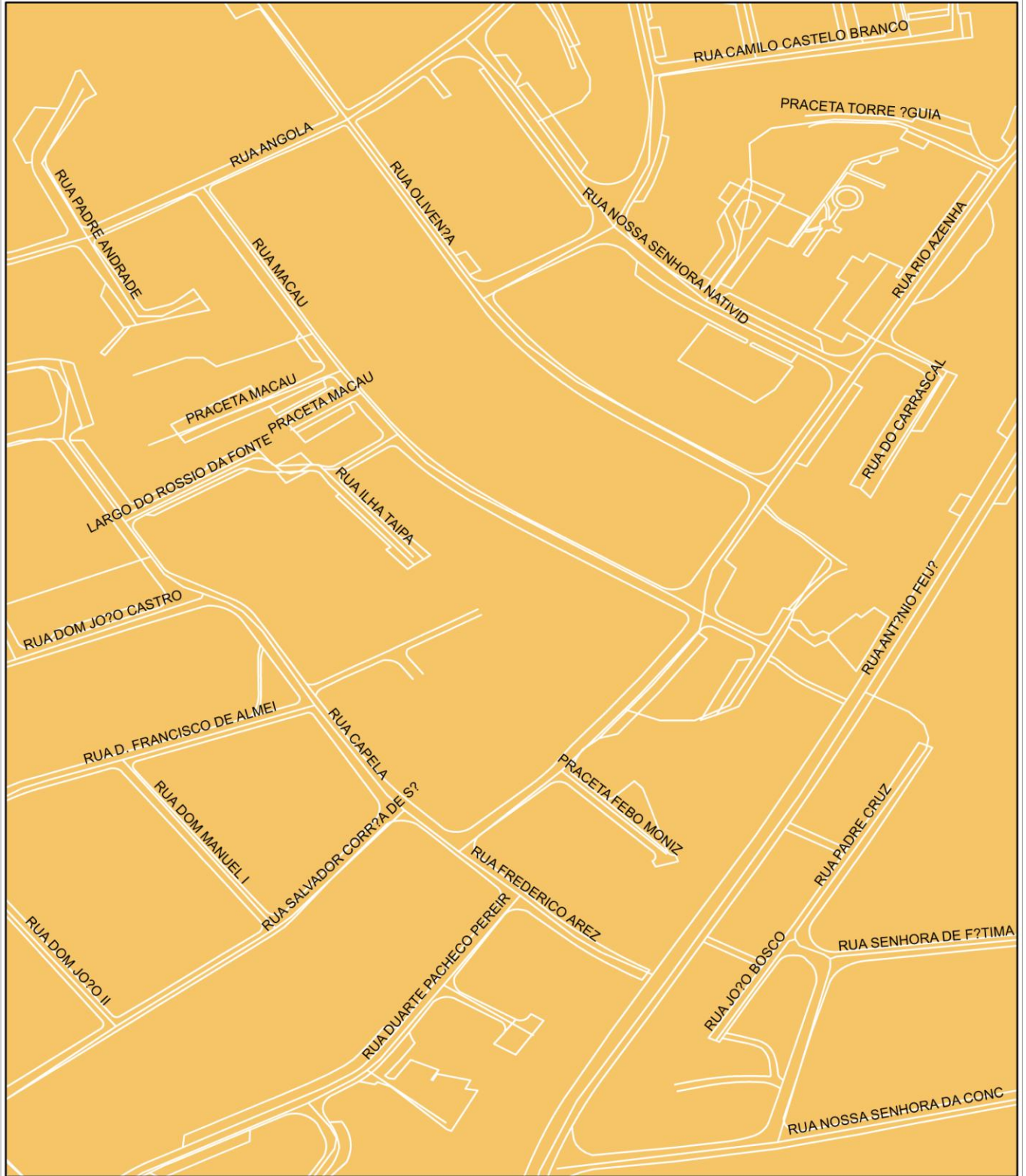
71	Rua Professor Rui Luís Gomes 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 81	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
72	Rua Professor Rui Luís Gomes 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 40	1:00 min. 1 unid. 79,20 kg
73	Rua Doutor Francisco Sousa Tavares 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 43	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
74	Rua Ruy Belo 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 61	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
75	Av. Miguel Torga 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 68	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
76	Av. Miguel Torga 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 71	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
77	Rua Fernando Lopes Graça 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 56	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
78	Rua Fernando Lopes Graça 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 53	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
79	Praceta Lima Freitas 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 70	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
80	Rua José Dias Coelho 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 45	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
81	N607-1 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 46	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
82	Rua Sacadura Cabral, 33 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 140	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
83	Rua Abade Faria, 29 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 146	2:00 min. 2 unid. 345,60 kg
84	Rua Abade Faria, 48 2725 Mercês	Recolha Lateral 145	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
85	Rua Abade Faria – Farmácia 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 144	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
86	Rua Vasco Santana, 7 2725 Mercês	Recolha Lateral 143	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
87	Rua Viana da Mota, 12 2725 Mercês	Recolha Lateral 142	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
88	Rua Nuno Gonçalves 2725 Mercês	Recolha Lateral 141	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg

89	Rua João de Barros, 33 2725 Mercês	Recolha Lateral 148	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
90	Rua João de Barros, 50 2725 Mercês	Recolha Lateral 147	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
91	Rua Campos Monteiro, 15 2725 Mercês	Recolha Lateral 107	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
92	Rua Campos Monteiro, 2 2725 Mercês	Recolha Lateral 149	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
93	Rua João de Barros, 100 2725 Mercês	Recolha Lateral 163	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
94	Rua João de Barros, 72 2725 Mercês	Recolha Lateral 150	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
95	Rua João de Barros – Colégio Afonso V 2725 Mercês	Recolha Lateral 157	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
96	Rua José Régio, 1 2725 Mercês	Recolha Lateral 164	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
97	Praceta Alves Redol, 2 2725 Mercês	Recolha Lateral 158	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
98	Estr. Mem Martins – cc galáxia 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 156	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
99	Rua Roque Gameiro 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 153	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
100	Pct. Dr. Simplício dos Santos 2725 Urbanização do Pinhal Novo	Recolha Lateral 114	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
101	Rua Francisco Sá Carneiro 2725 Bairro da Coopalme	Recolha Lateral 117	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
Viagem para a Tratolixo		Subtotais: 65 unidades 14,65 toneladas	

7.3 Anexo 3 – Mapas pormenorizados dos percursos calculados para o circuito 320-C

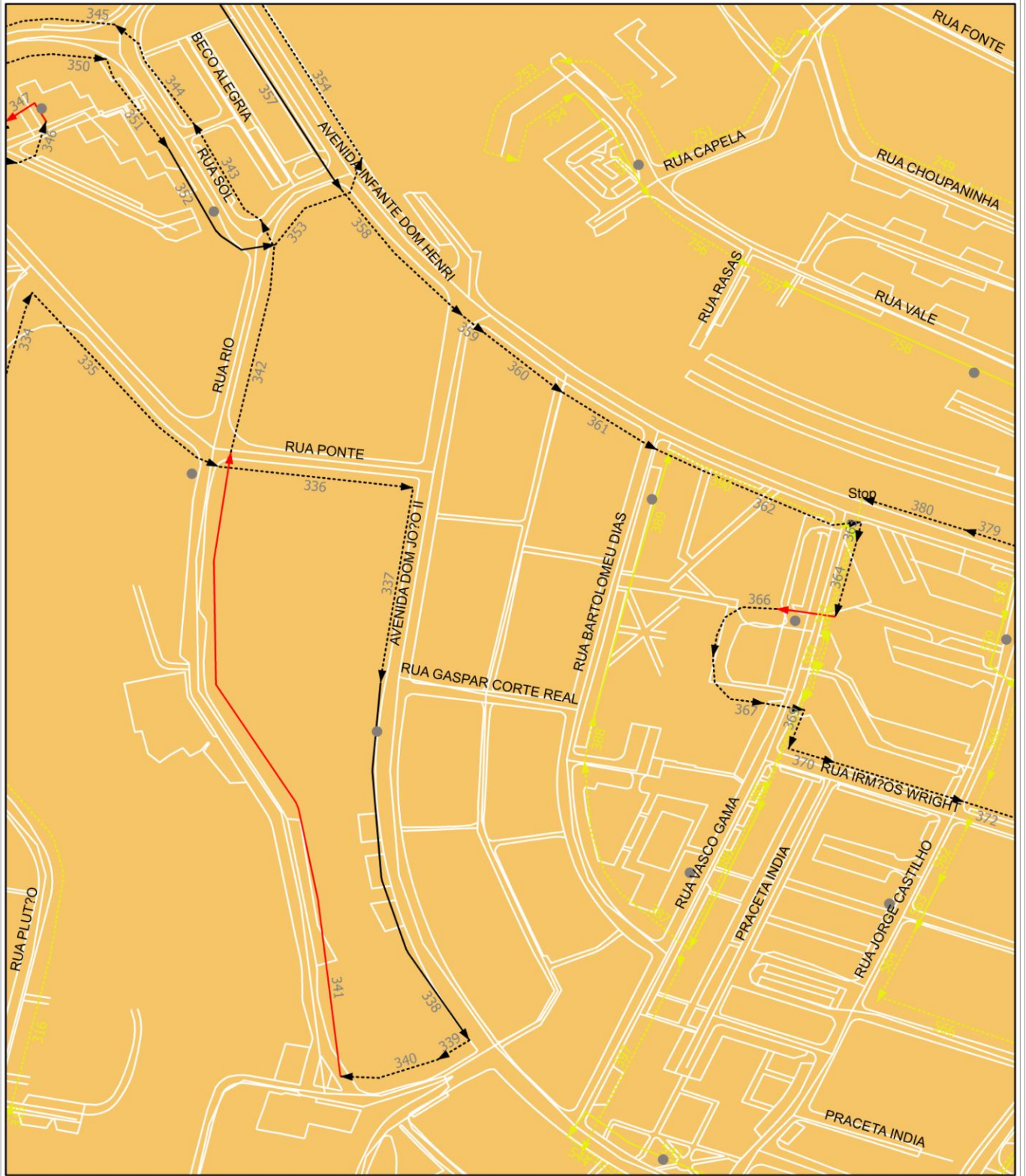














Path Detail Map

Route: 2

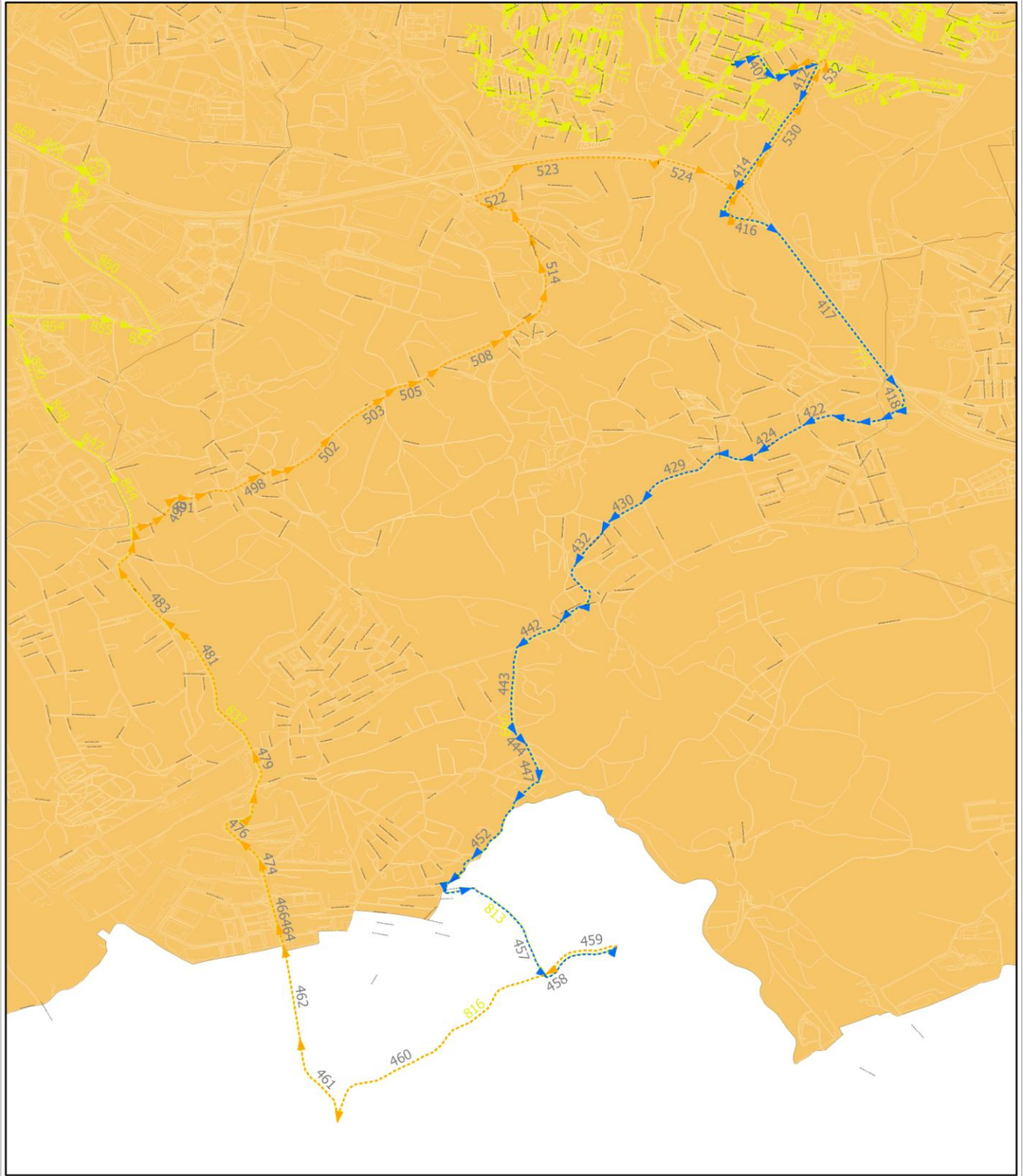
Map 9/15

Sequence: 405-536

Scale: 1:22 686

Date: 01-15-2009

C:\FR_projects\RL_2\nt_arc081203_152917\cy_arc\rc_arc\rt_2\arc_2.r







7.4 Anexo 4 – Relatório da sequência de recolha para o circuito 320-C

Ordem	Morada	Contentor ID Local ID	Tempo de Serviço Unidades Quantidade
1	Av. Gago Coutinho - Parque Infantil 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 155	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
2	Rua Doutor Joaquim Fontes 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 154	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
3	Av. Gago Coutinho – Pct. Mártires Pátria 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 160	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
4	Av. Gago Coutinho - Pct. Ivens 2725 Bairro da Coopalme	Recolha Lateral 152	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
5	Av. Gago Coutinho - Pct. Caldas 2725 Bairro da Coopalme	Recolha Lateral 151	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
6	Rua Carlos Mota Pinto 2725 Bairro da Coopalme	Recolha Lateral 115	2:00 min. 2 unid. 345,60 kg
7	Rua Nuno Rodrigues dos Santos 2725 Bairro da Coopalme	Recolha Lateral 162	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
8	Rua Adelino Amaro da Costa, Lote C4 2725 Bairro da Coopalme	Recolha Lateral 109	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
9	Rua José Afonso, Lote 3A 2725 Urbanização do Pinhal Novo	Recolha Lateral 110	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
10	Rua Adelino Amaro da Costa, Lote B8 2725 Bairro da Coopalme	Recolha Lateral 111	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
11	Rua Adelino Amaro da Costa, Lote 3 2725 Urbanização do Pinhal Novo	Recolha Lateral 113	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
12	R José Brandão de Almeida, 7 2725 Urbanização do Pinhal Novo	Recolha Lateral 112	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
13	Rua José Afonso - rotunda 2725 Bairro da Coopalme	Recolha Lateral 161	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
14	Rua Francisco Sá Carneiro 2725 Bairro da Coopalme	Recolha Lateral 116	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
15	Av. Gago Coutinho - Pct. Paiva 2725 Bairro da Coopalme	Recolha Lateral 118	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
16	Av. Gago Coutinho, 13 2725 Mem Martins	Recolha Lateral 159	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
17	Rua Dr. Carlos Gomes, 3 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 174	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg

18	Rua Mário Madeira, 38 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 175	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
19	Rua João XXIII, 19 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 172	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
20	Av. João de Deus - Escolas 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 171	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
21	Av. João de Deus, Lote 7 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 176	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
22	Av. João de Deus, Lote 76 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 170	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
23	Rua Aquilino Ribeiro - Garagens 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 177	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
24	Rua Barbosa Du Bocage, Lote 51 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 165	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
25	Rua Pé da Serra, Lote 3 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 190	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
26	Av. Maria Lamas, Lote 77 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 189	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
27	Av. Fernando Pessoa, Lote 10 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 166	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
28	Av. João de Deus, Lote 92 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 168	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
29	Rua Vitorino Nemésio - Mercado 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 169	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
30	Rua das Minas - Jardim 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 124	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
31	Rua de Angola, 20 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 123	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
32	Rua de Angola - Garagens 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 122	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
33	Rua do Forte, Lote 22 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 182	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
34	Rua Américo Farinha – Pct. Pinheiros 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 181	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
35	Rua Américo Farinha - Mercado 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 180	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg

36	Av. Irene Lisboa - Quiosque 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 125	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
37	Av. Fernando Pessoa 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 167	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
38	Rua Jorge De Senna - FRENTE A* 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 193	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
39	Rua Ferreira de Castro - Descampado 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 192	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
40	Rua Barbosa Du Bocage, Lote 10 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 191	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
41	Rua dos Penedos Gordos, 6 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 139	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
42	Rua dos Penedos Gordos - Escola 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 120	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
43	Rua da Presa, 3 2725 Casais de Mem Martins	Recolha Lateral 119	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
44	Av. Maria Lamas, Lote 70 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 179	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
45	Av. Maria Lamas, Lote 41 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 178	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
46	R de Júpiter, Lote 8 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 186	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
47	Av. Via Láctea - Cabine da EDP 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 188	2:00 min. 2 unid. 403,20 kg
48	Rua de Úrano, Lote 13 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 187	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
49	Av. Via Láctea, Lote 40 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 185	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
50	Rua Planeta Mercúrio, Lote 33 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 184	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
51	Rua Américo Farinha - Jardim 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 183	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
52	Av. Dom João II, 40 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 201	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
53	Rua Rio – Lote baldio 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 204	1:00 min. 1 unid. 72,00 kg

54	Praceta António Aleixo 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 203	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
55	Rua do Sol, 10 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 121	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
56	Av. Infante Dom Henrique, 68 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 202	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
57	Rua Vasco da Gama, 29 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 199	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
58	Rua de Óscar Monteiro Torres 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 138	1:00 min. 1 unid. 252,00 kg
59	Rua Vasco da Gama - Escola Primária 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 198	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
60	Rua Bartolomeu Dias, 1 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 200	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
61	Av. Gago Coutinho, Lote 51 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 196	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
62	Av. Gil Eanes - Campo Futebol 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 84	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
63	Av. Dom João II, 11 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 197	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
64	Av. Gago Coutinho, Lote 88 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 82	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
65	Rua Jorge Castilho – rua sem saída 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 137	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
66	Rua Jorge Castilho – Parque Infantil 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 136	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
67	Av. Padre Alberto Neto – Junta Freguesia 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 195	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
68	Av. Padre Alberto Neto, Lote 92 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 194	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
69	Av. Padre Alberto Neto, Lote 11 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 83	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
70	Av. Gil Eanes - Mercado 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 132	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
71	Rua Gago Coutinho, 42 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 134	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg

72	Rua Gago Coutinho - Estalagem 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 135	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
73	Rua Diogo Cão, 65 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 133	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
74	Mercado Municipal 2635 Rio de Mouro	Recolha Lateral 131	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
75	Rua José Alfredo Costa Azevedo 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 173	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
76	Rua Francisco Costa, Lote 6 2735 Bairro Alegre	Recolha Lateral 129	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
Viagem para a TratoLixo		Subtotais: 89 unidades 19,56 toneladas	
77	Rua Francisco Costa 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 130	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
78	Av. Pedro Nunes – Escola Secundária 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 128	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
79	Calçada da Rinchoa – paragem bus 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 127	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
80	Rua das Camélias - Caixa da EDP 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 96	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
81	Rua das Camélias - Estacionamento 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 108	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
82	Calçada da Rinchoa – Estação CP 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 126	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
83	Calçada da Rinchoa - Igreja 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 94	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
84	Rua das Margaridas 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 93	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
85	Av. dos Plátanos 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 205	1:00 min. 1 unid. 172,80 kg
86	Estrada Marquês de Pombal - Clínica 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 90	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
87	Rua do Canavial - Cruzamento 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 101	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
88	Rua do Alecrim, 38 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 85	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg

89	Rua das Giestas, Lote 20 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 105	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
90	Rua das Giestas, 2 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 106	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
91	Rua Madre Silva 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 104	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
92	Rua da Pousada 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 103	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
93	Estrada Marquês de Pombal - C* 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 102	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
94	Rua Casal da Serra - Talho 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 89	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
95	Rua do Alecrim - Cabine da EDP 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 86	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
96	Rua do Alecrim, 27 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 87	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
97	Rua do Alecrim - Rua sem Saída 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 88	2:00 min. 2 unid. 403,20 kg
98	Rua Casal da Serra - Jardim 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 91	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
99	Rua Casal da Serra, 15A 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 92	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
100	Rua dos Malapados 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 95	2:00 min. 2 unid. 460,80 kg
101	Calçada da Rinchoa - Polisuper 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 100	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
102	Rua da Choupaninha - CGD 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 99	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
103	Rua da Capela – Depósito de Gás 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 98	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
104	Rua do Vale, 10 2635 Rinchoa	Recolha Lateral 97	1:00 min. 1 unid. 230,40 kg
Viagem para a TratoLixo			Subtotais: 39 unidades 8,81 toneladas

7.5 Anexo 5 – Exemplo de um relatório de direcções de percurso

Início em HPFM às 23:00.

Preparativos nas instalações de 10:00 min.

Começar circuito	na AVENIDA VINTE CINCO ABRIL	(1) às	23:10 Percorrer do dep.	1 Qrt	21 seg	0,23 km
Virar dir.	(N) na RUA VASCO GONÇALVES	(2) às	23:10 Percorrer do dep.	2 Qrts	19 seg	0,21 km
Virar esq.	(O) na RUA DA AVIAÇÃO PORTUGUESA	(4) às	23:11 Percorrer do dep.	14 Qrts	1:10 min	1,07 km
Em frente	(O) na [não disponível]	(18) às	23:12 Percorrer do dep.	1 Qrt	4 seg	0,06 km
Em frente	(NO) na N247	(19) às	23:12 Percorrer do dep.	25 Qrts	1:40 min	1,52 km
Em frente	(O) na [não disponível]	(44) às	23:14 Percorrer do dep.	2 Qrts	4 seg	0,06 km
Em frente	(NO) na N606-2	(46) às	23:14 Percorrer do dep.	5 Qrts	24 seg	0,34 km
Virar esq.	(SO) na [não disponível]	(51) às	23:14 Percorrer do dep.	1 Qrt	2 seg	0,03 km
Em frente	(O) na AVENIDA CINCO DE OUTUBRO	(52) às	23:14 Percorrer do dep.	14 Qrts	1:45 min	1,46 km
Em frente	(O) na RUA GUILHERME JACINTO	(66) às	23:16 Percorrer do dep.	4 Qrts	28 seg	0,39 km
Virar dir.	(NO) na N603	(70) às	23:16 Percorrer do dep.	7 Qrts	53 seg	0,89 km
Em frente	(NO) na AVENIDA MOINHOS ARNEIRO	(77) às	23:17 Percorrer do dep.	15 Qrts	34 seg	0,57 km
Virar esq.	(SO) na LARGO POÇO NOVO	(92) às	23:18 Percorrer do dep.	2 Qrts	4 seg	0,06 km
Em frente	(O) na ESTRADA CASAL-DOS-EIS	(94) às	23:18 Percorrer do dep.	3 Qrts	32 seg	0,49 km
Em frente	(O) na [não disponível]	(97) às	23:18 Percorrer do dep.	5 Qrts	23 seg	0,35 km
Em frente	(SO) na ESTRADA CASAL A-DOS-EIS	(102) às	23:19 Percorrer do dep.	2 Qrts	1:02 min	0,95 km
Em frente	(SO) na [não disponível]	(104) às	23:20 Percorrer do dep.	5 Qrts	38 seg	0,58 km
Em frente	(S) na RUA PICADA	(109) às	23:20 Percorrer do dep.	5 Qrts	22 seg	0,33 km
Virar dir.	(SO) na RUA CAMPO BOLA	(114) às	23:21 Percorrer do dep.	1 Qrt	6 seg	0,09 km
Em frente	(O) na N609	(115) às	23:21 Percorrer do dep.	2 Qrts	8 seg	0,11 km
Virar esq.	(SO) na RUA RIO	(117) às	23:21 Percorrer do dep.	1 Qrt	7 seg	0,08 km
Em frente	(SO) na RUA JUNCAIS	(118) às	23:21 Percorrer do dep.	5 Qrts	22 seg	0,25 km
Virar dir.	(SO) na TRAVESSA DO CAMINHO DOS MOLEIR	(123) às	23:21 Percorrer do dep.	2 Qrts	9 seg	0,11 km
Em frente	(SO) na TRAVESSA CAMINHOS MOLEIROS	(125) às	23:22 Percorrer do dep.	1 Qrt	4 seg	0,04 km
Em frente	(SO) na [não disponível]	(126) às	23:22 Percorrer do dep.	2 Qrts	22 seg	0,24 km
Em frente	(O) na [não disponível]	(128) às	23:22 Rec. dois lados	1 Qrt	36 seg	0,04 km
				1 Unid.	1 Cont.	36,00 kg
Em frente	(O) na [não disponível]	(129) às	23:23 Seguir sem recolher	2 Qrts	11 seg	0,12 km
Em frente	(O) na [não disponível]	(131) às	23:23 Rec. dois lados	1 Qrt	36 seg	0,15 km
				1 Unid.	1 Cont.	45,00 kg
Inverter	(E) na [não disponível]	(132) às	23:23 Seguir sem recolher	1 Qrt	13 seg	0,15 km
Virar dir.	(S) na AZINHAGA CAMINHO DOS MOLEIROS	(133) às	23:24 Rec. dois lados	1 Qrt	1:41 min	0,67 km
				2 Unid.	2 Cont.	117,00 kg
Em frente	(SO) na [não disponível]	(134) às	23:25 Seguir sem recolher	4 Qrts	25 seg	0,27 km
Em frente	(O) na [não disponível]	(138) às	23:26 Rec. dois lados	1 Qrt	1:05 min	0,09 km
				2 Unid.	1 Cont.	72,00 kg
Em frente	(SO) na RUA PINHAL SAUDADE	(139) às	23:27 Seguir sem recolher	1 Qrt	26 seg	0,29 km
Em frente	(O) na RUA PINHAL SAUDADE	(140) às	23:27 Rec. dois lados	1 Qrt	1:05 min	0,05 km
				2 Unid.	1 Cont.	90,00 kg