



Clara Henriques Leal  
Simões Pereira

Otimização de rotas em circuitos de recolha de  
resíduos sólidos urbanos





**Clara Henriques Leal  
Simões Pereira**

## **Otimização de rotas em circuitos de recolha de resíduos sólidos urbanos**

Relatório de Estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestrado em Engenharia Mecânica, realizado sob orientação científica de Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho, Professora Auxiliar com Agregação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, e de Fernando José Neto da Silva, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Aveiro.



**O júri / The jury**

Presidente / President

**Prof. Doutor Jorge Filipe Marto Bandeira**

Equipado a Investigador Auxiliar da Universidade de Aveiro

Arguente / Arguer

**Prof. Mestre Miguel da Silva Oliveira**

Assistente Convidado da Universidade do Aveiro

Equipa de  
orientação / Orientation team

**Prof. Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho**

Professora Auxiliar com Agregação da Universidade de Aveiro



## **Agradecimentos / Acknowledgements**

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus pais, irmã e familiares pelo apoio incondicional, por acreditarem no meu sucesso e por terem tornado isto possível.

À Professora Margarida Coelho e ao Professor Fernando Neto pela troca de ideias e ajuda na realização deste relatório de estágio.

À empresa Veolia por me ter proporcionado esta oportunidade de estar inserida no ramo do trabalho.

À Engenheira Petra Loureiro, minha supervisora na Veolia, por não só ter orientado, mas também por ter tido paciência comigo, mostrando novas realidades sobre o tema dos resíduos e ter tido disponibilidade para me ajudar sempre que tive alguma dificuldade.

Para todos os colegas de trabalho, particularmente à Rafaela Leitão e ao Engenheiro Rui Santos por terem trazido alegria para o escritório e por terem tornado esta aventura enriquecedora.

Um agradecimento especial a todos os meus amigos mais próximos por me apoiarem e acompanharem ao longo deste percurso... e que continuam sempre presentes nos bons e maus momentos.





*"I have not failed. I've just found 10,000 ways that won't work."*

Thomas A. Edison



## Palavras-chave

Resíduos Sólidos Urbanos; Gestão de resíduos; Otimização de rotas; Logística; Consumo de combustível; Impactos ambientais

## Resumo

A produção de resíduos é o resultado do uso de produtos nas atividades quotidianas, que deixam de ter proveito para o seu consumidor. Visto que esta ação é impossível de ser impedida ou anulada, torna-se uma das principais causas dos problemas ambientais em quase todos os países da União Europeia, sendo importante existir uma gestão eficiente e cumpridora com os requisitos legislativos estabelecidos para a recolha e transporte dos resíduos. Pode-se assim compreender que a otimização de recolha de resíduos consiste numa questão de elevada complexidade de resolução, envolvendo análise de redes de transporte.

Neste sentido, o projeto segue no âmbito do estágio realizado na empresa Veolia, o qual teve como finalidade a otimização das rotas de recolha dos resíduos indiferenciados no município de Aveiro. Note-se que foram sempre tidos em conta outros fatores a ele associados, nomeadamente, os custos operacionais, os intervalos de tempo de trabalho, os devidos consumos, entre outros.

O estudo é efetuado através da plataforma de gestão operacional *MOBA*, mais concretamente com o *software MawisU2*, que é fornecida pela empresa acolhedora. Este programa monitoriza, em tempo real, o serviço de recolha de resíduos. Com base nesta plataforma, foram desenvolvidas e estudadas diversas possibilidades de frotas de recolha de resíduos sólidos urbanos.

Com a implementação das propostas dos diferentes cenários de rotas para recolha de resíduos, foi possível obter melhorias nos resultados obtidos, nomeadamente nos tempos despendidos para a realização do trabalho. Esta otimização teve impactos diretos nos custos operacionais que levaram a uma diminuição significativa, assim como uma redução de 6% nos consumos e cerca de 6% nas emissões de CO<sub>2</sub>.

É de referir que o programa *MOBA*, apesar de apresentar algumas restrições de aplicação, como o facto de só um usuário poder ter a conta aberta, permitiu concluir que é uma ferramenta interessante e essencial para o processo de gestão de recolha de resíduos urbanos.



**Keywords**

Urban Solid Waste; Waste Management; Route optimization; Logistics; Fuel Consumption; Environmental impacts

**Abstract**

The production of waste is the result of the use of products in everyday activities, which no longer benefit their consumer. As this action is impossible to prevent or eliminate, it has become one of the main causes of environmental problems in almost all countries in the European Union. As it is important to have an efficient management system which complies with relevant legislation for the collection and transport of waste, it should be clearly understood that the optimisation of waste collection is a highly complex issue to resolve, involving the analysis of transport networks.

The main objective of this project, conducted in the context of an internship at the company Veolia, is to optimize the collection routes for undifferentiated waste in the municipality of Aveiro. It should be noted that all intervening variables or associated factors, such as operating costs, working time intervals, consumption, among others, have been considered.

The study has been carried out using the operational management platform, MOBA, more specifically with the software MawisU2, which has been provided by the host company. This programme monitors the waste collection service in real time. Using this platform, several possibilities for urban solid waste collection fleets have been developed and studied.

With the implementation of the proposals of the different scenarios of routes for waste collection, it has been possible to achieve improvements in the results obtained, particularly in the time spent to carrying out the work. This optimization had direct impacts on operating costs, which led to a significant decrease, as well as a 6% reduction in consumption and around 6% in CO<sub>2</sub> emissions.

It is worth mentioning that the MOBA program, despite having some restrictions in its application, such as the fact that only one user can have the account open at a time, has allowed us to conclude that it is an interesting and essential tool for the urban waste collection management process.



# Índice

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1      | Enquadramento . . . . .  | 1         |
| 1.2      | Legislação . . . . .   | 3         |
| 1.3      | Objetivos gerais do trabalho . . . . .                         | 3         |
| 1.4      | Organização do documento . . . . .                             | 4         |
| <b>2</b> | <b>Contextualização do projeto</b>                             | <b>5</b>  |
| 2.1      | Gestão de resíduos em Portugal . . . . .                       | 5         |
| 2.2      | Caracterização do Município . . . . .                          | 6         |
| 2.2.1    | Evolução populacional . . . . .                                | 7         |
| 2.2.2    | Estrutura urbanística . . . . .                                | 7         |
| 2.3      | Descrição da entidade acolhedora . . . . .                     | 8         |
| 2.3.1    | Organização . . . . .  | 9         |
| 2.3.2    | Equipamentos de recolha e transporte . . . . .                 | 9         |
| 2.3.3    | Equipamentos de deposição de resíduos . . . . .                | 12        |
| 2.3.4    | Serviços prestados . . . . .                                   | 14        |
| 2.3.5    | A energia na empresa . . . . .                                 | 19        |
| <b>3</b> | <b>Conceitos teóricos aplicados ao tema</b>                    | <b>23</b> |
| 3.1      | Classificação e Caracterização dos resíduos . . . . .          | 23        |
| 3.1.1    | Classificação . . . . .  | 23        |
| 3.1.2    | Caracterização . . . . .                                       | 25        |
| 3.2      | Fatores que influenciam a produção e a produtividade . . . . . | 25        |
| 3.2.1    | A produção de resíduos . . . . .                               | 25        |
| 3.2.2    | A produtividade dos circuitos de recolha . . . . .             | 26        |
| 3.3      | Impactos provocados pelos resíduos . . . . .                   | 27        |
| 3.4      | Procedimento de gestão de resíduos . . . . .                   | 28        |
| 3.5      | Sistemas de informação geográfica . . . . .                    | 30        |
| 3.5.1    | Estudos desenvolvidos . . . . .                                | 30        |
| 3.5.2    | Aplicações dos SIG nos sistemas de gestão de RSU . . . . .     | 31        |
| 3.6      | Análise de redes . . . . .                                     | 31        |
| 3.6.1    | Teoria dos grafos . . . . .                                    | 32        |
| 3.6.2    | Diferentes tipos de VRP . . . . .                              | 35        |
| 3.6.3    | Métodos de otimização de rotas . . . . .                       | 37        |
| 3.6.4    | Estudos desenvolvidos . . . . .                                | 38        |
| 3.7      | Indicadores de gestão de resíduos . . . . .                    | 39        |
| 3.8      | Motivação . . . . .  | 39        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>4</b> | <b>Metodologia</b>                                   | <b>41</b>  |
| 4.1      | Visão geral . . . . .                                | 41         |
| 4.2      | Definição de cenários . . . . .                      | 42         |
| 4.3      | Programas e aplicações disponibilizados . . . . .    | 42         |
| 4.3.1    | MawisU2 . . . . .                                    | 42         |
| 4.3.2    | Volvo Connect . . . . .                              | 48         |
| 4.4      | Procedimento da análise . . . . .                    | 51         |
| 4.5      | Trabalho no terreno . . . . .                        | 53         |
| 4.6      | Metodologia dos Indicadores . . . . .                | 55         |
| <b>5</b> | <b>Desenvolvimento e análise dos resultados</b>      | <b>57</b>  |
| 5.1      | Circuitos da ERSUC Lda. . . . .                      | 57         |
| 5.2      | Circuitos de recolha de RSU . . . . .                | 59         |
| 5.2.1    | Estudo de sobreposições . . . . .                    | 59         |
| 5.2.2    | REC 01 . . . . .                                     | 61         |
| 5.2.3    | REC 06 . . . . .                                     | 63         |
| 5.2.4    | Estudo dos contentores . . . . .                     | 66         |
| 5.3      | Circuitos porta-a-porta . . . . .                    | 67         |
| 5.3.1    | Recolha seletiva . . . . .                           | 67         |
| 5.3.2    | Concurso Jerónimo Martins . . . . .                  | 72         |
| 5.4      | Discussão . . . . .                                  | 73         |
| <b>6</b> | <b>Melhoria na eficiência da empresa</b>             | <b>77</b>  |
| 6.1      | Relatório operacional . . . . .                      | 77         |
| 6.2      | Banco de horas . . . . .                             | 78         |
| 6.3      | Manutenção dos equipamentos . . . . .                | 79         |
| 6.4      | Placa de aviso . . . . .                             | 79         |
| <b>7</b> | <b>Conclusões e sugestões para trabalhos futuros</b> | <b>81</b>  |
| 7.1      | Síntese conclusiva . . . . .                         | 81         |
| 7.2      | Principais limitações e recomendações . . . . .      | 83         |
| 7.3      | Sugestões para trabalhos futuros . . . . .           | 84         |
| <b>A</b> | <b>Anexos</b>  | <b>89</b>  |
| <b>B</b> | <b>Propostas de Alterações</b>                       | <b>93</b>  |
| B.1      | Recolha de RSU . . . . .                             | 93         |
| B.2      | Proposta de posição dos contentores . . . . .        | 94         |
| B.3      | Recolha Seletiva . . . . .                           | 94         |
| <b>C</b> | <b>Layout dos documentos criados</b>                 | <b>107</b> |



# Lista de Tabelas

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 2.1  | Caracterização geográfica e sociodemográfica do município de Aveiro em 2022 [14]. . . . .             | 8   |
| 2.2  | Viaturas e capacidade volumétrica de transporte. . . . .  | 10  |
| 2.3  | Número de contentores por freguesia. . . . .  | 14  |
| 2.4  | Especificações dos circuitos realizados no município de Aveiro. . . . .                               | 16  |
| 2.5  | Elementos dos circuitos de recolha de RU indiferenciados. . . . .                                     | 16  |
| 2.6  | Quantidades recolhidas no ano 2021. . . . .   | 19  |
| 2.7  | Comparação entre os anos 2019, 2020 e 2021. . . . .   | 20  |
| 2.8  | Comparação entre os anos 2019 e 2020 e comparação entre 2020 e 2021. . . . .                          | 20  |
| 4.1  | Indicadores de produtividade dos circuitos selecionados. . . . .                                      | 55  |
| 5.1  | Caracterização geográfica e sociodemográfica do município de Águeda [56]. . . . .                     | 58  |
| 5.2  | Tipologia e respetiva quantidade dos ecopontos. . . . .   | 59  |
| 5.3  | Proposta da distribuição das freguesias por zonas. . . . .  | 59  |
| 5.4  | Resultados obtidos por um camião e para uma noite, evitando sobreposições. . . . .                    | 60  |
| 5.5  | Resultados dos percursos na Zona de Oita, Cenário 0 e Cenário 1. . . . .                              | 61  |
| 5.6  | Resultados dos percursos para recolher os moloks, Cenário 0 e Cenário 1. . . . .                      | 62  |
| 5.7  | Melhorias resultantes da troca de contentores para cada circuito. . . . .                             | 66  |
| 5.8  | Informações sobre a ordem e resultados dos circuitos simulados para as 2 <sup>a</sup> feiras. . . . . | 70  |
| 5.9  | Tabela filtrada do TSP para as 2 <sup>a</sup> feiras. . . . .   | 71  |
| 5.10 | Resultado do <i>Solver</i> para as 2 <sup>a</sup> feiras. . . . .                                     | 71  |
| 5.11 | Comparação do Cenário 0 com o Cenário 1 para as 2 <sup>a</sup> feiras. . . . .                        | 72  |
| B.1  | Lista dos contentores que foram enviadas à CMA. . . . .   | 94  |
| B.2  | Informações sobre a ordem e resultados dos circuitos simulados para as 3 <sup>a</sup> feiras. . . . . | 95  |
| B.3  | Tabela filtrada do TSP para as 3 <sup>a</sup> feiras. . . . .   | 96  |
| B.4  | Resultado do <i>Solver</i> para as 3 <sup>a</sup> feiras. . . . .                                     | 96  |
| B.5  | Comparação do Cenário 0 com o Cenário 1 para as 3 <sup>a</sup> feiras. . . . .                        | 97  |
| B.6  | Informações sobre a ordem e resultados dos circuitos simulados para as 4 <sup>a</sup> feiras. . . . . | 98  |
| B.7  | Tabela filtrada do TSP para as 4 <sup>a</sup> feiras. . . . .   | 99  |
| B.8  | Resultado do <i>Solver</i> para as 4 <sup>a</sup> feiras. . . . .                                     | 99  |
| B.9  | Comparação do Cenário 0 com o Cenário 1 para as 4 <sup>a</sup> feiras. . . . .                        | 99  |
| B.10 | Informações sobre a ordem e resultados dos circuitos simulados para as 5 <sup>a</sup> feiras. . . . . | 101 |

|   |     |
|---|-----|
| B.11 Tabela filtrada do TSP para as 5 <sup>a</sup> feiras. . . . .  | 101 |
| B.12 Resultado do <i>Solver</i> para as 5 <sup>a</sup> feiras. . . . .  | 101 |
| B.13 Comparação do Cenário 0 com o Cenário 1 para as 5 <sup>a</sup> feiras. . . . .                           | 102 |
| B.14 Informações sobre a ordem e resultados dos circuitos simulados para as 6 <sup>a</sup><br>feiras. . . . . | 104 |
| B.15 Tabela filtrada do TSP para as 6 <sup>a</sup> feiras. . . . .  | 104 |
| B.16 Resultado do <i>Solver</i> para as 6 <sup>a</sup> feiras. . . . .  | 104 |
| B.17 Comparação do Cenário 0 com o Cenário 1 para as 6 <sup>a</sup> feiras. . . . .                           | 105 |

# Lista de Figuras

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1.1  | Evolução da quantidade de RU produzidos por dia [1]. . . . .   | 2  |
| 1.2  | Recolha e Tratamento dos RSU. . . . .  | 2  |
| 2.1  | Mapa da distribuição dos SGRU em Portugal Continental [9]. . . . .                                   | 6  |
| 2.2  | Mapa das freguesias do Município de Aveiro [14]. . . . .   | 7  |
| 2.3  | Evolução da população do município de Aveiro entre 1960 e 2021 [16]. . . . .                         | 7  |
| 2.4  | Vista aérea da empresa Veolia Aveiro (Fonte: <i>Google Earth</i> ). . . . .                          | 9  |
| 2.5  | Viaturas de recolha de RU sem grua. . . . .  | 10 |
| 2.6  | Viaturas de recolha de monos e verdes. . . . .   | 11 |
| 2.7  | Viaturas utilizadas na varredura mecânica. . . . .   | 11 |
| 2.8  | Viatura lava contentores com grua. . . . .   | 12 |
| 2.9  | Contentor de recolha indiferenciada de 1100L. . . . .  | 13 |
| 2.10 | Contentores de recolha seletiva (ecopontos) [11]. . . . .  | 13 |
| 2.11 | Contentores enterrados (esquerda) e semienterrados (direita) [19; 20]. . . . .                       | 14 |
| 2.12 | Consumos da recolha de RSU relativamente aos consumos totais no ano 2021. . . . .                    | 21 |
| 3.1  | Caracterização dos resíduos em Portugal Continental, em 2020 [9]. . . . .                            | 25 |
| 3.2  | Rácio entre os resíduos urbanos recolhidos e o PIB [22]. . . . .                                     | 26 |
| 3.3  | Esboço da cidade de Königsberg. . . . .  | 32 |
| 3.4  | Grafo que representa a cidade de Königsberg. . . . .   | 33 |
| 3.5  | Grafo orientado. . . . .   | 33 |
| 3.6  | Relação entre as diferentes variáveis de CVRP [45]. . . . .  | 36 |
| 3.7  | Árvore do método Branch and Bound [48]. . . . .  | 37 |
| 3.8  | O procedimento de economia de <i>Clark e Wright</i> . . . . .  | 38 |
| 4.1  | Esquema global das etapas empregues na metodologia (Fonte: <i>MawisU2</i> ). . . . .                 | 41 |
| 4.2  | Posicionamento em tempo real da frota da Veolia (Fonte: <i>MawisU2</i> ). . . . .                    | 43 |
| 4.3  | Informações acerca de um contentor recolhido (Fonte: <i>MawisU2</i> ). . . . .                       | 44 |
| 4.4  | Localização dos contentores e o trajeto do circuito selecionado no <i>software MawisU2</i> . . . . . | 45 |
| 4.5  | Botoneira de registo de incidências dos camiões de recolha da Veolia. . . . .                        | 46 |
| 4.6  | Exemplo de uma das limitações na criação de um trajeto (Fonte: <i>MawisU2</i> ). . . . .             | 49 |
| 4.7  | Relatório global (Fonte: <i>Volvo Connect</i> ). . . . .   | 50 |
| 4.8  | Pontuação total da frota durante o ano 2021 (Fonte: <i>Volvo Connect</i> ). . . . .                  | 51 |
| 4.9  | Excerto de registo de serviço de recolha de uma viatura (Fonte: <i>MawisU2</i> ). . . . .            | 52 |
| 4.10 | Exemplo de uma parte do estudo do contentor 6842 (imagem editada no programa <i>MOBA</i> ). . . . .  | 53 |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 4.11 | Exemplo de uma parte do estudo do contentor 6842 (a cinzento representa falha de comunicação do GPS).   | 54  |
| 4.12 | Tabela resumo do contentor 6842.  | 54  |
| 5.1  | Vista de satélite de Águeda, assinalado as freguesias e locais dos ecopontos no programa <i>Google Earth</i> [57].  | 58  |
| 5.2  | Casos de sobreposição dos circuitos noturnos (imagem editada no programa <i>MOBA</i> ).   | 60  |
| 5.3  | Cenário 0 das 2 <sup>a</sup> feiras, 4 <sup>a</sup> feiras e 6 <sup>a</sup> feiras (análise via <i>MawisU2</i> ).   | 61  |
| 5.4  | Zona de Oita, Cenário 0 (esquerda) e Cenário 1 (direita), análise feita no <i>GoogleMy Maps</i> .   | 62  |
| 5.5  | Recolha dos moloks, Cenário 0 (esquerda) e Cenário 1 (direita), análise feita no <i>GoogleMy Maps</i> .   | 63  |
| 5.6  | Cenário 0 das 2 <sup>a</sup> feiras, 4 <sup>a</sup> feiras e 6 <sup>a</sup> feiras (análise via <i>MawisU2</i> ).   | 64  |
| 5.7  | Recolha na zona da Azurva, Cenário 0 (esquerda) e Cenário 1 (direita), análise feita no <i>GoogleMy Maps</i> .  | 65  |
| 5.8  | Trajetos realizado no <i>GoogleMy Maps</i> para as 2 <sup>a</sup> feiras.   | 68  |
| 5.9  | Painel do programa para selecionar a informação (Fonte: <i>MawisU2</i> ).   | 68  |
| 5.10 | Trajetos simulados no <i>Moba</i> para as 2 <sup>a</sup> feiras.  | 69  |
| 5.11 | Comparação entre <i>Google</i> e <i>Moba</i> .  | 69  |
| 5.12 | Portagens instalados na A25, análise feita no <i>Google Earth</i> .   | 70  |
| 5.13 | Exemplos de criação de grupos, análise feita no <i>Google Earth</i> .   | 71  |
| 5.14 | Locais assinalados no <i>Google Earth</i> das instalações da Zona 7.  | 73  |
| 5.15 | Comparação dos consumos, ao fim de 1 ano.   | 74  |
| 5.16 | Comparação das emissões libertadas ao fim de 1 ano.   | 74  |
| 5.17 | Comparação dos tempos de serviço ao fim de 1 ano.   | 75  |
| 5.18 | Comparação das distâncias percorridas ao fim de 1 ano.  | 75  |
| A.1  | Viaturas ligeiras de fiscalização e o carrinho de mão fornecido aos cantoneiros.  | 89  |
| A.2  | Sistema de encaixe <i>Pivot DIN</i> , <i>Asa Oscher</i> e Frontal de um contentor de papelque se encontrava no Parque de Exposições para os preparativos da Feira de Março. | 90  |
| A.3  | Processo de classificação de resíduos [1].  | 91  |
| A.4  | Acompanhamento num circuito de recolha seletiva em Águeda.  | 92  |
| B.1  | Análise no <i>Moba</i> da existência de sobreposições dos circuitos noturnos.   | 93  |
| B.2  | Trajetos simulados no <i>Moba</i> para as 3 <sup>a</sup> feiras (programa auxílio: <i>Google Earth</i> ).   | 95  |
| B.3  | Trajetos realizado no <i>GoogleMy Maps</i> para as 3 <sup>a</sup> feiras (programa auxílio: <i>Google Earth</i> ).  | 96  |
| B.4  | Trajetos simulados no <i>Moba</i> para as 4 <sup>a</sup> feiras (programa auxílio: <i>Google Earth</i> ).   | 97  |
| B.5  | Trajetos realizado no <i>GoogleMy Maps</i> para as 4 <sup>a</sup> feiras (programa auxílio: <i>Google Earth</i> ).  | 98  |
| B.6  | Trajetos simulados no <i>Moba</i> para as 5 <sup>a</sup> feiras (programa auxílio: <i>Google Earth</i> ).   | 100 |
| B.7  | Trajetos realizado no <i>GoogleMy Maps</i> para as 5 <sup>a</sup> feiras (programa auxílio: <i>Google Earth</i> ).  | 100 |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| B.8 | Trajetos simulados no <i>Moba</i> para as 6 <sup>a</sup> feiras (programa auxílio: <i>Google Earth</i> ). . . . .             | 102 |
| B.9 | Trajetos realizado no <i>GoogleMy Maps</i> para as 6 <sup>a</sup> feiras (programa auxílio: <i>Google Earth</i> ). . . . .    | 103 |
| C.1 | Novo menu estruturado (programa auxílio: <i>Google Sheets</i> ). . . . .  | 107 |
| C.2 | Menu do documento para se anotar as informações da Ersuc (programa auxílio: <i>Google Sheets</i> ). . . . .                   | 107 |
| C.3 | <i>Layout</i> da primeira secção do ficheiro Banco de horas (programa auxílio: <i>Google Sheets</i> ). . . . .                | 108 |
| C.4 | <i>Layout</i> da segunda secção do ficheiro Banco de horas (programa auxílio: <i>Google Sheets</i> ). . . . .                 | 108 |
| C.5 | <i>Layout</i> da terceira secção do ficheiro Banco de horas, “Informações” (programa auxílio: <i>Google Sheets</i> ). . . . . | 109 |
| C.6 | <i>Layout</i> do separador do controlo das manutenções pelas viaturas (programa auxílio: <i>Google Sheets</i> ). . . . .      | 109 |
| C.7 | Placa de auxílio nos circuitos de lavagem de contentores. . . . .   | 110 |



# Lista de Acrónimos e Abreviaturas

- ARP** Problema de Rotas em Arcos/*Arc Routing Problem*
- CE** Caderno de Encargos
- CPP** Problema do Carteiro Chinês/*Chinese Postman Problem*
- CVRP** Problema de Percursos de Veículos Capacitados/*Capacitated Vehicle Routing Problem*
- DL** Decreto Lei
- GEE** Gases de Efeito de Estufa
- GPS** Sistema de Positionamento/*Global Position System*
- LER** Lista Europeia de Resíduos
- MTSP** Problema dos Múltiplos Caixeiros-Viajantes/*Multiple Travelling Salesmen Problems*
- NRP** Problema de Rotas em Nós/*Node Routing Problem*
- PIB** Produto Interno Bruto
- POPs** Poluentes Orgânicos Persistentes
- REEE** Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos
- RSU** Resíduos Sólidos Urbanos
- RU** Resíduos Urbanos
- SIG** Sistema de Informação Geográfica
- TSP** Problema do Caixeiro-Viajante/*Travelling Salesmen Problem*
- UE** União Europeia
- VRP** Problema de Percorso de Veículos/*Vehicle Routing Problem*

**VRPB** Problema de Percursos de Veículos com Backhaul/ *Vehicle Routing Problems with Backhauls*

**VRPBTW** Problema de Percorso de Veículos com Backhaul e Janelas Temporais / *Vehicle Routing Problems with Backhauls and Time Windows*

**VRPDTW** Problema de Percorso de Veículos com Recolha e Entrega e Janelas Temporais / *Vehicle Routing Problems with Pickups and Deliveries and Time Windows*

**VRPPD** Problema de Percorso de Veículos com Recolha e Entrega/ *Vehicle Routing Problems with Pickups and Deliveries*

**VRPTW** Problema de Percursos de Veículos com Janelas Temporais/ *Vehicle Routing Problem with Time Windows*





# Capítulo 1

## Introdução

Este capítulo incide sobre a introdução do trabalho, em que será apresentado o enquadramento que permitirá uma melhor compreensão do estudo e a sua relevância, bem como os objetivos gerais propostos.

### 1.1 Enquadramento

A produção de resíduos é algo que afeta todos, visto que cada cidadão participa nesta atividade, quer no seu consumo, quer na sua geração. Por outras palavras, os resíduos sólidos urbanos (RSU) são uma consequência da ação humana. Estes apresentam uma natureza bastante diversificada pois assumem diversas formas, componentes e propriedades, tanto físicas como químicas.

A população portuguesa em geral, não apresenta uma cultura de interesse no destino dos resíduos, tendo por isto a indispensabilidade dos serviços de recolimento. Uma vez recolhidos, para muitos cidadãos, o problema já fica resolvido. Este pensamento tem como consequência a falta de curiosidade na redução significativa da geração de resíduos, na preservação de recursos naturais e nos mecanismos de eliminação, a menos que estes apresentem uma ameaça para a sociedade.

A produção de RSU tem evoluído significativamente nas últimas décadas e está relacionada com o aumento da qualidade de vida dos cidadãos. Como se pode observar na Figura 1.1, em 2020 foram produzidas em Portugal continental cerca de 5 milhões de toneladas de resíduos urbanos (RU), o que corresponde a uma produção diária de 1.40 kg por habitante, em outras palavras, cada município contribui com 513 kg ao fim de um ano [1].

Na União Europeia (UE), são registados anualmente cerca de 3 mil milhões de toneladas de resíduos [2]. Face a esta excessiva produção de resíduos, surgem consequências ambientais, tais como, a contaminação das águas, dos solos e do ar [3]. Neste sentido, levantam-se questões no que toca à eficiência do sistema de gestão dos resíduos.

Para garantir uma gestão de resíduos eficaz, há que controlar de forma eficiente os problemas relativos à circulação das viaturas. Uma das vertentes desta gestão, reside na capacidade de obtenção de rotas otimizadas. Isto é, a escolha de uma frota e a opção do veículo adequados proporcionam maior rendimento dos serviços prestados e uma consequente redução significativa quer economicamente quer nas emissões: cerca de 45% e 25%, respetivamente [4].

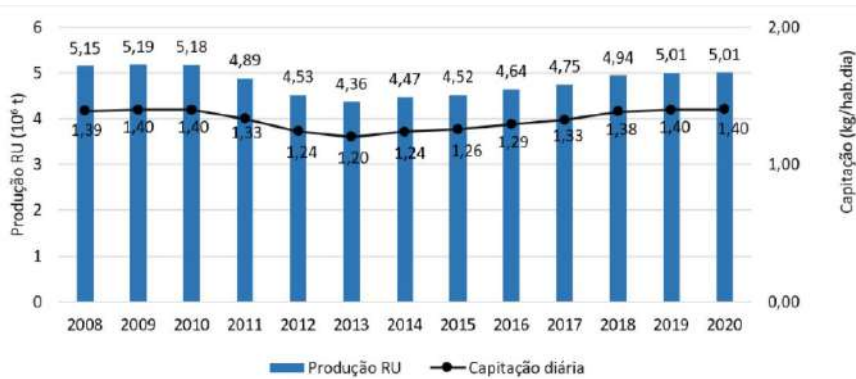


Figura 1.1: Evolução da quantidade de RU produzidos por dia [1].

O sistema de gestão dos RSU é dividido consoante o tipo de atividade desenvolvida, em dois grupos distintos: atividade em baixa e atividade em alta. As **entidades em baixa** estão responsáveis pela recolha indiferenciada, isto é, recolher resíduos sem prévia seleção que podem ser recolhidos diretamente dos contentores ou pelo processo porta-a-porta. De seguida, são transportados até centros de tratamento até cumprirem a sua finalidade. As **entidades em alta**, por sua vez, estão responsáveis pelas pela recolha seletiva, ou seja, recolher os resíduos que anteriormente sofreram uma separação por parte do consumidor (como por exemplo a separação da matéria orgânica, vidro, papel, plástico, entre outros). Após recolhidos sofrem processos de separação, valorização, reciclagem, compostagem ou deposição em aterros sanitários. [5]

A Figura 1.2 exemplifica o esquema do fluxo de recolha de RSU e da recolha das entidades em baixa e em alta.

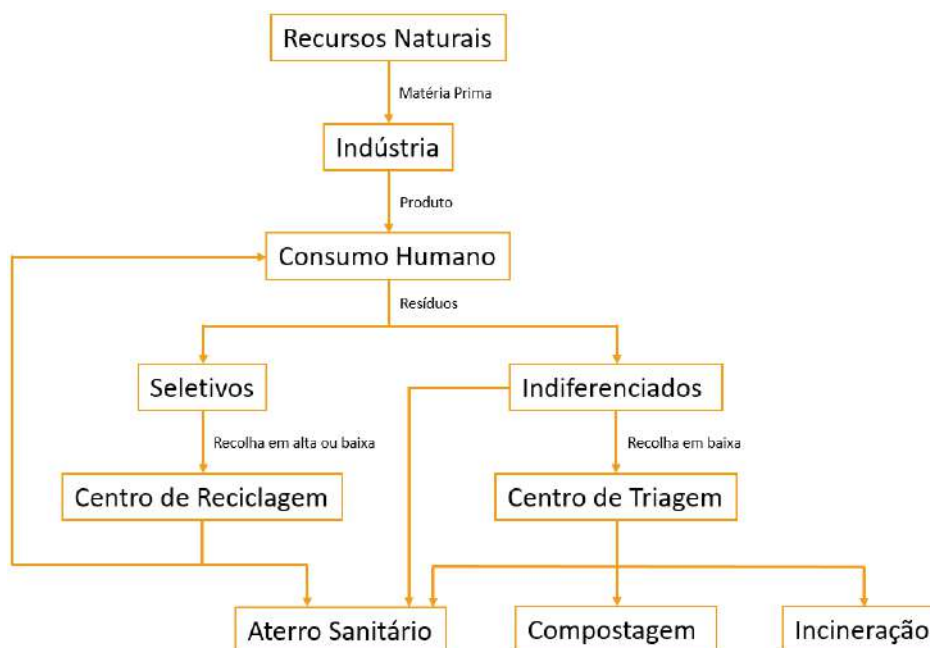


Figura 1.2: Recolha e Tratamento dos RSU.

Independentemente do sistema de recolha de RSU realizado, é necessário interpretar e analisar diversas informações para a otimização das rotas. Com o auxílio dos sistemas de informação geográfica (SIG) é possível armazenar, extrair, criar e monitorizar dados tanto à localização e características dos ecopontos como também, aos custos e consumos das rotas efetuadas [6].

A análise cuidada dos resultados permite a perceção dos possíveis problemas causados nas rotas de recolha dos RSU, e com base nestes, otimizá-las de modo a obter melhores resultados a nível de consumos, tempos, custos e emissões.

## 1.2 Legislação

Nesta secção procura-se identificar os principais documentos legais e estratégicos relativos à recolha e transporte de resíduos sólidos urbanos. A legislação nacional assume um papel de elevada importância na conservação dos recursos naturais e na gestão de resíduos. Assim, para a elaboração deste trabalho é necessário ter em conta os seguintes documentos:

- Decreto-Lei (DL) n.º 178/2006 de 5 de setembro, alterado pela nova versão, Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro. Este documento estabelece regras de gestão de resíduos, definindo-os e classificando-os (mais aprofundado na Secção da classificação e caracterização).

- DL n.º 194/2009 de 20 de agosto, que estabelece o regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos. Este documento regula o posicionamento dos contentores.

- Portaria n.º 209/2004, de 3 de março. A Lista Europeia de Resíduos (LER), publicada pela Decisão 2014/955/UE, da Comissão, de 18 de dezembro, que altera a decisão 2000/532/CE, da Comissão, de 3 de maio, diz respeito a uma lista de resíduos codificados de forma a ser mais fácil a sua identificação segundo a sua classificação a nível europeu (mais aprofundado na Secção da classificação e caracterização). [1]

- Portaria 335/1997, de 16 de maio. Este documento regula o transporte de resíduos em território nacional.

- Lei n.º 11/87, de 7 de abril, renovada pela Lei n.º 19/2014, de 14 de abril. A lei de Bases do Ambiente estabelece os princípios fundamentais destinados a gerir e a proteger o ambiente contra todas as formas de degradação e poluição, valorizando o uso dos recursos naturais de maneira a serem obtidas melhores condições de vida para as populações respeitando o meio ambiente.

- Despacho n.º 4242/2020, de 7 de abril. Determina a elaboração do Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR 2030) e do Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU 2030). Assim, este despacho estabelece novos objetivos e metas que devem ser atingidas no futuro.

## 1.3 Objetivos gerais do trabalho

O presente trabalho tem como objetivo principal a otimização de rotas em circuitos de recolha de resíduos sólidos urbanos, de modo a otimizar os consumos de combustíveis e as emissões libertadas das viaturas utilizadas pela empresa. Na sequência do referido, foram designados os seguintes objetivos específicos a alcançar no decorrer do estágio:

- Levantamento das informações e soluções já existentes no mercado;
- Perceber e estudar o ponto de situação do setor de gestão de resíduos prestados pela entidade acolhedora;
- Identificar os principais fatores com influência neste estudo;
- Definir critérios de otimização de rotas (tais como os custos operacionais, tempos de trabalho, consumos energéticos e emissões de GEE);
- Desenvolver uma proposta de melhoria que otimize todos os parâmetros;
- Avaliar a contribuição das propostas de otimização realizadas.

## 1.4 Organização do documento

O estágio curricular teve uma duração de seis meses e é composto por um total de sete capítulos.

Neste capítulo introdutório é feito o enquadramento do tema em estudo e são expostos os documentos legislativos e os objetivos do estágio curricular.

O capítulo 2 visa fornecer uma breve revisão geral do município e da empresa onde o projeto foi realizado, bem como uma abordagem às diferentes operações de gestão de resíduos urbanos.

Já o capítulo 3 engloba o estudo de toda a pesquisa realizada sobre os conceitos mais importantes relativos ao tema deste relatório de estágio.

O capítulo 4 concentra-se numa descrição mais completa da metodologia e dos passos dados para atingir os objetivos, assim como as ferramentas disponibilizadas para este trabalho e as suas limitações.

As soluções que foram desenvolvidas e os respetivos resultados obtidos ao longo do projeto são apresentadas no capítulo 5.

O capítulo 6 foca-se na melhoria da eficiência da operação através de ferramentas como o *Excel* e *Google Sheets*, que permitem reunir e organizar os dados adquiridos em todos os processos realizados, para uma posterior análise.

Por fim, o capítulo 7, reúne um breve resumo dos resultados obtidos, as conclusões retiradas do estudo realizado e ainda sugestões para trabalhos futuros, relacionados com o tema do trabalho.

## Capítulo 2

# Contextualização do projeto

Este capítulo pretende descrever o município em estudo contextualizando sobre a evolução populacional e sobre a estrutura urbanística do mesmo. De seguida, é descrito como é feita a gestão dos resíduos em Portugal e que empresas se encontram em ativo no município. Por fim, a empresa acolhedora é introduzida, dando ênfase aos diversos equipamentos usados, seguida por uma explicação dos serviços prestados e finalizando com uma análise dos consumos da empresa.

### 2.1 Gestão de resíduos em Portugal

Em Portugal, como praticamente todos os países, a gestão dos resíduos sólidos urbanos é uma tarefa que requer uma complexidade elevada devido a fatores como o aumento da taxa de produção de resíduos por capita e a diminuição dos potenciais locais para infraestruturas de eliminação.

Os Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU) são entidades desenvolvidas e focalizadas para estudar e analisar devidamente todos os processos necessários para se recolher e selecionar devidamente qual é o destino final dos RU recolhidos de forma indiferenciada. Na Figura 2.1 estão representados os Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos existentes em Portugal Continental.

Presentemente existem 23 SGRU, 12 sistemas multimunicipais e 11 sistemas intermunicipais. Visto que as áreas abrangidas, a quantidade e hábitos dos munícipes, as características das freguesias dos municípios e as condições socioeconómicas são diferentes, isto provoca alterações noutros pontos como na produção de resíduos. Um exemplo claro é quando existe uma alteração drástica do tipo de resíduos que é produzido, pois isto afeta no processo de tratamento, valorização e eliminação (como por exemplo na alteração dos equipamentos usados). [7]

#### **Em Aveiro**

A gestão de resíduos no concelho de Aveiro está ao encargo das autarquias, neste caso, da Câmara Municipal de Aveiro (CMA) que, por sua vez, responsabiliza outras entidades dotadas de condições técnicas e humanas para a proceder às tarefas de gestão, recolha e tratamento dos resíduos. Essas companhias podem obter meios e freguesias distintos, mas complementam-se mutuamente de forma a cumprir a mesma finalidade: uma melhor qualidade de vida das pessoas. [7]



Figura 2.1: Mapa da distribuição dos SGRU em Portugal Continental [9].

A SUMA é uma empresa privada pertencente ao Grupo Mota-Engil e Urbaser, que tem como objetivo a recolha e entrega dos resíduos do município à ERSUC Lda., educação e sensibilização ambiental, análises laboratoriais a resíduos e águas, gestão e tratamento de resíduos, e ainda pela realização da limpeza urbana. [10]

Já a empresa ERSUC Lda. tem como tarefas a recolha seletiva dos resíduos depositados nos ecopontos e serviços de recolha porta-a-porta em zonas específicas de algumas cidades, de forma a promover o aumento da recolha de materiais possíveis a serem reciclados. Adicionalmente, tem como missão assegurar o tratamento, valorização e destino final dos resíduos produzidos, respeitando adequadamente cada processo. A ERSUC Lda., sendo uma empresa multimunicipal, abrange um leque de diversos municípios pertencentes à Região Centro, especificamente, está responsável por 36 municípios, o que equivale a cerca de 1 milhão de habitantes. Em relação ao município de Aveiro, a empresa privada Veolia (será explicada na secção 2.3), entrega os resíduos recolhidos à ERSUC Lda. Esta certifica-se que são tratados de forma mais apropriada. [11]

Existem outros operadores que se responsabilizam pela recolha de resíduos mais específicos, nomeadamente, a Wippylex está encarregue da recolha seletiva de roupas usadas, a Prio Energy recolhe óleos alimentares usados, da mesma forma que outras recolhem pilhas portáteis, lâmpadas, pneus, etc. [12; 13]

## 2.2 Caracterização do Município

O município de Aveiro, situado na Região Centro, no litoral norte de Portugal Continental e pertence à sub-região do Baixo-Vouga. A cidade, sede de conselho e capital de distrito, divide-se segundo estas freguesias: São Jacinto, União de Freguesias de Glória e Vera Cruz, Cacia, Esgueira, Aradas, São Bernardo, Santa Joana, União de Freguesias de Eixo e Eirol, Oliveirinha e por fim, a União de Freguesias de Requeixo, Nossa Senhora de Fátima e Nariz (Figura 2.2). [7; 14]

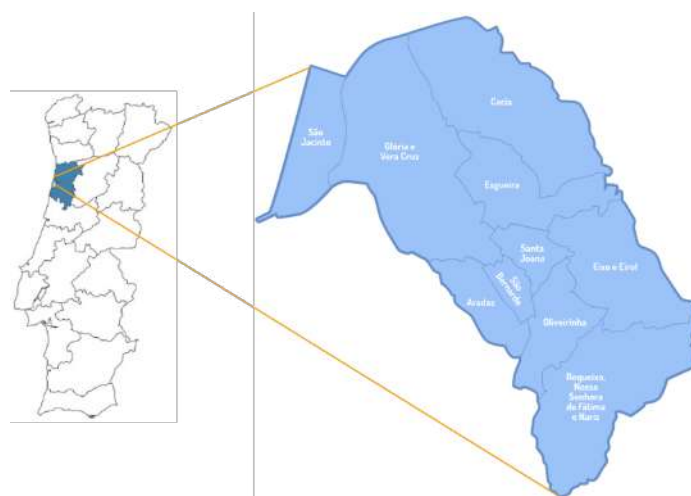


Figura 2.2: Mapa das freguesias do Município de Aveiro [14].

### 2.2.1 Evolução populacional

O Concelho de Aveiro abrange uma área de 197,58 km<sup>2</sup>, com cerca de 77 916 habitantes [15].



Figura 2.3: Evolução da população do município de Aveiro entre 1960 e 2021 [16].

Em 2021, tinha sido registado um total de população residente de 80 954 indivíduos, o que representava um aumento na ordem dos 3% relativamente a 2011, inferior, no entanto, ao crescimento verificado entre 2001 e 2011, que tinha sido de 7% e por sua vez, inferior ao crescimento de 10% entre 1991 e 2001 [16][17].

A partir da década de 90 até 2013, a taxa de crescimento populacional foi decrescendo de forma exponencial atingindo o seu mínimo em 2013 com 0.57 pontos percentuais negativos [17].

### 2.2.2 Estrutura urbanística

Na seguinte tabela estão indicados alguns dos dados relevantes na caracterização das freguesias do município de Aveiro. É de referir que a entidade responsável pela recolha de RSU indiferenciados neste município é, unicamente, a Veolia.



Tabela 2.1: Caracterização geográfica e sociodemográfica do município de Aveiro em 2022 [14].

| <b>Freguesia</b>                          | <b>Nº habitantes</b><br>[hab] | <b>Área</b><br>[km <sup>2</sup> ] | <b>Densidade populacional</b><br>[hab/km <sup>2</sup> ] | <b>Caraterísticas</b> |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------|
| Aradas                                    | 81772                         | 8.93                              | 9157  | Semiurbano            |
| Cacia                                     | 8000                          | 38.4                              | 208.33  | Rural                 |
| Eixo e Eirol                              | 141784                        | 22.42                             | 6324  | Rural                 |
| Esgueira                                  | 238535                        | 17.76                             | 13431   | Urbana                |
| Gloria e Vera Cruz                        | 850022                        | 45.32                             | 18756   | Urbana                |
| Oliveirinha                               | 58189                         | 12.08                             | 4817  | Rural                 |
| Requeixo, Nossa Senhora de Fátima e Nariz | 147463                        | 32.31                             | 4564  | Rural                 |
| Santa Joana                               | 47188                         | 5.83                              | 8094  | Semiurbano            |
| São Bernardo                              | 19344                         | 3.9                               | 4960  | Semiurbano            |
| São Jacinto                               | 13743                         | 13.84                             | 993   | Rural                 |

A distribuição da população do município pelas freguesias é muito desigual, incluindo-se áreas consideradas como urbanas, semiurbanas e rurais, logo as necessidades e meios de recolha são diferentes.

### 2.3 Descrição da entidade acolhedora

Atualmente, o grupo Veolia está estabelecido em mais de 48 países, com cerca de 220 mil colaboradores por todo o mundo e ainda com muito potencial de crescimento. É uma empresa multinacional de origem francesa sendo fundada em 1853 em Paris. O grupo concede e implementa soluções úteis e concretas para a gestão de águas, resíduos e energia. A sua finalidade consiste principalmente na preservação e valorização dos recursos disponíveis e na redução da sua pegada ambiental e a dos seus clientes, estabelecendo um acordo com os objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pelas Nações Unidas [18].

Está presente em Portugal desde 1992, com atividades nas vertentes industriais, municipais e dos serviços, nomeadamente ao nível da otimização de processos, sensibilização e educação ambiental (em plataformas sociais ou no Ecocentro de Aveiro), segurança, engenharia, manutenção e construção de instalações técnicas. Com a parceria com algumas empresas (como: Port' Ambiente, SUCH-VEOLIA ACE, HL Manutenção e Haçor M, Super Bock Group), alguns destes serviços são prestados com uma maior eficiência, reforçando a sua oferta na gestão global.

Na área de gestão de energia, é responsável pela gestão eficiente da energia, qualidade do ar interior, instalações técnicas, manutenções e consciencialização dos seus clientes para os seus atos de forma a reduzir o impacto ambiental e a fatura energética [18]. Relativamente à área da gestão da água, a Veolia dispõe de serviços que garantem o controlo operacional e manutenção de estações de tratamento de águas ao nível industrial e municipal, a segurança de abastecimentos de águas para consumo, e a reutilização e reciclagem de águas residuais [18]. No setor da gestão dos resíduos está encarregue de recolha indiferenciada e seletiva, triagem, tratamento e valorização de uma grande diversidade de resíduos e serviços de limpeza urbana [18].

Com estas três atividades, o Grupo Veolia contribuiu no desenvolvimento do acesso

aos recursos, à preservação e à renovação dos recursos disponíveis. Em 2020, foi possível obter cerca de 821 mil m<sup>3</sup> de águas residuais tratadas, 168.6 GWh de eletricidade produzida, aproximadamente 562 mil toneladas de resíduos tratados e evitaram-se 77 mil toneladas de CO<sub>2</sub> [18]. É de ter em conta que a empresa Veolia, independentemente da geografia em que se encontra, respeita as leis, normas e regulamentos aplicáveis, de modo a proteger o ambiente e ao mesmo tempo dar respostas às necessidades essenciais da humanidade.

### 2.3.1 Organização

O centro operacional de Aveiro está localizado na Zona Industrial de Taboeira, na freguesia de Esgueira, mais concretamente na Rua do Monte Novo, nº44. A Figura 2.4 apresenta uma imagem aérea da Veolia e com as devidas instalações divididas.



Figura 2.4: Vista aérea da empresa Veolia Aveiro (Fonte: *Google Earth*).

Legenda:

1. Parque de estacionamento das viaturas;
2. Zona de escritório usado pela equipa operacional e pelos colaboradores;
3. Oficina de manutenção de contentores e para pequenos reparos;
4. Armazém de produtos fitofarmacêuticos;
5. Posto de abastecimento;
6. Armazém de materiais para os serviços;

### 2.3.2 Equipamentos de recolha e transporte

Para proceder à realização da recolha e lavagem dos contentores instalados nas vias públicas, a Veolia dispõe de uma frota de viaturas pesadas e ligeiras que serão listadas de seguida, assim como outros meios para realizar adequadamente o serviço.

A escolha da viatura mais adequada para um tipo de serviço definido pela administração está dependente das suas características e capacidades estruturais, do tipo de vias, do fluxo horário, dos equipamentos depositados, tipo de resíduos, etc. Estes parâmetros são essenciais para que se consiga ter uma visão clara de qual equipamento de transporte escolher para evitar possíveis constrangimentos e danos. Este conhecimento ajuda na escolha do veículo, assim como na gestão das rotas, pois numa rua estreita e de sentido único, não se vai optar por um camião largo e pesado, com dificuldade em realizar manobras e probabilidade de danificar algo [7]. Posto isto, a Veolia dispõe de uma frota de seis viaturas de recolha de resíduos, sendo que apresentam características diferentes de forma a que caso uma seja interdita de executar o serviço, outra a possa substituir rapidamente (Tabela 2.2). Sendo que todas contem espaço para atrelar as pás e vassouras.

Tabela 2.2: Viaturas e capacidade volumétrica de transporte.

| Viatura    | Capacidade [ $m^3$ ] |
|------------|----------------------|
| A, B, C, D | 20                   |
| E, F       | 15                   |

Na Figura 2.5 pode-se observar uma viaturas de recolha de RSU, de capacidade de  $15m^3$ . Estes veículos podem ser equipados com uma grua para auxiliar no basculamento de certos contentores, para isso necessitam de possuir um sistemas hidráulicos de forma a poderem elevar as plataformas quando os contentores se encontram enterrados.



Figura 2.5: Viaturas de recolha de RU sem grua.

Para auxiliar na recolha de resíduos, são disponibilizadas duas viaturas de recolha de monos e verdes (Figura 2.6). Estas requerem uma plataforma hidráulica e uma grua para a recolha de objetos de grande porte.

A varredura mecânica é concebida por viaturas com dispositivos de aspiração automática e de varredura (Figura 2.7). O objetivo deste serviço foca-se em limpar das áreas



Figura 2.6: Viaturas de recolha de monos e verdes.

urbanas, os resíduos biodegradáveis provenientes de árvores bem como auxiliar os operários de varredura manual. É interessante referir que o motorista é obrigado a conduzir do lado oposto ao que está habituado quando pega numa viatura comum em Portugal. Ou seja, o volante encontra-se do lado direito.



Figura 2.7: Viaturas utilizadas na varredura mecânica.

O processo de lavagem, desengorduramento e de higienização dos contentores é feito através de viaturas lava contentores. Na parte traseira destas viaturas, está inserido um elevador de braços de basculamento com acionamento hidráulico. O contentor vazio é recolhido e colocado dentro da cuba de lavagem onde é fechado para não permitir derrames de água durante o processo. No interior da cuba existem jatos de água fria de alta pressão. Dispõem ainda de uma régua frontal e uma pistola de alta pressão para lavagem de ruas. A empresa possui duas viaturas de lava contentores, sendo que uma delas está equipada por uma grua para auxiliar na lavagem de contentores enterrados e semienterrados (Figura 2.8).

As viaturas ligeiras da empresa têm como propósito proceder à fiscalização dos serviços a serem realizados, sendo uma delas de caixa aberta (Anexo A). Estas, normalmente são utilizadas pelos encarregados da limpeza urbana.

De forma a realizar a limpeza superficial dos canais da Ria de Aveiro, a empresa



Figura 2.8: Viatura lava contentores com grua.

dispõe de um pequeno barco a motor elétrico.

Por fim, os carrinhos de varredura, auxiliam tanto nos serviços da recolha e limpeza das papeleiras como também na varredura manual. Estes carrinhos contêm um balde, uma vassoura, um apanhador, uma chave para abrir as papeleiras e de uma bolsa de primeiros socorros. Um exemplo pode ser consultado em Anexo A.

### 2.3.3 Equipamentos de deposição de resíduos

As infraestruturas de deposição, consistem em recipientes de fácil acesso aos cidadãos, de forma a que estes possam depositar adequadamente os seus resíduos, a fim de se proceder à recolha. Como já se pode perceber ao longo deste documento, estas infraestruturas desempenham um papel extremamente importante na dinâmica do sistema de recolha e transporte de resíduos. Tal como existe vários tipos de resíduos, os equipamentos a eles associados diferem em diversas tipologias. O processo da escolha das características e modelos de utilização é uma decisão da câmara municipal de cada município [7].

Tal como acontece com as viaturas, a escolha de colocação de um tipo de equipamento de acondicionamento num determinado local, requer uma análise às suas características (capacidade, tipologia e propósito), mas também do seu entorno (viatura, quantidade de habitantes, vias rodoviárias, etc.) de forma a satisfazer as necessidades dos clientes. Posto isto, a opção por um tipo em detrimento de outro, deve ter em conta qual o que mais se adequa a cada situação específica, sem esquecer das condicionantes mencionadas e das leis associadas.

Irão ser explicados com mais detalhe as disparidades entre os contentores de superfície, contentores semienterrados e enterrados, papeleiras e os sacos (normalmente de plástico e de capacidade máxima de 100 litros).

No caso dos contentores de superfície (Figura 2.9), por norma a sua estrutura é constituída por polietileno (100% reciclável) de alta densidade, colorido na massa e com proteção dos raios ultravioletas (UV). Têm uma elevada durabilidade e resistência ao choque, aos produtos químicos e a grandes amplitudes de temperatura. Possuem tamanhos standardizados, de forma a facilitar a escolha da viatura, sendo que a sua capacidade possa variar entre os 120, 240, 800, 1000 e 1100 litros. Por norma, os de maior capacidade encontram-se localizados em zonas centrais enquanto que os demais são essencialmente dirigidos para zonas de acesso habitacional. Usufruem de um sistema de pegas e saliências do tipo *Pivot DIN*, *Asa Oscher* e *Frontal* para que se consiga encaixar estes

equipamentos na viatura e esta aciona o sistema de basculamento (um exemplo pode ser encontrado no Anexo A) [7]. Estes contentores podem ser utilizados na recolha seletiva, variando a sua cor consoante os resíduos a que se destinam.



Figura 2.9: Contentor de recolha indiferenciada de 1100L.

Relativamente ao processo de despejo, o sistema mecânico atua na lateral com grua ou na traseira do veículo. Este último é usado para os contentores anteriormente mencionados enquanto que o sistema lateral com grua, como o nome indica, condiciona a utilização de uma viatura de caixa aberta equipadas com uma grua, operada pelo próprio motorista, daí a importância de uma boa gestão da frota. Estes equipamentos de acondicionamento são do tipo *igloo* (Figura 2.10), onde a capacidade varia entre 1100 e 4000 litros. Por norma são os mais usados para a recolha seletiva e são designados como ecopontos.



Figura 2.10: Contentores de recolha seletiva (ecopontos) [11].

Existem dois tipos de contentores enterrados, aqueles que são totalmente enterrados do tipo *citytainers* e os semienterrados do tipo *molok* (Figura 2.11). Ambos podem ser de capacidade de 1000, 3000 e 5000 litros e, pelo facto de se encontrarem totalmente ou parcialmente enterrados, o processo de descarga só é possível através das viaturas com grua. Mais uma vez, este género pode ser tanto para deposição de resíduos indiferenciados

como de papel/cartão, embalagens e vidro. De facto, com estes equipamentos instalados na via pública, é reduzida a necessidade de espaço à superfície para a sua instalação, melhorando o impacto visual e diminuindo os aspetos negativos quer na passagem de odores desagradáveis quer no decorrente da aglomeração de contentores na via pública, possibilitando uma redução da frequência de recolha. O grande obstáculo que está em causa na escolha desta opção é a análise da localização pois requer muito espaço em profundidade. [7]



Figura 2.11: Contentores enterrados (esquerda) e semienterrados (direita) [19; 20].

Por fim, as papeleiras apresentam um design simples. A sua instalação é fácil e pode ser afixada ao solo ou em postes. Adicionalmente pode ser composta por alguns acessórios como um cinzeiro. O sistema de descarga é feito pelo topo ou pelo fundo da papeleira, permitindo aos cantoneiros a abertura com uma chave metálica e o despejo para os baldes dos carrinhos.

A presente área em estudo dispõe destas tipologias de contentores espalhados pelas freguesias. Na Tabela 2.3 está registado o número de equipamentos de deposição de resíduos repartidos por cada freguesia do conselho de Aveiro. Através da mesma, é possível compreender que existem cerca de 3 000 contentores sob domínio da Veolia. Como a distribuição dos contentores deve sempre dar resposta às necessidades da população, as três freguesias, Aradas, Esgueira e a União das Freguesias Glória e Vera Cruz, que possuem um maior número populacional, são destacadas por conterem, nas suas áreas, mais de 300 contentores cada uma.

Tabela 2.3: Número de contentores por freguesia.

| Freguesias do Concelho                    | Equipamentos de deposição |            |                | Total |
|---|---------------------------|------------|----------------|-------|
|   | Superfície                | Enterrados | Semienterrados |       |
| Aradas                                    | 323                       | -          | -              | 323   |
| Cacia                                     | 285                       | -          | 1              | 286   |
| Eixo e Eirol                              | 239                       | -          | -              | 239   |
| Esgueira                                  | 410                       | 13         | -              | 423   |
| Glória e Vera Cruz                        | 556                       | 28         | 10             | 594   |
| Oliveirinha                               | 210                       | -          | -              | 210   |
| Requeixo, Nossa Senhora de Fátima e Nariz | 237                       | 2          | -              | 239   |
| Santa Joana                               | 233                       | 6          | -              | 239   |
| São Bernardo                              | 165                       | 5          | -              | 170   |
| São Jacinto                               | 176                       | -          | -              | 176   |

### 2.3.4 Serviços prestados

A Veolia Portugal S.A, segundo o contrato de prestações de serviços, realiza um conjunto de funções de acordo com a regulamentação e legislação em vigor, atenuando na elevada

qualidade da prestação de serviços de recolha de resíduos urbanos no concelho de Aveiro e o devido transporte para a ERSUC Lda. Deste modo, em concordância com o Caderno de Encargos (CE), os serviços realizados pela empresa estão listados em baixo:

- Recolha e transporte para o destino final de RU indiferenciados;
- Fornecimento, colocação, substituição e manutenção de contentores de superfície normalizados sistema DIN;
- Fornecimento, colocação, substituição e manutenção de papeleiras normalizadas;
- Lavagem, desinfecção, desodorização e manutenção de contentores e papeleiras normalizadas;
- Recolha porta-a-porta e transporte de objetos domésticos de grandes dimensões fora de uso (resíduo volumoso) e resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE);
- Recolha porta-a-porta e transporte de resíduos verdes;
- Recolha de resíduos urbanos provenientes de descargas clandestinas (montureiras);
- Realização de campanhas de sensibilização e educação ambiental;
- Limpeza urbana manual e mecânica dos aglomerados populacionais do concelho de Aveiro, com densidade populacional superior a 40 habitantes/ha e comércio;
- Limpeza urbana pontual de apoio a eventos organizados pelo Município de Aveiro;
- Limpeza e varredura da Feira dos 28;
- Limpeza superficial dos canais urbanos da Ria de Aveiro;
- Limpeza do areal da Praia de São Jacinto na época balnear definida.

### **Recolha de contentores de resíduos urbanos**

A recolha de RU no município de Aveiro é constituída por três procedimentos: a recolha de contentores localizados à superfície, a recolha de contentores enterrados e semienterrados e a recolha porta-a-porta em empresas comerciais e industriais. As equipas de recolha são constituídas por um motorista e dois cantoneiros devidamente protegidos com equipamentos de proteção individual adequados [7]. Quando os resíduos são despejados para o compartimento da viatura, são compactados de forma a que haja um maior aproveitamento do espaço no interior da mesma. Após isso, os contentores que se encontram vazios, são repostos nos seus locais definidos com as tampas fechadas e preferencialmente direcionados para a zona de melhor acesso para os munícipes. Os operadores têm o cuidado de, não só acionar o sistema de travagem das rodas e quando aplicável engatar nos fixadores, mas também, proceder à limpeza, com as vassouras e as pás, da zona em que os contentores estão localizados. No momento em que o volume máximo de compactação da viatura for atingido, o motorista dirige-se para o destino da descarga, neste caso, ao centro de tratamento da ERSUC Lda. Caso o percurso não esteja completo, isto é, não tenha sido devidamente concluído, a equipa volta ao ponto onde tinha deixado antes



da descarga e prossegue novamente à recolha de RU até finalizar o percurso. Por fim, aquando o percurso estiver terminado, a viatura deve voltar ao centro operacional para ser abastecida e lavada.

O serviço é realizado de segunda-feira a sábado, com exceção na época alta (Verão) que também ocorre aos domingos. Apesar de ser o mesmo município, as características de áreas das freguesias e as quantidades e hábitos populacionais não serem sempre os mesmos, o serviço é dividido em onze circuitos diferentes. Na Tabela 2.4 estão representados os circuitos de recolha de RU indiferenciados do município de Aveiro, as freguesias que abrangem, a frequência que o circuito é executado, assim como os turnos a que estão atribuídos.

Tabela 2.4: Especificações dos circuitos realizados no município de Aveiro.

| Circuito de recolha | Freguesia do Concelho                            | Frequência  | Turno   |
|---------------------|--|-------------|---------|
| REC-01              | Glória e Vera Cruz                               | Diária      | Noturno |
| REC-02              | Vera Cruz e Esgueira                             | Diária      | Noturno |
| REC-03              | São Bernardo e Esgueira                          | Diária      | Noturno |
| REC-04              | Aradas   | Trissemanal | Diurno  |
| REC-05              | Eirol, Requeixo, Nossa Senhora de Fátima e Nariz | Trissemanal | Diurno  |
| REC-06              | Santa Joana, Esgueira                            | Diária      | Diurno  |
| REC-07              | Oliveirinha e Eixo                               | Trissemanal | Diurno  |
| REC-08              | Cacia, Esgueira                                  | Trissemanal | Diurno  |
| REC-09              | Cacia, Esgueira                                  | Trissemanal | Diurno  |
| REC-10              | São Jacinto (época alta)                         | Trissemanal | Diurno  |
| REC-11              | São Jacinto (época baixa)                        | Bissemanal  | Diurno  |

Para se ter uma perceção mais aprofundada de cada circuito, com o auxílio da Tabela 2.5 estão indicados os circuitos, bem como as respetivas viaturas que costumam ser atribuídas e o número de locais e contentores que terão que passar para os esvaziar. É de salientar que o número de contentores corresponde ao número total de equipamentos de deposição, por outras palavras, os contentores enterrados e semienterrados estão a ser contabilizados.

Tabela 2.5: Elementos dos circuitos de recolha de RU indiferenciados.

| Circuito de recolha | Viatura | Locais | Contentores |
|---------------------|---------|--------|-------------|
| REC-01              | A       | 151    | 360         |
| REC-02              | F       | 98     | 240         |
| REC-03              | B       | 138    | 386         |
| REC-04              | B       | 133    | 272         |
| REC-05              | F       | 203    | 308         |
| REC-06              | B, F    | 187    | 364         |
| REC-07              | A, F    | 158    | 306         |
| REC-08              | A       | 78     | 238         |
| REC-09              | F       | 154    | 250         |
| REC-10              | E       | 75     | 176         |
| REC-11              | E       | 37     | 83          |

### **Recolha e limpeza das papelarias**

Os operadores recolhem os resíduos que estão depositados nas papelarias e colocam devidamente no balde que é transportado no carrinho de cada cantoneiro. Quando o balde atinge a sua capacidade de enchimento ou peso máximos, os resíduos são transferidos para contentores de superfície localizados o mais próximo possível dos mesmos e na via pública, sendo posteriormente recolhidos nos circuitos de recolha de RSU. Deste modo, as papelarias são limpas e higienizadas diariamente durante a atividade de recolha.

Cada operário está encarregue da mesma zona que lhe foi atribuída. Esta estratégia ajuda a que cada um dos trabalhadores conheça bem a área entregue de forma a perceber quais são as zonas mais críticas de sujidade tornando o serviço mais eficiente.

### **Lavagem e desinfeção de contentores e papelarias de RU**

Este serviço tem como foco a conservação, limpeza e higienização dos contentores e papelarias espalhadas pelo perímetro urbano do município de Aveiro.

Relativamente às papelarias, quando necessitam de lavagem, são substituídas dos locais por papelarias limpas e as sujas são lavadas e desinfetadas no centro operacional.

Para os contentores, como são de um maior porte, a limpeza é realizada de outra maneira. Primeiramente, o serviço de lavagem e desinfeção de contentores é realizado em simultâneo com as equipas de recolha de RSU, pois para os contentores serem limpos, é necessário que estejam vazios. De seguida, a lavagem ocorre dentro do camião próprio para lavar contentores. Caso exista vestígios de resíduos, no fundo dos contentores, que sejam mais complicados de saírem na lavagem, existem utensílios que a equipa transporta para auxiliarem nesse processo. No final é colocado um autocolante na parte exterior do contentor com o logótipo da empresa e com a data do serviço.

### **Recolha de monos e verdes**

A recolha tanto de monos, como de verdes é efetuado em dias específicos da semana e requerem marcação prévia através da linha de apoio ou e-mail. Estes serviços são realizados no horário entre as 6h e as 14h, sendo que a recolha dos monos é realizada todas as quartas-feiras e quintas-feiras e, a recolha dos verdes é às terças-feiras de novembro a abril e às segundas-feiras e terças-feiras de maio a outubro. Cada pedido realizado pelo município não pode exceder 1m<sup>3</sup>. Esta recolha é efetuada em veículos específicos de caixa aberta, equipados ou não por uma grua e plataforma elevatória. Após serem cumpridos todos os locais programados, estes resíduos recolhidos são descarregados nas instalações da ERSUC Lda. onde são encaminhados para os devidos tratamentos.

### **Varredura manual e mecânica**

A varredura manual consiste na recolha dos resíduos encontrados nas ruas através de uma vassoura e de um apanhador que, posteriormente, são despejados no balde que é transportado no carrinho de cada cantoneiro. Estes colaboradores prestam também a atividade de recolha e limpeza de papelarias, sendo que quando o balde atinge as restrições máximas, os resíduos são ensacados e colocados no contentor de RSU mais próximo, de modo a facilitar o trabalho de cada colaborador.

A varredura mecânica é realizada através de um veículo próprio que utiliza o modo de aspiração para extrair diversos resíduos encontrados nas vias, tais como areias, poeiras, folhas de árvores, etc. de modo a dar um aspeto mais limpo e higiénico aos pavimentos. A varredura e aspiração mecânica complementam o trabalho dos cantoneiros da varredura manual.

### **Limpeza de bermas e valetas**

As bermas são um elemento importante da estrada, tendo como objetivo proteger a faixa de rodagem e favorecer o escoamento das águas. Para responder a estes objetivos é essencial que haja uma limpeza adequada, cortando e arrancando a densa vegetação que não tenha nenhum propósito decorativo. A este efeito é usado produtos químicos, (adequados ao tipo de solo, vegetação, condições climáticas, etc.) que impedem o crescimento e germinação de ervas daninhas. Antes dos produtos químicos entrarem em ação é necessário analisar bem a área para não prejudicar nada ao redor.

### **Limpeza de praias e canais da Ria de Aveiro**

Tanto na limpeza de praias, como na limpeza dos canais da Ria de Aveiro, os resíduos recolhidos são constituídos essencialmente por garrafas e sacos de plástico, tampas, resíduos sanitários e de higiene, equipamentos de pesca tais como redes, entre outros. Posteriormente são encaminhados para o seu tratamento e destino final. [7]

Para qualquer município, a limpeza das praias é de extrema importância, principalmente no período da época balnear (habitualmente de 15 de junho a 15 de setembro), sendo assim realizado antes e após esse período. A execução deste serviço é possível com a utilização de um trator e de equipamentos de peneira, de modo a recolher o máximo de resíduos possível.

A limpeza superficial dos canais da Ria de Aveiro ocorre com uma frequência de três vezes por semana (às segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras) por um período de 3h, no horário entre as 6h e as 20h. Este serviço surge com o auxílio de um barco e de um colaborador com carta de marinheiro, que procede à recolha de dejetos que estejam a flutuar nesses canais.

### **Recolha porta-a-porta**

A empresa Veolia, para além de prestar serviços contratados pela Câmara Municipal de Aveiro, também realiza uma parceria com a ERSUC Lda. no âmbito de recolher papel/cartão, plástico/embalagens e vidro. Este serviço decorre de segunda a sexta entre as 14h e as 21h e, serve como apoio na recolha de contentores seletivos que se encontram espalhados pelo Município de Aveiro.

A empresa Veolia, também realiza a distribuição de sacos aos estabelecimentos comerciais e industriais que, posteriormente, são recolhidos em circuitos porta-a-porta. Este serviço decorre de segunda a sexta entre as 14h e as 21h e, serve como apoio na recolha de contentores seletivos que se encontram espalhados pelo Município de Aveiro.

### 2.3.5 A energia na empresa

Apesar de o objetivo deste estágio estar ligado à otimização da recolha de resíduos urbanos, para certas análises, foi considerado relevante uma visão do panorama geral de toda a empresa, incluindo também os veículos destinados à recolha de outro tipo de resíduos, serviços de lavagem de contentores e de varredura mecânica, e também os veículos usados pelos quadros administrativos.

Na tabela abaixo estão representados os valores relativos às quantidades de resíduos recolhidos em cada serviço, durante o ano de 2021. Nesse ano, foi recolhido no total, cerca de 36 129.07 toneladas, onde a recolha de RSU contribuiu com 96%.

Tabela 2.6: Quantidades recolhidas no ano 2021.

|           | <b>Total de quantidades recolhidas [ton]</b> |              |        |                    |          |
|-----------|--|--------------|--------|--------------------|----------|
|           | RSU  | Monos / REEE | Verdes | Varredura mecânica | Seletiva |
| Janeiro   | 2585.16                                      | 16.90        | 7.40   | 103.70             | 14.16    |
| Fevereiro | 2606.90                                      | 19.12        | 6.58   | 80.30              | 15.06    |
| Março     | 3006.60                                      | 20.16        | 10.56  | 74.18              | 18.60    |
| Abril     | 2827.28                                      | 17.88        | 8.06   | 70.06              | 18.68    |
| Maio      | 2911.44                                      | 28.80        | 4.10   | 81.46              | 19.12    |
| Junho     | 2909.72                                      | 14.38        | 12.04  | 49.38              | 17.16    |
| Julho     | 3090.82                                      | 18.84        | 5.78   | 53.54              | 30.84    |
| Agosto    | 3155.60                                      | 16.84        | 7.52   | 69.35              | 30.20    |
| Setembro  | 2943.64                                      | 25.54        | 6.26   | 64.56              | 32.30    |
| Outubro   | 2909.34                                      | 18.00        | 9.82   | 58.02              | 29.96    |
| Novembro  | 2766.12                                      | 19.54        | 12.50  | 82.56              | 28.22    |
| Dezembro  | 2941.26                                      | 13.74        | 10.52  | 78.30              | 24.60    |

É possível observar que existem discrepâncias de valores em alguns mês. Estas diferenças podem ser traduzidas simplesmente pela mudança de estação do ano, bem como outro tipo de fatores. Relativamente à recolha de RSU e seletiva, os meses que mais contribuíram foram os meses correspondentes ao verão, ou seja, onde o pico de turismo está presente na cidade de Aveiro. Tendo mais turistas a visitar e conhecer a cidade, as quantidades de produção dos resíduos vão sofrer uma alteração, assim, o verão é considerado como a época alta para a empresa. Em relação aos agendamentos para a recolha de monos e REEE, pode-se referir que estão mais ligados aos meses que existem promoções e saldos de equipamentos e mobílias nas lojas, fazendo com que os munícipes possam descartar os seus utensílios antigos. A recolha de verdes destaca-se nos meses de junho e novembro. Neste último, é de fácil compreensão que está relacionado com a queda de folhas da estação de outono, já o restante, está ligado com o período de maior desenvolvimento da vegetação, ou seja, durante a primavera, de abril a junho e também com a disponibilidade do proprietário para compor e arranjar o seu jardim. Relativamente à varredura mecânica, foi necessário a análise dos anos anteriores 2019 e 2020 da Tabela 2.7. Observando essa tabela, o mês de novembro é o mês que se costuma obter maiores valores, visto que, como já foi referido, corresponde ao outono.

Assim que se percebeu que a meteorologia é dos maiores influenciadores para a produção de resíduos, analisou-se quais foram os impactos provocados pela Covid-19 no setor

Tabela 2.7: Comparação entre os anos 2019, 2020 e 2021.

| <b>Varredura mecânica [ton]</b> |             |             |             |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Mês</b>                      | <b>2019</b> | <b>2020</b> | <b>2021</b> |
| Janeiro                         | 60,62       | 76,14       | 103,70      |
| Fevereiro                       | 81,18       | 62,62       | 80,30       |
| Março                           | 55,34       | 48,88       | 74,18       |
| Abril                           | 57,06       | 29,92       | 70,06       |
| Mai                             | 60,18       | 47,24       | 81,46       |
| Junho                           | 48,82       | 62,28       | 49,38       |
| Julho                           | 49,48       | 76,02       | 53,54       |
| Agosto                          | 43,28       | 81,90       | 69,35       |
| Setembro                        | 49,56       | 86,00       | 64,56       |
| Outubro                         | 81,18       | 80,20       | 58,02       |
| Novembro                        | 118,16      | 123,88      | 82,56       |
| Dezembro                        | 81,54       | 60,42       | 78,30       |

dos resíduos do município de Aveiro, de forma a se poder ter dados de referência. Com o surgimento da pandemia, houve um decréscimo dessas quantidades, dado que na época alta ocorreu a restrição de entrada de turistas no país, resultando nesse impacto. Com o auxílio da Tabela 2.8 denota-se que as recolhas por circuito também foram alteradas, isto é, houve um aumento nos circuitos das zonas rurais e uma diminuição nas zonas urbanas, sobretudo pelo facto de as pessoas terem feito confinamento nas suas habitações e pelos encerramentos de restaurantes e cafés.

Tabela 2.8: Comparação entre os anos 2019 e 2020 e comparação entre 2020 e 2021.

|              | <b>2019</b> | <b>2020</b> | <b>Dif. [ton]</b> | <b>Dif.%</b> |              | <b>2020</b> | <b>2021</b> | <b>Dif. [ton]</b> | <b>Dif.%</b> |
|--------------|-------------|-------------|-------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------------|--------------|
| <b>REC01</b> | 5384,0      | 4989,1      | -394,9            | -7,3%        | <b>REC01</b> | 4989,1      | 5168,0      | 178,9             | 3,6%         |
| <b>REC02</b> | 4627,5      | 4082,0      | -545,5            | -11,8%       | <b>REC02</b> | 4082,0      | 4064,0      | -17,9             | -0,4%        |
| <b>REC03</b> | 5219,6      | 5224,0      | 4,4               | 0,1%         | <b>REC03</b> | 5224,0      | 5206,9      | -17,1             | -0,3%        |
| <b>REC04</b> | 3121,0      | 3436,3      | 315,3             | 10,1%        | <b>REC04</b> | 3436,3      | 3372,8      | -63,5             | -1,8%        |
| <b>REC05</b> | 2082,6      | 2183,3      | 100,7             | 4,8%         | <b>REC05</b> | 2183,3      | 2164,1      | -19,2             | -0,9%        |
| <b>REC06</b> | 4634,9      | 4939,8      | 304,8             | 6,6%         | <b>REC06</b> | 4939,8      | 4894,6      | -45,2             | -0,9%        |
| <b>REC07</b> | 2933,8      | 2984,0      | 50,2              | 1,7%         | <b>REC07</b> | 2984,0      | 2974,2      | -9,8              | -0,3%        |
| <b>REC08</b> | 2853,9      | 2848,4      | -5,4              | -0,2%        | <b>REC08</b> | 2848,4      | 2924,0      | 75,6              | 2,7%         |
| <b>REC09</b> | 2286,9      | 2440,9      | 154,0             | 6,7%         | <b>REC09</b> | 2440,9      | 2427,7      | -13,1             | -0,5%        |
| <b>REC10</b> | 119,5       | 276,5       | 157,0             | 131,3%       | <b>REC10</b> | 276,5       | 259,5       | -17,0             | -6,1%        |
| <b>REC11</b> | 609,5       | 392,9       | -216,6            | -35,5%       | <b>REC11</b> | 392,9       | 381,2       | -11,8             | -3,0%        |
| <b>REC12</b> | 979,3       | 847,9       | -131,4            | -13,4%       | <b>REC12</b> | 847,9       | 727,5       | -120,4            | -14,2%       |
| <b>REC13</b> | 66,8        | 88,7        | 21,9              | 32,8%        | <b>REC13</b> | 88,7        | 89,5        | 0,7               | 0,8%         |
| <b>TOTAL</b> | 34919,2     | 34733,7     | -185,5            | -0,5%        | <b>TOTAL</b> | 34733,7     | 34653,9     | -79,8             | -0,2%        |

Na Figura 2.12 distinguem-se duas colunas, a laranja é relativa aos consumos de toda a frota, já as outras colunas, a azul, representam os consumos de gasóleo de toda a frota destinada à recolha de RSU em Aveiro. Esta comparação é importante, primeiro para perceber o peso que o consumo relacionado com os veículos da recolha tem na generalidade e depois para identificar em que meses está a ser gasto mais combustível.

No ano 2021 consumiram-se no total, cerca de 167 274.35 litros de gasóleo sendo 78.3% relativos à realização do serviço de recolha de RSU. Apesar de não existir grandes

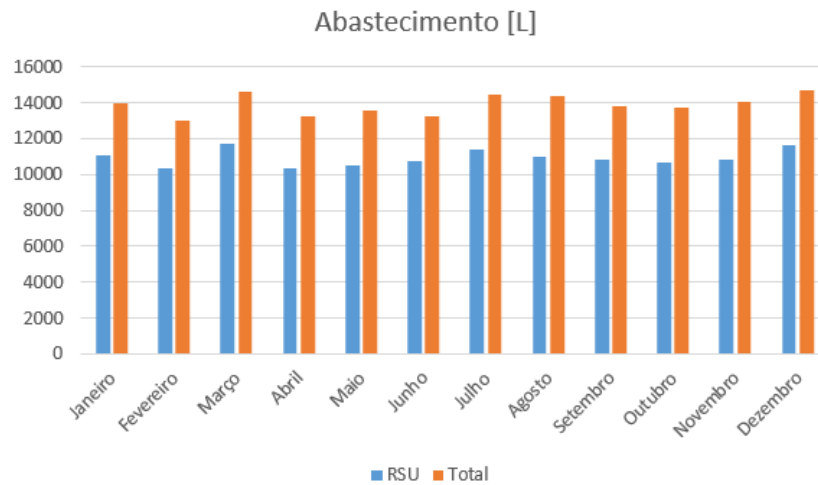


Figura 2.12: Consumos da recolha de RSU relativamente aos consumos totais no ano 2021.

discrepâncias entre valores, os meses em que obtiveram maiores consumos foram dezembro registando 14 671.39 litros, março com 14 577.52 litros, julho de 14 474.29 litros e agosto com 14 363.90 litros de gasóleo.

De um modo geral, foram consumidos cerca de 142 toneladas equivalentes de petróleo (tep), para movimentar toda a frota da empresa, dos quais 111 tep destinam-se aos veículos utilizados para a recolha dos resíduos sólidos urbanos. Os fatores de conversão utilizados para chegar a esta conclusão estão indicados em baixo [8].

- 1 L (gasóleo) equivale a 0.835 Kg;
- 1 L (gasóleo) equivale a 42.6 MJ;
- 1 tep equivale a 41868 MJ.

Pelo facto do consumo energético da Veolia ser muito inferior a 500 tep, a empresa, por não ser considerada grande consumidora, não é obrigada à realização de nenhuma auditoria associada ao PReN (Plano de Racionalização de Energia) por parte de intervenientes externos. No entanto, ressalva-se a necessidade de impulsionar o negócio e de otimizar a sua atividade, tanto para o próspero desenvolvimento económico da empresa, como também para a redução da sua pegada ambiental.



## Capítulo 3

# Conceitos teóricos aplicados ao tema

Os conceitos teóricos relevantes para o desenvolvimento do projeto são abordados no presente capítulo. Primeiramente são apresentados as classificações e caracterizações dos resíduos. De seguida, são destacados os fatores que influenciam tanto na produção como na produtividade de recolha dos resíduos e os impactos que estes provocam. Posteriormente, são aprofundados os procedimentos de gestão de resíduos utilizados e uma explicação dos SIG. De seguida, é apresentada uma visão geral dos Sistemas de informação geográfica, referindo a sua aplicação para a recolha de resíduos urbanos. Passando para a Análise de redes onde clarifica algum métodos usados. Finaliza-se com uma definição e explicação dos indicadores.

### 3.1 Classificação e Caracterização dos resíduos

Segundo o Decreto-Lei (DL) n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro, que promove a alteração do DL n.º 178/2006 de 5 de setembro, os resíduos são definidos como sendo “substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer”.

De forma a evitar e reduzir os riscos para a saúde humana e para o ambiente, é fundamental que os resíduos sejam devidamente caracterizados e classificados para que o seu destino final seja o mais adequado possível.

#### 3.1.1 Classificação

De acordo com o DL anteriormente mencionado, a classificação dos resíduos é feita de acordo com a sua origem e de acordo com o seu grau de perigosidade. Em relação ao primeiro, podem ser definidos como:

- **Resíduos urbanos:** são resíduos domésticos bem como outros resíduos semelhantes segundo a sua natureza ou composição, por outras palavras, resíduos provenientes de estabelecimentos de restauração e escolar, setores de serviços, comerciais e industriais, entre outros, desde que a produção não exceda os 1100 L de resíduos diários;
- **Resíduos agrícolas:** são aqueles resíduos originados pela exploração agrícola, pecuária e/ou similar;



- **Resíduos hospitalares:** são todos os resíduos resultantes das unidades de prestação de cuidados de saúde, incluindo as áreas de tratamento e prevenção de doenças tanto em humanos como em animais bem como as áreas de ensino e investigação;
- **Resíduos industriais:** são os resíduos gerados pelos setores industriais, tal como os que resultam das atividades de produção e distribuição de eletricidade, gás e água;
- **Resíduos de construção e demolição:** incluem os resíduos provenientes de obras, isto é, os resíduos gerados nas atividades de construções, reconstruções, ampliações, alterações, conservações e demolições de edifícios.

Relativamente ao grau de perigosidade dos resíduos, estes podem ser estipulados como:

- **Resíduos perigosos:** são todos os resíduos que apresentam características perigosas para o ambiente e para a saúde pública. Estas características podem ser nocivas para a saúde (através da inalação e ingestão), inflamáveis, tóxicas, corrosivas, explosivas, entre outras;
- **Resíduos não perigosos:** são os resíduos que não apresentam características de perigosidade quer para a saúde pública quer para o meio ambiente;
- **Resíduos inertes:** são definidos como sendo resíduos que apresentam determinadas características que não permitem sofrer quaisquer transformações físicas, químicas nem biológicas, ou seja, não podem ser solúveis nem inflamáveis. Estas substâncias permanecem inalterados por um longo período de tempo.

É de salientar que os resíduos hospitalares e industriais que apresentam características semelhantes aos resíduos provenientes de habitações e que não mostrem perigo, são considerados como RU, ou seja, irão sofrer os mesmos tratamentos que os resíduos domésticos.

### Processo de classificação dos resíduos

O procedimento e classificação de resíduos é efetuado em duas fases (Figura A.3): classificar de acordo com a Lista Europeia de Resíduos (LER) e avaliar a perigosidade dos resíduos (Anexo A).

A primeira fase deve enquadrar-se numa tipologia de entrada, segundo o código LER, que melhor os caracteriza: entrada absoluta perigosa, entrada absoluta não perigosa e entrada espelho. A **entrada absoluta perigosa** consiste nos resíduos que não são necessários a qualquer tipo de avaliação por serem automaticamente considerados perigosos. A **entrada absoluta não perigosa** remete para os resíduos que são automaticamente considerados como resíduos não perigosos, como sucede anteriormente, estes também não necessitam de serem avaliados. A **entrada espelho**, ao contrário das outras duas entradas, os resíduos são submetidos a vários testes de forma a analisar o grau de perigosidade.

Por fim, a segunda e última fase, vem no seguimento da entrada espelho e tem como objetivo averiguar a presença de substâncias perigosas. Como se pode observar na Figura A.3, esta etapa está dividida em 3 fases: caracterização do resíduo, determinação das características de perigosidade e determinação da presença de poluentes orgânicos persistentes (POPs).

### 3.1.2 Caracterização

A caracterização é uma ferramenta fundamental na gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, pois é através da caracterização dos resíduos que se analisa e se escolhe o processo que irão sofrer até ao seu destino final (explicação detalhada na secção 3.4). Com base na composição física, os resíduos urbanos são constituídos não só por vidro, papel, plástico e bioresíduos mas também por metais, madeira, resíduos verdes, têxteis, etc.

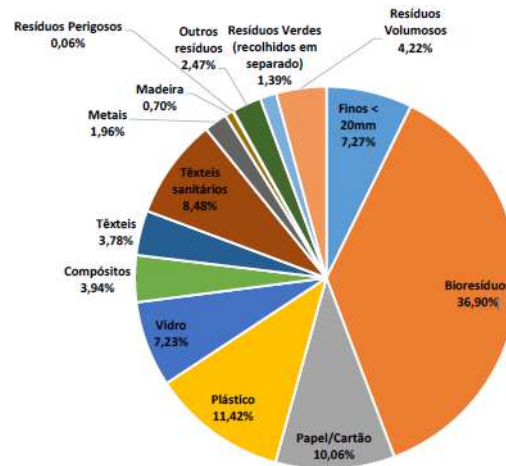


Figura 3.1: Caracterização dos resíduos em Portugal Continental, em 2020 [9].

Segundo a Figura 3.1, é notório que em 2020, os resíduos recolhidos que tiveram mais peso foram: os bioresíduos com uma fração cerca de 37%, o plástico com aproximadamente 11% e o papel/cartão correspondendo a 10%. Estes volumes em conjunto representam cerca de 58% da massa total dos resíduos urbanos produzidos em Portugal Continental [9].

## 3.2 Fatores que influenciam a produção e a produtividade

Como se pode notar, existem inúmeras variáveis que podem afetar este tipo de serviços. Uma estão mais direcionadas para influenciar a produção de resíduos e outras na produtividade exercida no trabalho.

### 3.2.1 A produção de resíduos

Existem diversos fatores incontrolláveis que influenciam a produção de RSU, de forma direta ou indireta. Entre estes, os mais destacados são: a geografia do país, as tecnologias, o modo de vida dos munícipes, as instituições e até mesmo a economia.

O estudo sobre o “metabolismo urbano” é considerado, pelo autor, imprescindível, pois compara grandes cidades a organismos vivos. Isto é, existem fluxos complexos de materiais e energia que, para cada entrada, corresponde uma descarga de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos [21].

A geografia tem uma grande influência não só através das condições climáticas como também no desenvolvimento de cada cidade. Em Portugal, existe uma discrepância na

produção de resíduos quando se efetua uma comparação entre as regiões do interior e do litoral, uma vez que estas são as regiões mais desenvolvidas. Isto acaba por provocar uma maior concentração populacional nestas regiões e, conseqüentemente, um aumento da produção de resíduos.

A evolução das novas tecnologias conduz ao aumento no desenvolvimento do comércio, isto é, existe a necessidade de criar estratégias de marketing mais modernas de forma a promover o lançamento dos novos produtos. Da mesma maneira, os processos industriais com novos tipos de equipamentos mais eficientes, criam produtos e bens a um ritmo cada vez mais rápido. Tudo isto tem efeito no crescimento populacional, que por sua vez leva a um aumento considerável na geração de resíduos [21]. Os hábitos, costumes, modos e nível de vida de cada população são ainda alguns dos fatores que condicionam uma variação na produção de resíduos. Por esta razão existe um grande foco para a sensibilização e educação dos habitantes para este tópico.

Relativamente à economia, esta está relacionada com o índice do Produto Interno Bruto (PIB). Segundo a Figura 3.2.1, no ano 2020 em Portugal, apesar de se ter verificado uma diminuição do volume de resíduos urbanos recolhidos, o PIB aumentou. Isto levou a que o rácio entre ambos tivesse um crescimento substancial, piorando assim os resultados [22].

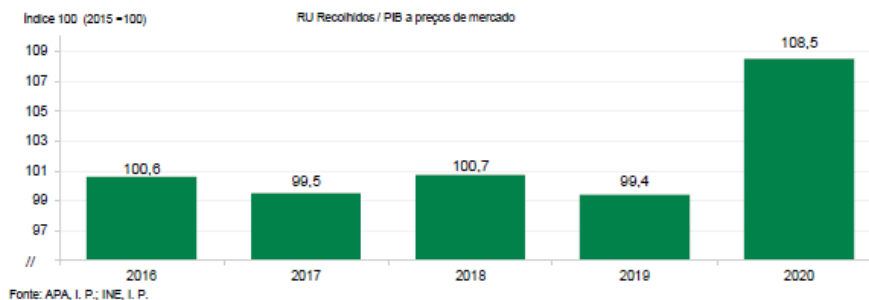


Figura 3.2: Rácio entre os resíduos urbanos recolhidos e o PIB [22].

### 3.2.2 A produtividade dos circuitos de recolha

Tal como existem fatores que interferem na produção de resíduos, também existem um conjunto muito diversificado de variáveis que podem influenciar na produtividade dos circuitos de recolha de RSU. De uma forma geral, podem ser diferenciados pela sua natureza ser mais comportamental ou mais operacional.

Dentro dos fatores de natureza comportamental, destacam-se os comportamentos da equipa de recolha quando se encontra em ativo. Por um lado, podem contribuir para uma redução dos tempos de recolha, comprometendo o bom desempenho do serviço prestado e pondo em risco a segurança dos operários (como por exemplo, quando os mesmos querem realizar o trabalho mais rápido para sair mais cedo). Por outro lado, se a equipa não efetuar as suas funções da melhor forma ou se acumular muito tempo não produtivo, como tempos de pausas, podem influenciar negativamente na produtividade do circuito, aumentando os tempos do mesmo. No entanto os próprios munícipes também contribuem, pois ao não respeitarem as regras e as práticas de deposição dos RSU, podem originar riscos rodoviários, colocar em risco os cantoneiros e aumentar os tempos de

recolha.

Relativamente aos de natureza operacional, existem diversos fatores que favorecem ou dificultam a atividade, como o tipo e localização do equipamento de acondicionamento, tipo de veículo usado, o horário e frequência de recolha, a tipologia urbana, a dimensão e experiência da equipa, o tempo por ponto de recolha, entre outros. No que diz respeito aos tempos de recolha por contentor, mesmo que a diferença seja meramente em segundos, pode causar a necessidade de horas extras de trabalho. Em relação à localização do contentor, este é um fator muito importante pois o mesmo pode encontrar-se do lado contrário de onde a viatura de desloca, isto é, do lado esquerdo do veículo, provocando manobras e constrangimentos.

Alem destes, existem outros fatores incontornáveis que intervêm na eficiência da tarefa, onde se podem realçar a densidade e estrutura urbana (tipo de vias, restrições de tráfego), a topografia do terreno (se são zonas mais planas ou mais acidentadas), as condições do trânsito (mais ou menos acentuado) e os fatores meteorológicos. Em dias de precipitação, a velocidade da viatura, terá que ser muito mais reduzida e moderada do que em dias com sol. Assim como em dias de baixas temperaturas, irá dificultar o trabalho aos cantoneiros.

### 3.3 Impactos provocados pelos resíduos

Os resíduos são considerados um dos maiores problemas ambientais da sociedade. Na Europa, de acordo com os dados obtidos em 2010, no que toca à produção de resíduos, cerca de 10% correspondem a RSU [23]. Na maioria das vezes os resíduos não são depositados nos contentores da maneira correta e podem resultar em diversos problemas para o meio ambiente, como a contaminação das águas e dos solos e até mesmo da poluição do ar.

A poluição híbrida corresponde ao processo de deposição de resíduos nas águas, quer de rios, lagos, mares e oceanos, alterando a sua composição até ficar inutilizável. Com a ingestão ou contacto destes líquidos contaminados, podem transmitir-se sérios problemas em termos de saúde, tanto para os humanos, como para a fauna e flora que habitam nesse ambiente.

Os solos, onde são praticadas algumas atividades como a pecuária e a agricultura, quando são contaminados pelo abandono de desperdícios, também originam danos na saúde, especialmente através da alimentação.

Outro problema remete para a poluição visual. Os resíduos descartados em locais inadequados formam um cenário desagradável trazendo uma degradação das cidades.

Um dos maiores problemas é o consumo de energia e de recursos naturais que são usados para o desenvolvimento de embalagens e produtos que no final são descartados ou enviados para os aterros sanitários. Isto traduz à perda de oportunidades de reutilização, reciclagem ou valorização dos resíduos.

Além dos exemplos mencionados, os fumos, gases e vapores tóxicos que surgem devido à combustão de resíduos, provocam poluição do ar. Esta pode ser causada por uma mistura de substâncias químicas, lançadas para o ar ou resultantes de reações químicas, que alteram o que seria a constituição natural da atmosfera. Além disso, a degradação da matéria orgânica dos resíduos, ao longo do tempo, vai criando uma mistura de gás (biogás) composta principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), conhecidos

como gases de efeito de estufa (GEE), que contribuem para as alterações climáticas.

### 3.4 Procedimento de gestão de resíduos

Através da adoção de boas práticas, no que concerne à gestão dos resíduos, esta deve decorrer preferencialmente em território nacional, tendo como objetivo determinar um equilíbrio dos setores de proteção ambiental com os de prevenção da poluição e com os setores socioeconómicos. Assim sendo, a gestão de resíduos é composta por procedimentos ou operações, sendo elas a recolha, o transporte, a triagem, o tratamento, a valorização e a eliminação de resíduos. Estas atividades também incluem a monitorização e o planeamento de forma a encaminhar os resíduos para um destino ambientalmente adequado com custos apropriados e aceite pela sociedade.

#### Recolha

A recolha é uma das componentes fulcrais de qualquer sistema de gestão de resíduos e é essencialmente da responsabilidade das autarquias locais. Esta fase consiste na remoção dos resíduos depositados, na deslocação dos mesmos e no armazenamento provisório. Geralmente, é estabelecido um horário de recolha, de forma a informar a população sobre que tipo de fluxo de resíduos é recolhido naquele período de tempo.

A atividade de recolha de RU é constituída por dois sistemas: seletiva e indiferenciada [5]. A **recolha seletiva** consiste no processo de recolha de resíduos colocados nas infraestruturas denominadas de ecopontos e ecocentros, separados por tipo de material, de modo que estes possam ser posteriormente encaminhados para as entidades de reciclagem. Por sua vez, **recolha indiferenciada**, como o nome indica, resulta da recolha de RU que são colocados pelas populações nos contentores, independentemente das suas características. É de referir que, tanto num sistema como no outro, podem ser executados segundo a recolha porta-a-porta.

Normalmente, a recolha porta-a-porta representa, elevados custos e operação, visto que os operadores recolhem recipientes colocados junto a cada uma das habitações, o que por sua vez implica maiores tempos de trabalho e um maior esforço da equipa de recolha. Contudo, existem vantagens no que toca à lavagem dos recipientes, pois esta é dispensada.

Para esta operação de gestão de resíduos, existe um leque de fatores que a influenciam, nomeadamente, a localização dos contentores, o número de veículos e operários disponíveis para cada serviço, volume e peso do tipo de fluxo de resíduos, restrições do tráfego rodoviário, custos monetários e frequência de recolha.

#### Transporte

Os veículos que realizam a fase anterior, por norma são os mesmos que realizam o transporte dos resíduos desde os locais onde estão temporariamente armazenados até aos locais adequados para as suas próximas etapas. As etapas seguintes podem ser executadas em unidades de tratamento ou, até mesmo, pontos de eliminação.

### Triagem

Os materiais recolhidos provenientes de ecocentros, ecopontos e da recolha seletiva porta-a-porta, são direcionados para Centros de Triagem, onde se procede à sua preparação e acondicionamento para posterior envio às indústrias recicladoras [24]. A estação de triagem é constituída por uma linha de triagem manual ou mecânica, onde se procede à separação dos resíduos sem alterar as suas características. Os produtos triados são comprimidos numa prensa e armazenados sobre a forma de fardos para posterior valorização por operadores [25].

Normalmente, estas unidades estão instaladas próximas das regiões onde são gerados os resíduos, de modo a que os camiões de recolha depositem os resíduos e retornem às suas rotas no menor tempo possível.

### Tratamento

Após a separação dos resíduos, passa-se para as operações de tratamento. O tratamento de resíduos é realizado de acordo com processos normalizados pelos correspondentes institutos regulamentadores, assegurando a qualidade dos fardos para inserção nas indústrias recicladoras ou até mesmo para a redução de custos e de impactos ambientais causados quando se procede à sua eliminação.

O tratamento dos resíduos pode ser separado em: mecânico, bioquímico e térmico. O objetivo desta etapa é reduzir o volume, a perigosidade dos resíduos ou promover o beneficiamento económico. No **tratamento mecânico** são realizados processos físicos de modo a alterar o tamanho dos resíduos. Esta etapa geralmente é usada no setor de reciclagem. O **tratamento biológico** ocorre pela ação tanto de lesmas e minhocas, como de micro-organismos (exemplo: bactérias e fungos) que ao interagirem com os resíduos, isto é, quando se alimentam destes, dividem as moléculas grandes em pedaços mais pequenos e criam uma mistura de substâncias. Devido a alguns fatores externos, estas substâncias podem reagir entre si quimicamente. Por fim, o **tratamento térmico** envolve a queima do material em altas temperaturas, isto provoca diversos processos físico-químicos de modo a alterar as características dos resíduos. [26]

### Valorização

A ideia de reciclagem, normalmente refere-se a materiais e produtos como plásticos, vidros, papéis e papelões. Este procedimento consiste num processo simples que transforma materiais usados em novos produtos, levando em consideração a sua reutilização [27].

A valorização é um conceito que abrange muito mais que apenas a reciclagem. Tal como este, têm como finalidade dar uma segunda vida aos materiais que iriam ser descartados, mas por meio de agregação de valor. Quando este processo é desenvolvido em escala industrial, engloba a capacidade de valorizar materiais como óleos usados, aparelhos eletrônicos, borrachas e resíduos perigosos.

Esta etapa está associada a diversos benefícios que remetem para a redução dos desperdícios, da pegada de carbono, da quantidade de materiais destinados aos aterros sanitários, na demanda de recursos naturais como matérias-primas, na utilização de recursos naturais para fabricação de novos produtos, mas também para o potencial de geração de receitas por meio da comercialização do que era considerado inútil [27].

## Eliminação

Apesar de todos os esforços para reduzir, reutilizar, reciclar e valorizar os resíduos, é impossível evitar a formação de materiais residuais, aos quais é necessário aplicar processos de tratamento prévio de modo a obterem um destino final adequado.

A última etapa da hierarquia das operações de gestão de resíduos, a eliminação final, é constituído por diversas opções de processos. Aterros sanitários, são locais controlados visto que envolve a deposição de resíduos no solo, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais [28]. A compostagem, constitui num processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal, tornando assim esta matéria num ótimo fertilizante para plantações, visto que é muito rico em nutrientes [29]. O processo de incineração consiste na queima controlada dos resíduos que seriam destinados a aterros, a elevadas temperaturas, resultando na redução drástica da sua massa e volume [28].

## 3.5 Sistemas de informação geográfica

O sistema de informação geográfica (SIG) consiste numa ferramenta tecnológica completa com o propósito de recolher, armazenar, reaproveitar, editar e visualizar dados e coordenadas geográficas [30]. Este sistema permite a combinação e sobreposição das informações reais recolhidas de mapas, imagens de satélites, entre outras fontes, de modo a ser possível realizar diversas análises sobre os mesmos [31].

Esta tecnologia de informação tem sido identificada por organizações e empresas, como uma das mais importantes e promissoras ferramentas no que diz respeito à análise de operações de qualquer tipo de informação geográfica [6].

### 3.5.1 Estudos desenvolvidos

Ao longo da história, os SIG foram surgindo em diversas áreas de conhecimento, nomeadamente, no planeamento territorial, agricultura, engenharia civil, geografia, logística, solos, redes de recursos naturais (como água e gás), estudos matemáticos de variação espacial, nas áreas militares, entre outros [30].

O autor Francisco Matos auxiliou-se da geotecnologia para explorar e obter informações ao analisar estratégias para a incorporação da bicicleta enquanto meio de transporte quotidiano no território de Aveiro [32]. Um dos exemplos referidos pelos autores sobre o uso dos SIG foi num projeto onde consistiu uma recolha de dados durante 37 anos, para analisar alguns impactos que pudessem influenciar a qualidade das águas (como tamanho, posição e tipo de solo) num território dos EUA [33]. No mesmo seguimento, no Brasil realizaram-se levantamentos de dados do solo para se evitarem problemas futuros em relação à gestão territorial (redes de esgotos, edifícios, aterros etc.) [34; 35]. Adicionalmente, As condições atmosféricas, a situação do mar e o tráfego marítimo contribuem para um aumento da procura e da necessidade do aproveitamento deste tipo de sistemas inteligentes [36]. Desta maneira os autores puderam desenvolver cartas náuticas em formato digital que permitissem evitar e/ou reduzir possíveis acidentes marítimos. O João Neto usou os SIG no setor da logística e transporte de empresas para planear redes de distribuição [37]. Os resultados permitiram concluir que se podiam otimizar nas distâncias percorridas pelas viaturas de entregas de produtos [37].

De um modo geral, todos os autores citados em cima, demonstraram que os sistemas de informação geográfica contribuíram de uma forma positiva para um maior conhecimento na área em questão. Tal como o autor João Neto implementou em circuitos de entregas, surge a oportunidade de se examinar e comprovar a influencia desta ferramenta tecnológica na aplicação de rotas de recolha de resíduos sólidos urbanos.

### 3.5.2 Aplicações dos SIG nos sistemas de gestão de RSU

Aplicados ao processo de gestão de resíduos, os SIG, em termos ambientais, trazem inúmeras vantagens. Permitindo minimizar custos, consumos, tempos e distâncias percorridas de recolha, de forma a tornar o mercado mais competitivo, em prol da proteção do ambiente. A informação geográfica, nas suas diferentes componentes, está disponível ao público interessado, isto é, o cidadão tem livre acesso, através de conexões digitais, aos dados remetentes à localização de contentores e a respetiva frequência de recolha.

As etapas de recolha e de transporte de resíduos urbanos, devido à sua exigência em termos de aquisição e organização de toda a informação, correspondem, em termos orçamentais, a 40% a 70% do custo total associado à gestão de RSU. Assim sendo, qualquer melhoria realizada, por mais insignificativa que seja, irá contribuir sempre para a redução dos custos totais [38].

Os SIG são uma ferramenta de elevada importância em relação ao planeamento da logística das infraestruturas de recolha de RU. Estes conseguem auxiliar não só na localização e capacidade dos contentores, como também obter especificações do serviço prestado (tipologia de resíduos, tempos efetuados, operadores em funções, percurso, quantidades recolhidas, frequência de limpeza e despejo dos contentores, etc.). São então aplicados nas áreas de implementação de aterros sanitários e nas áreas de otimização da recolha e transporte dos resíduos [39].

Como comprovado anteriormente, o sistema de informação geográfica possui potencialidades para auxiliar órgãos públicos na gestão urbana e nas tomadas de decisões de forma rápida e eficaz.

A capacidade de análise dos SIG, apesar da sua complexidade, deve ir ao encontro da obtenção de estratégias para a resolução de desafios, procurando melhorias face às necessidades da população e do meio ambiente envolvente.

Atualmente, com os dispositivos de *hardware* e *software* avançados, é possível estabelecer a ligação entre sistemas SIG e sistemas de posicionamento global (GPS), de forma a disponibilizar as informações em tempo real, dos serviços de recolha dos fluxos de materiais. Assim, permitem aos usuários monitorizar o serviço, controlando através de interfaces *Web*, as frotas que estão a ser realizadas naquele exato momento.

Em síntese, o uso do *software* SIG, no âmbito do planeamento de recolha de RSU, permite a realização de estudos de inventário e a avaliação de impactos ambientais existentes. Para além de estabelecer relações de dados sobre os percursos de recolha com taxas de enchimento dos contentores, com a respetiva equipa de trabalho, entre outros.

## 3.6 Análise de redes

A análise de redes foca-se no estudo e resolução de problemas que possam ser representados através de uma rede de forma a minimizar os custos totais do serviço, tendo em consideração determinados constrangimentos. Assim, a análise de redes tem vindo



a ser bastante útil para diversas situações reais como, na aplicação de problemas de planeamento de produção, de rotas, de tarefas, de distribuição, etc.

O problema de percurso de veículos (VRP) consiste em encontrar o trajeto que minimize o custo total de um serviço, tendo o veículo que finalizar o percurso no ponto de partida, assegurando que cada ponto seja visitado e que a carga não exceda a capacidade máxima do veículo. O desenvolvimento de modelos para a resolução destes problemas assume assim um papel muito importante na otimização de situações que fazem parte do nosso quotidiano.

### 3.6.1 Teoria dos grafos

Ao longo da história da matemática, muitos problemas vão surgindo tal como as suas respectivas soluções. No entanto, o mesmo não aconteceu com a teoria dos grafos. Especulase que o dilema tenha surgido devido à curiosidade dos habitantes de Königsberg. A cidade russa, atualmente designada de Kaliningrado, estava dividida em quatro áreas de terra (duas delas representavam ilhas) separadas pelo Rio Pregel, sobre o qual estavam ligadas por sete pontes, tal como ilustrado na Figura 3.3 [40].

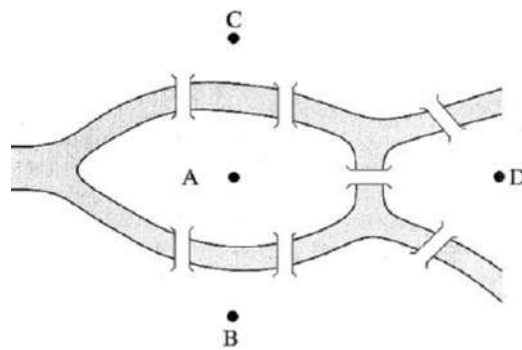


Figura 3.3: Esboço da cidade de Königsberg.

Conta a história que os cidadãos queriam saber se haveria alguma possibilidade de existir um caminho que atravessasse cada ponte exatamente uma só vez. Para responder a essa questão, o matemático e físico suíço Leonhard Euler, publicou um artigo em 1736 provando que não existia trajeto que possibilitasse tais restrições [40]. Euler modelou o problema associando a aspetos matemáticos, chamando-o de grafo ( $G$ ). Para isso, os pontos simulam cada área de terra e para representar as pontes, são usadas linhas unindo esses pontos (Figura 3.4). Ao analisar a quantidade de linhas que tocava em cada ponto, conseguiu concluir que o desafio poderia ser bem executado se cada área de terra possuísse uma quantidade par de pontes, por outras palavras, o ponto inicial teria que ser diferente do ponto de chegada.

Assim, um grafo pode ser definido por um par de ordenadas  $G = (V, E)$ , tal que  $V = V(G) = v_1, \dots, v_n$  corresponde ao conjunto de linhas (arcos, arestas ou ramos) e  $E = E(G)$  ser o conjunto de pontos (nós ou vértices). É de salientar que, cada aresta conecta-se a um par de vértices [40].

É de notar que os grafos podem ser não orientados ou orientados. Um grafo orientado, é representado por uma seta, indicando o sentido daquele segmento de reta, onde contém o ponto inicial (origem) e o final (destino). Assim, a Figura 3.5 representa um grafo

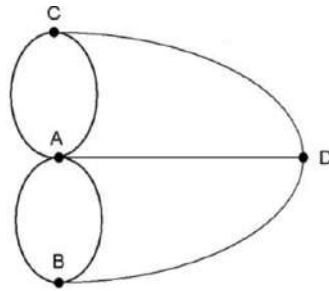


Figura 3.4: Grafo que representa a cidade de Königsberg.

composto por 3 nós (A, B e C) e 3 arcos (AB, AC e BC). Pelo exposto anteriormente, a seta no ramo AB indicava que o trajeto é dirigido de A (origem) e termina em B (destino), mostrando que o movimento de B para A não é permitido.

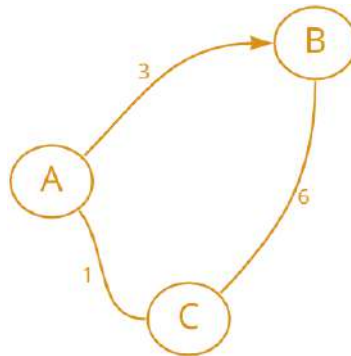


Figura 3.5: Grafo orientado.

A teoria dos grafos pode ser aplicada em diversas áreas, como na informática, economia, física, investigação operacional, etc [40], onde existiram algoritmos tais como o custo mínimo e o caminho mais curto e mais rápido, que auxiliam na resolução do problema. Para a recolha de resíduos sólidos urbanos, este método também pode ser usado. O peso da ligação diz respeito ao número associado a cada arco, Figura 3.5. Esta classificação é dada de acordo com as necessidades, mas também com os objetivos que se pretende atingir, podendo representar os custos, comprimentos, velocidades, tempos, etc. que são requeridos para completar essa trajetória.

Em suma, com este método, pretende-se determinar um circuito mais económico possível para se otimizar as rotas de recolha de RSU.

### Tradução para modelos matemáticos

A teoria dos grafos consiste num modelo matemático do VRP simples [41]. Como mencionado anteriormente um grafo pode ser representado por  $G = (V, A)$ , onde  $V = v_0, v_1, \dots, v_n$  é o conjunto de vértices, em que  $v_0$  corresponde ao ponto de partida. O conjunto  $A$  contém os arcos  $(i, j)$ , para cada par de nós  $i, j \in V$  e  $i \neq j$ . Como já referido, a estes arcos está associado um custo de ligação  $C$ , que não varia com o sentido, ou seja,  $c_{ij} = c_{ji}$ , a isto se denomina uma matriz simétrica. Contudo, existe casos em que a matriz é assimétrica pois há estradas de apenas um sentido.

No modelo do VRP simples, é essencial acrescentar a variável de decisão binária  $x_{ijk}$  que assume valor de 1 somente se o veículo  $k$  efetuar uma rota que vá do cliente  $i$  para o cliente  $j$ . Com isto, a equação para minimizar o custo total é dada por:

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (3.1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{\substack{j=1, \\ i \neq j}}^n x_{ijk} = 1, \quad i = 1, \dots, n \quad (3.2)$$

$$\sum_{\substack{i=0, \\ i \neq h}}^n x_{ih} = \sum_{\substack{j=0, \\ j \neq h}}^n x_{hj}, \quad h = 1, \dots, n \quad (3.3)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{0j} \leq K \quad (3.4)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_i x_{ij} \leq Q \quad (3.5)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (3.6)$$

A Equação 3.2 garante que todos os clientes sejam visitados uma única vez. As restrições da Equação 3.3 asseguram a continuidade do movimento dos veículos, isto é, quando um veículo chega a um nó  $h \in N$ , então deve partir desse cliente. A Equação 3.4 limita o número máximo de rotas para  $K$ , o número de veículos. A Equação 3.5 assegura que a soma das quantidades a transportar pelo veículo não exceda a capacidade máxima desse mesmo veículo. Sendo  $q_i$  a quantidade requisitada pelo cliente  $i$  e  $Q$  a capacidade máxima do veículo. De forma a garantir que a variável  $x$  é binária, ou seja, que assume valor 0 ou 1, é necessário a Equação 3.6.

Em alguns casos é preciso usar estas duas equações:

$$\sum_{v_i \in S} x_{ij} \leq |S| - 1, \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}; S \neq \emptyset \quad (3.7)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (t_{ij} + t_i) x_{ij} \leq T \quad (3.8)$$

Segundo a Equação 3.7, elimina as criações de sub-rotas, sendo  $S$  um sub-conjunto dos clientes. Por fim, A Equação 3.8 refere-se à duração máxima  $T$  da rota percorrida por cada veículo, sendo  $t_{ij}$  o tempo de viagem entre os pontos  $i$  e  $j$ . Além disso, cada nó  $i$  possui um tempo de serviço  $t_i$  que corresponde ao tempo mínimo que o veículo tem para permanecer nesse nó.

### 3.6.2 Diferentes tipos de VRP

Existem diferentes tipos de VRP para cumprir todas as necessidades de forma a organizar o planeamento. Os problemas gerais de rotas baseiam-se em dois grupos mais concretos: o problema de rotas em nós e o problema de rotas em arcos [42].

Quando a capacidade de carga do veículo é tida em conta, surgem vários entraves que são necessários de se ter em consideração, sendo que para isso é utilizado o método do problema de percursos de veículos capacitados (CVRP) simples.

#### Problemas de Rotas em Nós

Relativamente ao problema de rotas em nós (NRP), como o nome indica, foca-se sobretudo nos nós de um grafo, sendo que os arcos consistem em percursos de interligações desses nós.

O objetivo consiste em determinar o trajeto mais curto e que represente o menor custo de execução. Isto é, um dado veículo tem que percorrer, uma única vez, todos os nós (clientes) de uma rede, de forma a regressar ao ponto de partida [43]. Apesar da fácil compreensão, o problema consiste numa resolução mais complicada. Assim, o NRP pode ser resolvido segundo os conhecimentos da Teoria dos Grafos, que está detalhada anteriormente.

Este problema também pode ser representado num caso mais prático, conhecido como o Problema do Caixeiro-Viajante (TSP). Este exemplo consiste num caixeiro viajante que necessita de percorrer todas as  $n$  cidades a visitar ( $c_1, \dots, c_n$ ) num menor custo possível, tendo a mesma cidade (C) de partida e chegada.

Ao acrescentar múltiplos veículos ao sistema, onde cada um contém não só o seu ponto de partida e de chegada, como também os seus respetivos locais a visitar, o problema pode ser designado como o Problema dos Múltiplos Caixeiros-Viajantes (MTSP). Tanto no TSP, como no MTSP, as restrições de capacidade dos veículos não são um fator crucial a ter em conta.

#### Problemas de Rotas em Arcos

O problema de rotas em arcos (ARP), por sua vez, tem como objetivo determinar o conjunto de arestas (trajetos) que traduzem um custo mais económico. A grande diferença entre o NRP e o ARP, é que este último pode ter arestas repetidas ao longo do seu percurso.

O ARP, hoje em dia, também é conhecido como o Problema do Carteiro Chinês (CPP), que foi originado em 1962 pelo matemático chinês Meigu Guan. Este problema é uma adaptação do TSP, onde os arcos da rede são os elementos-chaves nesta operação. Isto acontece devido ao número elevado de clientes ao longo das ruas. Guan compreendeu que a forma do carteiro percorrer a menor distância, seria adicionar um conjunto de arcos ao grafo de modo a garantir um grau uniforme a cada nó desse mesmo grafo [43].

É de salientar que o problema de rotas em arcos possui inúmeras aplicações na área da logística, nomeadamente, na otimização de rotas a serem percorridas por carteiros, veículos de remoção de neve e até mesmo, camiões de recolha de resíduos [44].

### Problemas de percursos de veículos capacitados

Em relação ao CVRP, este consiste numa variante do VRP, onde cada rota começa e termina no mesmo nó e cada cliente só pode ser visitado uma única vez. Apesar disto, a restrição principal deste problema é o facto de a soma da procura dos vários clientes atribuídos a cada rota não poder exceder a capacidade do veículo afetado para realizar esse percurso. O objetivo principal do CVRP foca-se em minimizar os custos totais, quer em termos do número de veículos da frota, como o tempo ou a distância de viagem das rotas, tendo em conta a capacidade de cada veículo. [45]

No mapa demonstrado na Figura 3.6, encontram-se esquematizados outras dificuldades que, ao mudar as variáveis, surgem outros imprevistos que tiveram como origem o problema de percursos de veículos capacitados [45].

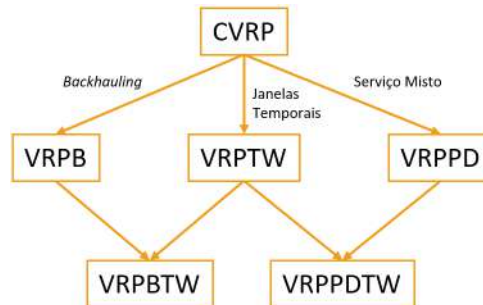


Figura 3.6: Relação entre as diferentes variáveis de CVRP [45].

Uma das extensões do problema CVRP na Figura 3.6 é o **problema de percursos de veículos com *backhaul* (VRPB)**. Este problema inclui dois tipos de pontos: os de entrega onde os veículos entregam a quantidade pedida pelos clientes e os de recolha que têm produtos a serem transportados de volta para o armazém. Antes de ser feita a execução da rota é necessário conhecer todos os pontos de entrega e quais produtos vão ser entregues. Assim, existe uma maior organização tanto do percurso como da capacidade do veículo, bem como uma redução nos custos de operação.

O **problema de percursos de veículos com janelas temporais (VRPTW)** é outra variante do VRP, mas com restrições adicionais no que respeita aos limites temporais, ou seja, cada cliente deve ser atendido em determinada faixa de horário do dia. Se um veículo chegar antes do início da janela temporal, tem de aguardar.

De seguida, o **problema de percursos de veículos com recolha e entrega (VRPPD)** é um tipo de problema de planeamento de rotas no qual os clientes requerem uma determinada quantidade para ser recolhida e outra para ser entregue. O objetivo consiste em definir as rotas para uma frota de veículos que minimize a distância total percorrida, garantindo que a capacidade do veículo não é excedida, de modo a que todos os pedidos de entrega e de recolha sejam satisfeitos.

Por fim, o problema de percursos de veículos com *backhaul* e janelas temporais (VRPBTW) e o problema de percursos de veículos com recolha e entrega e janelas temporais (VRPDTW) são dois **problemas mistos** onde se consideram duas variantes de problemas. Isto é, neste tipo de problemas existem mais variáveis e restrições que é necessário estar ciente em todo o processo de análise.

### 3.6.3 Métodos de otimização de rotas

O VRP é considerado, sob a ótica de otimização, um problema *NP-Hard*, isto significa que as dificuldades dos problemas vão aumentando exponencialmente. Para encontrar a solução do VRP, os métodos usados podem ser classificados em três abordagens principais: método exato, heurístico e meta-heurístico. [46]

#### Método Exato

O método exato consiste em encontrar a melhor solução possível para um dado problema de forma a satisfazer todas as restrições estipuladas. Porém, pode ser demasiado lento no seu desenvolvimento apresentando algumas limitações (aproximadamente até 100 clientes) e, no final, não ser possível encontrar uma solução. [46]

As abordagens exatas, geralmente estão ligadas a procedimentos de enumeração implícita em árvore, conhecidos como *Branch and Bound* [46]. O estudo trata-se na ramificação de um dado problema (P), ou seja, este é dividido em vários sub-problemas de menores dimensões [47]. Os sub-problemas devem ser de um grau mais fácil de resolução que o problema inicial e podem ser esquematizadas numa árvore, como mostra a Figura 3.7. [46; 47]

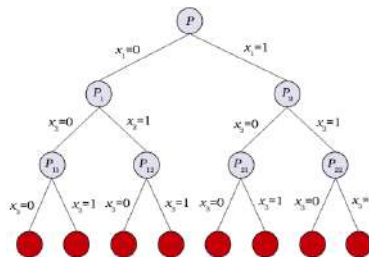


Figura 3.7: Árvore do método Branch and Bound [48].

O método aplicado permite identificar a solução ótima de entre todas as soluções viáveis, mas apresenta algumas limitações. Em consequência disso, é cada vez mais usual o desenvolvimento de métodos heurísticos e meta-heurísticos.

#### Método Heurístico

O método heurístico tem como um dos principais focos, a resolução do TSP, sendo esta dividida em três tipos de procedimentos: construtivos, de melhoramentos e compostos.

Os **métodos construtivos** permitem construir uma solução possível segundo um processo iterativo. O algoritmo de *Clark e Wright* apresenta bons resultados em problemas de roteirização de veículos. O método baseia-se segundo os valores referentes à economia. Para ser executado, são calculadas todas as rotas possíveis entre os nós  $i$  e  $j$  [49].

Para melhor compreensão do método, a Figura 3.8 apresenta dois exemplos:

Começando pela primeira e pior situação, Figura 3.8.a, o veículo desloca-se para o cliente  $i$ , faz o serviço e regressa ao ponto de partida (P). Após esta ação é que o veículo pode atender o cliente  $j$ . A Equação 3.9, representa a distância total desta execução, sendo  $d_{P_i}$  e  $d_{P_j}$  as distâncias entre P e os nós  $i$  e  $j$ , respetivamente:

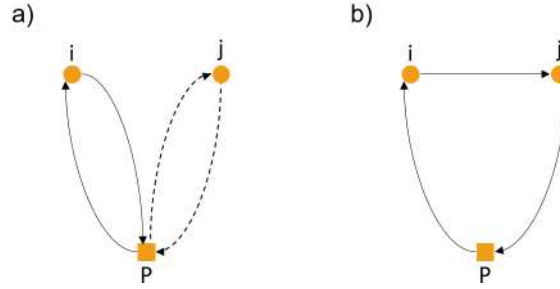


Figura 3.8: O procedimento de economia de *Clark e Wright*.

$$D_a = 2 \times d_{Pi} + 2 \times d_{Pj} \quad (3.9)$$

A outra situação, Figura 3.8.b, representa uma possibilidade de melhoria deste exemplo, onde os dois clientes seriam associados na mesma rota. Assim, o veículo teria que percorrer:

$$D_b = d_{Pi} + d_{Pj} + d_{ij} \quad (3.10)$$

Ao integrar os dois clientes na mesma rota, existirá um ganho ( $G_{ij}$ ) igual à diferença entre  $D_a$  e  $D_b$ , dado por:

$$G_{ij} = D_a - D_b = d_{Pi} + d_{Pj} - d_{ij} \quad (3.11)$$

O método *Clark e Wright*, faz todas as combinações possíveis entre os nós, dois a dois. De seguida, os resultados são ordenados de forma decrescente dos resultados dos ganhos. [49]

Os **métodos de melhoramentos** começam com uma solução viável e buscam uma solução melhorada que possa ser encontrada executando um número pequeno de alterações. Por fim, os **métodos compostos** têm como objetivo melhorar uma rota que apresenta resultados próximos dos ideais. [49]

### Método Meta-heurístico

As meta-heurísticas são heurísticas que resolvem de forma genérica problemas de otimização e usa métodos como *Simulated Annedaling*, Pesquisa Tabu e Algoritmos Genéricos que permitem melhorar as soluções iniciais. Assim, as Meta-heurísticas não garantem o ótimo global, no entanto permitem obter soluções o mais próximo possível do ótimo global para um determinado problema. [49]

### 3.6.4 Estudos desenvolvidos

A análise de redes pode ser aplicada no estudo de diversas situações e áreas do quotidiano como nos transportes públicos, autocarros das escolas, etc.

Tavares, Zsigraiova, Semiao e Carvalho realizaram estudos de forma a otimizar os circuitos da cidade da Praia, capital de Cabo Verde e da ilha de Santiago. Para isso, definiram alguns fatores que deveriam ser considerados para o ensaio, como por exemplo a carga do veículo de recolha de RSU e o gradiente de inclinação rodoviária. Em relação

ao método de análise, concluíram que os circuitos deveriam ser otimizados segundo o consumo de combustível. [50]

O trabalho realizado por Apaydin e Gonullu consistiu em comparar dados da atualidade com dados virtuais de viaturas de recolha de RSU na Turquia, mais especificamente na cidade Trabzon, para se cumprir com o objetivo de redução das emissões ambientais. A análise de redes auxiliou na consulta das informações e respetivo estudo. [51]

Já os autores Bittencourt, Rodrigues, Netto e Jurkiewicz analisaram circuitos de entrega de equipamentos frigoríficos no Brasil. Visto que a encomenda é de grande porte e limitada, usaram o método CVRP para otimizar os circuitos de entrega. [52]

Neste trabalho irá ser usado o método TSP e por sua vez, comparado com o programa usado, com o objetivo de perceber se existe espaço de melhoramento do *software* e se seria possível realizar algoritmos que consigam precaver possíveis entraves que não estão a ser contabilizados de momento.

### 3.7 Indicadores de gestão de resíduos

Para se compreender como funciona um sistema de gestão de resíduos, é preciso definir e identificar quais os indicadores que serão utilizados para avaliar o sistema. Esta fase é fulcral na medida em que revela como irão ser alcançados os objetivos e determina se os resultados atingidos estão de acordo com o esperado, podendo assim analisar se o projeto está elaborado de acordo com os objetivos anteriormente definidos.

Um indicador de desempenho corresponde a parâmetros e/ou valores quantitativos ou qualitativos, que fornecem informações sobre o estado de um projeto, sendo considerada uma potencial ferramenta para tomada de decisão e na antecipação de situações de risco.

Na gestão de resíduos, os indicadores diferem em 4 maneiras: temporal, espacial, viatura e trajeto. A **nível temporal**, onde são classificados segundo o dia, mês ou ano. A nível espacial, que dependem da freguesia, município, país, etc. O **tipo de viatura usada**, isto é, que equipamento é essencial para recolher resíduos seletivos (matérias orgânicas, pilhas, papel, plástico, vidro, etc.) ou indiferenciados. Por fim, varia consoante o **tipo de trajeto**, tendo em conta os quilómetros percorridos, consumos de combustível, consumos de energia, entre outros.

Um aspeto crucial na avaliação de indicadores é o facto de se procurar uma análise e interpretação contextualizada dos mesmos, isto é, cada indicador é definido pelos seus respetivos fatores que o fazem variar. Estes fatores podem ser externos (por exemplo: fatores climáticos) ou internos (por exemplo: idade dos operários, veículos). O objetivo dos fatores é auxiliar a interpretação dos indicadores, permitindo avaliar o quão justificável é um determinado intervalo de variação [53].

Apesar de haver pouca informação acerca desta etapa, é fundamental a constante atualização destes dados, pois, sempre que possível, devem ser realizados cálculos de indicadores para obtenção de dados estatísticos que condicionem futuras melhorias e possíveis incrementos da eficiência e produtividade.

### 3.8 Motivação

Atualmente, o tema da preservação sustentável é algo que vem a ser respeitado a nível mundial. As empresas tendem a desenvolver novas estratégias para implementar nos seus



serviços e até mesmo para sensibilizar a sua comunidade de modo a garantir a preservação do planeta, sendo que a Veolia não é uma exceção. A política dos 3 R's (reduzir, reutilizar e reciclar) é algo que se define como a atitude para minimizar a pegada ambiental. Assim, a utilização de meios e materiais naturais tende sempre a ser mais valorizada. Com as suas três atividades complementares (água, energia e resíduos), a Veolia contribui para a preservação e valorização dos recursos disponíveis.

A Veolia, sendo uma empresa que defende a própria pegada ecológica e dos seus clientes, analisou falhas que estaria a cometer e que poderiam ser minoradas. Esta análise focou-se na poluição provocada pelas viaturas de recolha e transporte de resíduos para a Ersuc Lda. Daí adveio a proposta realizada à Universidade de Aveiro que elaborasse um estágio com o intuito de estudar e observar os circuitos da empresa no município.

Com os conceitos teóricos destacados neste capítulo, foi possível compreender que o tema dos resíduos é relevante, complexo e subestimado. É interessante destacar que pequenos fatores como as condições climáticas podem afetar bastante a produção de resíduos. Por exemplo, quando está a chover a probabilidade de a população colocar os resíduos nos contentores ou ecopontos é bastante reduzida, afetando na recolha e transporte dos mesmos. Ao ter esses fatores e outros em mente, foi possível propor a otimização dos circuitos. Os sistemas de informação geográfica auxiliaram na compreensão do melhor meio para explorar os programas fornecidos pela empresa. Já os problemas e métodos matemáticos existentes até a atualidade, revelam-se como uma ferramenta importante para a compreensão do melhor meio de intervenção de cada caso.

# Capítulo 4

## Metodologia

Depois de ter sido explorada a evolução dos conceitos que estão relacionados com o tema do estudo. Aqui são explanadas as diferentes etapas adotadas no desenrolar do estágio, isto é, toda a metodologia utilizada para se proceder à realização das medidas propostas que serão abordadas no capítulo seguinte. O seu desenvolvimento teve em conta os objetivos descritos no Capítulo 1.3. Num primeiro momento, procede-se a uma síntese global da mesma, a fim de se obter uma organização lógica, dirigindo-se depois, para a sua explicação pormenorizada nos subcapítulos que a seguem.

### 4.1 Visão geral

O desenvolvimento de um modelo de otimização de um problema real requer a concretização de seis etapas. A Figura 4.1 ilustra o processo metodológico adotado, organizado de forma cronológica.



Figura 4.1: Esquema global das etapas empregues na metodologia (Fonte: *MawisU2*).

Numa primeira abordagem, foi realizada uma reunião com a Eng. Petra Loureiro da empresa Veolia, que amavelmente cedeu toda a informação relevante para a execução deste trabalho, nomeadamente: os circuitos de recolha, o número de contentores, o número e algumas especificações de veículos disponíveis, a frequência de recolha entre outros (toda a informação base encontra-se detalhada no Capítulo 2.3). No seguimento da reunião, foi necessário destacar os circuitos mais críticos para a empresa de forma a torná-los prioritários.

De seguida, recorreu-se não só à seleção de um desses circuitos prioritários, como também se formulou e implementou um conjunto de indicadores.

Posteriormente, procedeu-se ao processo de levantamento dos dados necessários através de um documento em *Excel*, Relatório Operacional (que será explicado no Capítulo 6.1), bem como à respetiva análise do cenário real, a fim de se perceber quais são os problemas e que possíveis soluções poderiam vir a ser implementadas.

Numa fase seguinte, construiu-se uma rede de nós e arcos no mapa do sistema SIG

da cidade de Aveiro, onde foi realizado o presente trabalho, por outras palavras, criou-se um diferente cenário implementando as melhorias encontradas.

Finalmente, procedeu-se à validação da otimização de rotas.

## 4.2 Definição de cenários

Ao longo deste trabalho, foram delineados diferentes cenários de gestão de frotas, sendo que o Cenário 0 corresponde sempre ao modelo atual do circuito que se está a analisar e, por sua vez, o Cenário 1 representa o modelo proposto à empresa de forma a cumprir com todas as metas e parâmetros impostos em Portugal.

O **Cenário 0**, como já foi mencionado, faz referência ao caso real do circuito que se quer analisar, ou seja, que a empresa realiza, segundo uma determinada frequência, de forma a recolher os resíduos dispostos nos contentores. Este caso, apresenta alguns problemas que podem ser caracterizados como: gerais ou individuais. Os primeiros remetem para dificuldades que possam estar relacionados com outros circuitos, como por exemplo existir rotas que sobrepõem umas nas outras numa determinada rua. Já os últimos, referem-se a dificuldades ou impedimentos que apresentam quando a tarefa é realizada.

Já o **Cenário 1**, surge de forma a eliminar ou reduzir todos os contratempos que são apresentados no Cenário 0. Para tal, foram traçados novos percursos de recolha, sendo verificados no terreno ou simplesmente simulados em programas, com o intuito de otimizar os serviços prestados pela empresa.

## 4.3 Programas e aplicações disponibilizados

Atualmente, as empresas funcionam com base em dados. As informações que cada entidade tem acesso e retiram de uma análise, quando usadas corretamente, podem ajudar a reduzir custos, a melhorar processos de trabalho e até reduzir reclamações dos clientes. Uma empresa como a Veolia, em que uma gestão de frota, não é um parâmetro a ser descartado, é importante ter aplicações que sirvam de apoio para a sua logística. Uma gestão de frota é um processo realizado para aumentar não só a eficiência da sua prestação de serviços como também a segurança e produtividade da mesma.

Assim, para além do *Excel*, *Google Maps* e *Google Earth Pro* também foi necessário, ao longo do estágio, recorrer a outras aplicações fornecidas e utilizadas pela empresa: *MawisU2* e *Dynafleet*.

### 4.3.1 MawisU2

Para qualquer empresa que tenha como determinante o uso de veículos, uma gestão de frotas apoiada por sistemas temáticos para veículos, torna-se uma ferramenta crucial, pois oferece acesso e controlo sobre dados das viaturas, bem como as ferramentas e as funcionalidades de que necessita para uma utilização eficaz, podendo eventualmente otimizar todos os passos da operação.

Neste caso, a empresa Veolia realiza a sua gestão através da aplicação *MawisU2* que foi criada e desenvolvida pela MOBA. Onde proporciona uma solução integrada para gerenciamento eficiente de serviços urbanos. [54] Visto que é um servidor online, o acesso é feito facilmente a partir de um computador, sem necessidade de recorrer à

instalação de nenhum tipo de aplicação, simplesmente basta criar uma conta [7; 54]. A combinação de hardware e software que liga uma viatura à *internet*, permite que seja monitorizado remotamente, tornando possível a gravação de dados sobre os percursos percorridos, velocidades, tempos, etc.

### Gestão de frota

Dentre as diversas funcionalidades do *MawisU2*, uma das parcelas mais importantes deste *software* é a Gestão de Frota. Nela, tem-se acesso ao posicionamento em tempo real de todas as viaturas da Veolia, devido aos dados enviados pelo sistema GPS, tal como mostra a Figura 4.2. Esta janela *web*, também proporciona uma barra de ferramentas que disponibiliza uma inúmeros acessórios excelentes que podem ser devidamente úteis. Entre estes, existe a opção para procurar ruas, mudar as configurações do mapa, medir distâncias entre dois pontos em linha ou no seguimento de uma estrada, restrições de estrada para camiões, informações do tráfego naquele exato momento devido a obras, acidentes ou obstruções, entre outras.

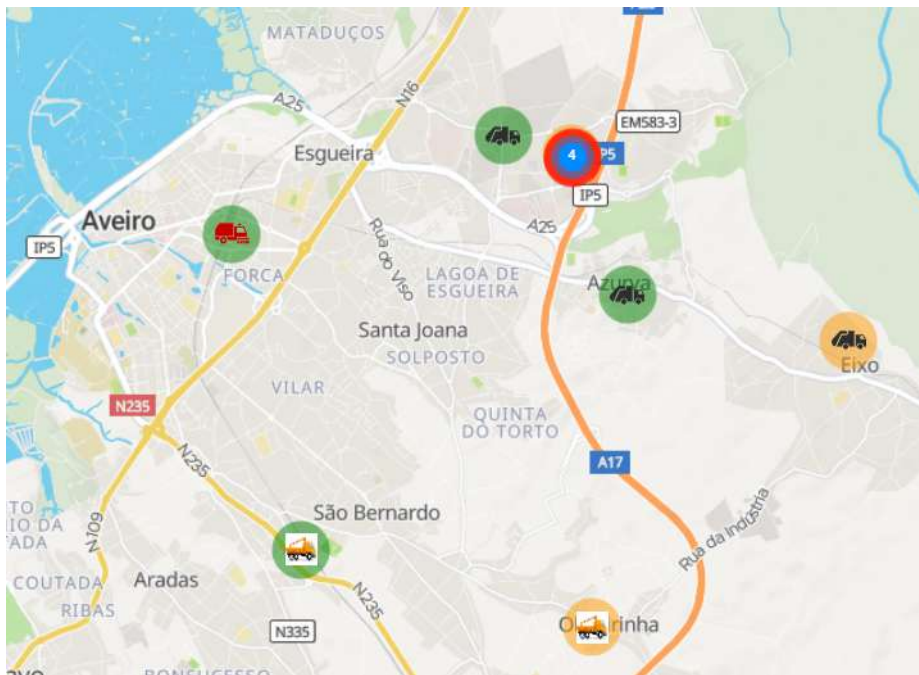


Figura 4.2: Posicionamento em tempo real da frota da Veolia (Fonte: *MawisU2*).

Nesta parcela, também se pode aceder ao histórico de uma viatura à escolha do usuário, filtrando o dia e a hora que se pretende visualizar. Quando se realiza essa ação, no mapa é traçado a azul o trajeto que esse veículo efetuou, sinalizando com setas da mesma cor, o sentido do mesmo. Ao selecionar um determinado trecho do percurso são dadas informações da data, hora e velocidade que o veículo atingiu naquele momento. De acordo com a Figura 4.3, assim que se seleciona um contentor do mapa que se quer analisar, nele são destacadas diversas informações. O ícone da seta verde apontada para cima no mapa confirma que o contentor foi bem recolhido [7].

Para se ter uma perceção da importância do histórico, esta ferramenta possibilita não

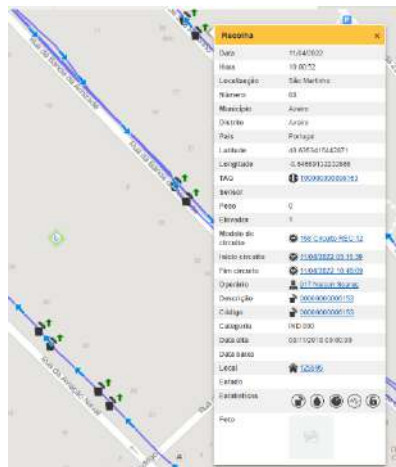


Figura 4.3: Informações acerca de um contentor recolhido (Fonte: *MawisU2*).

só ter a hipótese de confirmar o trabalho realizado (tanto em termos de trajeto, como em termos de contentores levantados), como também rastrear o trabalho em relação a reclamações. [7]

Devido a uma atualização recentemente da plataforma, é possível aceder ao histórico de até cinco viaturas ao mesmo tempo. Isto permite que se possa analisar pontos sobrepostos dos circuitos do mesmo turno, de maneira a que seja possível serem otimizados.

### Planeamento de circuitos

A secção do planeamento de circuitos serve para gerir e obter informações de todos os circuitos da Veolia que serão criados ou que foram executados.

No processo de criação e edição de um qualquer tipo de circuito, é necessário atribuir algumas condições, como a categoria dos contentores que irão ser recolhidos e a freguesia em que se situam, de forma a que a plataforma *web* consiga filtrar a informação facilitando assim ao usuário encontrar o que pretende. Também é possível associar os veículos que são aptos para esse tipo de serviço aos circuitos, a fim de que quando o motorista prestar a tarefa, tenha ao seu dispor toda a informação pertinente. No entanto, todas as viaturas têm acesso a todos os circuitos podendo, qualquer uma delas, teoricamente, realizar os mesmos.

Existem três modos de planear rotas, sendo elas executadas pelo administrador, pelo próprio condutor e até mesmo pela plataforma, que com o auxílio da georreferenciação dos contentores, é capaz de gerar automaticamente. Este processo deve estar sempre atualizado, dado que, devido a alguns contratemplos, os equipamentos de acondicionamento podem ser adicionados ou removidos dos circuitos iniciais. Após essa atualização, o utente pode planear os trajetos de recolha ou simplesmente atribuir uma ordem de recolha, obrigando o *MawisU2* a realizar a otimização que se pretende, de forma automática e rápida. Na Figura 4.4, mostra um exemplo de um circuito e os respetivos objetos de acondicionamento.

Para além de se poderem criar e editar os circuitos, também se podem procurar os que foram previamente realizados, filtrando a informação que for mais conveniente, como a data, o código e nome do circuito. Ao se realizar essa pesquisa, depara-se com o veículo

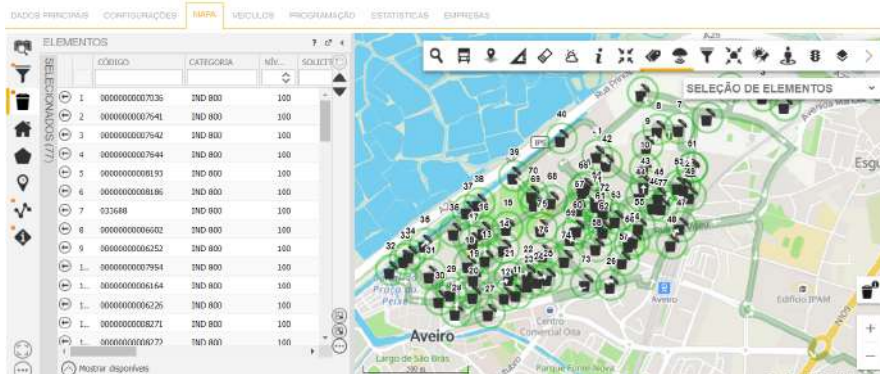


Figura 4.4: Localização dos contentores e o trajeto do circuito selecionado no *software MawisU2*.

que realizou a ação, o número de contentores que foram recolhidos e o número daqueles que tinham sido planeados.

Com a mais recente atualização, é possível programar os circuitos indicando a frequência de atuação e a equipa que executa a tarefa. Esta versão é meramente informativa para que haja uma melhor organização dentro da empresa.

### Centro de *Tickets*

Outro serviço interessante disponível na plataforma é a identificação de incidências durante o percurso. Numa das laterais de cada viatura existe um equipamento, botoneira, que tem conexão com o GPS da viatura e que fica ao alcance dos cantoneiros, permitindo a estes a devida marcação das incidências encontradas. Tal como se verifica na Figura 4.5, este equipamento está dividido em dois dispositivos com quatro botões cada um. Começando a análise no lado esquerdo, os dois primeiros botões, com os ícones de um armário e de uma árvore, remetem para a presença na via pública de resíduos volumosos (monos ou monstros) e resíduos verdes, respetivamente. Os botões de 75% e 100% servem para indicar o nível de enchimento de cada contentor levantado. Por fim, a placa do lado direito da botoneira, concentra-se mais em problemas sobre os contentores. Assim que os cantoneiros se deparam com um contentor partido, pressionam o primeiro botão de modo a assinalar no sistema a sua localização para que se possa proceder à sua substituição. Já o segundo botão representa um contentor obstruído, como por exemplo por um veículo que possa estar mal-estacionado. Os outros dois, traduzem incidências sobre contentores sujos e resíduos no chão, respetivamente. De momento, os dois últimos botões de cada lado não estão a ser utilizados para nenhum efeito ou simplesmente são raramente utilizados, dado que os contentores do município são lavados segundo uma frequência própria e por norma, quando os operários se deparam com resíduos no chão, recolhem-nos.

Assim que se indica qualquer tipo de incidência, no fim do circuito, essa informação é enviada remotamente ao *software*, indicando o local e a hora da ação. Este processo permite que a equipa administrativa possa ter acesso às listas de pedidos na plataforma e fazer uma correta gestão da mesma, encaminhando de seguida os registos para os motoristas e viaturas correspondentes. O *MawisU2* já está programado para, sempre que se adiciona uma incidência na lista correspondente, se reorganizar de forma automática



Figura 4.5: Botoneira de registo de incidências dos camiões de recolha da Veolia.

segundo o trajeto mais rápido. Isto possibilita que o procedimento seja mais acelerado e eficaz. Os serviços a serem prestados podem ser de recolha de volumosos (monos ou monstros), resíduos verdes ou manutenção de contentores. Deste modo, quando o motorista inicia o serviço, no monitor em questão, aparece a lista de pedidos correspondente a realizar. O operário prime no primeiro pedido e o dispositivo indica o trajeto a ser efetuado.

Com isto, pode-se concluir que o Centro de *Tickets* é uma secção bastante útil na medida em que se pode proceder à recolha deste tipo de resíduos e à manutenção os contentores, sem que se perca tempo de serviço e consumos desnecessários.

### Recursos humanos

Na secção dos recursos humanos é possível registar todos os colaboradores da empresa e atribuir equipas de trabalho. A cada funcionário, seja ele motorista ou cantoneiro, é atribuído um número. Este número funciona como código de identificação no sistema, isto é, sempre que se realiza um serviço, os operários são obrigados a colocar o seu código no monitor da viatura que irá ser usada, de modo a que haja um reconhecimento de quem irá operar. Este processo auxilia os serviços administrativos de forma a que, caso haja alguma dúvida, se possa saber quem está de serviço em tempo real. Neste sistema também é possível selecionar os operários que deixaram a empresa ou simplesmente estão inativos. Complementarmente, a subdivisão sobre as equipas de trabalho, também serve como um reforço informativo e uma forma de melhor organização da empresa, visto que se pode criar equipas de forma a que um motorista trabalhe sempre com os mesmos dois cantoneiros. [7]

### Mobilidade urbana

É na secção da Mobilidade Urbana que se procede à logística dos clientes da Veolia, bem como os respetivos contentores a eles associados. Quando se obtêm a informação de que

se irá acrescentar um novo contentor no município ou simplesmente que já não irá ser usado, é nesta parcela que se realiza essa logística.

Para se proceder à criação de um novo contentor no município de Aveiro, é necessário obter as coordenadas exatas do mesmo, para que no sistema fique a informação mais precisa possível. Após isso é atribuído um código de identificação (TAG), de maneira a que, quando o mesmo for levantado, possa ser assinalado na plataforma e posteriormente indicado nos relatórios. Também é diferenciado pela capacidade e categoria que se encontra, isto é, se é um contentor indiferenciado de 800 m<sup>3</sup> ou de 1100 m<sup>3</sup>, se é um enterrado, ecoponto de embalagens, ecoponto de papel, ecoponto de vidro, entre outros.

### Centro de relatórios

A aplicação *MawisU2* dispõe de diversos relatórios já predefinidos na plataforma, consoante as necessidades dos seus clientes, mas também existe a possibilidade de personalizar os mesmos ao gosto de cada empresa, tornando-os mais completos. Estes documentos podem ser exportados ou até mesmo serem enviados automaticamente, segundo uma frequência de envio escolhida, por e-mail aos diversos destinatários.

Na lista dos favoritos destacam-se quatro secções em que dentro delas estão realçados os relatórios mais usados pela empresa Veolia. Os diagnósticos da Secção 1, auxiliam o setor da administração caso se queira visualizar as distâncias percorridas, horas de trabalho, tempos de paragem e de operação, velocidade média, número de recolhas e até os excessos de velocidade do(s) veículo(s) selecionado(s). Já o relatório da Secção 2, mostra informações sobre diferentes trajetos diários realizados por cada um dos veículos selecionados. Na secção 4, um dos relatórios revela detalhes do(s) circuito(s) realizado(s) pelo(s) veículo(s) selecionado(s), mostrando todos os arruamentos percorridos e quando se procede ao levantamento de contentores, estão destacados a hora e o local dessa incidência. O segundo relatório cria um resumo do primeiro, salientando as datas e horas iniciais e finais, o circuito realizado, o nome do motorista que realizou o serviço, a distância total percorrida, bem como o número de contentores recolhidos. Por fim, o relatório da Secção 5, mostra detalhes dos *tickets*, isto é, cria uma lista de todas as incidências registadas por todas as viaturas num determinado dia.

### *Dashboard*

O *Dashboard* é uma função que quase todas as plataformas de gestão de frota devem ter, e a *MawisU2* não é exceção. Para uma melhor compreensão, os *dashboards* são painéis que mostram métricas e indicadores importantes para se alcançarem objetivos e metas traçados de forma visual, facilitando a análise, a nível de equipa ou individual, das informações geradas. Estes parâmetros são gerados automaticamente pela plataforma, o usuário simplesmente escolhe, de entre inúmeros dados, aqueles que são mais relevantes para a empresa ou para a análise que possa estar a realizar naquele momento.

### Limitações

Assim como qualquer outra aplicação, para além das informações interessantes que a plataforma *MawisU2* disponibiliza, é possível detetar algumas falhas e limitações determinantes para as empresas que a adquirem.



Em termos organizacionais, a incapacidade da ordenação e remoção de certos dados acaba por complicar a parte da logística dos mesmos. Um exemplo reflete-se no planeamento de circuitos, onde a remoção de um modelo de circuito criado é impossível. As equipas para contornar este lapso, dão um nome como “Teste” e o código de identificação como “Inativo”. O que acontece com os circuitos também se verifica nos contentores, frotas, operários, equipas, relatórios, etc.

Um sistema baseado na *Web* que seja confiável implica um design inteligente de sistemas, arquitetura de banco de dados, *hardware* e *software* modernos, e codificação experiente. O problema dos sistemas de alta tecnologia é que, com tanta informação acabam por ficar sobrecarregados, tornando-se lentos aquando da sua utilização. Para além disso, segundo os fornecedores, como a plataforma está sediada em servidores de Espanha, assim, em Portugal, a *Web* acaba por ter falhas e ser interrompida. Para complementar, de forma geral, o *MawisU2* é pouco intuitivo para o cliente, quer para aceder aos dados, quer na criação de elementos (contentores, circuitos, relatórios, etc.), o que implica que haja uma formação contínua para quem a for utilizar. À vista das imperfeições citadas, o setor administrativo acaba por perder tempo valioso ao realizar qualquer tarefa dentro do programa. [7]

Tendo como foco o planeamento dos circuitos, existe bastante espaço de progressão, visto que a plataforma, ao realizar a otimização automática, não identifica as ruas que possam ter espaço de realização de manobras com veículos de grande porte. Adicionalmente, devido ao elevado número de contentores por cada circuito, caso o usuário o queira otimizar segundo uma ordem pretendida de recolha dos mesmos, essa tarefa acaba por ser bastante demorada e por vezes chegam-se a resultados inconclusivos. Para complementar, ao criar o próprio trajeto que se tenciona que seja realizado, o sistema cria simplesmente retas e não molda o trajeto segundo a estrada, o que só é possível se for feito ponto a ponto (Figura 4.6). Por fim, uma pequena falha, mas contornável, consiste na falta de perceção da localização do contentor, isto é, mesmo com as coordenadas geográficas, estas não são totalmente precisas e por vezes o sistema não reconhece se o contentor se situa no lado esquerdo ou direito do trajeto ou se porventura está debaixo ou acima de uma ponte. O usuário evita o problema ao mover o contentor para a localização desejada. Estas falhas criam ao utilizador uma maior dificuldade em obter o trajeto mais otimizado possível.

Por último, na execução da tarefa, o facto dos monitores GPS das viaturas de recolha, não fornecerem os arruamentos a percorrer, limita bastante a empresa quando é necessário realizar a troca de motorista e este não conhece o trajeto.

Em conclusão, a aplicação fornece um leque de ferramentas dependendo dos objetivos de cada empresa, mas também devido a algumas barreiras, esta plataforma tem muito espaço para ser melhorada.

### 4.3.2 Volvo Connect

O *Dynafeed* é um *software* online, desenvolvido pela *Volvo Trucks* para auxiliar os seus clientes para a gestão de frota de veículos. Esta ferramenta é moldável, isto é, dependendo dos objetivos de cada empresa, pode proporcionar diferentes pacotes uns mais complexos do que outros. Existem, portanto, a possibilidade de se obter pacotes como Gestão de Frota, Gestão de Frota e Posicionamento, Gestão de Frota Posicionamento e Mensagem e por fim, Gestão de Combustível [55]. Visto que a Veolia possui a aplicação *MawisU2*,



Figura 4.6: Exemplo de uma das limitações na criação de um trajeto (Fonte: *MawisU2*).

que é mais especializada em localização e rastreamento, não havia a necessidade de obter certos pacotes, logo, a empresa usufrui simplesmente do primeiro pacote, o mais simples de todos, que inclui apenas relatórios de desempenho dos veículos e dos motoristas, bem como o acesso a relatórios referentes às emissões geradas pela frota [7; 55].

Esta aplicação é de grande importância para a Veolia pois permite uma análise mais profunda sobre a condução de cada motorista de forma a salientar comportamentos inadequados que possam ser facilmente corrigidos, proporcionando uma melhoria da eficiência na condução e possivelmente alargar a esperança média de vida das viaturas. Tal como o *MawisU2*, a transmissão dos dados registados pelos veículos é realizada automaticamente através de um dispositivo, conectado nos camiões de RSU da Veolia, que tenha acesso a uma rede de dados móveis. Essa informação pode ser consultada, analisada e extraída no *website* da plataforma, onde o usuário terá que realizar devidamente o seu *login*.

### Relatórios disponíveis

A plataforma disponibiliza diversos relatórios que a empresa usufrui deles. Como já foi dito anteriormente, estes relatórios podem ser gerados para obter informações tanto performance dos veículos como dos condutores. Para tal, cada condutor deve estar registado na plataforma e, antes de começar um serviço, deve inserir uma *pen drive* de forma a que o sistema consiga obter todos os dados necessários durante todo o período de trabalho. [7]

Em relação aos relatórios, a plataforma é interessante ao ponto de se poder editar cada relatório de modo a se obter os parâmetros que se pretende e filtrar os dias que se quer analisar. Assim, a Veolia opera segundo dois relatórios que permitem analisar um dia de trabalho de um motorista, sendo eles o relatório global e o relatório detalhado. O primeiro (Figura 4.7) dá informações como: o tempo total que a viatura esteve em uso, distância total percorrida, o combustível total e médio consumido pelo motor, a velocidade média e a percentagem da utilização da PTO (tomada de força do veículo). Em relação ao relatório detalhado, neste consegue-se obter um descritivo mais pormenorizado

e completo das informações de um veículo específico, isto é, têm os mesmos parâmetros que o relatório global, mas dá para ter uma percepção mais rápida e detalhada sobre a performance de uma determinada viatura.

Relatório Global

1/03/2022 - 31/03/2022 / VEOLIA PORTUGAL SA / 6 Veículos / 9 Parâmetros

Dados Tendência

Perfis de relatório

Filtro

Opções

| Veículo  | Tempo           | Distância  | Combustível                     |   | Velocidade               |         |
|----------|-----------------|------------|---------------------------------|---|--------------------------|---------|
|          | Total (h:mm:ss) | Total (km) | Diárital com o motor ligado (l) | Média de diárital com o motor ligado (l/100 km) | Média em Condição (km/h) | PTD (%) |
| Todos    | 1367:13         | 19 239,62  | 11 229,76                       | 58,37   | 26                       | 58,2    |
| 27-UV-19 | 282:08          | 3372,86    | 2241,10                         | 66,45   | 24                       | 39,5    |
| 27-UV-22 | 315:13          | 3718,37    | 2714,40                         | 73,00   | 23                       | 37,2    |
| 27-UV-24 | 170:07          | 2212,40    | 1496,62                         | 67,65   | 25                       | 36,0    |
| 27-UV-26 | 131:21          | 2012,23    | 1222,45                         | 60,75   | 28                       | 30,3    |
| 56-ZO-83 | 114:18          | 3112,64    | 1132,01                         | 36,37   | 39                       | 89,1    |
| 56-ZO-85 | 354:04          | 4811,12    | 2423,18                         | 50,37   | 26                       | 89,6    |

Figura 4.7: Relatório global (Fonte: Volvo Connect).

### Eficiência na condução

Para além dos relatórios descritos anteriormente, a plataforma *Dynafeed* também possibilita que haja uma análise sobre a eficiência de condução de cada motorista. Neste relatório são considerados quatro parâmetros essenciais de modo a obter uma elevada eficiência de condução. Estes são a Antecipação à Travagem, Utilização do Motor e das Mudanças, Adaptação da velocidade e o Imobilizado. Evidentemente que quanto mais próximo o número obtido estiver do número cem, maior é a eficiência de condução nos diferentes parâmetros, como se pode observar na Figura 4.8. Para facilitar o usuário em termos visuais, o sistema atribui um intervalo de cores que permite avaliar o desempenho de cada variável de forma mais intuitiva. Ao clicar na janela “Dados”, aparecem listadas, em forma de *ranking*, as viaturas ativas, por outras palavras, indica qual foi o veículo que obteve a melhor performance.

É neste último relatório que, a Veolia auxilia-se para perceber se os seus motoristas estão a executar as tarefas de forma mais adequada ou não. Também é aqui que a empresa realiza uma competição saudável, de forma a motivar os trabalhadores instituindo um prémio.

### Limitações

Mesmo sendo uma aplicação vantajosa para quem quer proporcionar uma melhor condução e segurança no trabalho, mais uma vez, e como qualquer outra ferramenta, apresenta algumas imperfeições. Visto que a plataforma *Dynafeed* não é adequada para os serviços de recolha de resíduos, por consequência as ferramentas para auxílio na gestão de frota e para obter os *rankings* dos veículos e dos motoristas, não são os mais satisfatórios.

Para quem está a usar como ferramenta de gestão de frota, o programa não permite filtrar a informação consoante um intervalo de tempo de um dia, isto é, filtrar por horas,



Figura 4.8: Pontuação total da frota durante o ano 2021 (Fonte: Volvo Connect).

simplesmente dá para gerar segundo o mês/meses ou por dias. Assim, impossibilita uma análise dos turnos noturnos (começa de noite e termina de madrugada), pois a informação que chega à plataforma terá sido dividida ao meio, sendo que uma parte foi para um determinado dia e a restante para o dia seguinte, impedindo que se obtenha uma informação completa.

Em relação aos *rankings*, há determinados requisitos que não são compatíveis para viaturas de recolha. Um desses parâmetros é o *Cruise Control*, que acaba por não ser aproveitada visto que um serviço de recolha de resíduos envolve paragens e arranques consecutivos. Outra variável é Mudanças mais altas, que informa que o condutor deve circular com mudança mais alta no maior tempo possível, de forma a que se obtenha um nível de rotações mais baixo e consequentemente provocando menores consumos. Esta métrica só é atingida quando a viatura se desloca para o local da descarga ou para o centro operacional.

#### 4.4 Procedimento da análise

Para cada circuito, foi extraído o relatório “Informação detalhada por viatura”, fornecido pela plataforma *MawisU2* de modo a analisar como era despendido o tempo durante a atividade de recolha. Também foram retirados do Relatório Operacional (Capítulo 6.1), alguns dados extra para completar e enriquecer a análise. Para isso foram selecionados os percursos mais críticos para a empresa, isto é, aqueles que são efetuados diariamente de segunda a sábado, sendo eles os circuitos REC01, REC02, REC03 e REC06. Os períodos de análise não são semelhantes pois selecionaram-se dados que fossem o mais recente possíveis e ainda que durante esse intervalo a viatura usada e o motorista fossem os mesmos. É de relembrar que dos percursos referidos, três são realizados no turno noturno (REC01, REC02 e REC03) e o restante é executado no turno diurno (Tabela 2.4).

O relatório da plataforma fornece dados da distância, registo de posição, velocidade e os pontos onde foram recolhidos os contentores. A plataforma disponibiliza o relatório em *Excel*, o que permitiu ser analisado ao longo de uma jornada de trabalho de uma

equipa de recolha de resíduos, apresentando-se com o descritivo indicado na Figura 4.9.

| Veículo : 27-UV-19 (Veolia_AVE / Recolha RSU) |                    |                           |  |            |                |
|---|--------------------|---------------------------|--|------------|----------------|
| Data  | Evento             | Detalhes evento           | Localização  | Velocidade | Distância (Km) |
| 11/03/2022 22:23:54                           | Registo de posição |                           | Rua da Cerâmica do Vouga 1 Aveiro, Aveiro              | 21,00 Km/h | 7,40 Km        |
| 11/03/2022 22:23:57                           | Registo de posição |                           | Avenida Central Aveiro, Aveiro                         | 10,00 Km/h | 7,41 Km        |
| 11/03/2022 22:23:58                           | Registo de posição |                           | Avenida Central Aveiro, Aveiro                         | 16,00 Km/h | 7,42 Km        |
| 11/03/2022 22:24:04                           | Registo de posição |                           | Avenida Central Aveiro, Aveiro                         | 23,00 Km/h | 7,45 Km        |
| 11/03/2022 22:24:06                           | Registo de posição |                           | Rua Engenheiro Adelino Amaro da Costa Aveiro, Aveiro   | 23,00 Km/h | 7,47 Km        |
| 11/03/2022 22:24:12                           | Registo de posição |                           | Rua Engenheiro Adelino Amaro da Costa Aveiro, Aveiro   | 25,00 Km/h | 7,53 Km        |
| 11/03/2022 22:24:41                           | Recolha            | Tag:T00000000006758, kg:0 | Rua Engenheiro Adelino Amaro da Costa Aveiro, Aveiro   | 0,00 Km/h  | 7,53 Km        |
| 11/03/2022 22:24:42                           | Registo de posição |                           | Rua Engenheiro Adelino Amaro da Costa Aveiro, Aveiro   | 0,00 Km/h  | 7,54 Km        |
| 11/03/2022 22:25:07                           | Registo de posição |                           | Rua Engenheiro Adelino Amaro da Costa Aveiro, Aveiro   | 17,00 Km/h | 7,56 Km        |
| 11/03/2022 22:25:20                           | Registo de posição |                           | Rua Engenheiro Adelino Amaro da Costa Aveiro, Aveiro   | 1,00 Km/h  | 7,63 Km        |
| 11/03/2022 22:25:34                           | Recolha            | Tag:T00000000008234, kg:0 | Rua Engenheiro Adelino Amaro da Costa Aveiro, Aveiro   | 0,00 Km/h  | 7,63 Km        |
| 11/03/2022 22:25:56                           | Registo de posição |                           | Rua Engenheiro Adelino Amaro da Costa Aveiro, Aveiro   | 3,00 Km/h  | 7,63 Km        |
| 11/03/2022 22:26:02                           | Registo de posição |                           | Rua Engenheiro Adelino Amaro da Costa Aveiro, Aveiro   | 16,00 Km/h | 7,66 Km        |
| 11/03/2022 22:26:07                           | Registo de posição |                           | Rotunda da Força Aveiro, Aveiro                        | 27,00 Km/h | 7,69 Km        |
| 11/03/2022 22:26:11                           | Registo de posição |                           | Rotunda da Força Aveiro, Aveiro                        | 25,00 Km/h | 7,71 Km        |
| 11/03/2022 22:26:12                           | Registo de posição |                           | Rotunda da Força Aveiro, Aveiro                        | 26,00 Km/h | 7,72 Km        |
| 11/03/2022 22:26:14                           | Registo de posição |                           | Rotunda da Força Aveiro, Aveiro                        | 25,00 Km/h | 7,74 Km        |
| 11/03/2022 22:26:17                           | Registo de posição |                           | Avenida Doutor Francisco Vale Guimarães Aveiro, Aveiro | 25,00 Km/h | 7,75 Km        |
| 11/03/2022 22:26:18                           | Registo de posição |                           | Rotunda da Força Aveiro, Aveiro                        | 25,00 Km/h | 7,77 Km        |
| 11/03/2022 22:26:22                           | Registo de posição |                           | Rua de Angola Aveiro, Aveiro                           | 20,00 Km/h | 7,79 Km        |
| 11/03/2022 22:26:29                           | Registo de posição |                           | Rua Doutor Orlando Oliveira Aveiro, Aveiro             | 18,00 Km/h | 7,83 Km        |
| 11/03/2022 22:26:30                           | Registo de posição |                           | Rua Doutor Orlando Oliveira Aveiro, Aveiro             | 17,00 Km/h | 7,84 Km        |
| 11/03/2022 22:26:33                           | Registo de posição |                           | Rua Doutor Orlando Oliveira 35 Aveiro, Aveiro          | 22,00 Km/h | 7,85 Km        |
| 11/03/2022 22:26:35                           | Registo de posição |                           | Rua Doutor Orlando Oliveira 35 Aveiro, Aveiro          | 22,00 Km/h | 7,87 Km        |
| 11/03/2022 22:26:38                           | Registo de posição |                           | Rua Doutor Orlando Oliveira 29 Aveiro, Aveiro          | 11,00 Km/h | 7,88 Km        |
| 11/03/2022 22:26:54                           | Recolha            | Tag:T00000000006384, kg:0 | Rua Doutor Orlando Oliveira 29 Aveiro, Aveiro          | 0,00 Km/h  | 7,88 Km        |
| 11/03/2022 22:27:13                           | Recolha            | Tag:T00000000006384, kg:0 | Rua Doutor Orlando Oliveira 29 Aveiro, Aveiro          | 0,00 Km/h  | 7,88 Km        |
| 11/03/2022 22:27:42                           | Registo de posição |                           | Rua Doutor Orlando Oliveira 27 Aveiro, Aveiro          | 12,00 Km/h | 7,91 Km        |
| 11/03/2022 22:27:50                           | Registo de posição |                           | Rua Doutor Orlando Oliveira 13 Aveiro, Aveiro          | 26,00 Km/h | 7,96 Km        |
| 11/03/2022 22:27:55                           | Registo de posição |                           | Rua Doutor Orlando Oliveira 7 Aveiro, Aveiro           | 28,00 Km/h | 7,99 Km        |

Figura 4.9: Excerto de registo de serviço de recolha de uma viatura (Fonte: *MawisU2*).

De seguida, analisou-se o histórico da viatura escolhida, filtrando o período de tempo pretendido. Esta tática tem diversas finalidades, entre elas está o propósito de se ficar familiarizado com o circuito, ou seja, que ruas são executadas e em que horários. Também se foi registando qual seria o primeiro e último contentor a ser feito, e caso houvesse mais que uma descarga, essas também eram contabilizadas, isto é, sempre que a viatura se dirigia à ERSUC Lda. para despejar os resíduos recolhidos, a TAG e a localização dos contentores eram anotadas. Assim, para além de se perceber se a ação de ir à descarga era no mesmo local e se este era o mais apropriado, também se ia recebendo informações em relação à frequência com que isto acontecia.

Ao seguir o trajeto que a viatura efetuou, no programa, dá para ter uma perceção das manobras que são feitas para recolher certos contentores e que tipo de constrangimentos vão tendo ao efetuar a tarefa. Deste modo, sempre que era efetuada uma, a primeira abordagem era tentar perceber o porquê desse acontecimento e de seguida tentar eliminá-lo ou reduzir o tempo de manobra. Por norma, nestes casos, era devido ao posicionamento não favorável dos contentores, para quem os recolhe. Assim sendo, a estratégia passou por anotar as TAGs desses contentores e proceder a uma análise individual de cada um. Esta passou por adquirir a frequência de recolha de forma a compreender se a sua existência naquele local era favorável, ou se poderia ser removido ou deslocado. É de afirmar que o estudo teve em atenção o posicionamento de ecopontos, visto que se deve ter pelo menos um contentor junto aos ecopontos, mas evitando rampas, passeios, passadeiras, cabos de alta tensão para possível manuseamento da grua, locais de pouca visibilidade, entre outros. Também teve sempre de acordo com o DL n.º 194/2009 de 20 de agosto, “o serviço de gestão de resíduos urbanos considera-se disponível desde que o

equipamento de recolha indiferenciada se encontre instalado a distância inferior a 100 m do limite do prédio (...) aumentado até 200 m em áreas predominantemente rurais...”. Por outras palavras, um elemento diferenciador entre as freguesias rurais e urbanas, é o raio de influência dos contentores, deste modo, foi-se medindo virtualmente com uma ferramenta de medição fornecida pelo MOBA. Com o auxílio do *Street View*, conseguiu-se perceber como era o espaço onde se situava o equipamento de acondicionamento e qual seria a melhor sugestão possível para a sua deslocação. Também foi possível perceber se haveria outras ruas em que a viatura poderia passar facilmente, podendo substituir as atuais. Caso houvesse uma via mais favorável, e caso se cumprissem com todos os requisitos anteriormente mencionados, seria possível tentar posicionar o contentor nessa rua (Figura 4.10).

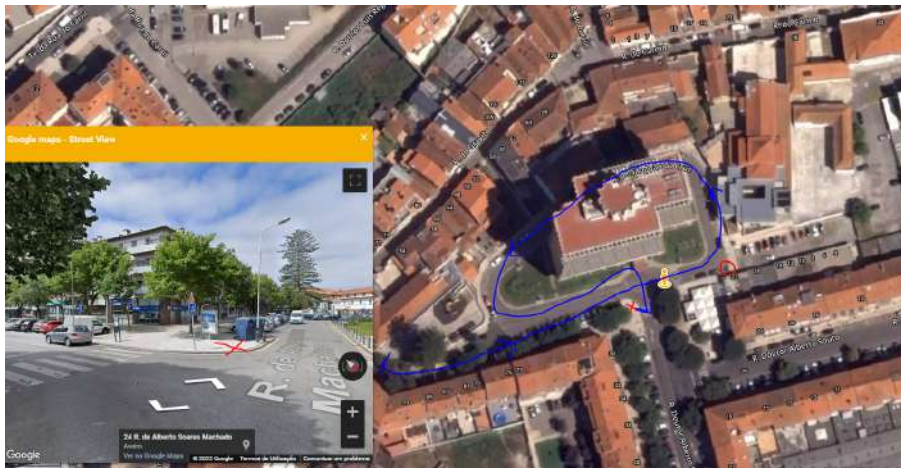


Figura 4.10: Exemplo de uma parte do estudo do contentor 6842 (imagem editada no programa *MOBA*).

Após ser examinado o local e confirmada a possível troca, foi criada uma tabela onde os dados foram extraídos do relatório “Informação detalhada por viatura”. Nesta tabela foi calculado o tempo que a equipa demora desde o contentor anterior até ao contentor em estudo, o tempo de recolha do mesmo, o tempo de o contentor até terminar a manobra e caso o contentor não fosse recolhido e a trajetória fosse efetuada, esse tempo também era contabilizado. De seguida, foi criada uma tabela paralela onde se simulou a recolha caso o(s) contentor(es) estivessem na posição proposta, como mostra a Figura 4.11.

Posteriormente, para cada contentor, foi criada uma tabela resumo que incluía as médias de tempos, consumos e emissões que se gastavam e emitiam ao realizar esta ação, de modo a validar a teoria de deslocação do(s) contentor(es).

## 4.5 Trabalho no terreno

Neste tipo de trabalho, o acompanhamento no terreno é considerado apropriado e de grande vantagem de forma a recolher informações de campo. Estas podem incorporar detalhes sobre o percurso, arruamentos, locais, tipologia e estado de cada contentor, bem como possíveis dificuldades que são encontradas repetidamente no momento em que a tarefa é executada, como por exemplo manobras que têm de ser realizadas. Estas

|            | $\Delta t$ até ao contentor | $\Delta t$ recolha | $\Delta t$ até à saída novamente | $\Delta t$ cont. vazio | $\Delta t$ total |  |  | no local porposto           |                    |                                  |                  |
|------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|------------------------|------------------|--|--|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|------------------|
|            |                             |                    |                                  |                        |                  |  |  | $\Delta t$ até ao contentor | $\Delta t$ recolha | $\Delta t$ até à saída novamente | $\Delta t$ total |
| 21/fev 2ªf |                             |                    |                                  | 00:05:02               | 00:05:02         |  |  | 21/fev 2ªf                  | 00:00:30           |                                  | 00:00:30         |
| 22/fev 3ªf |                             |                    |                                  | 00:02:24               | 00:02:24         |  |  | 22/fev 3ªf                  | 00:00:34           |                                  | 00:00:34         |
| 23/fev 4ªf |                             |                    |                                  |                        |                  |  |  | 23/fev 4ªf                  |                    |                                  |                  |
| 24/fev 5ªf | 00:00:54                    | 00:00:08           | 00:02:43                         |                        | 00:03:45         |  |  | 24/fev 5ªf                  | 00:00:29           | 00:00:08                         | 00:00:37         |
| 25/fev 6ªf | 00:01:20                    |                    | 00:02:10                         |                        | 00:03:30         |  |  | 25/fev 6ªf                  | 00:00:26           |                                  | 00:00:26         |
| 26/fev sab |                             |                    |                                  | 00:02:03               | 00:02:03         |  |  | 26/fev sab                  | 00:00:30           |                                  | 00:00:30         |
| 28/fev 2ªf | 00:01:02                    | 00:00:28           | 00:02:13                         |                        | 00:03:43         |  |  | 28/fev 2ªf                  | 00:00:41           | 00:00:28                         | 00:01:09         |
| 01/mar 3ªf |                             |                    |                                  | 00:02:07               | 00:02:07         |  |  | 01/mar 3ªf                  | 00:00:28           |                                  | 00:00:28         |
| 02/mar 4ªf | 00:00:53                    | 00:00:23           | 00:02:56                         |                        | 00:04:12         |  |  | 02/mar 4ªf                  | 00:00:22           | 00:00:23                         | 00:00:45         |
| 03/mar 5ªf | 00:01:32                    | 00:00:08           | 00:03:05                         |                        | 00:04:45         |  |  | 03/mar 5ªf                  | 00:00:43           | 00:00:08                         | 00:00:51         |
| 04/mar 6ªf | 00:01:04                    | 00:00:30           | 00:02:33                         |                        | 00:04:07         |  |  | 04/mar 6ªf                  | 00:00:23           | 00:00:30                         | 00:00:53         |
| 05/mar sab | 00:00:41                    | 00:00:20           | 00:01:31                         |                        | 00:02:32         |  |  | 05/mar sab                  | 00:00:31           | 00:00:20                         | 00:00:51         |
| 07/mar 2ªf | 00:00:57                    | 00:00:29           | 00:02:50                         |                        | 00:04:16         |  |  | 07/mar 2ªf                  | 00:00:31           | 00:00:29                         | 00:01:00         |
| 08/mar 3ªf | 00:00:47                    | 00:00:17           | 00:02:17                         |                        | 00:03:21         |  |  | 08/mar 3ªf                  | 00:00:25           | 00:00:17                         | 00:00:42         |
| 09/mar 4ªf | 00:00:45                    | 00:00:13           | 00:03:18                         |                        | 00:04:16         |  |  | 09/mar 4ªf                  | 00:00:29           | 00:00:13                         | 00:00:42         |
| 10/mar 5ªf | 00:00:47                    | 00:00:30           | 00:02:39                         |                        | 00:03:56         |  |  | 10/mar 5ªf                  | 00:00:35           | 00:00:30                         | 00:01:05         |
| 11/mar 6ªf | 00:00:45                    | 00:00:20           | 00:02:57                         |                        | 00:04:02         |  |  | 11/mar 6ªf                  | 00:00:26           | 00:00:20                         | 00:00:46         |
| 12/mar sab | 00:00:45                    | 00:00:19           | 00:00:43                         |                        | 00:01:47         |  |  | 12/mar sab                  | 00:00:29           | 00:00:19                         | 00:00:48         |
| 14/mar 2ªf | 00:01:18                    | 00:00:26           | 00:02:24                         |                        | 00:04:08         |  |  | 14/mar 2ªf                  | 00:00:57           | 00:00:26                         | 00:01:23         |
| 15/mar 3ªf | 00:00:46                    | 00:00:25           | 00:02:47                         |                        | 00:03:58         |  |  | 15/mar 3ªf                  | 00:00:27           | 00:00:25                         | 00:00:52         |
| 16/mar 4ªf | 00:00:57                    | 00:00:06           | 00:02:41                         |                        | 00:03:44         |  |  | 16/mar 4ªf                  | 00:00:31           | 00:00:06                         | 00:00:37         |
| 17/mar 5ªf | 00:01:05                    | 00:00:13           | 00:02:19                         |                        | 00:03:37         |  |  | 17/mar 5ªf                  | 00:00:47           | 00:00:13                         | 00:01:00         |
| 18/mar 6ªf | 00:01:14                    | 00:00:09           | 00:02:52                         |                        | 00:04:15         |  |  | 18/mar 6ªf                  | 00:00:46           | 00:00:09                         | 00:00:55         |
| 19/mar sab | 00:00:51                    | 00:00:27           | 00:01:08                         |                        | 00:02:26         |  |  | 19/mar sab                  | 00:00:29           | 00:00:27                         | 00:00:56         |
| 21/mar 2ªf | 00:00:49                    | 00:00:26           | 00:02:07                         |                        | 00:03:22         |  |  | 21/mar 2ªf                  | 00:00:26           | 00:00:26                         | 00:00:52         |

Figura 4.11: Exemplo de uma parte do estudo do contentor 6842 (a cinzento representa falha de comunicação do GPS).

|                             | h:m:s           | min          | L            | CO2 (kg)     |
|-----------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| $\Delta t$ total médio      | 00:03:33        | 3,550        | 0,395        | 1,059        |
| $\Delta t$ recolha méd      | 00:00:20        | 0,317        | 0,035        | 0,094        |
| $\Delta t$ serviço proposto | <b>00:01:08</b> | <b>1,117</b> | <b>0,124</b> | <b>0,333</b> |
| $\Delta t$ q se poupa       | <b>00:02:25</b> | <b>2,433</b> | <b>0,271</b> | <b>0,726</b> |

Figura 4.12: Tabela resumo do contentor 6842.

informações podem não ser de fácil identificação ao analisar somente pelos programas SIG. Assim, o acompanhamento no terreno consiste em ir na viatura da Veolia de recolha de RSU ou simplesmente realizar o mesmo trajeto numa viatura ligeira com um dos membros da chefia.

Numa primeira fase e já com um conhecimento abrangente do circuito a ser analisado, acompanhou-se a viatura responsável por essa tarefa. Em simultâneo, procedeu-se às anotações de eventuais tempos necessários para uma futura análise, bem como o *feedback* recebido por parte da equipa que se encontrava em ativo e até o registo espacial em ortofotomapas, para posterior recolha de informação geográfica.

Na última fase, realizou-se um novo rastreamento com o intuito de orientar e instruir o motorista responsável por esse circuito. Assim, foi possível confirmar se as melhorias idealizadas eram possíveis de serem executadas ou se haveria algum constrangimento. É de realçar que foi sempre tido em conta a opinião do motorista, de maneira a perceber as dificuldades perante as novas ideias.

Em relação aos contentores, juntamente com um trabalhador da Câmara Municipal de Aveiro, foi-se aos locais indicados na lista de alterações dos contentores, para se comprovar se essas propostas eram legítimas.

Em suma, o trabalho de campo desempenha duas vertentes: a recolha de dados e informações pertinentes e ainda a implementação e validação das propostas de melhorias.

## 4.6 Metodologia dos Indicadores

Neste subcapítulo, serão apresentados todos os indicadores identificados no presente trabalho, dando-se especial atenção aqueles que serão utilizados para avaliar técnica, económica e ambientalmente o sistema de recolha seletiva em estudo. Assim sendo, selecionou-se um total de dez indicadores que foram calculados no âmbito deste trabalho, onde estão expostos na tabela em baixo.

Tabela 4.1: Indicadores de produtividade dos circuitos selecionados.

| Indicador  | Equação  | Unidades                         |
|--|--|----------------------------------|
| Tempo de serviço ( $\Delta t$ )                                      | tempo que decorre desde que a viatura de recolha sai do centro operacional até ao momento em que regressa, depois de completar o circuito de recolha | h:m:s                            |
| Distância percorrida (d)   | distância percorrida pela viatura desde que sai do centro operacional até ao momento em que regressa, depois de completar o circuito de recolha      | km                               |
| Carga total recolhida  | soma das quantidades depositadas no Aterro   | kg ou ton                        |
| Nº de contentores  | somatório do nº de pontos de recolha observados no circuito  | -                                |
| Distância total percorrida por quantidade recolhida                  | razão entre a distância total do percurso e a quantidade de resíduos recolhidos por circuito   | km/ton                           |
| Consumo de combustível por tonelada recolhida                        | razão entre o consumo de combustível no circuito e a quantidade de resíduos recolhidos pelo circuito   | l/ton                            |
| Tempo total do circuito por tonelada recolhida                       | razão entre o tempo total do circuito e a quantidade de resíduos recolhidos pelo circuito  | h/ton                            |
| Consumo médio de combustível (gasóleo) por circuito                  | (quantidade total de combustível consumido por circuito / distância total percorrida) $\times$ 100   | l/100km                          |
| Nº de descargas  | quantidade de vezes que se foi à ERSUC Lda. descarregar  | -                                |
| Consumo de combustível por tonelada recolhida e distância percorrida | quantidade total de combustível consumido por circuito / (quantidade de resíduos recolhido $\times$ distância total percorrida)                      | l/(ton.km)<br>ou<br>tep/(ton.km) |





## Capítulo 5

# Desenvolvimento e análise dos resultados

Apesar de o foco deste trabalho ser a otimização de rotas de recolha de resíduos sólidos urbanos, outras atividades foram sendo desenvolvidas ao longo do estágio. Assim, neste capítulo serão descritos os circuitos de recolha de RSU, recolha porta-a-porta e para a empresa ERSUC Lda.. Os resultados provenientes destas alterações também serão aqui exibidos, contudo as conclusões retiradas serão apresentadas ao longo do Capítulo 7.

### 5.1 Circuitos da ERSUC Lda.

No início do estágio, um dos primeiros trabalhos realizados na Veolia, consistiu numa parceria com a ERSUC Lda. de forma a que fosse realizada uma otimização dos circuitos de recolha seletiva no município de Águeda. Primeiramente, como qualquer outro projeto, foi essencial analisar a informação obtida. Esta informação consistia na tipologia dos resíduos que deveriam ser recolhidos, das quantidades médias que a ERSUC Lda. costumava obter, a frequência média necessária, as distâncias a percorrer, os tempos médios gastos e as quantidades de contentores a serem basculados por circuito. Visto que as viaturas da empresa Veolia possuem uma maior capacidade de carga, o objetivo desta empresa era poder realizar as tarefas pretendidas no menor número possível de circuitos. A indicação fornecida pelos superiores era que se deveria tentar reduzir um circuito por cada tipologia.

Como qualquer problema, é necessário ir à base e perceber o que se está a analisar. Por esse motivo fez-se uma breve pesquisa sobre o município em questão. Na Tabela 5.1, identificaram-se as diferentes freguesias pertencentes a Águeda, bem como as respetivas áreas, número de habitantes e densidade populacional.

De forma organizacional e para se ter uma perspetiva visual, com o auxílio da ferramenta da *Google*, *Google Earth Pro*, e com a listagem fornecida pela ERSUC Lda. sobre as coordenadas de cada ecoponto, foi possível assinalar no mapa os 290 locais (marcador a azul), como é indicado na Figura 5.1. Dado que as coordenadas eram muito gerais, foi sugerido que se colocasse pioneses a amarelo de maneira a indicar se os equipamentos de deposição estão colocados do lado direito ou esquerdo de uma rua, isto é, o mais preciso possível. Visto que as imagens da Google não estão propriamente exatas, sempre que surgisse uma dúvida, como por exemplo, ser possível entender se o ecoponto tinha sofrido

Tabela 5.1: Caracterização geográfica e sociodemográfica do município de Águeda [56].

|   | Freguesia  | Nº habitantes [hab] | Area [km <sup>2</sup> ] | Densidade populacional [hab/km <sup>2</sup> ] |
|---|--|---------------------|-------------------------|---|
| A | Aguada de Cima                                   | 4013                | 30.00                   | 133.8   |
| B | Águeda e Borralha                                | 13576               | 36.03                   | 376.8   |
| C | Barrô e Aguada de Baixo                          | 3209                | 10.19                   | 314.9   |
| D | Belazaima do Chão, Castanheira do Vouga e Agadão | 1611                | 88.10                   | 18.3  |
| E | Fermentelos                                      | 3258                | 9.00                    | 362.0   |
| F | Macinhata do Vouga                               | 3406                | 40.00                   | 85.2  |
| G | Préstimo e Macieira de Alcoba                    | 808                 | 41.72                   | 19.4  |
| H | Recardães e Espinhel                             | 6036                | 19.92                   | 303.0   |
| I | Travassô e Óis da Ribeira                        | 2305                | 11.13                   | 207.1   |
| J | Trofa, Segadães e Lamas do Vouga                 | 4633                | 16.07                   | 288.3   |
| K | Valongo do Vouga                                 | 4877                | 43.70                   | 111.6   |

uma deslocação, isto era assinalado numa folha à parte de forma a se poder ir ao terreno e verificar, sendo também assinalado no *Google* com um piónés a vermelho. Na imagem em baixo, também estão destacadas as fronteiras de cada freguesia e pioneses em branco que indicam contentores perto de uma fronteira.

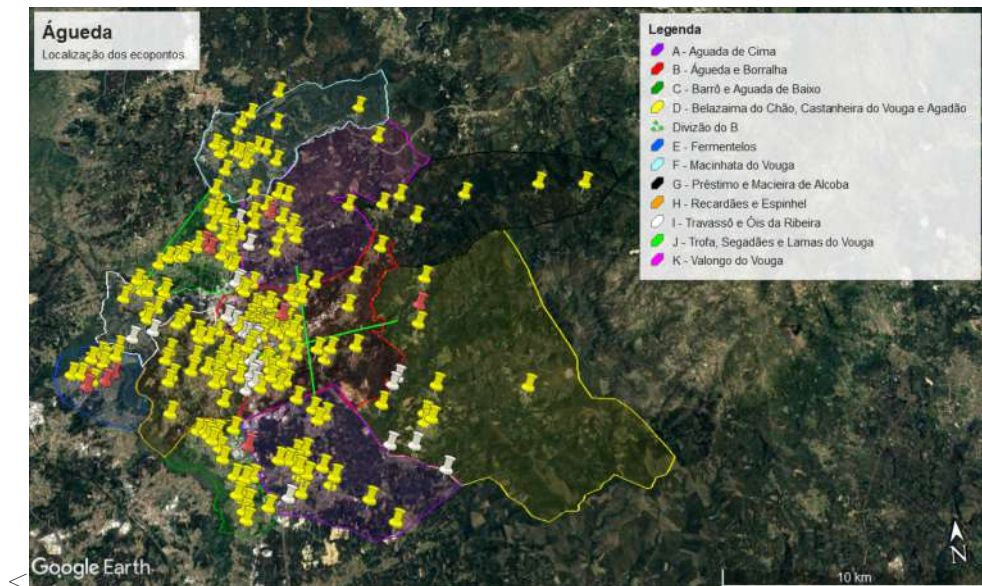


Figura 5.1: Vista de satélite de Águeda, assinalado as freguesias e locais dos ecopontos no programa *Google Earth* [57].

Recorrendo ao material disponibilizado, filtrou-se a informação de modo a que se pudesse perceber quantos ecopontos da recolha seletiva estavam situados por freguesia. Na Tabela 5.2 estão indicados esses dados e apresentam-se em destaque vermelho as freguesias do município que contêm a maior quantidade desses equipamentos de deposição. Com esta diferenciação, constatou-se que, ao criar os circuitos por zona de freguesia, deveria-se ter em atenção e tentar ao máximo separá-las, isto é, a Zona 1 teria que conter a freguesia B, a Zona 2 obter a freguesia H e por fim, a Zona 3 conter a J. Também se verificou que a União das freguesias Águeda e Borralha (B), na tipologia do vidro, representam quase 30% dos ecopontos, sendo portando feita uma divisão, como se mostra na figura, a verde.

Após diversas tentativas e de forma a distribuir o melhor possível a carga, para não sobrecarregar as viaturas, chegou-se à conclusão que seria possível obter 3 circuitos,

Tabela 5.2: Tipologia e respetiva quantidade dos ecopontos.

|   | Tipologia dos Ecopontos |              |            |
|---|-------------------------|--------------|------------|
|   | Vidro                   | Papel/Cartão | Embalagens |
| A | 22                      | 21           | 21         |
| B | 80                      | 71           | 72         |
| C | 20                      | 18           | 18         |
| D | 18                      | 13           | 13         |
| E | 14                      | 14           | 14         |
| F | 21                      | 18           | 18         |
| G | 8                       | 6            | 6          |
| H | 37                      | 37           | 37         |
| I | 15                      | 13           | 13         |
| J | 34                      | 29           | 29         |
| K | 20                      | 19           | 19         |

quer para a recolha de papel/cartão, como para embalagens, e que seriam necessários 4 circuitos para a recolha do vidro. Esta diferença surge do facto de serem mais ecopontos, bastante mais pesados e que requerem outros cuidados adicionais. Assim, na Tabela 5.3 encontra-se indicada a proposta da divisão das freguesias e dos respetivos números de ecopontos.

Tabela 5.3: Proposta da distribuição das freguesias por zonas.

|    | Papel/Cartão |              | Embalagens |              | Vidro     |              |
|----|--------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
|    | Freguesia    | Nº ecopontos | Freguesia  | Nº ecopontos | Freguesia | Nº ecopontos |
| Z1 | B,D          | 84           | B,D        | 85           | B1,G      | 85           |
| Z2 | F,I,J,K,G    | 85           | F,I,J,K,G  | 85           | B2,C,A,D  | 85           |
| Z3 | A,C,H,E      | 90           | A,C,H,E    | 90           | J,F,K     | 90           |
| Z4 | -            | -            | -          | -            | H,I,E     | 66           |

## 5.2 Circuitos de recolha de RSU

Como já referido anteriormente, o estágio focou-se em otimizar os circuitos que apresentam maiores desafios para a empresa, aqueles que são executados diariamente, sendo que a análise destes foi mais aprofundada comparativamente aos restantes.

Devido a diversos percalços ao longo do estágio, como obras na Avenida Doutor Lourenço Peixinho, na Rua João Mendonça, no Largo do Rossio, na Avenida 25 de Abril e noutras zonas rurais e semirurais do Município de Aveiro, impediram que se efetuasse corretamente os testes no terreno. Contudo, estão apresentados os circuitos propostos para a recolha de resíduos sólidos urbanos.

### 5.2.1 Estudo de sobreposições

Após a criação da divisória dos circuitos de recolha de ecopontos da ERSUC Lda., passou-se ao estudo dos RSU, onde a fase inicial consistiu em perceber se existiria alguma sobreposição entre os circuitos noturnos, quando estes estavam a ser executados. Para isso, foi usado a ferramenta MawisU2, onde se navegou no histórico dessas viaturas (Anexo B).

Constatou-se que o circuito REC 01 (verde) e o REC 02 (rosa), coincidem no Largo do Rossio, mas que não era possível de alterar pois, uma das viaturas está equipada com uma grua para recolher os moloks lá instalados, enquanto que a outra consegue passar pelas ruas estreitas e recolher o resto dos contentores. Contudo, foi possível encontrar outras três sobreposições, que estão destacadas na Figura 5.2.

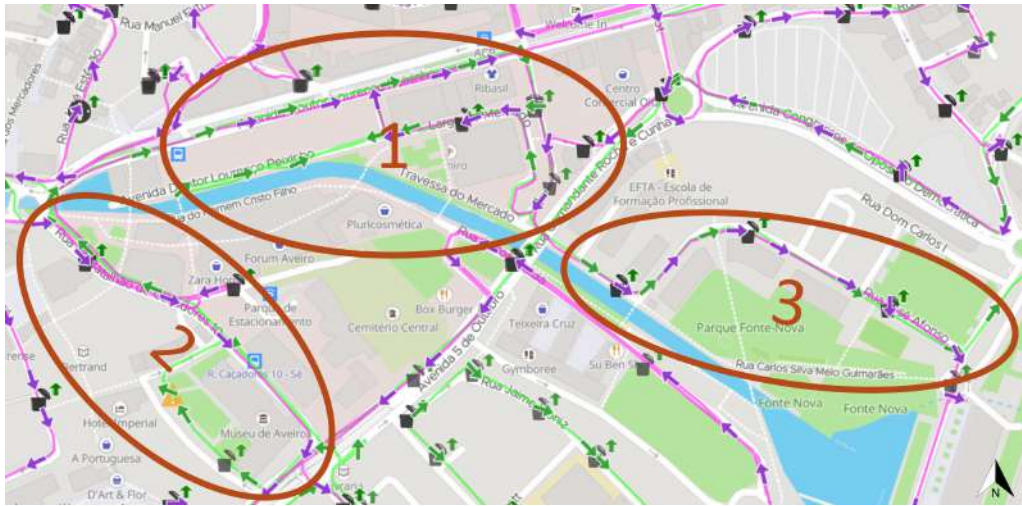


Figura 5.2: Casos de sobreposição dos circuitos noturnos (imagem editada no programa *MOBA*).

O polígono destacado com o n<sup>o</sup>1, pertence à Praça do Mercado, onde a viatura a cor de rosa passa somente para levantar um contentor (TAG: 0000000007186), enquanto que a viatura a verde, é obrigada a passar visto que existem moloks para serem recolhidos perto do mercado Manuel Firmino, da cervejaria Tico-Tico e do banco Santander Totta. A estratégia determinou a inserção do contentor no circuito REC 01 e suprimir no REC 02. Relativamente ao n<sup>o</sup>2, tal como acontece no n<sup>o</sup>1, existe um molok na Rua Príncipe Perfeito que têm que ser recolhido com a viatura do trajeto a verde, ou seja, os restantes 5 contentores, que estão a ser desobstruídos pelo circuito REC 02, passam mais uma vez, para o REC 01. Isto é possível porque este último circuito tinha margem para os 5 contentores serem introduzidos, visto que a frequência de enchimento dos mesmos não é uma situação crítica. Por fim, dentro da figura geométrica n<sup>o</sup>3, estão 7 contentores pertencentes ao trajeto a rosa. Com esta trajetória, a viatura verde fazia 791 m em 2min e 30s, atualmente realiza 600 m em 1min e 30s, foi pois indicado que fizesse outro caminho.

Os resultados otimizados podem ser consultados na Tabela 5.2.1.

Tabela 5.4: Resultados obtidos por um camião e para uma noite, evitando sobreposições.

|                  | d [km] | $\Delta t$ [hh:mm:ss] | Abast. [L] | CO2 [kg] |
|------------------|--------|-----------------------|------------|----------|
| n <sup>o</sup> 1 | 0.430  | 00:02:00              | 0.293      | 0.785    |
| n <sup>o</sup> 2 | 0.848  | 00:04:00              | 0.586      | 1.570    |
| n <sup>o</sup> 3 | 0.172  | 00:00:30              | 0.073      | 0.196    |

### 5.2.2 REC 01

O circuito REC 01 está encarregue de recolher todos os moloks no município de Aveiro, com isto, a viatura usada necessita de estar equipada com uma grua, de forma a se poder proceder ao esvaziamento dos mesmos. A análise inicial deste trajeto foi bastante interessante visto que é um circuito bastante flexível, ou seja, a equipa responsável pelo REC 01 faz a logística do circuito consoante a capacidade de enchimento da viatura. O cenário estabelecido está representado na figura 5.3 (Cenário 0).



Figura 5.3: Cenário 0 das 2<sup>a</sup> feiras, 4<sup>a</sup> feiras e 6<sup>a</sup> feiras (análise via *MawisU2*).

Após a análise e a criação do Circuito 1, referente à recolha noturna, decidiu-se testar o trajeto no campo. O circuito idealizado consiste no mesmo trajeto, mas por uma ordem diferente. No entanto, existem certas áreas que foram analisadas e alteradas, como por exemplo, na zona da Avenida de Oita. O novo trajeto pode evitar repetir uma parte da Rua de São Martinho, para ser executado simplesmente uma vez. Para o mesmo tempo de execução, economizou-se cerca de 206m.

Tabela 5.5: Resultados dos percursos na Zona de Oita, Cenário 0 e Cenário 1.

|           |      | d [km] | $\Delta t$ [hh:mm] |
|-----------|------|--------|--------------------|
| Cenário 0 | Roxo | 0.714  | 00:01              |
|           | Azul | 2.371  | 00:06              |
| Cenário 1 | Roxo | 1.290  | 00:02              |
|           | Azul | 1.589  | 00:05              |

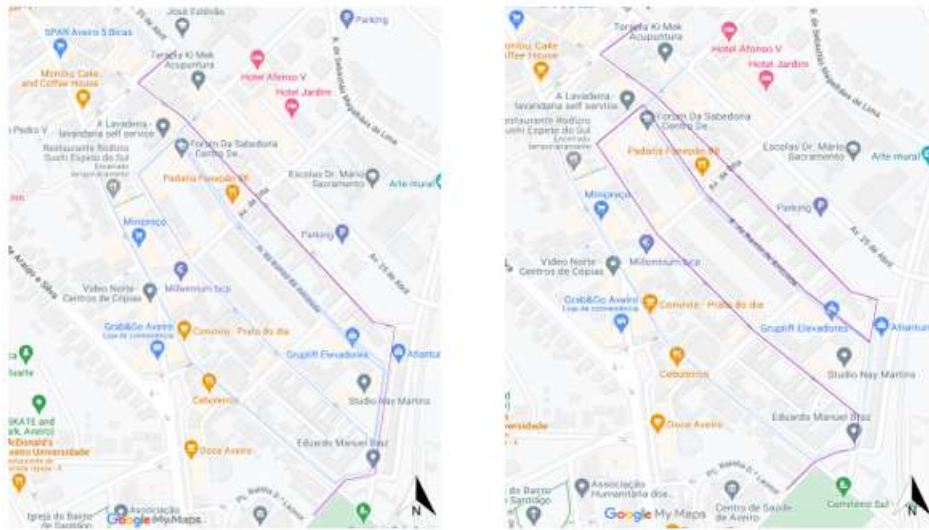


Figura 5.4: Zona de Oita, Cenário 0 (esquerda) e Cenário 1 (direita), análise feita no *GoogleMy Maps*.

A equipa administrativa indicou que o circuito deveria começar por recolher todos os moloks existentes. Esta estratégia engloba diversas vantagens para as equipas que a executam, uma delas é o facto de, juntamente com a policia, se poder evitar constrangimentos na via pública (viaturas a bloquear o caminho), também o facto de os operadores poderem ter uma maior noção da carga que estão a obter e em caso de avaria na viatura durante o percurso, a probabilidade de se ter recolhido os moloks (que requer viatura com grua) é maior e não restringe que viatura escolher para substituir a danificada. O novo trajeto poupa a viatura de ter que realizar uma rotunda carregada e de fazer a Avenida Congressos de Oposição Democrática (2 vezes para nenhuma). Na seguinte tabela pode-se consultar os resultados obtidos quer do Cenário 0, quer do Cenário 1 quando foi verificado no terreno, economizando a deslocação de 1,36km e 13min e 26s ao tempo de trabalho. Nas figuras e na tabela em baixo, podem ser consultadas os dados de cada cenário. O trajeto é indicado a preto e o pioneses correspondem à localização dos contentores semienterrados.

Tabela 5.6: Resultados dos percursos para recolher os moloks, Cenário 0 e Cenário 1.

|                  | $d$ [km] | $\Delta t$ [hh:mm] |
|------------------|----------|--------------------|
| <b>Cenário 0</b> | 5.80     | 01:37              |
| <b>Cenário 1</b> | 4.44     | 01:23              |

É de destacar a existência do molok situado no Rossio, no entanto, devido às obras, este não foi contabilizado para a análise visto que se encontra bloqueado, impedindo a sua recolha. Para além disso, a falta de familiaridade dos operários de recolha com o novo percurso (Cenário 1) afetou na sua prestação e tomou o processo mais lento que o esperado.

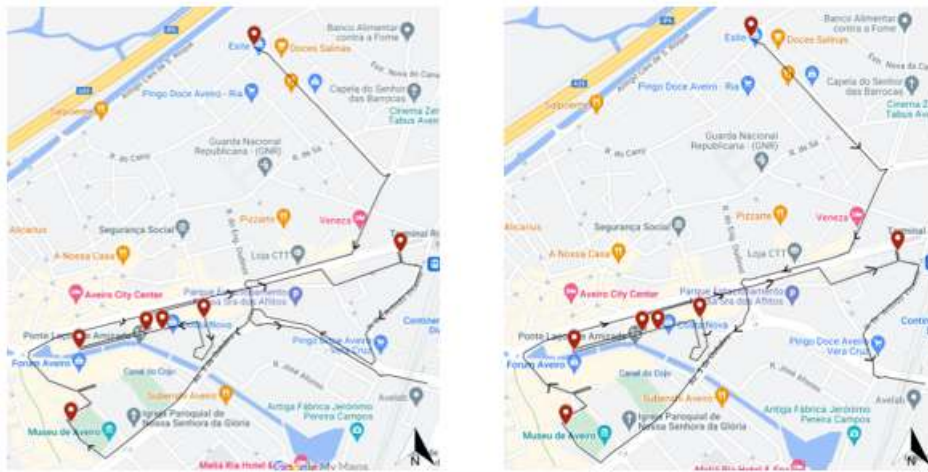


Figura 5.5: Recolha dos moloks, Cenário 0 (esquerda) e Cenário 1 (direita), análise feita no *GoogleMy Maps*.

### 5.2.3 REC 06

Por fim, o circuito diurno tem a finalidade de recolher os contentores nas freguesias Santa Joana e Esgueira. Como nos outros circuitos, a primeira abordagem é levantar os dados dos respetivos trajetos e tentar perceber onde é que os operadores costumam ter mais dificuldades na execução da tarefa. De forma a facilitar o processo, é usado o histórico da viatura, com o apoio da plataforma *MOBA*. O Cenário 0, foi retirado de um registo da viatura e pode ser consultado na figura 5.6. Estes dados ajudam a familiarizar sobre o trajeto e a descobrir possíveis lacunas.

Para este circuito foram realizados dois trajetos similares para serem executados alternadamente durante a semana, em outros termos, foi criado um plano para as 2<sup>as</sup> feiras, 4<sup>as</sup> feiras e 6<sup>as</sup> feiras, e outro para as 3<sup>as</sup> feiras, 5<sup>as</sup> feiras e sábados. Tal como já foi explicado, existem estes dois planos devido à frequência de enchimento dos contentores que, com o conhecimento dos operadores, conseguem perceber se o contentor necessita de ser esvaziado diariamente ou não.

Após a criação dos tais circuitos do REC 06, e análise do trajeto a percorrer pelas equipas, decidiu-se testar o circuito no campo. Era relevante o levantamento e confirmação de alguma informação. No primeiro dia de verificação, notou-se imediatamente algumas falhas essencialmente na rede viária. Algumas das ruas que o percurso modelado assumia como transitáveis, na realidade não o eram, quer dizer, para uma viatura regular seria possível, mas para uma viatura de grande porte, teria dificuldades a exercer a manobra. Um exemplo claro é na Rua da Barbosa, que o motorista não teria espaço para movimentar a viatura para entrar na Rua João Evangelista Lima Vidal.

Seguidamente, corrigiu-se os erros obtidos nos trajetos planeados e voltou-se a testar no terreno, com a mesma viatura e equipa de recolha. A Tabela 5.2.3 mostra os dados retirados do Relatório Operacional, sendo que o Motorista designado por 1 é o operador que está encarregue o REC 06, contudo o Motorista 2 veio substituir o primeiro quando este se encontrava ausente. O Cenário 1 foi implementado pela primeira vez na 2<sup>a</sup> feira, contudo o Cenário 1 corrigido só foi testado na quarta.

O Motorista 2, tem o conhecimento do trajeto, contudo, visto que não é o seu REC



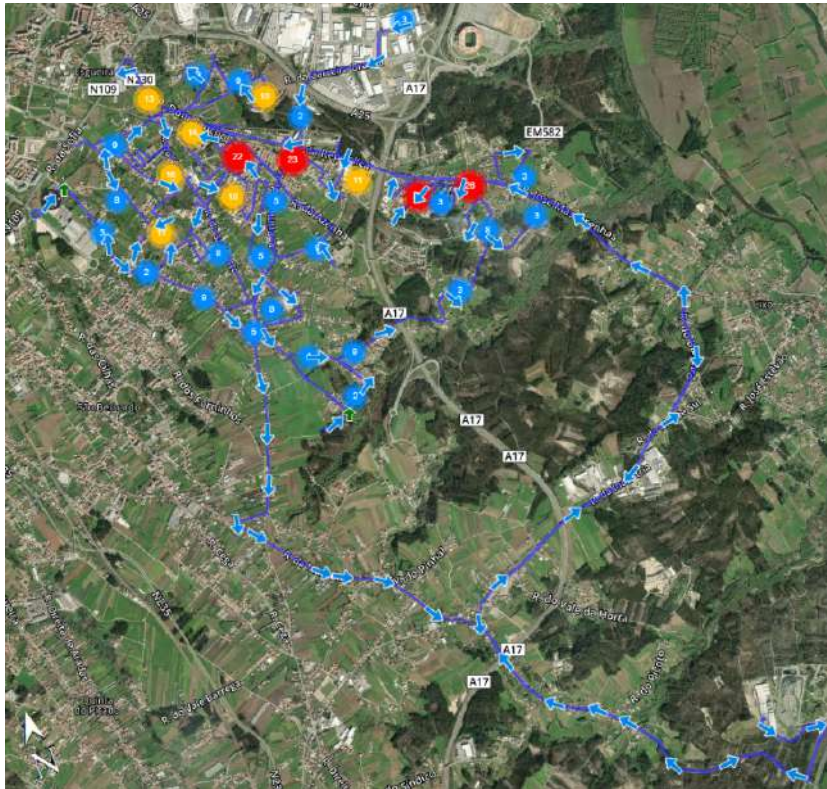


Figura 5.6: Cenário 0 das 2<sup>a</sup> feiras, 4<sup>a</sup> feiras e 6<sup>a</sup> feiras (análise via *MavisU2*).

habitual, existem fatores de hesitação, apresentando assim valores superiores. Explicando assim, que na primeira semana que o circuito modelado foi implementado, os valores seriam piores que os do Motorista 1 quando executava o Cenário 0. Mas é de realçar que quando o Motorista 1 realizou o Cenário 1 na segunda semana, os resultados melhoraram relativamente à semana anterior. Isto é novamente explicado devido ao melhor conhecimento do novo circuito. É de esperar que, de semana a semana, os resultados venham a ser otimizados.

Comparando os dados do Motorista 1, realizando o Cenário 0 e o Cenário 1 pela 2<sup>a</sup> vez, à primeira vista parece que não ter havido uma melhoria, porém, após uma semana a executar a tarefa, é possível melhorar cerca de 7 km da distância percorrida e reduzir em 1h do tempo de execução da tarefa.

Uma das melhores mudanças que contribuiu para uma otimização do percurso foi na Zona da Azurva. Constatou-se que a média para realizar esta zona às 3<sup>as</sup> feiras, 5<sup>as</sup> feiras e Sábados era de, proximamente, 8.802km em 48 min, devido às horas de passagem na N230, coincidirem com horas mais movimentadas. Com o novo caminho traçado foi possível reduzir o tempo de execução da recolha em 2 min e poupar 1.192km, pois o trajeto evita passar em certos lugares mais que uma vez e evita também outras ruas que não pertencem ao circuito naquele dia.

|   | Data       | d [km] | $\Delta t$ [h] | Carga [kg] | Nº descargas |
|---|------------|--------|----------------|------------|--------------|
| Cenário 0 - Motorista 1                       | 20/06/2022 | 106    | 9              | 29180      | 3            |
|   | 21/06/2022 | 62     | 7              | 12160      | 1            |
|   | 22/06/2022 | 86     | 8              | 16000      | 2            |
|   | 23/06/2022 | 70     | 6              | 11400      | 1            |
|   | 24/06/2022 | 83     | 7              | 16120      | 2            |
|   | 25/06/2022 | 62     | 6              | 11580      | 1            |
| Cenário 0 - Motorista 2                       | 11/07/2022 | 102    | 8              | 28260      | 3            |
|   | 12/07/2022 | 82     | 7              | 16860      | 4            |
|   | 13/07/2022 | 86     | 7              | 12800      | 2            |
|   | 14/07/2022 | 66     | 8              | 10880      | 1            |
|   | 15/07/2022 | 89     | 7              | 13460      | 2            |
|   | 16/07/2022 | 68     | 6              | 12180      | 1            |
| Cenário 1 - Motorista 1<br>1ª vez             | 18/07/2022 | 108    | 10             | 27560      | 3            |
|   | 19/07/2022 | 61     | 7              | 11640      | 1            |
|   | 20/07/2022 | 97     | 9              | 16300      | 2            |
|   | 21/07/2022 | 60     | 6              | 10060      | 1            |
|   | 22/07/2022 | 95     | 8              | 16940      | 2            |
|   | 23/07/2022 | 62     | 6              | 10880      | 1            |
| Cenário 1 - Motorista 1<br>2ª vez - corrigido | 25/07/2022 | 103    | 9              | 29180      | 3            |
|   | 26/07/2022 | 61     | 6              | 11060      | 1            |
|   | 27/07/2022 | 88     | 7              | 16600      | 2            |
|   | 28/07/2022 | 61     | 6              | 10360      | 1            |
|   | 29/07/2022 | 88     | 8              | 16860      | 2            |
|   | 30/07/2022 | 61     | 6              | 10800      | 1            |

|  | d [km] |       | $\Delta t$ [h] |       |
|--|--------|-------|----------------|-------|
|  | Soma   | Média | Soma           | Média |
| Cenário 0 - Motorista 1                      | 469    | 78.17 | 43             | 7.17  |
| Cenário 0 - Motorista 2                      | 493    | 82.17 | 43             | 7.17  |
| Cenário 1 - Motorista 1 - 1ª vez             | 483    | 80.50 | 46             | 7.67  |
| Cenário 1 - Motorista 1 - 2ª vez - corrigido | 462    | 77.00 | 42             | 7.00  |



Figura 5.7: Recolha na zona da Azurva, Cenário 0 (esquerda) e Cenário 1 (direita), análise feita no *GoogleMy Maps*.

### 5.2.4 Estudo dos contentores

O estudo dos contentores passou por 2 fases, a primeira consiste na análise dos equipamentos de deposição pertencentes aos circuitos mais críticos da empresa (noturnos e REC 06) e a segunda, aos restantes RECs. Quando se termina de analisar uma fase, o passo seguinte é contactar a CMA e marcar uma reunião de forma a se poder ir ao terreno e avaliar cada situação. De seguida, depois de se fazer os ajustes necessários, é de novo enviado a lista para a CMA para se ter a aprovação final. Quando confirmado, a empresa pode efetuar as devidas alterações.

Relativamente à primeira fase, chegou-se ao ponto em que se confirmou a lista dos contentores no terreno, efetuou-se as correções e voltou-se a enviar para a CMA, contudo, a Veolia ainda aguarda resposta para prosseguir com as mudanças. Já a segunda fase, infelizmente, por falta de resposta, não se chegou à fase de se confirmar no terreno.

A análise dos contentores, surpreendentemente, é um processo complicado pois, para além de se ter em atenção se existem fixadores nos equipamentos, envolve alterar certos hábitos das pessoas afetadas pela mudança. Porém, é um método essencial para a empresa de forma a otimizar os circuitos. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 5.7, onde são apresentados a redução de horas empregues no circuito, o consumo de combustível poupado e ainda as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas. Em anexo (Anexo B) é possível encontrar a lista completa dos contentores a serem alterados, bem como as suas respetivas informações.

Tabela 5.7: Melhorias resultantes da troca de contentores para cada circuito.

|               | $\Delta t$ [h] | Abast. [L] | CO <sub>2</sub> [kg] |
|---------------|----------------|------------|----------------------|
| <b>Rec 01</b> | 14             | 125        | 334                  |
| <b>Rec 02</b> | 61             | 378        | 1010                 |
| <b>Rec 03</b> | 13             | 114        | 306                  |
| <b>Rec 04</b> | 43             | 427        | 903                  |
| <b>Rec 05</b> | 53             | 595        | 1353                 |
| <b>Rec 06</b> | 64             | 722        | 1868                 |
| <b>Rec 07</b> | 37             | 441        | 1184                 |
| <b>Rec 08</b> | 29             | 225        | 604                  |
| <b>Rec 09</b> | 25             | 213        | 521                  |
| <b>Rec 10</b> | -              | -          | -                    |
| <b>Rec 11</b> | 15             | 125        | 333                  |
| <b>Rec 12</b> | -              | -          | -                    |
| <b>Fase 1</b> | 152            | 1339       | 3518                 |
| <b>Fase 2</b> | 202            | 2026       | 4899                 |
| <b>Total</b>  | 354            | 3365       | 8416                 |

### 5.3 Circuitos porta-a-porta

Os serviços porta-a-porta (PaP) remetem para, como o nome indica, a recolha nos estabelecimentos que aderiram a esta modalidade. O projeto passa pela distribuição de sacos especiais, etiquetados consoante os tipos de resíduos (papel/cartão, embalagens, vidro e orgânicos), para cada cliente. Este porta-a-porta insere-se na estratégia de aumentar a separação seletiva de resíduos evitando que os resíduos biodegradáveis ou recicláveis acabem em aterros.

Neste sub-capítulo irão ser abordados a análise de serviços porta-a-porta de recolha seletiva por parte da Veolia e os circuitos criados para o concurso do grupo Jerónimo Martins. Em ambos os casos, foi usado o *software* MOBA de modo a simular os respetivos trajetos criados.

#### 5.3.1 Recolha seletiva

Os circuitos da recolha seletiva são divididos em dois grandes grupos: clientes Comerciais e clientes Industriais, ou seja, existe uma viatura encarregue de recolher os resíduos seletivos das 144 lojas e outra focada nas 65 empresas que adotaram por este tipo de serviço. Só foi feita a análise das rotas dos clientes industriais pois os utentes comerciais encontram-se localizados a uma distância muito próxima uns dos outros, não justificando a sua análise pormenorizada. Por outro lado, como as empresas localizam-se para além da Zona Industrial de Aveiro, isto é, mais afastadas umas das outras, fez-se uma análise mais intensiva deste serviço.

Primeiramente foi necessário compreender quais clientes é que eram realizados em cada dia, sabendo que, como já foi referido no Capítulo 2.3.4, a recolha seletiva é feita de 2<sup>a</sup>feira a 6<sup>a</sup>feira. Em cada dia a viatura realiza a recolha de 22 ou 23 clientes (dependendo do dia), este número não é excedido de forma a que se consiga cumprir com a capacidade máxima que a viatura possa transportar. De seguida foram anotadas todas as instalações no *GoogleMy Maps* de forma a ser mais fácil a sua visualização. Esta técnica permitiu que se pudesse ter uma ideia de quais as alterações que poderiam ser feitas. Posteriormente criou-se o trajeto evitando o máximo possível as rotundas e tendo em atenção a que se cumpram as restrições de horários que algumas empresas exigem, resultando assim no circuito representado na Figura 5.8 (Cenário 1).

Após isso, marcou-se no *software Moba*, onde se simulou o trajeto. Neste programa existe diferentes tipos de filtros, como o tipo de rota que se quer que o programa se concentre em otimizar e o tipo de viatura que se vai usar (Figura 5.9).

Assim que se filtrou consoante o pretendido, obtiveram-se os seguintes trajetos que foram extraídos para o *Google Earth Pro* (Figura 5.10). Esta conversão para um ficheiro em KML, foi unicamente para se poderem guardar as informações visto que o *Moba* não tem essa capacidade.

Os resultados dos quatro trajetos realizados, tanto com o *software* da empresa como o do *Google*, podem ser analisados na Tabela 5.8. É possível perceber que apesar de o circuito idealizado pela *GoogleMy Maps* ter menor tempo de execução do percurso, apresenta um número mais elevado que as restantes à distância. Este aumento é explicado pelo facto de, para além de ser um número arredondado pela Google, o usuário pode manipular alguns lugares, tornando o trajeto mais comprido. Estas manipulações são imprescindíveis para que o trajeto seja o mais realista possível. Infelizmente não se podem

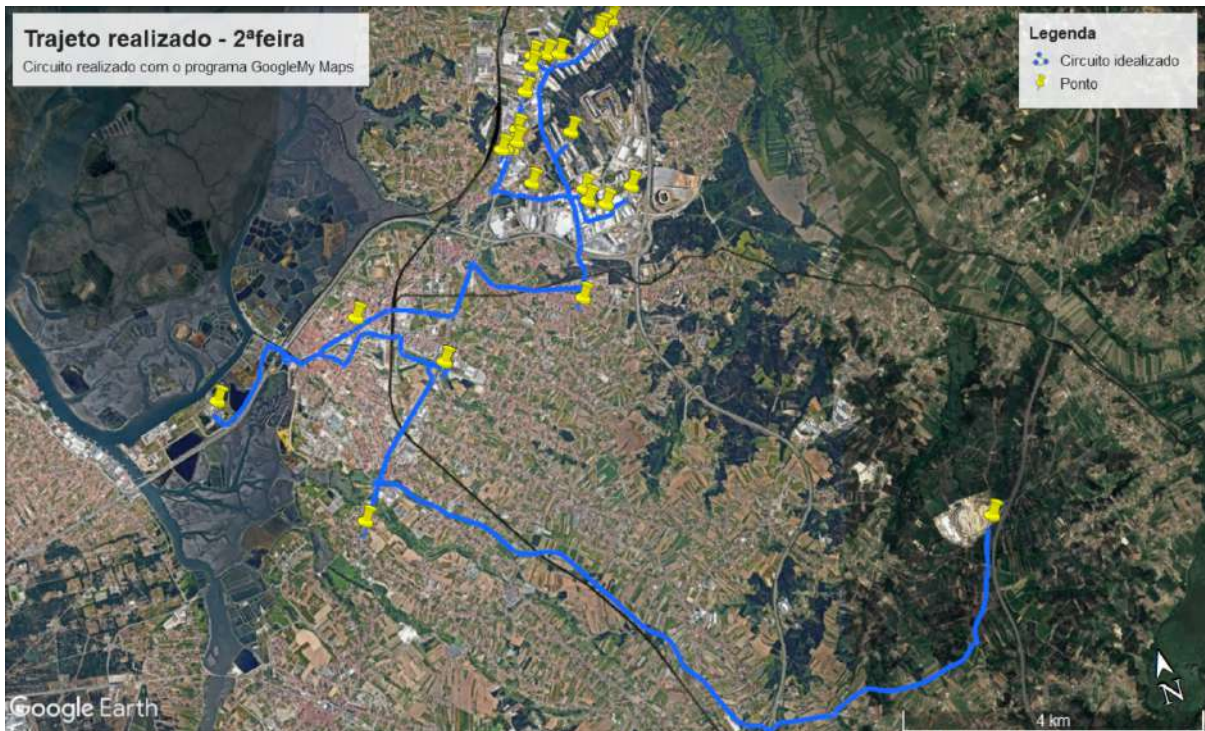


Figura 5.8: Trajetos realizado no *GoogleMy Maps* para as 2<sup>a</sup> feiras.

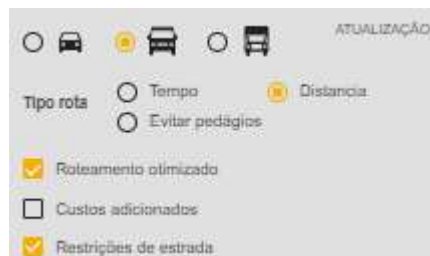


Figura 5.9: Painel do programa para selecionar a informação (Fonte: *MawisU2*).

realizar essas manipulações no *MawisU2*, pois o programa não consegue compreender determinados dados, ou seja, não se estão a contabilizar quilómetros e, por sua vez, tempos relativamente ao mesmo trajeto.

Um exemplo de uma das manipulações pode ser observada na imagem em baixo, onde se compara a manipulação feita no *Google* e a tentativa de manipulação no *Moba*. Outra manipulação tratou-se da indicação de, quando a viatura vai descarregar, o fazer pela estrada nacional N235, para que possa ir mais rápido e diminuir o consumo de combustível, evitando ações contínuas de travagens e consequentes arranques, curvas e rotundas, etc.

É de salientar que o *MawisU2* adquire uma imprecisão quando é executado o modo de evitar portagens, pois não reconhece exatamente onde estão colocados esses equipamentos. A título de exemplo, na Figura 5.12, que é o resultado de uma ampliação da Imagem 5.10, pode-se observar com mais clareza os pórticos instalados na A25 (dentro



Figura 5.10: Trajetos simulados no *Moba* para as 2ª feiras.



Figura 5.11: Comparação entre *Google* e *Moba*.

do polígono a amarelo), que não estão situados na Rua da Boavista, mas o programa evita esta rua pensando que estes equipamentos estão lá colocados.

Infelizmente, quando se ia testar no terreno, a viatura que realiza a recolha porta-a-porta nas instalações comerciais, teve um acidente o que impossibilitou a sua execução. Todos os clientes, quer comerciais quer industriais tiveram que ser agrupados e divididos pela ordem de enchimento dos sacos, priorizando esses. Por outras palavras, ambos os serviços tiveram que ser adaptados até que a viatura estivesse novamente apta para executar a tarefa.

De forma a se poder comprovar se os circuitos idealizados e se o programa se encontra correto, com o auxílio do *GoogleMy Maps* e com o a ferramenta *Solver* do *Excel*, simularam-se os circuitos com o método do problema do caixoneiro viajante (TSP). Em primeiro lugar, de modo a simplificar as contas, agruparam-se algumas empresas que se encontravam em ruas sem sentido ou que estavam localizadas muito perto umas das

Tabela 5.8: Informações sobre a ordem e resultados dos circuitos simulados para as 2<sup>a</sup> feiras.

|            | Tempo | Distância | Portagens | Cenário 1 |
|------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| Cliente 1  | 1     | 1         | 1         | 1         |
| Cliente 2  | 2     | 2         | 2         | 2         |
| Cliente 3  | 3     | 3         | 3         | 3         |
| Cliente 4  | 4     | 4         | 4         | 4         |
| Cliente 5  | 5     | 5         | 5         | 18        |
| Cliente 6  | 18    | 6         | 18        | 5         |
| Cliente 7  | 12    | 12        | 12        | 11        |
| Cliente 8  | 13    | 11        | 13        | 6         |
| Cliente 9  | 14    | 10        | 14        | 7         |
| Cliente 10 | 15    | 9         | 15        | 8         |
| Cliente 11 | 16    | 8         | 16        | 9         |
| Cliente 12 | 17    | 7         | 17        | 10        |
| Cliente 13 | 11    | 14        | 11        | 12        |
| Cliente 14 | 10    | 13        | 10        | 13        |
| Cliente 15 | 9     | 15        | 9         | 14        |
| Cliente 16 | 6     | 17        | 6         | 17        |
| Cliente 17 | 8     | 18        | 8         | 15        |
| Cliente 18 | 7     | 16        | 7         | 16        |
| Cliente 19 | 23    | 19        | 23        | 21        |
| Cliente 20 | 20    | 20        | 20        | 20        |
| Cliente 21 | 21    | 22        | 21        | 22        |
| Cliente 22 | 22    | 21        | 22        | 23        |
| Cliente 23 | 19    | 23        | 19        | 19        |

|                    |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| d [km]             | 38.1  | 37.2  | 38.1  | 39.0  |
| $\Delta t$ [hh:mm] | 01:23 | 01:44 | 01:23 | 01:01 |



Figura 5.12: Portagens instalados na A25, análise feita no *Google Earth*.

outras; alguns exemplos podem ser identificados na Figura 5.13.

Já elaborados os grupos constituídos por um único elemento ou por mais, foram identificados os pontos de recolha (i1 a i34), o ponto de partida, a Veolia (i35), e, por



Figura 5.13: Exemplos de criação de grupos, análise feita no *Google Earth*.

fim, o ponto de descarga na ERSUC Lda. (i36). Através do *GoogleMy Maps*, retirou-se a informação da distância entre cada ponto em quilómetros e preencheu-se a tabela que se encontra em anexo (Anexo B). De seguida, fez-se uma simulação para cada dia, filtrando a informação necessária, ou seja, escolhendo os grupos que pertencem a esse dia de recolha. Para se perceber melhor, apresenta-se, de seguida, a análise das 2<sup>a</sup> feiras.

Tabela 5.9: Tabela filtrada do TSP para as 2<sup>a</sup> feiras.

|     | i4    | i5    | i6    | i7    | i8    | i10   | i11 | i14   | i15   | i16   | i17 | i18 | i19 | i20 | i24 | i35   | i36 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
| i4  | -     | 0.330 | 0.497 | 1     | 2     | 3     | 4   | 3     | 2     | 2     | 9   | 5   | 5   | 7   | 2   | 0.482 | 14  |
| i5  | 0.330 | -     | 0.168 | 0.974 | 1     | 2     | 3   | 3     | 2     | 2     | 8   | 5   | 5   | 7   | 2   | 0.811 | 14  |
| i6  | 0.497 | 0.168 | -     | 0.806 | 1     | 2     | 3   | 3     | 2     | 2     | 8   | 5   | 4   | 6   | 2   | 1     | 15  |
| i7  | 1.000 | 0.974 | 0.806 | -     | 1     | 3     | 3   | 3     | 2     | 1     | 7   | 4   | 4   | 6   | 2   | 2     | 15  |
| i8  | 2     | 1     | 1     | 1     | -     | 2     | 2   | 2     | 1     | 0.976 | 8   | 5   | 5   | 7   | 2   | 2     | 16  |
| i10 | 3     | 2     | 2     | 3     | 2     | -     | 1   | 0.399 | 0.739 | 1     | 8   | 5   | 5   | 7   | 4   | 3     | 17  |
| i11 | 4     | 3     | 3     | 3     | 2     | 1     | -   | 1     | 2     | 2     | 9   | 6   | 6   | 8   | 4   | 4     | 17  |
| i14 | 3     | 3     | 3     | 3     | 2     | 0.399 | 1   | -     | 0.536 | 1     | 8   | 5   | 5   | 7   | 4   | 3     | 17  |
| i15 | 2     | 2     | 2     | 2     | 1     | 0.739 | 2   | 0.536 | -     | 0.543 | 7   | 5   | 4   | 6   | 3   | 3     | 17  |
| i16 | 2     | 2     | 2     | 1     | 0.976 | 1     | 2   | 1     | 0.543 | -     | 8   | 5   | 5   | 7   | 3   | 2     | 16  |
| i17 | 9     | 8     | 8     | 7     | 8     | 8     | 9   | 8     | 7     | 8     | -   | 3   | 5   | 5   | 8   | 10    | 15  |
| i18 | 5     | 5     | 5     | 4     | 5     | 5     | 6   | 5     | 5     | 5     | 3   | -   | 2   | 4   | 4   | 6     | 12  |
| i19 | 5     | 5     | 4     | 4     | 5     | 5     | 6   | 5     | 4     | 5     | 5   | 2   | -   | 3   | 3   | 5     | 10  |
| i20 | 7     | 7     | 6     | 6     | 7     | 7     | 8   | 7     | 6     | 7     | 5   | 4   | 3   | -   | 6   | 7     | 12  |
| i24 | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 4     | 4   | 4     | 3     | 3     | 8   | 4   | 3   | 6   | -   | 2     | 9   |
| i35 | 0.482 | 0.811 | 1     | 2     | 2     | 3     | 4   | 3     | 3     | 2     | 10  | 6   | 5   | 7   | 2   | -     | -   |
| i36 | 14    | 14    | 15    | 15    | 16    | 17    | 17  | 17    | 17    | 16    | 15  | 12  | 10  | 12  | 9   | -     | -   |

Assim que a tabela se encontra filtrada com as informações necessárias, executou-se a ferramenta de análise de hipóteses disponibilizada na aplicação *Excel*, o *Solver*. Os resultados estão indicados na tabela abaixo, obtendo um total de 34.264 kms.

Tabela 5.10: Resultado do *Solver* para as 2<sup>a</sup> feiras.

| Ordem | i36 | i4    | i5    | i6    | i7    | i16   | i15   | i14   | i10   | i11   | i8    | i24   | i18   | i17   | i20   | i19   | i35    |
|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| km    | -   | 0.482 | 0.330 | 0.168 | 0.806 | 1.000 | 0.543 | 0.536 | 0.399 | 1.000 | 2.000 | 2.000 | 4.000 | 3.000 | 5.000 | 3.000 | 10.000 |

Comparando os resultados obtidos do programa e do *Excel*, é notório que a ordem dos mesmos foi bastante diferente. Isto acontece, pois, para além de existir um erro associado ao criar grupos, onde não se está a contabilizar todos os pontos de recolha, o *GoogleMy Maps* arredonda os valores dos quilómetros, dando valores inteiros, com exceção de serem inferiores a 1km. Por outras palavras, o *Google* indica, por exemplo, que a distância de i5 a i10 é a mesma que i7 a i24 (2 km) em que na realidade pode haver uma discrepância de décimas como de milésimas, fazendo com que a ordem e os quilómetros totais se alterem.

Por fim, comparou-se o circuito que o motorista faz (Cenário 0) com o Cenário 1.



Assim, utilizando, mais uma vez, o *GoogleMy Maps*, simulou-se o trajeto, obtendo os seguintes resultados.

Tabela 5.11: Comparação do Cenário 0 com o Cenário 1 para as 2<sup>a</sup> feiras.

|           | Tempo [hh:mm:ss] |          |          |          |          |          | Distância [km] |        |         |
|-----------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|--------|---------|
|           | Percurso         | Recolha  | Descarga | Pausa    | Veolia   | Serviço  | Percurso       | Veolia | Serviço |
| Cenário 0 | 01:20:00         | 00:16:00 | 00:20:00 | 00:15:00 | 00:12:00 | 08:15:00 | 45             | 14     | 59      |
| Cenário 1 | 01:01:00         |          |          |          |          | 07:56:00 |                |        | 39      |

Posteriormente, comparou-se os resultados do Cenário 0 com os dados obtidos no Relatório Operacional. No relatório está indicado que a viatura realizou 61km em 6h58, isto significa que o erro associado é de 2km e de 1h17. Contudo, com a implementação do Cenário 1, a empresa poderia poupar cerca de 19min e 6km ao realizar o serviço às 2<sup>as</sup> feiras.

É de reforçar que o mesmo raciocínio foi feito para os restantes dias, os resultados podem ser consultados em Anexo B.

### 5.3.2 Concurso Jerónimo Martins

O concurso do grupo Jerónimo Martins consiste em propor a melhor rota para recolha indiferenciada e orgânica dos estabelecimentos Pingo Doce, Recheio e Recheio Masterchef. Para se proceder ao trabalho foi necessário ter acesso ao ficheiro que continha todas as informações necessárias, como a designação da loja, o distrito, concelho, zona geográfica, frequência, dias de recolha, entre outras. Nesta listagem extensa, filtrou-se os elementos, escolhendo a Zona 7 e concentrando as informações para o distrito de Aveiro. Como mencionado, com o auxílio do *software MawisU2*, foi possível simular os trajetos até se obter a melhor solução possível. Para este concurso não havia restrições do número de viaturas a serem usadas, nem da quantidade de clientes que se poderia ter em cada circuito, simplesmente foi mencionado que a viatura sairia de Aveiro, nas instalações da Veolia e iria descarregar a Sanguedo, e também que seria necessário evitar portagens. Na figura 5.14, estão destacadas todas as 46 instalações pertencentes à zona indicada, onde 28 pertencem ao distrito de Aveiro. Colocar as informações no *GoogleMy Maps*, ajudou a visualizar todas as hipóteses que se poderia fazer.

A estratégia inicial passou por obter os dados dos trajetos por dia, isto é, foram criados 7 circuitos, um por cada dia da semana, visto que nem todos os estabelecimentos requeriam a mesma frequência de recolha. Após as simulações no *software*, guardou-se os circuitos no *Google Earth Pro* e obteve-se as seguintes propostas teóricas:

|                      | Clientes | d [km]  | $\Delta t$ [hh:mm] |
|----------------------|----------|---------|--------------------|
| 2 <sup>a</sup> feira | 20       | 257.518 | 06:50              |
| 3 <sup>a</sup> feira | 19       | 257.518 | 06:40              |
| 4 <sup>a</sup> feira | 21       | 267.247 | 06:52              |
| 5 <sup>a</sup> feira | 17       | 249.838 | 06:31              |
| 6 <sup>a</sup> feira | 22       | 271.467 | 06:59              |
| Sábado               | 18       | 258.450 | 06:38              |
| Domingo              | 1        | 55.900  | 01:19              |

De seguida, foi indicado que se pretendia propor no concurso a Zona 7 toda, ou seja,

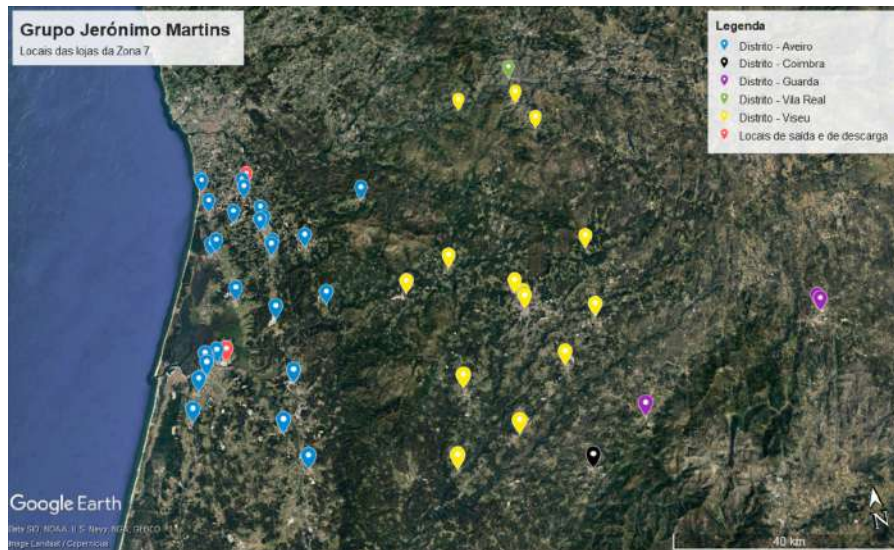


Figura 5.14: Locais assinalados no *Google Earth* das instalações da Zona 7.

incluir não só as lojas do distrito de Aveiro, mas também de Coimbra, Guarda, Vila Real e Viseu. O procedimento passou por se observar o mapa onde se indicam os locais das lojas (figura 5.14) e criar diferentes hipóteses de grupos. Posteriormente, utilizou-se o programa e simulou-se cada caso, evitando portagens. Retiraram-se os dados e forneceu-se à empresa para escolher a melhor opção para apresentar.

Após diversas tentativas, e por falta de tempo para se criar mais testes e obter mais respostas, chegou-se a conclusão que, independentemente dos grupos escolhidos, a melhor estratégia seria obter uma parceria com outras instituições para realizar a recolha no centro de Guarda, pois estas duas instituições encontram-se bastante distantes do resto dos locais. Ao evitar ter que se deslocar para a cidade da Guarda, seria possível economizar tanto nos consumos e emissões libertadas como em termos de tempo de serviço das equipas de recolha.

## 5.4 Discussão

De forma a que se consigam validar os métodos mencionados neste capítulo, foram realizadas comparações entre os resultados simulados ao fim de um ano e os dados reais que a empresa realizou no ano 2021. Para isso, analisaram-se os objetivos delineados no início deste documento: distâncias percorridas, consumos energéticos, tempos de trabalho, emissões de GEE e, por fim, custos operacionais. Relativamente a este último tópico, não será possível a comprovação do mesmo neste documento devido a interferir com políticas da entidade acolhedora. Contudo, este indicador é diretamente proporcional com os consumos de gasolina gastos pelas viaturas. Isto significa que se os consumos não sofrerem melhorias, os custos operacionais também não atingem melhores resultados, e vice versa. É de notar que a análise comparativa refere-se a todas as implementações incorporadas, ou por outras palavras, os resultados obtidos tanto pelo método de troca de contentores, como pelo estudo dos circuitos, estão devidamente incluídos.

Começando pela análise dos consumos (Figura 5.15), ao fim de um ano, todos os

circuítos foram otimizados, pois houve uma análise dos contentores. No entanto, o setor que se destacou apresentando melhores reduções foi sem dúvida o da recolha porta-a-porta das empresas industriais, com uma diferença de 3994.09L. Seguidamente, com uma redução de 901.20L foi no circuítio REC 06.

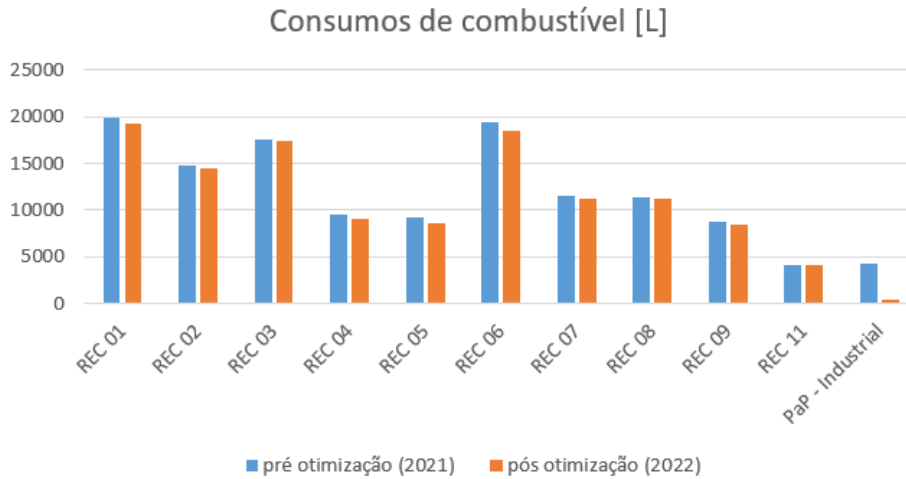


Figura 5.15: Comparação dos consumos, ao fim de 1 ano.

Tal como no consumos, as categorias que ressaltaram devido à sua porção otimizada foram novamente: a recolha nas instalações industriais e o REC 06 (circuítio diurno com frequência diária), evitando aproximadamente 11 tCO<sub>2</sub>eq/ano e 2 tCO<sub>2</sub>eq/ano, respetivamente. Estas melhorias podem ser consultadas na Figura 5.16.

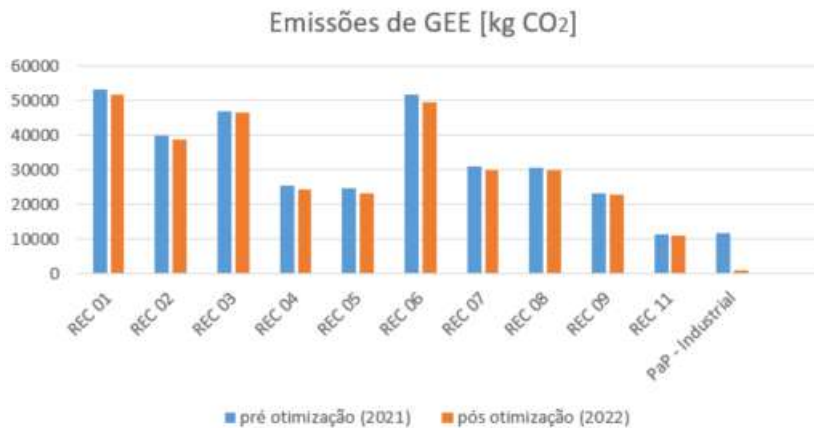


Figura 5.16: Comparação das emissões libertadas ao fim de 1 ano.

Em relação aos tempos totais para se executarem os serviços da empresa, segundo a Figura 5.17, obteve-se uma diferença de 584h. Destacando o REC 11, REC 06 e REC 02 com uma contribuição de redução à Veolia de 211.65h, 68.66h e 60.99h, respetivamente.

Por fim, as distâncias percorridas pelas viaturas, foram analisadas sem as interferências dos resultados das trocas de posicionamento dos contentores, visto que não se aplicavam. Todavia, e como se pode comprovar na Figura 5.18, seria possível atingir

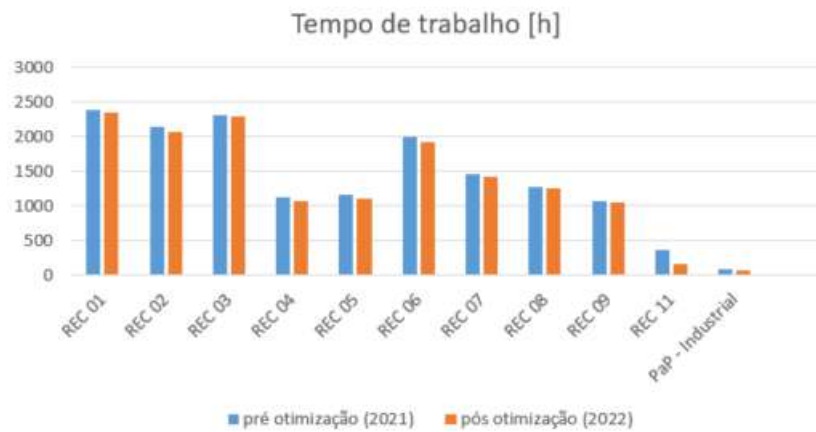


Figura 5.17: Comparação dos tempos de serviço ao fim de 1 ano.

uma otimização de 93478 km na recolha dos setores industriais ao fim de um ano caso o motorista tivesse um trajeto definido. Infelizmente, na realidade isso não acontece, fazendo com que o percurso efetuado seja mais longo, demorado e com maiores consumos.

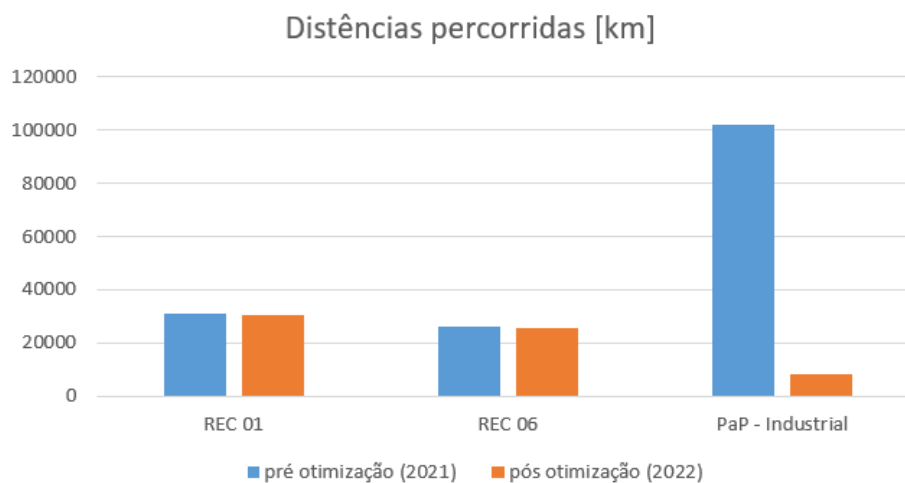


Figura 5.18: Comparação das distâncias percorridas ao fim de 1 ano.



## Capítulo 6

# Melhoria na eficiência da empresa

Na Veolia, como noutra empresa, a recolha de informação e a organização da mesma é um dos aspetos fulcrais a se ter em conta. Pois, para os dados serem analisados, estes necessitam de ser claros de maneira a promover uma fácil leitura e compreensão. No decorrer do estágio, foi detetado a existência de alguns documentos que poderiam ser automatizados e melhorados. Neste capítulo, são explicados os documentos criados com o auxílio da ferramenta *Google Sheets*, de maneira a promover uma maior eficiência à operação. No final, irá ser explicado o propósito da criação de uma placa de aviso.

É de salientar que os dados apresentados nas imagens dos documentos são dados fictícios, servindo unicamente de apoio para as respetivas explicações. O *layout* de todos os ficheiros criados podem ser encontrados em anexo (Anexo C).

### 6.1 Relatório operacional

Todos os dias a equipa da administração necessita de preencher um documento em *Google Sheets* sobre todas as informações relevantes dos serviços prestados. O processo passa primeiramente pelos operários que preenchem o relatório diário do serviço, onde indicam os quilómetros de saída e chegada, o horário, as pesagens (se for o caso), a viatura que realizou o serviço, o condutor e operários que estavam no ativo, entre outras. De seguida, quando terminado o serviço e a ficha estiver devidamente preenchida, é entregue à equipa de administração, que insere os dados no respetivo documento.

O Relatório operacional contém sete folhas que correspondem aos serviços prestados e uma sobre o abastecimento. Em relação às folhas remetentes aos **serviços**, estas são muito idênticas umas às outras, sendo necessário inserir os dados sobre o dia e mês, o circuito, a matrícula da viatura, os quilómetros iniciais e finais que esta apresentava, bem como as horas de saída do centro operacional e de chegada, inserir o valor que foi abastecida (caso tenha sido o caso), o número de contentores que foram recolhidos, a quantidade que foi descarregada e a que horas e, por fim, o motorista que realizou a tarefa. A diferença entre elas consiste no tipo de serviço, ou seja, uma está direcionada para a recolha de RSU, outra para a recolha seletiva, e assim sucessivamente.

Em relação ao “**Mapa de Abastecimentos**”, que é preenchido sempre que se enche o depósito de uma viatura, inclui os dados sobre os abastecimentos. Isto é, nesta folha é registada a matrícula da viatura, o dia e mês que foi abastecida, o valor, os quilómetros do abastecimento que correspondem à chegada ao centro operacional, horas do motor, o

trabalhador responsável pelo abastecimento e o código do serviço indicado pela CMA.

O preenchimento deste relatório tem uma frequência diária e acaba por ser um pouco demorado, dado que para além de serem inseridos estes dados, existem informações repetidas. Assim, de forma a que se pudesse poupar tempo à empresa e que se minimizassem possíveis erros, foi realizado um documento *Google Sheets* mais intuitiva e automatizada, recorrendo às ferramentas de *Macros*, linguagem *Visual Basic* e *Apps Script*.

O relatório é constituído por um “Menu”, que está ilustrado em baixo, onde são colocados todos os dados necessários. À medida que este é preenchido, novas informações vão surgindo automaticamente, como por exemplo o código da tarefa que é indicado assim que o tipo de serviço é escolhido. Existem células que ficam “bloqueadas” de forma a que seja mais intuitivo para se filtrar a informação antes de se preencher com informações irrelevantes; por exemplo, no serviço de recolha de RSU, a viatura não necessita de usar água de lavagem, pois não vai lavar contentores, logo esta célula fica obstruída, mas desbloqueia caso seja um serviço de lavar contentores. Assim, que as células necessárias estão preenchidas, o usuário clica nos botões que pretende guardar a informação; isto é, caso uma viatura tenha realizado o serviço de recolha de RSU e tenha abastecido no final do trabalho, o utente pressiona o botão “RSU” e de seguida no botão “Abastecimento”. A informação é guardada nas respetivas folhas e não é necessário preencher mais que uma vez o relatório. Também é de realçar que em determinadas células, os valores ficam a vermelho caso contenham informações duvidosas ou não válidas (como por exemplo a diferença horária ser negativa), de forma a reduzir erros de distrações. Neste menu, também é fornecida a informação de quando a viatura necessita de trocar o óleo ou o filtro.

Após ter sido criado este documento, foi estruturado um semelhante mas unicamente para os serviços prestados em parceria com a ERSUC Lda..

## 6.2 Banco de horas

O banco de horas surgiu de maneira a facilitar a otimização dos métodos de trabalho, atribuindo uma certa organização, na gestão dos tempos laborais. O seu planeamento pode proporcionar oportunidades ao funcionário de usufruir das horas que trabalhou a mais para tirar períodos de descanso, quando solicitado. Pelo lado das empresas, trata-se de uma forma de dar resposta a um aumento de solicitações que possa ter, para conseguir cumprir prazos acordados. Tal como no relatório operacional, o ficheiro remetente para as horas efetuadas no serviço também é preenchida diariamente.

O grande problema deste documento é que existia uma folha para cada colaborador, o que provocava perdas de tempo só para encontrar o nome do funcionário para se preencher devidamente os dados necessários.

Mais uma vez, de forma a poupar tempo à empresa para filtrar a informação, foi sugerido um ficheiro com três folhas. A primeira folha, é focada para a inscrição dos funcionários, onde se colocam as informações pessoais, tais como o nome, o email, entre outras. A segunda, vem substituir todas as folhas que estavam identificadas pelo nome do colaborador. Assim, o usuário só tem que completar uma tabela. Esta tabela é constituída pela data que foi realizado o serviço, que tipo de serviço, as horas trabalhadas, as horas que correspondem ao período noturno, as horas extra que foram realizadas, etc. Por fim, na última folha, expõem-se todas as informações filtradas das últimas duas,

ou seja, é nesta secção que a equipa administrativa faz uma análise das horas de um funcionário num certo período de tempo. Sendo selecionado o nome do colaborador e o período de trabalho que se quer estudar, automaticamente as informações mais relevantes do indivíduo aparecem, bem como as filtragens dos dados sobre as horas nesse intervalo e outras informações extras.

### 6.3 Manutenção dos equipamentos

A maneira mais eficaz de se evitar e minimizar problemas em viaturas e máquinas, é mantendo-os sob controlo. A manutenção preventiva de qualquer equipamento aumenta a segurança dos colaboradores. Sendo assim, um maior planeamento diminui o risco de avarias, reduz os custos de manutenção, aumenta a esperança média de vida dos mesmos e até ajuda a prevenir problemas. Independentemente do modelo e marca, é sempre importante o acompanhamento dos serviços de revisão das viaturas e máquinas. A Veolia tem o hábito de sempre que é realizada uma manutenção nas instalações, esta é registada num documento em *Google Sheets*. Mais uma vez, este apresenta separadores para cada viatura o que dificulta na obtenção do divisório correto.

Deste modo, para aumentar a eficiência, foi então desenvolvido um novo ficheiro onde este se encontra dividido em cinco folhas. As duas primeiras, servem para o usuário registar todas as manutenções realizadas, uma tabela específica para a frota de viaturas e outra para as máquinas. As outras duas, tal como no ficheiro do Banco de horas, servem unicamente para o controlo de informações onde é feito um filtro caso se queira analisar um veículo ou um outro tipo de equipamento.

Por fim, o último separador “Agendamentos” serve unicamente para a equipa administrativa ter acesso às manutenções agendadas e planear novas. Esta folha para além de informar quantos e quais agendamentos estão em atraso, também cria um evento automaticamente, no *Google Calendar*, de modo a que não haja esquecimentos.

### 6.4 Placa de aviso

Ao contrário dos documentos anteriormente mencionados, esta placa promove uma melhoria na produtividade, não no setor administrativo, mas sim no setor de lavagem de contentores. A ideia de elaborar uma placa de aviso surgiu numa das idas ao terreno, onde se obteve o *feedback* de alguns dos colaboradores sobre um problema que surgia constantemente nesse serviço.

Como referido, para o serviço de lavagem ser realizado corretamente, os contentores têm que se encontrar vazios, ou seja, sem os resíduos depositados. Contudo, mesmo com as equipas de recolha de RSU a esvaziar os equipamentos de deposição, os municípios não têm o conhecimento que aquele contentor em específico irá ser lavado e higienizado, logo, voltam a colocar os seus resíduos no contentor, criando entraves para os funcionários da Veolia. Assim, implementou-se o uso da placa de avisos.

O modo de funcionamento é simples. Começando pela equipa de recolha que, após realizar as suas funções de basculamento para a viatura, afixam o aviso no contentor vazio com um desenrolador de fita adesiva de plástico. A equipa de lavagem, assim que chegar a esse contentor, remove o aviso e procede às suas tarefas de desinfeção.





## Capítulo 7

# Conclusões e sugestões para trabalhos futuros

Uma vez que todos os resultados são recolhidos e analisados, refletiu-se sobre o projeto e obtiveram-se as devidas conclusões, que são tratadas neste capítulo. Também é relevante inferir sobre possíveis trabalhos futuros que possam vir a melhorar o trabalho, levando em consideração o *feedback* recebido.

### 7.1 Síntese conclusiva

Neste relatório de estágio foi abordado o tema da recolha de resíduos sólidos urbanos, com o intuito de desenvolver métodos que fossem capazes de proporcionar à empresa acolhedora rotas otimizadas. Esta melhoria vai ao encontro das metas propostas no início deste documento. Assim pode-se afirmar que um dos primeiros pontos foi atingido visto que se adquiriram conhecimentos relevantes sobre o tema em estudo, como por exemplo, diferentes métodos de análise de redes e como escolher a mais indicada para o serviço em questão. Em termos de resultados, os objetivos de reduzir os consumos energéticos, os tempos de trabalho, as emissões de GEE e os custos operacionais também foram atingidos. Contudo não foi o esperado visto que os motoristas têm a liberdade por si próprios de explorarem e alterarem os circuitos existente caso tenham compreendido que existe espaço para melhoramentos. Isto provoca algumas dificuldades para quem está a tentar encontrar lacunas para que a versão final seja a mais otimizada possível.

A recolha de RU é uma tarefa que requer não só mão de obra, mas também equipamentos específicos e adequados, sendo por isso dispendiosa e com impactos ambientais não negligenciáveis. Assim, o planeamento dos trajetos a serem executados tem que ser bem estruturado de forma a evitar consumos desnecessários. Para além disso, são apresentadas as dificuldades encontradas durante a realização do estágio e exploradas diferentes análises dos vários circuitos do município de Aveiro. Ou seja, tenta-se comparar as duas situações de circuitos, o modelo atual (pré otimização) e o modelo proposto (pós otimização).

Em relação às plataformas, o *Dynafleet* não foi muito usada para este projeto, contudo deu para perceber que é uma ferramenta bastante útil para motivar os colaboradores a cumprirem de forma mais adequada as suas tarefas. Seria nesta plataforma que se iria recolher os consumos de gasolina que a viatura consumiu e as devidas emissões, porém,

a plataforma fornece dados com uma resolução diária e não fornece a opção de filtrar por horas. Assim, esta restrição impede a aquisição de valores exatos sobre os gastos e poluições associadas ao circuito noturno naquele dia. Já o *software MawisU2*, foi mais explorado, sendo uma das ferramentas foco para a resolução desta dissertação. Apresenta diversas características apropriadas para a recolha de resíduos, como o rastreamento em tempo real e virtualmente escolhendo o dia e hora. Porém, em certos momentos, o GPS que está incorporado nas viaturas teve algumas falhas e o suporte técnico não respondeu sempre de modo eficaz, atrasando algumas análises. É de notar que as devidas restrições de cada um destes programas foi indicado na sua totalidade no Capítulo 4.3.

Em comparação com o sistema atual, a análise de recolha de RSU mostrou que muitos dos circuitos da empresa, já se encontravam quase totalmente otimizados, pois os próprios motoristas, estando no terreno, tentam perceber qual poderá ser a melhor combinação de trajetos de forma a realizarem em menor tempo possível. Mesmo assim, ainda foi possível encontrar pequenas melhorias que, ao serem implementadas, conseguem cumprir com os objetivos estabelecidos no Capítulo 1.3.

Analisando nesta fase os resultados, começando pelo REC 01, pode-se chegar à conclusão que com duas pequenas alterações, é possível otimizar em cerca de 1.36km e 13min ao fim de uma semana. Apesar de os moloks não serem recolhidos todos os dias, a equipa responsável por eles, passa e confirma o enchimento dos mesmos. Já em relação ao circuito diários diurno (REC 06), com os testes realizados no terreno na zona da Azurva, foi possível retirar uma carga de 6min e 3.576km, ao fim de uma semana. Esta melhoria só é realizada às terças-feiras, quintas-feiras e sábados. Contudo, assim que o condutor estiver mais confortável ao realizar o novo trajeto na Azurva, será possível chegar a melhores resultados.

Sobre o serviço porta-a-porta da recolha seletiva, é de confirmar que, ao fim de uma semana, a Veolia consegue economizar cerca de 167km e 2h10 do tempo total que o motorista está de serviço. Estes valores devem-se ao operador em questão realizar voltas desnecessárias e não ter espírito crítico para avaliar o percurso. Com a implementação dos circuitos criados, consegue-se economizar, ao fim de um ano, em 36.8% na distância total a ser percorrida e 5.0% no tempo total de viagem.

Já com a análise de troca de posicionamento de contentores, pode-se concluir que se forem devidamente implementadas todas as sugestões, poderá resultar na redução anual de 353.70 horas e de 2.6% do consumo de combustível, o que permite uma diminuição de emissões de GEE de cerca de 8 tCO<sub>2</sub>eq/ano, correspondendo a redução percentual de 2.4%.

Em suma, ao fim de um ano, é possível otimizar num total de 6% relativamente aos consumos, 6% para as quantidades de poluentes libertados para a atmosfera, um peso de 4% nos tempos de serviço dos motoristas e cantoneiros e cerca de 59% para as distâncias percorridas nas ruas do Município de Aveiro.

É relevante mencionar que houve alguns indicadores mencionados neste trabalho que não foram devidamente explorados; isto acontece devido a algumas limitações encontradas no decorrer do trabalho. Estas limitações estão no âmbito das vias estarem cortadas, como já mencionado no documento, mas também pelo esquecimento dos motoristas ao preencher a secção de Abastecimento da folha de serviços ou por a viatura se encontrar em regeneração. Por exemplo, a viatura que realizou a devida tarefa, ao chegar ao centro operacional, não foi preparada para os colegas do turno seguinte e o condutor desse novo turno levou a viatura sem estar com o depósito cheio. Quando terminar o serviço,

ao abastecer e preencher a folha do Relatório Operacional, e posteriormente passado à plataforma informática, os consumos de combustível serão referentes a dois circuitos diferentes, contudo ficarão inseridos na célula do último serviço prestado. Isto tem um impacto em todos os indicadores de consumos de gasóleo (L) e de energia (tep).

Como foi visto ao longo do estágio, o estudo não é totalmente linear, isto significa que não se deve aceitar os resultados teóricos logo à primeira vista, dado que diariamente as condicionantes variam e por vezes as soluções idealizadas são inexequíveis, sendo necessário estar preparado para contornar essa situação.

## 7.2 Principais limitações e recomendações

Apesar do apoio que houve por parte da equipa administrativa como dos restantes trabalhadores da empresa, existiram algumas dificuldades e limitações que foram aparecendo ou que eram impossíveis de serem contrariadas. Tal como foi mencionado nos capítulos anteriores, este tipo de trabalho é bastante incerto e há diversos fatores que metem em causa o bom funcionamento do serviço. Alguns destes imprevistos, como faltas de colaboradores e avarias de viaturas, quer antes da partida, quer no meio do circuito, poderiam ser devidamente evitadas. Desta forma, é necessário trabalhar na sensibilização dos motoristas e dos colaboradores, dando ênfase à verificação do estado da viatura, no início e no fim de cada serviço. Os cantoneiros, estando atrás do veículo, deveriam ser os primeiros a terem essa preocupação.

Um aspeto que se foi tendo em conta quando se realizavam as análises no terreno era que havia pouco apoio, isto é, deveria haver um funcionário da empresa que estivesse a rondar os circuitos e intervindo sempre que houvesse algo anormal. Por exemplo quando as equipas de recolha não estivessem a cumprir com a trajetória estabelecida. Neste caso, o funcionário estando no local, poderia analisar a situação, validando e comprovando a justificação, dando soluções (como intervenção da polícia ou de um membro da Câmara Municipal de Aveiro, caso necessário) e reportava à chefia. Um exemplo foi uma situação que ocorreu no REC 01, onde viaturas por estarem mal estacionadas, impediram a passagem do veículo de recolha. O cenário foi alvo de estudo e propôs-se à CMA, uma sinalização com risco amarelo num dos lados da rua (que era de sentido único). É importante, no início e no decorrer, explicar os objetivos deste cargo às equipas de recolha, para evitar maus entendimentos e sensações de que estão a ser "controlados".

As principais dificuldades sentidas na realização deste trabalho foi, sem dúvida, a falta de resposta por parte da Câmara Municipal de Aveiro. Como é óbvio, sempre que houvesse uma alteração que se pudesse realizar, era necessário obter a confirmação e o apoio da CMA, antes de a mesma ser realizada. Isto para além de atrasar o processo, houve oportunidades de melhorias que não foram possíveis implementar em tempos reais. Um desses exemplos está implícito no projeto de alteração da posição dos contentores. Outro ponto que também foi muito sentido, foi a falta de atualização do estado das obras nas vias públicas. Como referido, houve circuitos que tinham sido devidamente analisados (tendo em atenção as obras) e quando iam ser validados em campo, por azar, o estado das obras já tinha progredido uns metros acima, impedindo a passagem para umas ruas alternativas. Com isto, a recomendação passaria por informar a CMA, para que estes acontecimentos não fossem rotineiros, ou até mesmo, haver um funcionário que fizesse a a ponte entre a empresa e o respetivo cliente. Isto iria facilitar tanto em termos de

sensibilização do município, dando as respostas e apoio necessário, como no planeamento de futuras obras, onde o tema de recolha de resíduos seria tido em conta pela câmara, isto é, seria analisado o melhor posicionamento dos contentores e se, eventualmente, iria prejudicar ou até mesmo impedir a circulação deste tipo de viaturas.

Em relação às limitações por parte das aplicações usadas, estas foram mencionadas no Capítulo 4.3. Uma sugestão seria a exploração de outras propostas de plataformas que fossem mais adequadas a este tipo de serviços, que exigem várias paragens e arranques sucessivos.

Uma possibilidade adicional a considerar seria rever a distribuição das áreas de recolha de cada circuito, dando em especial atenção o REC 05 e REC 07, que por falta de tempo, não foram analisadas até ao fim. Contudo, foi observado que o motorista quando realiza o REC 05, anda às voltas para recolher os primeiros contentores, sendo que, quando o mesmo efetua no dia seguinte o REC 07, este passa por alguns desses contentores referidos, logo, poderia haver um ajuste, evitando deslocações e tempos desnecessários.

Por fim, a última recomendação seria colocar em funcionamento o projeto do poço que se encontra nas instalações, mas que infelizmente não tem o devido uso. Este seria um grande apoio para a lavagem das viaturas, reduzindo consumos e custos desnecessários.

### 7.3 Sugestões para trabalhos futuros

Num trabalho complexo como é o caso da otimização de rotas de recolha de resíduos, diversos parâmetros poderão ser estudados de forma mais aprofundada.

A primeira sugestão passa pela adição do fator de "cumprir com os circuitos estabelecidos" na avaliação que é realizada mensalmente, registar o desempenho dos condutores com o intuito de, principalmente, otimizar os consumos de combustível e estender a durabilidade dos equipamentos.

Sendo o estudo baseado na deslocação de viaturas pela cidade de Aveiro, um dos trabalhos futuros poderia ter como foco a análise das dimensões das viaturas mais apropriadas para este serviço, bem como a comparação de alternativas ao gasóleo. A utilização de viaturas movidas a gás natural poderia ser uma das alternativas a analisar, avaliando também os impactos associados por esta mudança.

Apesar de existirem diversas aplicações que já incorporam a tecnologia SIG, estas estão programadas para serviços de entregas ou de recolha porta a porta. Note-se que nestes a distância entre nós é maior, pelo que iria haver uma menor sobrecarga da viatura com constantes travagens e arranques, não esquecendo o facto de estas viaturas de recolha de RSU terem que realizar várias manobras para recolher certos contentores. Posto isto, seria interessante a criação de um algoritmo que pudesse ter estes fatores em conta.

Outro fator pouco abordado na bibliografia consultada, mas que apresenta uma grande influência nos circuitos é o gradiente de inclinação das estradas. Este declive pode afetar não só o desempenho dos veículos, como também a escolha de rotas e do motorista ao posicionar a viatura de forma a facilitar o trabalho dos colaboradores para encaixarem os equipamentos de deposição no veículo.

# Referências Bibliográficas

- [1] Agência Portuguesa do Ambiente. (2021). Dados sobre resíduos urbanos. URL: <https://apambiente.pt/residuos/dados-sobre-residuos-urbanos>.
- [2] Parlamento Europeu. (2021). Gestão de resíduos na EU: factos e números. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20180328STO00751/gestao-de-residuos-na-ue-factos-e-numeros>.
- [3] Comissão Europeia. (2015). Enviar e gerir os resíduos. Departamento de Ambiente. URL: [https://ec.europa.eu/environment/basics/green-economy/managing-waste/index\\_pt.htm](https://ec.europa.eu/environment/basics/green-economy/managing-waste/index_pt.htm).
- [4] Bandeira, J. M., Carvalho, D. O., Khattak, A. J., Roupail, N. M., Fontes, T., Fernandes, P., Pereira, S. R., & Coelho, M. (2016). Empirical assessment of route choice impact on emissions over different road types, traffic demands, and driving scenarios. *International Journal of Sustainable Transportation*, pp. 271-283. DOI: <https://doi.org/10.1080/15568318.2014.901447>.
- [5] ERSAR. (2020). Caracterização. URL: <https://www.ersar.pt/pt/setor/caracterizacao>.
- [6] Goodchild, M. F. (2009). Geographic information systems and science: today and tomorrow. *Procedia Earth and Planetary Science*, 1, 1037-1043.
- [7] Santos, R. P. C., (2021). Otimização das Operações de Recolha de Resíduos e Limpeza Urbana. Dissertação de mestrado. Universidade de Aveiro.
- [8] DGE. (2008). Despacho nº17313, 2ªSérie - n.122. *Diário da República*. p. 27912–27913.
- [9] Agência Portuguesa do Ambiente. (2021). Relatório Anual. Resíduos Urbanos 2020.
- [10] SUMA. (2022). Serviços ambientais. URL: <https://www.suma.pt/>.
- [11] ERSUC. (2022). Página Inicial | Ersuc. URL: <https://www.ersuc.pt/pt/>.
- [12] Câmara Municipal de Aveiro. (2022). Guia de Reciclagem. URL: <https://www.cm-aveiro.pt/servicos/municipe/residuos-urbanos/guia-de-reciclagem>.
- [13] Câmara Municipal de Aveiro. (2022). Município com 72 novos oleões. URL: <https://www.cm-aveiro.pt/municipio/comunicacao/noticias/noticia/municipio-com-72-novos-oleoes>.

- [14] Câmara Municipal de Aveiro. (2022). Juntas de freguesia. URL: <https://www.cm-aveiro.pt/municipio/juntas-de-freguesia>.
- [15] Divisão de planeamento do território. (2020). Relatório sobre o estado do ordenamento do território de Aveiro.
- [16] Portada estatísticas sobre Portugal. (2021). Base de Dados dos Municípios | Portada. URL: <https://www.pordata.pt/municipios>.
- [17] Plano Diretor Municipal Aveiro. (2019). Estudo de caracterização. Acessibilidade e transporte. Relatório 4. Aveiro.
- [18] Veolia. (2020). Página Inicial | Veolia Portugal. URL: <https://www.veolia.pt/>.
- [19] Câmara Municipal de Viseu. (2022). Equipamentos de Deposição. URL: <https://cm-viseu.pt/pt/areas-servicos/ambiente/residuos-indiferenciados/equipamentos-de-deposicao/>.
- [20] Sopinal. (2022). Equipamentos Urbanos e Metalurgia. URL: <https://sopinal.pt/index-2.html>.
- [21] Ab'Saber, A. N. (1995). A sociedade urbano-industrial e o metabolismo urbano. *Prospectivas à beira do novo milênio*. pp. 9-19.
- [22] Estatísticas do Ambiente. (2020). Instituto Nacial de Estatística. Statistics Portugal. ISSN 0872-5279.
- [23] European Environment Agency. (2022). Well-being and the environment. Waste: a problem or a resource?. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/signals-2014/articles/waste-a-problem-or-a-resource>.
- [24] EFG. (2022). Triagem de Materiais Recicláveis. URL: <https://www.egf.pt/pt/areas-de-negocio/tratamento-e-valorizacao-de-residuos/triagem-de-materiais-reciclaveis/triagem-de-materiais-reciclaveis/>.
- [25] Valorlis. (2022). Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos | Triagem Materiais Recicláveis. URL: <https://www.valorlis.pt/tratamento-e-valorizacao/residuos-reciclaveis/>.
- [26] PRS. (2013). Tratamento de Resíduos Sólidos | Portal Resíduos Sólidos. URL: <https://portalresiduossolidos.com/tratamento-de-residuos-solidos/>.
- [27] ENEA. (2022). Valorização de resíduos. URL: <https://enea.apambiente.pt/content/valorizacao-de-residuos>.
- [28] Puna, J. F. B., & Baptista, B. dos S. (2008). A gestão integrada de resíduos sólidos urbanos - perspectiva ambiental e económico-energética. *Química Nova*, 31, 645–654. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000300032>.
- [29] Rosa, B. (2021). Compostagem: Entenda o que é esse processo e as UTC | EMAS Jr. URL: [https://emasjr.com.br/blog/2021/04/14/compostagem-entenda-o-que-e-o-que-sao-utc/?gclid=Cj0KCQjAxiQBhCRARIsAPsvo-zk4dAbnXZ-Ga8Gc9TsZZtpHol3QqSN8wS3RU\\_GDDgLNeimI7zzIh8aAn-KEALw\\_wcB](https://emasjr.com.br/blog/2021/04/14/compostagem-entenda-o-que-e-o-que-sao-utc/?gclid=Cj0KCQjAxiQBhCRARIsAPsvo-zk4dAbnXZ-Ga8Gc9TsZZtpHol3QqSN8wS3RU_GDDgLNeimI7zzIh8aAn-KEALw_wcB).

- [30] Burrough, P. A. (1986). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford Science Publications. ISBN 978-0198545927.
- [31] Gonçalves, L. (2002). A Informação no Contexto do Planeamento Urbanístico. Leiria: Escola Superior Tecnologia e Gestão de Leiria, Instituto Politécnico de Leiria. Apontamentos para a disciplina de Sistemas de Informação Urbanística do Curso de Engenharia Civil.
- [32] Matos, F. B. R. L. (2020). Desenvolvimento de um Sistema de Informação para Navegação Ciclável. Dissertação de mestrado. Universidade de Aveiro.
- [33] Woodcock, C. E., Sham, C. H., & Shaw, B. (1990). Comments on selecting a geographic information system for environmental management. *Environmental Management*, 14(3), 307–315. <https://doi.org/10.1007/BF02394198>.
- [34] Silva, S. D. R. S., Brandão, A. C., Pereira, C. M., & da Paixão, E. V. B. (2018). O uso de sistemas de informações geográficas como ferramenta de gestão territorial.
- [35] Costa, E. S., Oliveira, N. F., Reis, P. A., & Schmidt, M. A. R. (2013). Utilização de um sistema de informação geográfica no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Uberlândia-MG. Artigo. Universidade Federal de Uberlândia.
- [36] Oliveira, C. M. M. & Leite, N. J. (1995). Cartas Náuticas Eletrônicas: Operações e Estruturas de Dados. Relatório Técnico IC-96-03. Instituto de computação. Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- [37] Neto, J. A. S. (2008). Desenvolvimento de uma aplicação SIG para análise logística. Dissertação. Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba.
- [38] Martinho, M.G., Gonçalves, M.G., (2000). Gestão de Resíduos. Dissertação de mestrado. Universidade Aberta, Lisboa.
- [39] Chalkias, C., & Lasaridi, K. (2011). Benefits from GIS based modelling for municipal solid waste management. INTECH Open Access Publisher, (419-435).
- [40] De Oliveira Boaventura, E., & Uribe, E. B. O. (2016). Estudo Sobre Grafos e Algumas Aplicações. DOI: <https://doi.org/10.5747/ce.2016.v8.nesp.000099>.
- [41] Munari, P., Dollevoet, T. & Spliet, R. (2017). A generalized formulation for vehicle routing problems. Work Paper.
- [42] Letchford, A. N. (2001). The General Routing Problem. DOI: 10.1007/978-0-387-74759-0\_217.
- [43] Assad, A.A. & Golden, B. L. (1995). Arc Routing Methods and Applications. Handbooks in OR & MS, Vol 8, Chapter 5, pp. 375-483.
- [44] Oliveira, G. F. (2020). O Problema do Carteiro Chinês. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.
- [45] Toth, P., & Vigo, D. (2001). The Vehicle Routing Problem. Society for Industrial and Applied Mathematics, USA. Università degli Studi di Bologna, Italy. DOI: 10.1007/978-0-387-74759-0\_217. ISBN: 0-89871-579-2.



- [46] Cunha, C. B., Bonasser, U. o. & Abrahão, F. T. M. (2002). Experimentos computacionais com heurísticas de melhorias para o problema do caixeiro viajante. Anais do XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Natal, v. 2, p. 105–117.
- [47] Shirabayashi, W.V. I. (2019). Um estudo de caso para o problema de rotas via métodos exatos e heurísticos. Revista de Engenharia e Tecnologia. ISSN: 2176-7270.
- [48] De Freitas, R. & Raphael, B. C. D. (2015). Introdução à Otimização Combinatória Métodos Exatos para PI-Parte 1: Branch-and-Bound. Material de apoio às aulas. Universidade Federal do Amazonas. Instituto de Computação.
- [49] Junior, I. R. S., & Cechin, A. L. (2006). Comparação entre Métodos Exatos e Heurísticos para tratar o Problema de Roteamento de Veículos em um Ambiente Fabril. XXVI ENEGEP.
- [50] Tavares G., Zsigraiova Z., Semiao V., Carvalho M.G. (2009). Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modelling. Waste Manage., 29 (3), pp. 1176-1185. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.07.013>.
- [51] Apaydin, O., & Gonullu, M. T. (2008). Emission control with route optimization in solid waste collection process: A case study. Sadhana, 33, 71–82. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12046-008-0007-4>.
- [52] Bittencourt, G., Rodrigues, S., Netto, P. O. B., & Jurkiewicz, S. (2012). Problema de Roteamento de Veículos Capacitados (PRVC): Solução Manual x Busca Dispersa. Artigo. DOI:10.13140/RG.2.1.1052.5202.
- [53] Vieira, J. M. P., & Baptista, J. M. (2008) Indicadores de Desempenho para Melhoria dos Serviços de Saneamento Básico. Engenharia Civil. Universidade do Minho. Artigo. pp 87-112.
- [54] Moba. (2022). Homepage | Moba. URL: <https://moba-automation.dk/index.php?id=4&L=3>
- [55] Volvo Connect. (2022). Homepage | Volvo Connect | Volvo Trucks. URL: <https://www.volvotrucks.com.pt/pt-pt/services/optimized-business/volvo-connect.html>.
- [56] Câmara Municipal de Águeda. (2022). Página Inicial. URL: <https://www.cm-agueda.pt/>.
- [57] Google Earth. (2022). URL: <https://www.google.com/intl/pt-PT/earth/>

## Apêndice A

### Anexos

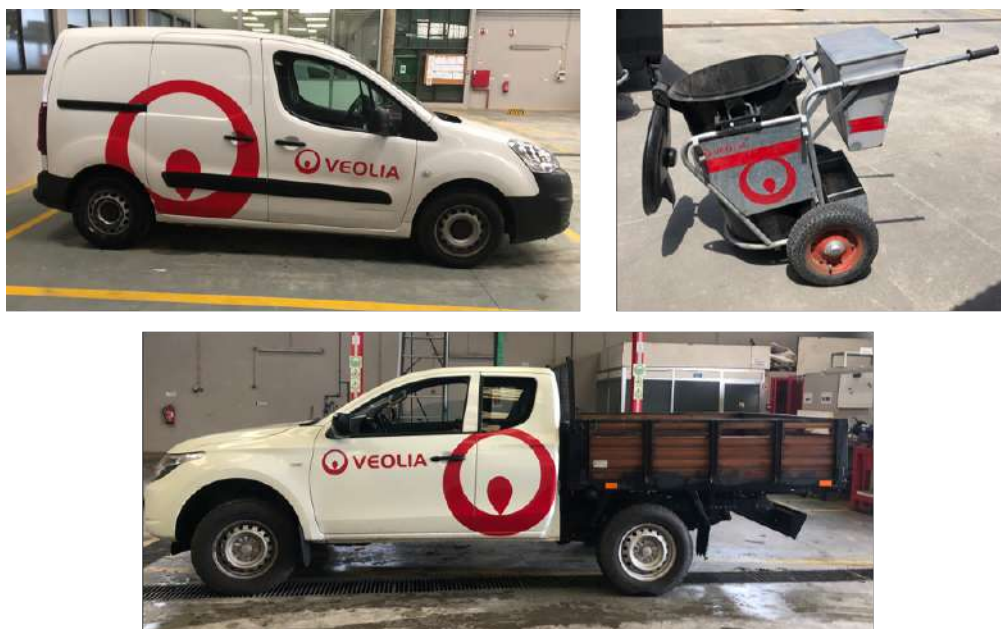


Figura A.1: Viaturas ligeiras de fiscalização e o carrinho de mão fornecido aos cantoneiros.



Figura A.2: Sistema de encaixe *Pivot DIN*, *Asa Oscher* e Frontal de um contentor de papel que se encontrava no Parque de Exposições para os preparativos da Feira de Março.

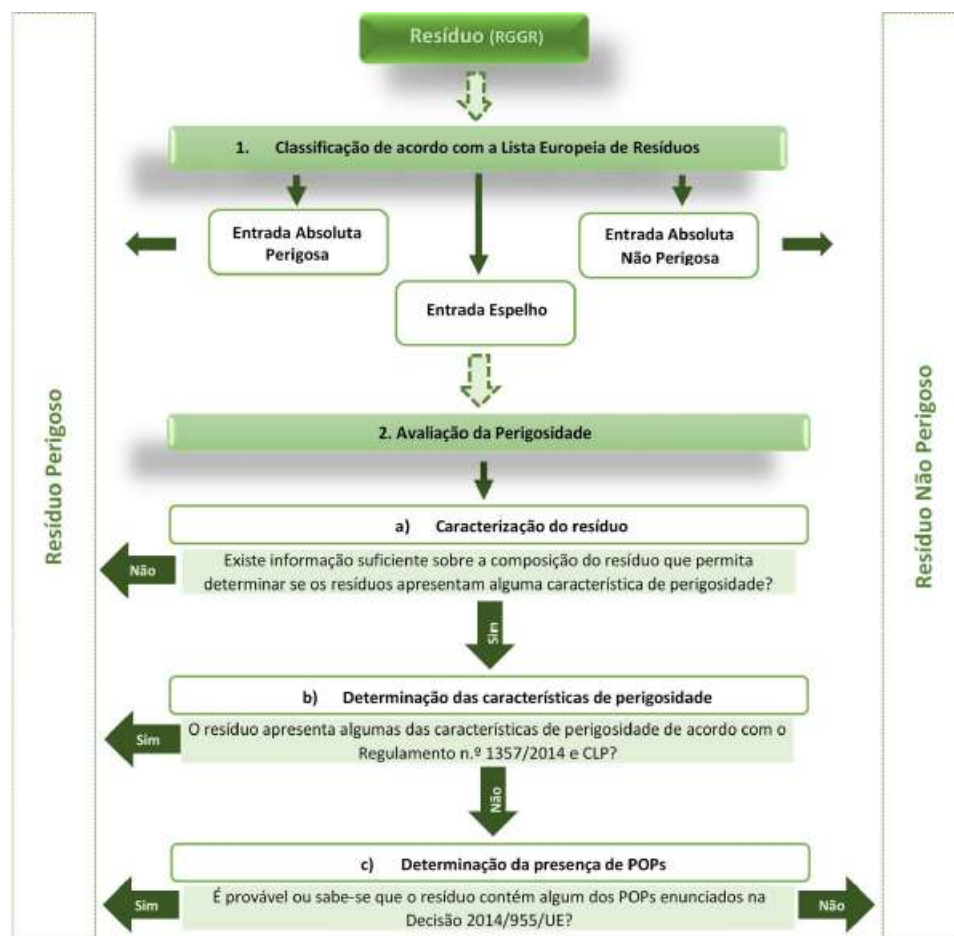


Figura A.3: Processo de classificação de resíduos [1].



Figura A.4: Acompanhamento num circuito de recolha seletiva em Águeda.

## Apêndice B

# Propostas de Alterações

### B.1 Recolha de RSU

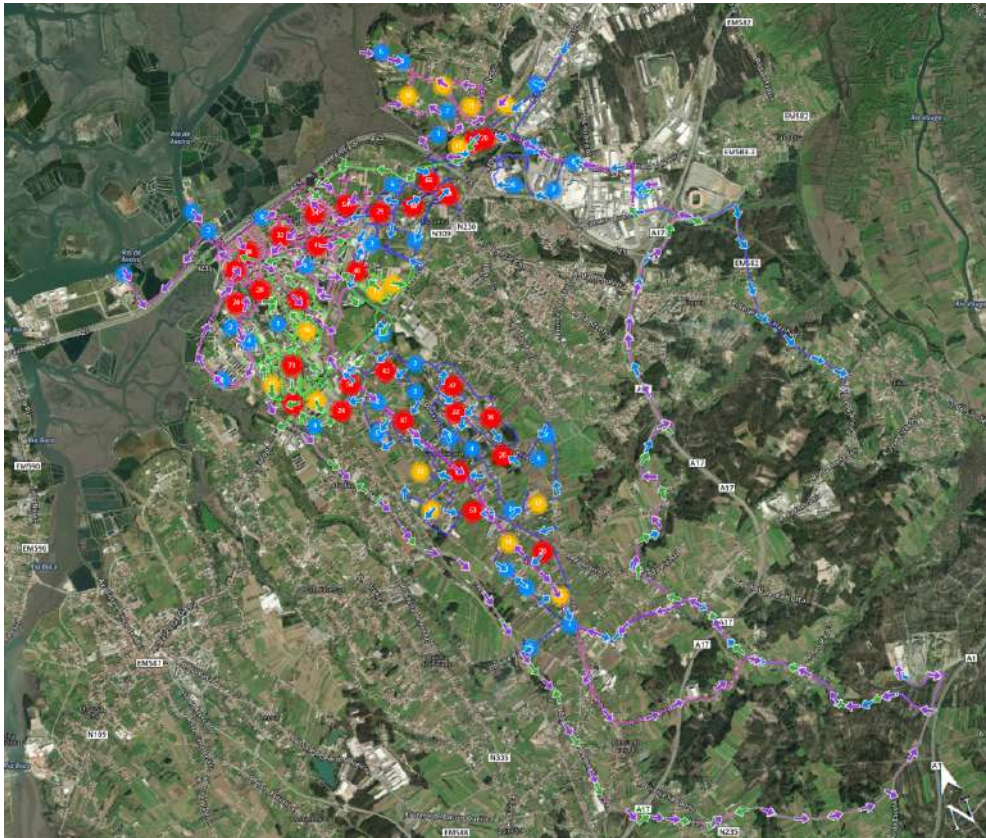


Figura B.1: Análise no *Moba* da existência de sobreposições dos circuitos noturnos.

Legenda:

- Trajeto a verde - REC 01
- Trajeto a rosa - REC 02
- Trajeto a azul - REC 03

- Círculos - contentores recolhidos

## B.2 Proposta de posição dos contentores

Tabela B.1: Lista dos contentores que foram enviadas à CMA.

| Circuito            | Nº Contentor                  | Posição Atual   |                             |             | Proposta de Alteração |                |             | Diferença / Poupança |                |            |          |
|---------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|-------------|-----------------------|----------------|-------------|----------------------|----------------|------------|----------|
|                     |                               | Morada  | $\Delta t$ [h]              | Gasóleo [L] | CO2 [kg]              | $\Delta t$ [h] | Gasóleo [L] | CO2 [kg]             | $\Delta t$ [h] | Abast. [L] | CO2 [kg] |
| REC 01 (confirmada) | 7099                          | Rua de São Martinho                                     | 18                          | 161         | 430                   | 14             | 123         | 330                  | 4              | 38         | 100      |
|                     | 6557                          | Rua de São João da Madeira                              | 15                          | 135         | 361                   | 11             | 95          | 255                  | 5              | 40         | 106      |
|                     | 8233                          | Rua Cerâmica do Vouga                                   | 12                          | 102         | 273                   | 6              | 54          | 145                  | 5              | 47         | 128      |
| REC 02 (confirmada) | 8186                          | Rua Valmarinhas / Rua do Sol                            | 18                          | 118         | 316                   | 2              | 16          | 43                   | 15             | 102        | 273      |
|                     | 6689/6690                     | Rua Viela do Canto                                      | 18                          | 120         | 321                   | 6              | 38          | 103                  | 12             | 81         | 218      |
|                     | 6842/6843/010241              | Rua Doutor Alberto Soares Machado                       | 18                          | 119         | 318                   | 6              | 37          | 100                  | 12             | 81         | 218      |
|                     | 6236/6237/6238                | Praceta da Melatomecânica                               | 17                          | 115         | 307                   | 4              | 57          | 155                  | 13             | 58         | 152      |
|                     | 7012/8278/028323              | Lago Conselheiro Queirós                                | 19                          | 125         | 335                   | 13             | 83          | 224                  | 6              | 42         | 112      |
| REC 03 (confirmada) | 8193                          | Rua do Sol Agras do Norte                               | 11                          | 72          | 194                   | 9              | 59          | 157                  | 2              | 14         | 37       |
|                     | 6988                          | Rua das Cardeiras                                       | 17                          | 151         | 404                   | 12             | 105         | 281                  | 5              | 46         | 124      |
|                     | 7952                          | Rua Dona Madalena de Vilhena                            | 16                          | 142         | 381                   | 8              | 74          | 198                  | 8              | 68         | 182      |
| REC 04              | 7906                          | Rua do Sacobão / Travessa do Sacobão                    | 6                           | 47          | 125                   | 1              | 8           | 23                   | 5              | 38         | 102      |
|                     | 6841                          | Rua de São João 54                                      | 2                           | 19          | 50                    | 1              | 8           | 23                   | 1              | 11         | 28       |
|                     | 6932                          | Travessa da Rua Agra                                    | 9                           | 67          | 179                   | 3              | 25          | 66                   | 5              | 42         | 113      |
|                     | 6192                          | Rua do Terreiro   | 18                          | 140         | 374                   | 7              | 53          | 140                  | 11             | 87         | 234      |
|                     | 028206                        | Travessa da Estação                                     | 11                          | 88          | 236                   | 5              | 36          | 95                   | 7              | 52         | 140      |
|                     | 6193                          | Rua da Alagoa / Travessa da Rua do Sol                  | 7                           | 56          | 151                   | 1              | 9           | 24                   | 6              | 47         | 127      |
|                     | 6911                          | Largo de São Sebastião, 14, Aradas                      | 8                           | 62          | 165                   | 2              | 15          | 40                   | 6              | 47         | 125      |
|                     | 6458                          | Rua João Gonçalves Neto, Aradas                         | 16                          | 127         | 340                   | 16             | 120         | 323                  | 1              | 7          | 17       |
|                     | 8335                          | Nossa Senhora do Carmo, Aradas                          | 0                           | 33          | 9                     | 0              | 0           | 0                    | 0              | 93         | 9        |
|                     | 6753                          | Nossa Senhora do Carmo, Aradas                          | 0                           | 3           | 9                     | 0              | 0           | 0                    | 0              | 3          | 9        |
|                     | 006061                        | Rua da Chaimite, Nossa Senhora de Fátima                | 4                           | 39          | 104                   | 2              | 20          | 55                   | 2              | 19         | 50       |
|                     | 6026                          | Rua da Cega, Nariz                                      | 7                           | 74          | 199                   | 1              | 12          | 32                   | 6              | 62         | 166      |
|                     | REC 05                        | 5963  | Rua da Fonte Velha          | 6           | 68                    | 181            | 2           | 20                   | 55             | 4          | 47       |
| 5967                |                               | Rua da Cumieira, Nossa Senhora de Fátima                | 5                           | 59          | 157                   | 1              | 7           | 17                   | 5              | 52         | 139      |
| 5974                |                               | Rua da Quinta, Nossa Senhora de Fátima                  | 30                          | 338         | 907                   | 24             | 264         | 708                  | 7              | 74         | 199      |
| 6068                |                               | Rua do Riberinho, Nossa Senhora de Fátima               | 6                           | 65          | 174                   | 1              | 12          | 32                   | 5              | 53         | 142      |
| 5939                |                               | Rua do Raso / Rua da Cavadinha, Nossa Senhora de Fátima | 9                           | 99          | 266                   | 1              | 16          | 42                   | 8              | 83         | 224      |
| 029428              |                               | Rua da Sobrerinha, Nariz                                | 9                           | 100         | 27                    | 2              | 17          | 45                   | 8              | 83         | -18      |
| 6081                |                               | Rua de Aveiro, Nossa Senhora de Fátima                  | 10                          | 116         | 311                   | 3              | 32          | 84                   | 8              | 84         | 226      |
| 29032               |                               | Rua de São Paulo, Eírol                                 | 3                           | 36          | 97                    | 2              | 18          | 47                   | 2              | 18         | 50       |
| 29041               |                               | Rua Mannel Abreu, Eírol                                 | 3                           | 38          | 102                   | 2              | 20          | 52                   | 2              | 19         | 50       |
| REC 06 (confirmada) |                               | 7070/7069/7071  | Praceta da Rua da República | 28          | 318                   | 852            | 18          | 209                  | 560            | 10         | 109      |
|                     | 7813                          | Rua do Caião / Travessa da Rua do Viso                  | 7                           | 76          | 203                   | 3              | 35          | 94                   | 4              | 41         | 109      |
|                     | 7544                          | Rua dos Olivais / Rua Adelino Amaro da Costa            | 4                           | 48          | 129                   | 1              | 7           | 18                   | 4              | 42         | 112      |
|                     | 6795                          | Rua João Evangelista Lima Vidal                         | 8                           | 89          | 170                   | 2              | 26          | 68                   | 6              | 63         | 101      |
|                     | 7403/7402                     | Rua José Cardoso Pires                                  | 12                          | 131         | 350                   | 5              | 55          | 147                  | 7              | 76         | 203      |
|                     | 7379                          | Rua São João da Cruz                                    | 9                           | 104         | 279                   | 4              | 41          | 109                  | 6              | 63         | 170      |
|                     | 8305                          | Rua da Azuleira   | 9                           | 98          | 261                   | 2              | 21          | 56                   | 7              | 77         | 205      |
|                     | 6337                          | Bairro Mannel Duarte                                    | 24                          | 272         | 730                   | 12             | 131         | 350                  | 13             | 142        | 380      |
|                     | 8097                          | Rua Moisés Cabica                                       | 14                          | 161         | 431                   | 4              | 50          | 134                  | 10             | 111        | 296      |
|                     | 7617                          | Rua da Sauda, Eixo                                      | 9                           | 110         | 295                   | 6              | 72          | 192                  | 3              | 38         | 103      |
| REC 07              | 6578                          | Travessa Caixa d'Água, Eixo                             | 8                           | 92          | 246                   | 3              | 35          | 95                   | 5              | 56         | 152      |
|                     | 7882 / 7883                   | Rua do Outeiro, Aveiro                                  | 11                          | 131         | 352                   | 4              | 44          | 116                  | 7              | 88         | 235      |
|                     | 7790                          | Rua das Cirqueiras, Oliveira                            | 8                           | 100         | 268                   | 3              | 32          | 86                   | 6              | 68         | 181      |
|                     | 6744                          | Praceta Almeida Azevedo, Oliveira                       | 9                           | 103         | 276                   | 2              | 27          | 73                   | 6              | 76         | 203      |
|                     | 7869                          | Rua Lameirão / Rua do Chão Dourado, Oli                 | 5                           | 56          | 152                   | 2              | 18          | 49                   | 3              | 38         | 103      |
|                     | 7672 / 7047                   | Rua das Cavadas, Oliveira                               | 10                          | 119         | 319                   | 3              | 41          | 111                  | 6              | 78         | 208      |
| REC 08              | 10006 / 10007                 | Rua de Santo André, Cacia                               | 7                           | 58          | 154                   | 3              | 20          | 54                   | 5              | 38         | 101      |
|                     | 10045                         | Praceta Henrique Nunes Silva, Cacia                     | 9                           | 96          | 177                   | 1              | 7           | 17                   | 8              | 59         | 160      |
|                     | 9877                          | Rua dos Pareiros, Esgueira                              | 4                           | 30          | 82                    | 1              | 8           | 23                   | 3              | 22         | 59       |
|                     | 9898                          | Rua das Quintas Novas, Esgueira                         | 10                          | 80          | 213                   | 1              | 7           | 19                   | 9              | 72         | 194      |
|                     | 9923                          | Rua dos Rasos, Esgueira                                 | 6                           | 44          | 118                   | 1              | 11          | 28                   | 4              | 34         | 90       |
| REC 09              | 7829 / 7830                   | Rua da Liberdade, Esgueira                              | 5                           | 41          | 110                   | 2              | 20          | 52                   | 3              | 21         | 58       |
|                     | 6457                          | Viela da Fonte, Esgueira                                | 6                           | 52          | 138                   | 3              | 23          | 62                   | 3              | 29         | 77       |
|                     | 6664 / 6665                   | Rua da Raposa, Esgueira                                 | 7                           | 61          | 164                   | 3              | 26          | 69                   | 4              | 35         | 94       |
|                     | 7714                          | Rua José Dias dos Santos, Cacia                         | 7                           | 57          | 152                   | 2              | 16          | 42                   | 5              | 41         | 110      |
|                     | 28128                         | Rua Marquês de Pombal, Cacia                            | 4                           | 31          | 81                    | 1              | 9           | 23                   | 3              | 22         | 8        |
|                     | 8065                          | Rua Burrial / Rua João Chagas, Cacia                    | 2                           | 14          | 38                    | 1              | 7           | 19                   | 1              | 7          | 19       |
| REC 11              | 7560                          | Rua da Mellera, Cacia                                   | 8                           | 65          | 173                   | 1              | 7           | 17                   | 7              | 58         | 156      |
|                     | 10155                         | Travessa da Rua da Sandale, São Jacinto                 | 9                           | 78          | 209                   | 1              | 9           | 24                   | 8              | 69         | 184      |
|                     | 010153 / 010154               | Rua da Sandale e Bairro dos Pescadores, São Jacinto     | 8                           | 68          | 183                   | 2              | 16          | 43                   | 6              | 52         | 140      |
| 010149 / 010150     | Rua da Liberdade, São Jacinto | 0   | 4                           | 9           | 0                     | 0              | 0           | 0                    | 4              | 9          |          |

## B.3 Recolha Seletiva



Figura B.2: Trajetos simulados no *Moba* para as 3ª feiras (programa auxílio: *Google Earth*).

Tabela B.2: Informações sobre a ordem e resultados dos circuitos simulados para as 3ª feiras.

|            | Tempo | Distância | Pedágios | Cenário 0 com 2 descargas | Cenário 1 | Cenário 1 com 2 descargas |
|------------|-------|-----------|----------|---------------------------|-----------|---------------------------|
| Cliente 1  | 1     | 8         | 1        | 9                         | 1         | 1                         |
| Cliente 2  | 2     | 9         | 2        | 8                         | 2         | 2                         |
| Cliente 3  | 3     | 1         | 3        | 15                        | 3         | 3                         |
| Cliente 4  | 4     | 2         | 4        | -                         | 4         | 4                         |
| Cliente 5  | 5     | 4         | 5        | 11                        | 5         | 5                         |
| Cliente 6  | 6     | 5         | 6        | 12                        | 6         | 6                         |
| Cliente 7  | 7     | 3         | 7        | 13                        | 7         | 7                         |
| Cliente 8  | 8     | 6         | 8        | 14                        | 8         | 8                         |
| Cliente 9  | 9     | 7         | 9        | -                         | 9         | 9                         |
| Cliente 10 | 10    | 15        | 10       | 16                        | 10        | 10                        |
| Cliente 11 | 11    | 16        | 11       | -                         | 11        | 11                        |
| Cliente 12 | 13    | 17        | 13       | -                         | 13        | 12                        |
| Cliente 13 | 12    | 14        | 12       | 10                        | 12        | 13                        |
| Cliente 14 | 14    | 13        | 14       | 3                         | 14        | 18                        |
| Cliente 15 | 15    | 12        | 15       | 2                         | 15        | 17                        |
| Cliente 16 | 16    | 11        | 16       | 1                         | 16        | 19                        |
| Cliente 17 | 17    | 10        | 17       | -                         | 17        | 20                        |
| Cliente 18 | 20    | 18        | 20       | 4                         | 20        | 16                        |
| Cliente 19 | 21    | 21        | 21       | -                         | 21        | 15                        |
| Cliente 20 | 22    | 22        | 22       | 5                         | 22        | 14                        |
| Cliente 21 | 19    | 19        | 19       | 6                         | 19        | 22                        |
| Cliente 22 | 18    | 20        | 18       | 7                         | 18        | 21                        |
| Cliente 23 |       |           |          |                           |           |                           |
| <b>Km</b>  | 50.2  | 48.7      | 50.2     | 118.0                     | 51.0      | 63.0                      |
| <b>h</b>   | 01:48 | 02:05     | 01:48    | 02:01                     | 01:28     | 01:38                     |





Figura B.3: Trajetos realizado no *GoogleMy Maps* para as 3ª feiras (programa auxílio: *Google Earth*).

Tabela B.3: Tabela filtrada do TSP para as 3ª feiras.

|     | i1    | i2    | i3    | i8 | i12 | i13 | i14 | i17 | i18 | i19 | i20 | i23 | i25   | i26   | i28 | i29 | i30 | i31 | i32 | i35   | i36 |
|-----|-------|-------|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
| i1  | -     | 0.865 | 0.726 | 2  | 5   | 4   | 4   | 10  | 6   | 5   | 7   | 3   | 2     | 2     | 6   | 8   | 12  | 8   | 8   | 0.75  | 14  |
| i2  | 0.865 | -     | 0.449 | 2  | 5   | 4   | 4   | 9   | 6   | 6   | 8   | 3   | 2     | 2     | 5   | 7   | 11  | 7   | 7   | 0.789 | 13  |
| i3  | 0.726 | 0.449 | -     | 2  | 5   | 3   | 3   | 9   | 5   | 5   | 7   | 3   | 2     | 2     | 5   | 8   | 11  | 7   | 6   | 0.650 | 14  |
| i8  | 2     | 2     | 2     | -  | 3   | 2   | 2   | 8   | 5   | 5   | 7   | 4   | 3     | 3     | 7   | 8   | 13  | 9   | 7   | 2     | 16  |
| i12 | 5     | 5     | 5     | 3  | -   | 1   | 2   | 10  | 7   | 7   | 9   | 6   | 6     | 5     | 11  | 10  | 16  | 12  | 9   | 5     | 19  |
| i13 | 4     | 4     | 3     | 2  | 1   | -   | 8   | 8   | 5   | 5   | 7   | 5   | 4     | 4     | 9   | 11  | 15  | 11  | 9   | 3     | 18  |
| i14 | 4     | 4     | 3     | 2  | 2   | 8   | -   | 8   | 5   | 5   | 7   | 5   | 4     | 4     | 9   | 11  | 15  | 11  | 8   | 3     | 17  |
| i17 | 10    | 9     | 9     | 8  | 10  | 8   | 8   | -   | 3   | 5   | 5   | 8   | 8     | 8     | 12  | 10  | 13  | 14  | 14  | 10    | 15  |
| i18 | 6     | 6     | 5     | 5  | 7   | 5   | 5   | 3   | -   | 2   | 4   | 3   | 5     | 5     | 6   | 7   | 8   | 9   | 11  | 6     | 12  |
| i19 | 5     | 6     | 5     | 5  | 7   | 5   | 5   | 5   | 2   | -   | 3   | 2   | 4     | 4     | 4   | 6   | 7   | 7   | 8   | 5     | 10  |
| i20 | 7     | 8     | 7     | 7  | 9   | 7   | 7   | 5   | 4   | 3   | -   | 5   | 6     | 6     | 6   | 7   | 9   | 9   | 10  | 7     | 12  |
| i23 | 3     | 3     | 3     | 4  | 6   | 5   | 5   | 8   | 3   | 2   | 5   | -   | 2     | 2     | 3   | 5   | 6   | 6   | 7   | 3     | 9   |
| i25 | 2     | 2     | 2     | 3  | 6   | 4   | 4   | 8   | 5   | 4   | 6   | 2   | -     | 0.755 | 4   | 5   | 7   | 6   | 5   | 2     | 9   |
| i26 | 2     | 2     | 2     | 3  | 5   | 4   | 4   | 8   | 5   | 4   | 6   | 2   | 0.755 | -     | 4   | 6   | 13  | 7   | 5   | 2     | 11  |
| i28 | 6     | 5     | 5     | 7  | 11  | 9   | 9   | 12  | 6   | 4   | 6   | 3   | 4     | 4     | -   | 3   | 4   | 3   | 3   | 6     | 6   |
| i29 | 8     | 7     | 8     | 8  | 10  | 11  | 11  | 10  | 7   | 6   | 7   | 5   | 5     | 6     | 3   | -   | 1   | 3   | 4   | 7     | 5   |
| i30 | 12    | 11    | 11    | 13 | 16  | 15  | 15  | 13  | 8   | 7   | 9   | 6   | 7     | 13    | 4   | 1   | -   | 4   | 5   | 11    | 5   |
| i31 | 8     | 7     | 7     | 9  | 12  | 11  | 11  | 14  | 9   | 7   | 9   | 6   | 6     | 7     | 3   | 3   | 4   | -   | 3   | 8     | 4   |
| i32 | 8     | 7     | 6     | 7  | 9   | 9   | 8   | 14  | 11  | 8   | 10  | 7   | 5     | 5     | 3   | 4   | 5   | 3   | -   | 7     | 6   |
| i35 | 0.750 | 0.789 | 0.65  | 2  | 5   | 3   | 3   | 10  | 6   | 5   | 7   | 3   | 2     | 2     | 6   | 7   | 11  | 8   | 7   | -     | -   |
| i36 | 14    | 13    | 14    | 16 | 19  | 18  | 17  | 15  | 12  | 10  | 12  | 9   | 9     | 11    | 6   | 5   | 5   | 4   | 6   | -     | -   |

Tabela B.4: Resultado do *Solver* para as 3ª feiras.

| Ordem | i35 | i14 | i12 | i13 | i8 | i1 | i3    | i2    | i25 | i26   | i23 | i18 | i19 | i28 | i31 | i30 | i29 | i17 | i20 | i32 | i36 |
|-------|-----|-----|-----|-----|----|----|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Km    | -   | 3   | 2   | 1   | 2  | 2  | 0.726 | 0.449 | 2   | 0.755 | 2   | 3   | 2   | 4   | 3   | 4   | 1   | 10  | 14  | 10  | 12  |

Tabela B.5: Comparação do Cenário 0 com o Cenário 1 para as 3<sup>a</sup> feiras.

|           | tempo [h] |          |          |          |          | distância [km] |          |        |         |
|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------------|----------|--------|---------|
|           | percurso  | recolha  | descarga | pausa    | Veolia   | Serviço        | percurso | Veolia | Serviço |
| Cenário 0 | 02:01:00  | 00:16:00 | 00:20:00 | 00:15:00 | 00:12:00 | 09:16:00       | 118      | -      | 118     |
| Cenário 1 | 01:38:00  |          |          |          |          | 08:53:00       | 51       | 14     | 65      |

Figura B.4: Trajetos simulados no *Moba* para as 4<sup>a</sup> feiras (programa auxílio: *Google Earth*).

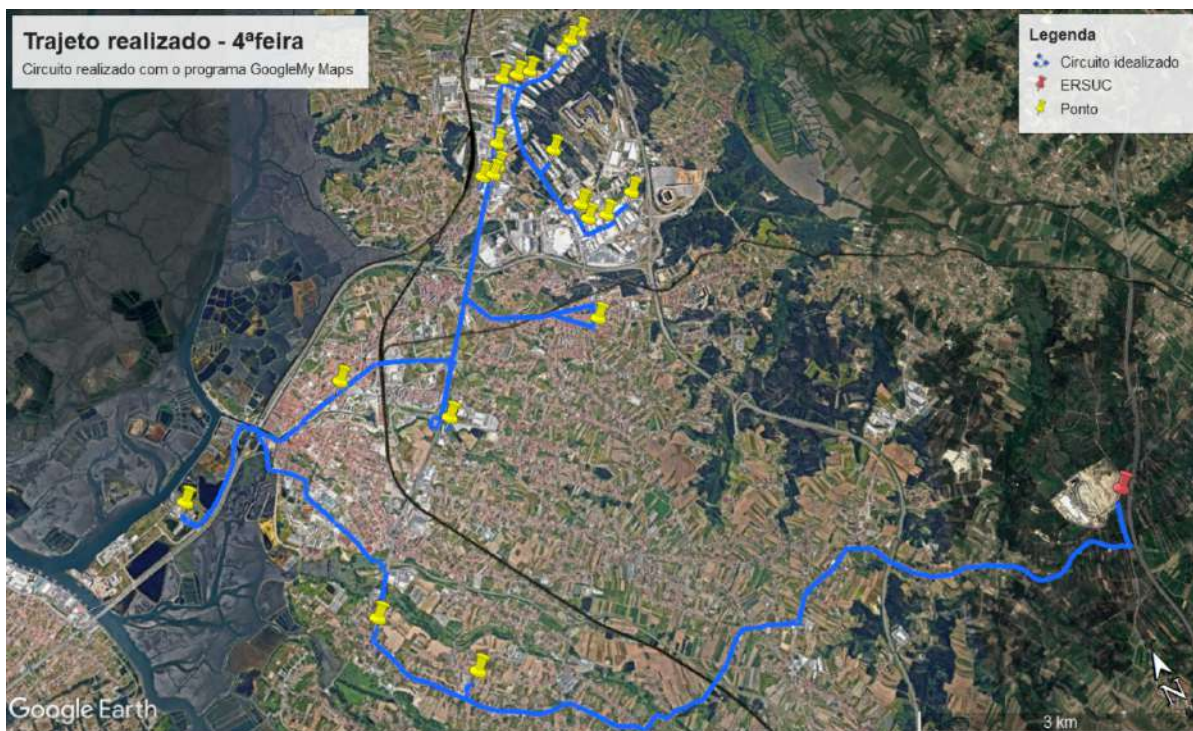


Figura B.5: Trajetos realizado no *GoogleMy Maps* para as 4<sup>a</sup> feiras (programa auxílio: *Google Earth*).

Tabela B.6: Informações sobre a ordem e resultados dos circuitos simulados para as 4<sup>a</sup> feiras.

|            | Tempo | Distância | Pedágios | Cenário 0 | Cenário 1 |
|------------|-------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Cliente 1  | 1     | 14        | 1        | 1         | 1         |
| Cliente 2  | 2     | 1         | 2        | -         | 2         |
| Cliente 3  | 3     | 15        | 3        | 2         | 3         |
| Cliente 4  | 4     | 16        | 4        | -         | 4         |
| Cliente 5  | 5     | 13        | 5        | 3         | 5         |
| Cliente 6  | 6     | 6         | 6        | -         | 6         |
| Cliente 7  | 11    | 8         | 11       | 13        | 11        |
| Cliente 8  | 7     | 12        | 7        | 9         | 7         |
| Cliente 9  | 8     | 9         | 8        | 10        | 8         |
| Cliente 10 | 9     | 10        | 9        | 11        | 9         |
| Cliente 11 | 10    | 11        | 10       | 12        | 10        |
| Cliente 12 | 12    | 7         | 12       | 14        | 12        |
| Cliente 13 | 13    | 5         | 13       | 15        | 13        |
| Cliente 14 | 14    | 3         | 14       | 4         | 14        |
| Cliente 15 | 15    | 2         | 15       | 5         | 15        |
| Cliente 16 | 16    | 4         | 16       | 16        | 16        |
| Cliente 17 | 17    | 18        | 17       | 7         | 20        |
| Cliente 18 | 18    | 19        | 18       | 17        | 19        |
| Cliente 19 | 20    | 20        | 20       | 8         | 18        |
| Cliente 20 | 19    | 21        | 19       | -         | 21        |
| Cliente 21 | 21    | 17        | 21       | 6         | 17        |
| Cliente 22 | 22    | 22        | 22       | -         | 22        |
| <b>Km</b>  | 38.3  | 37.8      | 38.3     | 90.0      | 37.0      |
| <b>h</b>   | 01:24 | 01:47     | 01:24    | 01:20     | 01:03     |

Tabela B.7: Tabela filtrada do TSP para as 4<sup>a</sup> feiras.

|     | i4    | i5    | i6    | i8    | i9    | i10   | i11 | i14   | i16   | i17 | i18 | i19 | i20 | i24 | i27 | i35   | i36 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
| i4  | -     | 0.330 | 0.497 | 2     | 2     | 3     | 4   | 3     | 2     | 9   | 5   | 5   | 7   | 2   | 6   | 0.482 | 14  |
| i5  | 0.330 | -     | 0.168 | 1     | 2     | 2     | 3   | 3     | 2     | 8   | 5   | 5   | 7   | 2   | 6   | 0.811 | 14  |
| i6  | 0.497 | 0.168 | -     | 1     | 2     | 2     | 3   | 3     | 2     | 8   | 5   | 4   | 6   | 2   | 6   | 1     | 15  |
| i8  | 2     | 1     | 1     | -     | 1     | 2     | 2   | 2     | 0.976 | 8   | 5   | 5   | 7   | 2   | 6   | 2     | 16  |
| i9  | 2     | 2     | 2     | 1     | -     | 0.424 | 1   | 0.710 | 0.900 | 8   | 5   | 5   | 7   | 3   | 7   | 3     | 16  |
| i10 | 3     | 2     | 2     | 2     | 0.424 | -     | 1   | 0.399 | 1     | 8   | 5   | 5   | 7   | 4   | 7   | 3     | 17  |
| i11 | 4     | 3     | 3     | 2     | 1     | 1     | -   | 1     | 2     | 9   | 6   | 6   | 8   | 4   | 8   | 4     | 17  |
| i14 | 3     | 3     | 3     | 2     | 0.710 | 0.399 | 1   | -     | 1     | 8   | 5   | 5   | 7   | 4   | 8   | 3     | 17  |
| i16 | 2     | 2     | 2     | 0.976 | 0.900 | 1     | 2   | 1     | -     | 8   | 5   | 5   | 7   | 3   | 7   | 2     | 16  |
| i17 | 9     | 8     | 8     | 8     | 8     | 8     | 9   | 8     | 8     | -   | 3   | 5   | 5   | 8   | 8   | 10    | 15  |
| i18 | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 5     | 6   | 5     | 5     | 3   | -   | 2   | 4   | 4   | 5   | 6     | 12  |
| i19 | 5     | 5     | 4     | 5     | 5     | 5     | 6   | 5     | 5     | 5   | 2   | -   | 3   | 3   | 3   | 5     | 10  |
| i20 | 7     | 7     | 6     | 7     | 7     | 7     | 8   | 7     | 7     | 5   | 4   | 3   | -   | 6   | 4   | 7     | 12  |
| i24 | 2     | 2     | 2     | 2     | 3     | 4     | 4   | 4     | 3     | 8   | 4   | 3   | 6   | -   | 4   | 2     | 9   |
| i27 | 6     | 6     | 6     | 6     | 7     | 7     | 8   | 8     | 7     | 8   | 5   | 3   | 4   | 4   | -   | 6     | 6   |
| i35 | 0.482 | 0.811 | 1     | 2     | 3     | 3     | 4   | 3     | 2     | 10  | 6   | 5   | 7   | 2   | 6   | -     | -   |
| i36 | 14    | 14    | 15    | 16    | 16    | 17    | 17  | 17    | 16    | 15  | 12  | 10  | 12  | 9   | 6   | -     | -   |

Tabela B.8: Resultado do *Solver* para as 4<sup>a</sup> feiras.

| Ordem | i35 | i4    | i5    | i6    | i10 | i14   | i11 | i9 | i16   | i8    | i24 | i19 | i18 | i17 | i20 | i27 | i36 |
|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-----|----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Km    | -   | 0.482 | 0.330 | 0.168 | 2   | 0.399 | 1   | 1  | 0.900 | 0.976 | 2   | 3   | 2   | 3   | 5   | 4   | 6   |

Tabela B.9: Comparação do Cenário 0 com o Cenário 1 para as 4<sup>a</sup> feiras.

|           | tempo [h] |          |          |          |          | distância [km] |          |        |         |
|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------------|----------|--------|---------|
|           | percurso  | recolha  | descarga | pausa    | Veolia   | Serviço        | percurso | Veolia | Serviço |
| Cenário 0 | 01:20:00  | 00:16:00 | 00:20:00 | 00:15:00 | 00:12:00 | 07:59:00       | 90       | -      | 90      |
| Cenário 1 | 01:03:00  |          |          |          |          | 07:42:00       | 37       | 14     | 51      |



Figura B.6: Trajetos simulados no *Moba* para as 5ª feiras (programa auxílio: *Google Earth*).

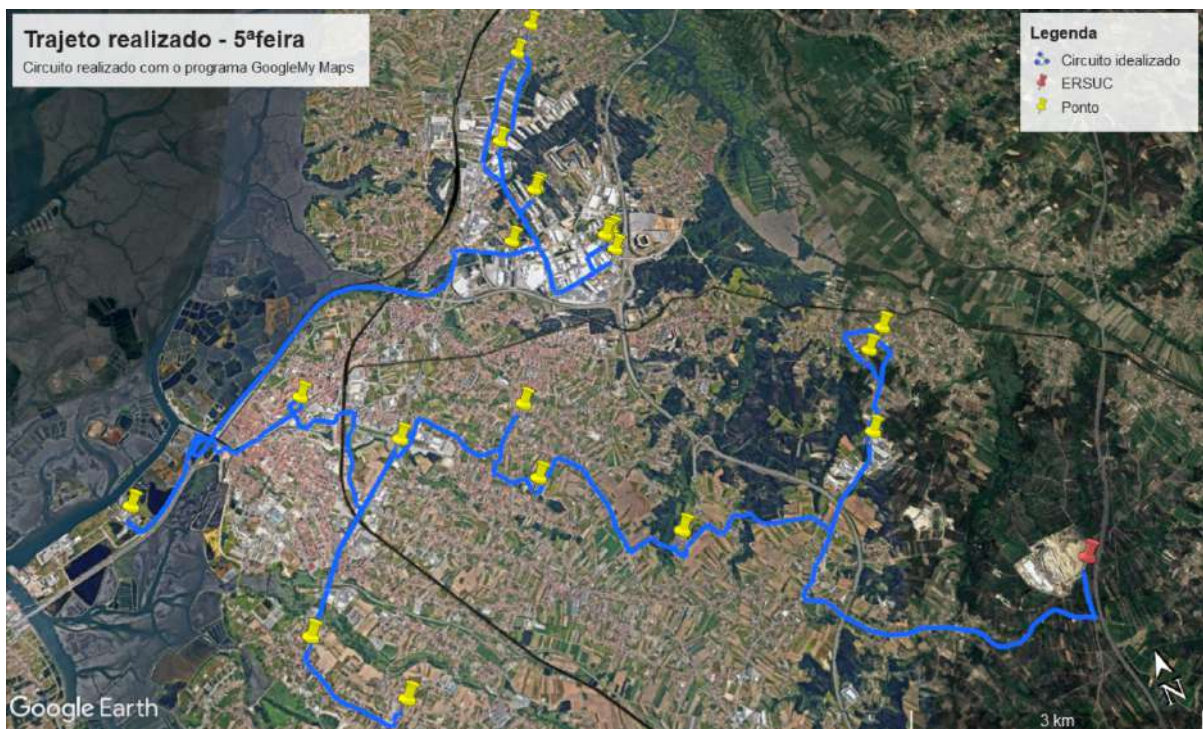


Figura B.7: Trajetos realizado no *GoogleMy Maps* para as 5ª feiras (programa auxílio: *Google Earth*).

Tabela B.10: Informações sobre a ordem e resultados dos circuitos simulados para as 5<sup>a</sup> feiras.

|            | Tempo | Distância | Pedágios | Cenário 0 | Cenário 1 |
|------------|-------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Cliente 1  | 1     | 9         | 1        | 9         | 1         |
| Cliente 2  | 2     | 1         | 2        | 10        | 2         |
| Cliente 3  | 3     | 2         | 3        | 11        | 3         |
| Cliente 4  | 4     | 10        | 4        | 8         | 4         |
| Cliente 5  | 5     | 11        | 5        | 7         | 5         |
| Cliente 6  | 11    | 3         | 11       | 3         | 11        |
| Cliente 7  | 9     | 7         | 9        | 2         | 9         |
| Cliente 8  | 10    | 8         | 10       | 1         | 10        |
| Cliente 9  | 8     | 4         | 8        | 12        | 8         |
| Cliente 10 | 6     | 6         | 6        | -         | 6         |
| Cliente 11 | 7     | 5         | 7        | -         | 7         |
| Cliente 12 | 12    | 15        | 12       | 4         | 12        |
| Cliente 13 | 13    | 16        | 13       | 15        | 13        |
| Cliente 14 | 16    | 17        | 16       | 13        | 16        |
| Cliente 15 | 14    | 14        | 14       | 14        | 14        |
| Cliente 16 | 15    | 13        | 15       | -         | 15        |
| Cliente 17 | 18    | 18        | 18       | -         | 18        |
| Cliente 18 | 17    | 12        | 17       | -         | 17        |
| Cliente 19 | 19    | 19        | 19       | 16        | 19        |
| Cliente 20 | 22    | 20        | 22       | 6         | 22        |
| Cliente 21 | 21    | 22        | 21       | -         | 21        |
| Cliente 22 | 20    | 21        | 20       | 5         | 20        |

|           |       |       |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Km</b> | 49.7  | 47.1  | 49.7  | 95.0  | 51.0  |
| <b>h</b>  | 01:46 | 02:13 | 01:46 | 01:34 | 01:25 |

Tabela B.11: Tabela filtrada do TSP para as 5<sup>a</sup> feiras.

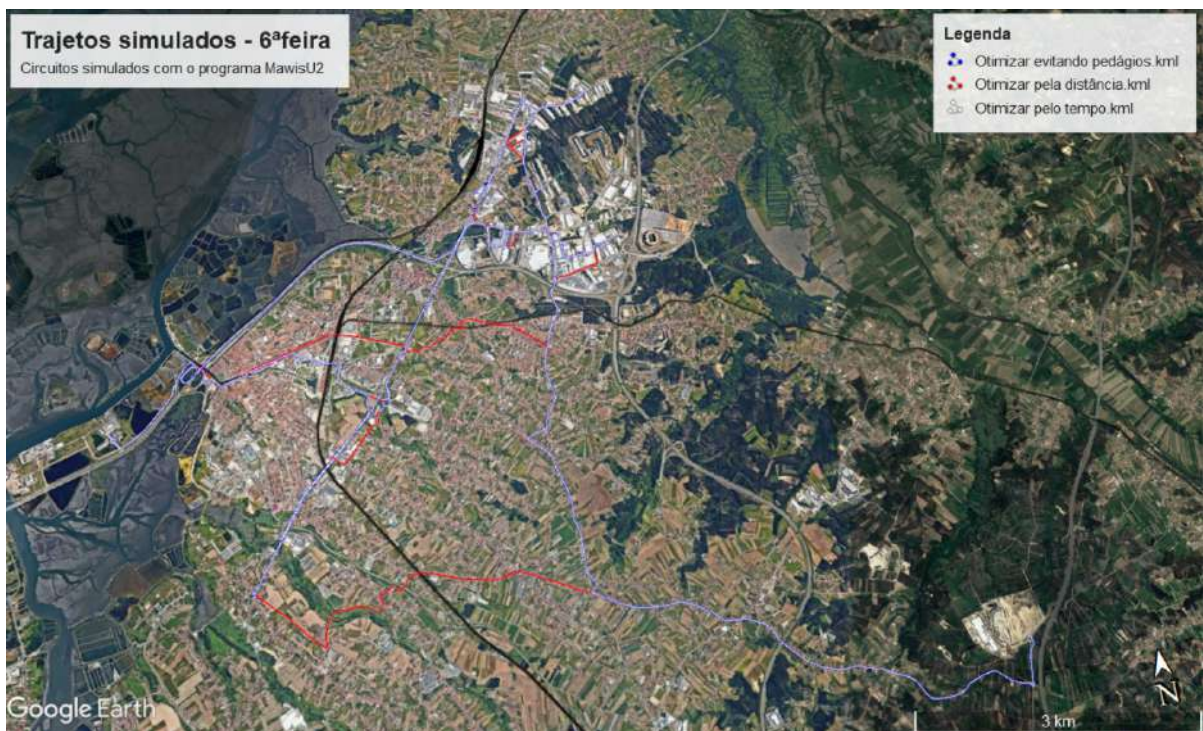
|     | i1    | i2    | i7 | i8 | i9    | i13   | i17 | i18 | i19 | i20 | i21 | i22 | i23 | i28 | i32 | i33   | i34   | i35   | i36 |
|-----|-------|-------|----|----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|
| i1  | -     | 0.865 | 2  | 2  | 3     | 4     | 10  | 6   | 5   | 7   | 9   | 4   | 3   | 6   | 8   | 5     | 5     | 0.75  | 14  |
| i2  | 0.865 | -     | 2  | 2  | 3     | 4     | 9   | 6   | 6   | 8   | 9   | 4   | 3   | 5   | 7   | 4     | 4     | 0.789 | 13  |
| i7  | 2     | 2     | -  | 1  | 2     | 3     | 7   | 4   | 4   | 6   | 7   | 4   | 3   | 7   | 7   | 6     | 6     | 2     | 15  |
| i8  | 2     | 2     | 1  | -  | 1     | 2     | 8   | 5   | 5   | 7   | 8   | 4   | 4   | 7   | 7   | 6     | 6     | 2     | 16  |
| i9  | 3     | 3     | 2  | 1  | -     | 0.727 | 8   | 5   | 5   | 7   | 8   | 5   | 4   | 8   | 8   | 7     | 7     | 3     | 16  |
| i13 | 4     | 4     | 3  | 2  | 0.727 | -     | 8   | 5   | 5   | 7   | 9   | 6   | 5   | 9   | 9   | 8     | 8     | 3     | 18  |
| i17 | 10    | 9     | 7  | 8  | 8     | 8     | -   | 3   | 5   | 5   | 6   | 8   | 8   | 12  | 14  | 13    | 13    | 10    | 15  |
| i18 | 6     | 6     | 4  | 5  | 5     | 5     | 3   | -   | 2   | 4   | 5   | 4   | 3   | 6   | 11  | 8     | 8     | 6     | 12  |
| i19 | 5     | 6     | 4  | 5  | 5     | 5     | 5   | 2   | -   | 3   | 5   | 2   | 2   | 4   | 8   | 7     | 7     | 5     | 10  |
| i20 | 7     | 8     | 6  | 7  | 7     | 7     | 5   | 4   | 3   | -   | 2   | 5   | 5   | 6   | 10  | 9     | 9     | 7     | 12  |
| i21 | 9     | 9     | 7  | 8  | 8     | 9     | 6   | 5   | 5   | 2   | -   | 5   | 6   | 6   | 8   | 9     | 9     | 9     | 10  |
| i22 | 4     | 4     | 4  | 4  | 5     | 6     | 8   | 4   | 2   | 5   | 5   | -   | 1   | 3   | 6   | 6     | 7     | 4     | 8   |
| i23 | 3     | 3     | 3  | 4  | 4     | 5     | 8   | 3   | 2   | 5   | 6   | 1   | -   | 3   | 7   | 5     | 5     | 3     | 9   |
| i28 | 6     | 5     | 7  | 7  | 8     | 9     | 12  | 6   | 4   | 6   | 6   | 3   | 3   | -   | 3   | 5     | 5     | 6     | 6   |
| i32 | 8     | 7     | 7  | 7  | 8     | 9     | 14  | 11  | 8   | 10  | 8   | 6   | 7   | 3   | -   | 1     | 1     | 7     | 6   |
| i33 | 5     | 4     | 6  | 6  | 7     | 8     | 13  | 8   | 7   | 9   | 9   | 6   | 5   | 5   | 1   | -     | 0.926 | 5     | 7   |
| i34 | 5     | 4     | 6  | 6  | 7     | 8     | 13  | 8   | 7   | 9   | 9   | 7   | 5   | 5   | 1   | 0.926 | -     | 5     | 7   |
| i35 | 0.750 | 0.789 | 2  | 2  | 3     | 3     | 10  | 6   | 5   | 7   | 9   | 4   | 3   | 6   | 7   | 5     | 5     | -     | -   |
| i36 | 14    | 13    | 15 | 16 | 16    | 18    | 15  | 12  | 10  | 12  | 10  | 8   | 9   | 6   | 6   | 7     | 7     | -     | -   |

Tabela B.12: Resultado do *Solver* para as 5<sup>a</sup> feiras.

| Ordem | i35 | i1    | i2    | i7 | i8 | i9 | i13   | i18 | i17 | i21 | i20 | i19 | i22 | i23 | i28 | i32 | i33 | i34   | i36 |
|-------|-----|-------|-------|----|----|----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
| Km    | -   | 0.750 | 0.865 | 2  | 1  | 1  | 0.727 | 5   | 3   | 6   | 2   | 3   | 2   | 1   | 3   | 3   | 1   | 0.926 | 7   |

Tabela B.13: Comparação do Cenário 0 com o Cenário 1 para as 5<sup>a</sup> feiras.

|           | tempo [h] |          |          |          |          | distância [km] |          |        |         |
|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------------|----------|--------|---------|
|           | percurso  | recolha  | descarga | pausa    | Veolia   | Serviço        | percurso | Veolia | Serviço |
| Cenário 0 | 01:34:00  | 00:16:00 | 00:20:00 | 00:15:00 | 00:12:00 | 08:13:00       | 95       | -      | 95      |
| Cenário 1 | 01:25:00  |          |          |          |          | 08:04:00       | 51       | 14     | 65      |

Figura B.8: Trajetos simulados no *Moba* para as 6<sup>a</sup> feiras (programa auxílio: *Google Earth*).

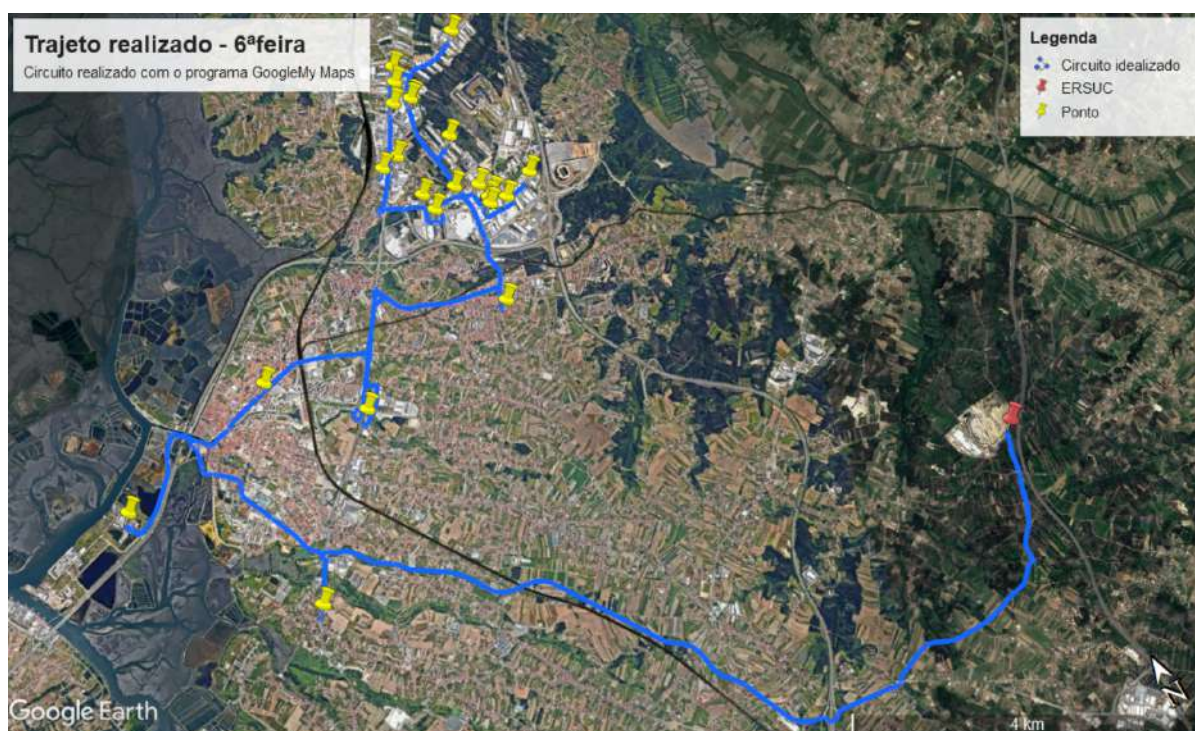


Figura B.9: Trajetos realizado no *GoogleMy Maps* para as 6ª feiras (programa auxílio: *Google Earth*).



Tabela B.14: Informações sobre a ordem e resultados dos circuitos simulados para as 6<sup>a</sup> feiras.

|            | Tempo | Distância | Pedágios | Cenário 0 | Cenário 1 |
|------------|-------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Cliente 1  | 1     | 18        | 1        | 1         | 1         |
| Cliente 2  | 3     | 17        | 3        | 11        | 3         |
| Cliente 3  | 2     | 1         | 2        | -         | 2         |
| Cliente 4  | 4     | 3         | 4        | -         | 4         |
| Cliente 5  | 5     | 2         | 5        | 10        | 5         |
| Cliente 6  | 6     | 14        | 6        | -         | 6         |
| Cliente 7  | 22    | 16        | 22       | -         | 18        |
| Cliente 8  | 21    | 4         | 21       | -         | 16        |
| Cliente 9  | 20    | 5         | 20       | 3         | 17        |
| Cliente 10 | 7     | 15        | 7        | 2         | 7         |
| Cliente 11 | 8     | 10        | 8        | 4         | 8         |
| Cliente 12 | 9     | 12        | 9        | 5         | 9         |
| Cliente 13 | 10    | 8         | 10       | 6         | 10        |
| Cliente 14 | 11    | 9         | 11       | 7         | 11        |
| Cliente 15 | 12    | 13        | 12       | 8         | 12        |
| Cliente 16 | 13    | 11        | 13       | 9         | 13        |
| Cliente 17 | 14    | 6         | 14       | -         | 14        |
| Cliente 18 | 15    | 7         | 15       | 14        | 15        |
| Cliente 19 | 16    | 20        | 16       | 13        | 19        |
| Cliente 20 | 17    | 21        | 17       | -         | 18        |
| Cliente 21 | 19    | 22        | 19       | -         | 17        |
| Cliente 22 | 18    | 23        | 18       | 15        | 20        |
| Cliente 23 | 23    | 19        | 23       | 12        | 16        |

|           |       |       |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Km</b> | 39.8  | 41.1  | 39.8  | 92.0  | 39.0  |
| <b>h</b>  | 01:35 | 02:05 | 01:35 | 02:06 | 01:04 |

Tabela B.15: Tabela filtrada do TSP para as 6<sup>a</sup> feiras.

|     | i4    | i5    | i6    | i7    | i8    | i9    | i11 | i14   | i15   | i16   | i17 | i18 | i19 | i20 | i24 | i35   | i36 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
| i4  | -     | 0.330 | 0.497 | 1     | 2     | 2     | 4   | 3     | 2     | 2     | 9   | 5   | 5   | 7   | 2   | 0.482 | 14  |
| i5  | 0.330 | -     | 0.168 | 0.974 | 1     | 2     | 3   | 3     | 2     | 2     | 8   | 5   | 5   | 7   | 2   | 0.811 | 14  |
| i6  | 0.497 | 0.168 | -     | 0.806 | 1     | 2     | 3   | 3     | 2     | 2     | 8   | 5   | 4   | 6   | 2   | 1     | 15  |
| i7  | 1.000 | 0.974 | 0.806 | -     | 1     | 2     | 3   | 3     | 2     | 1     | 7   | 4   | 4   | 6   | 2   | 2     | 15  |
| i8  | 2     | 1     | 1     | 1     | -     | 1     | 2   | 2     | 1     | 0.976 | 8   | 5   | 5   | 7   | 2   | 2     | 16  |
| i9  | 2     | 2     | 2     | 2     | 1     | -     | 1   | 0.710 | 0.357 | 0.900 | 8   | 5   | 5   | 7   | 3   | 3     | 16  |
| i11 | 4     | 3     | 3     | 3     | 2     | 1     | -   | 1     | 2     | 2     | 9   | 6   | 6   | 8   | 4   | 4     | 17  |
| i14 | 3     | 3     | 3     | 3     | 2     | 0.710 | 1   | -     | 0.536 | 1     | 8   | 5   | 5   | 7   | 4   | 3     | 17  |
| i15 | 2     | 2     | 2     | 2     | 1     | 0.357 | 2   | 0.536 | -     | 0.543 | 7   | 5   | 4   | 6   | 3   | 3     | 17  |
| i16 | 2     | 2     | 2     | 1     | 0.976 | 0.900 | 2   | 1     | 0.543 | -     | 8   | 5   | 5   | 7   | 3   | 2     | 16  |
| i17 | 9     | 8     | 8     | 7     | 8     | 8     | 9   | 8     | 7     | 8     | -   | 3   | 5   | 5   | 8   | 10    | 15  |
| i18 | 5     | 5     | 5     | 4     | 5     | 5     | 6   | 5     | 5     | 5     | 3   | -   | 2   | 4   | 4   | 6     | 12  |
| i19 | 5     | 5     | 4     | 4     | 5     | 5     | 6   | 5     | 4     | 5     | 5   | 2   | -   | 3   | 3   | 5     | 10  |
| i20 | 7     | 7     | 6     | 6     | 7     | 7     | 8   | 7     | 6     | 7     | 5   | 4   | 3   | -   | 6   | 7     | 12  |
| i24 | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 3     | 4   | 4     | 3     | 3     | 8   | 4   | 3   | 6   | -   | 2     | 9   |
| i35 | 0.482 | 0.811 | 1     | 2     | 2     | 3     | 4   | 3     | 3     | 2     | 10  | 6   | 5   | 7   | 2   | -     | -   |
| i36 | 14    | 14    | 15    | 15    | 16    | 16    | 17  | 17    | 17    | 16    | 15  | 12  | 10  | 12  | 9   | -     | -   |

Tabela B.16: Resultado do *Solver* para as 6<sup>a</sup> feiras.

| Ordem     | i35 | i4    | i5    | i6    | i7    | i16 | i15   | i14   | i11 | i9 | i8 | i20 | i19 | i18 | i24 | i17 | i36 |
|-----------|-----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Km</b> | -   | 0.482 | 0.330 | 0.168 | 0.806 | 1   | 0.543 | 0.536 | 1   | 1  | 1  | 2   | 3   | 2   | 3   | 5   | 12  |

Tabela B.17: Comparação do Cenário 0 com o Cenário 1 para as 6<sup>a</sup> feiras.

|                  | tempo [h] |          |          |          |          | distância [km] |          |        |         |
|------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------------|----------|--------|---------|
|                  | percurso  | recolha  | descarga | pausa    | Veolia   | Serviço        | percurso | Veolia | Serviço |
| <b>Cenário 0</b> | 02:06:00  | 00:16:00 | 00:20:00 | 00:15:00 | 00:12:00 | 09:01:00       | 92       | -      | 92      |
| <b>Cenário 1</b> | 01:04:00  |          |          |          |          | 07:59:00       | 39       | 14     | 53      |



# Apêndice C

## Layout dos documentos criados

The screenshot shows a Google Sheets form for vehicle maintenance. The form is organized into several sections:

- Data:** Date: 22/07/2022
- Constituição da Equipe:** Motorista: Armínio Pimental, Jornada Diária: 8h, Matrícula: 27-01-23, Abastecimento: 80 L, 12.25 horas, Mês: 22/07/2022, Dia do abastecimento.
- Tipo de Serviço:** Serviço: Recarga RSU, Termino: MV00001, Camião/Circuito: -
- Controle de Equipamento:** Início: 08:00, Fim: 16:00, Circuito: 300 km, 20 h, 16/ALDEI, h. Cipo: 13752, Filtro: 13730.
- Controle de Produção:** Circuito / Produto: BSC 05, 13:00, 20 kg, 13:00, 20 kg, 13:00, 20 kg. Água de lavagem: m3. Recalçados/Lavados: 300, Supostos: 307, CIP: -13.00.
- Outras Observações:** Observações: A vatura abastecida.

Buttons at the bottom include: Abastecimento, RSU, Lavagem de Contentores, Manutença e PEE, Venda, Verificação Mecânica, Recolha Seletiva, Outros, APAGAR, Tabelas Dinâmicas, Dashboard, Deservagem, Lavagem de Ruas.

Figura C.1: Novo menu estruturado (programa auxílio: *Google Sheets*).

The screenshot shows a Google Sheets form for recording information from Ersuc. The form is organized into several sections:

- Data:** Date: 22/07/2022
- Constituição da Equipe:** Motorista: Wagner Landstede, Matrícula: 27-01-23, Abastecimento: 50.00 L, 12.00 horas, Mês: 22/07/2022, Dia do abastecimento.
- Tipo de Serviço:** Serviço: ERUC
- Controle de Equipamento:** Início: 12, Fim: 20, Circuito: 8 km, 15 h, Cipo: 4790, Filtro: 5240.
- Controle de Produção:** Circuito / Produto: 1/2 P1 + 1/2 P3, 13:00, 22 kg, 13:00, 20 kg, 13:00, 20 kg. Circuito / Produto: 1/2 ME1 + 1/2 ME2, 13:00, 22 kg, 13:00, 20 kg, 13:00, 20 kg. Circuito / Produto: Voto, 13:00, 22 kg, 13:00, 20 kg, 13:00, 20 kg.
- Outras Observações:** Observações: bas.

Buttons at the bottom include: Abastecimento, ERUC, APAGAR, Tabelas Dinâmicas, Dashboard.

Figura C.2: Menu do documento para se anotar as informações da Ersuc (programa auxílio: *Google Sheets*).

| Inscrição dos Funcionários |           |                |                      |                 |                  |                  |
|----------------------------|-----------|----------------|----------------------|-----------------|------------------|------------------|
| Funcionário                | Cargo     | Nº Colaborador | E-mail               | Telefone        | Data de Admissão | Data de Demissão |
| Joaquim                    | Motorista | 13             | joaquim@hashtag.com  | (21) 99555-1307 | 1/1/2015         | 1/1/2016         |
| Luana                      | Motorista | 1111           | luana@hashtag.com    | (21) 99414-4914 | 7/20/2014        |                  |
| André                      | Motorista | 106            | andre@gmail.com      | (351) 915555555 | 8/13/2016        | 6/13/2020        |
| João                       | Motorista | 147            | joao@hashtag.com     | (21) 98966-4528 | 5/15/2016        |                  |
| Pedro                      | Motorista | 555            | pedro@hashtag.com    | (21) 99662-3650 | 9/9/2017         |                  |
| Andressa                   | Motorista | 125            | andressa@hashtag.com | (21) 98700-9837 | 1/10/2019        | 2/23/2025        |
|                            | Motorista | 125            | andressa@hashtag.com | (21) 98700-9837 | 1/10/2019        | 2/23/2025        |

Figura C.3: *Layout* da primeira secção do ficheiro Banco de horas (programa auxílio: Google Sheets).

|    | A        | B         | C      | D               | E             | F             | G                     | H                 | I             | J            | K       | L       | M       | N               |
|----|----------|-----------|--------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------|-------------------|---------------|--------------|---------|---------|---------|-----------------|
|    | Nome     | Data      | Tarefa | Hora de Entrada | Hora de Saída | Período       | Carga Horária por Dia | Horas Trabalhadas | Horas Normais | Horas Extras | 25 %    | 37,5 %  | 50 %    | Motivo          |
| 1  | Joaquim  | 8/3/2020  |        | 08:00           | 15:00         | Diurno        | 06:40                 | 7:00:00           |               | 0:20:00      | 0:20:00 |         |         | Muitos resíduos |
| 2  | Luana    | 8/3/2020  |        | 09:00           | 06:00         | Noturno       | 06:40                 | 8:00:00           | 6:00:00       | 1:20:00      | 1:20:00 |         |         | Muitos resíduos |
| 3  | André    | 8/3/2020  |        | 09:08           | 17:59         | Diurno        | 06:40                 | 8:50:46           |               | 2:10:46      | 1:00:00 | 1:10:46 |         | Muitos resíduos |
| 4  | João     | 8/3/2020  |        | 09:32           | 18:09         | Diurno        | 06:40                 | 8:59:59           |               | 2:10:59      | 1:00:00 | 1:10:59 |         | Muitos resíduos |
| 5  | Pedro    | 8/3/2020  |        | 09:11           | 17:51         | Feriado       | 06:40                 | 8:40:02           |               | 2:00:02      | 1:00:00 | 1:00:00 | 2:00:02 | Muitos resíduos |
| 6  | Andressa | 8/3/2020  |        | 08:46           | 17:59         | Diurno        | 06:40                 | 9:13:31           |               | 2:32:31      | 1:00:00 | 1:32:31 |         | Muitos resíduos |
| 7  | Joaquim  | 8/4/2020  |        | 09:08           | 17:54         | Diurno        | 06:40                 | 8:45:39           |               | 2:05:39      | 1:00:00 | 1:05:39 |         | Muitos resíduos |
| 8  | Luana    | 8/4/2020  |        | 09:59           | 18:04         | Diurno        | 06:40                 | 9:09:17           |               | 2:25:17      | 1:00:00 | 1:25:17 |         | Muitos resíduos |
| 9  | André    | 8/4/2020  |        | 08:58           | 18:03         | Fim de semana | 06:40                 | 9:05:28           |               | 2:25:28      |         |         | 2:25:28 | Muitos resíduos |
| 10 | João     | 8/4/2020  |        | 08:40           | 17:54         | Diurno        | 06:40                 | 9:13:28           |               | 2:33:28      | 1:00:00 | 1:33:28 |         | Muitos resíduos |
| 11 | Pedro    | 8/4/2020  |        | 09:08           | 17:51         | Diurno        | 06:40                 | 8:42:46           |               | 2:02:46      | 1:00:00 | 1:02:46 |         | Muitos resíduos |
| 12 | Andressa | 8/4/2020  |        | 09:13           | 18:01         | Diurno        | 06:40                 | 8:47:30           |               | 2:07:30      | 1:00:00 | 1:07:30 |         | Muitos resíduos |
| 13 | Joaquim  | 8/5/2020  |        | 09:45           | 17:56         | Diurno        | 06:40                 | 9:11:15           |               | 2:31:15      | 1:00:00 | 1:31:15 |         | Muitos resíduos |
| 14 | Luana    | 8/5/2020  |        | 09:06           | 17:54         | Diurno        | 06:40                 | 8:48:02           |               | 2:08:02      | 1:00:00 | 1:08:02 |         | Muitos resíduos |
| 15 | André    | 8/5/2020  |        | 22:30           | 06:00         | Noturno       | 06:40                 | 7:10:00           | 7:10:00       | 0:30:00      | 0:30:00 |         |         | Muitos resíduos |
| 16 | João     | 8/5/2020  |        | 08:46           | 18:00         | Diurno        | 06:40                 | 9:12:29           |               | 2:32:29      | 1:00:00 | 1:32:29 |         | Muitos resíduos |
| 17 | Pedro    | 8/5/2020  |        | 08:17           | 17:52         | Diurno        | 06:40                 | 8:54:59           |               | 2:14:59      | 1:00:00 | 1:14:59 |         | Muitos resíduos |
| 18 | Andressa | 8/5/2020  |        | 08:44           | 17:54         | Diurno        | 06:40                 | 9:09:52           |               | 2:29:52      | 1:00:00 | 1:29:52 |         | Muitos resíduos |
| 19 | Joaquim  | 8/6/2020  |        | 08:42           | 17:59         | Diurno        | 06:40                 | 9:17:27           |               | 2:37:27      | 1:00:00 | 1:37:27 |         | Muitos resíduos |
| 20 | Luana    | 8/6/2020  |        | 08:58           | 17:54         | Diurno        | 06:40                 | 8:56:34           |               | 2:16:34      | 1:00:00 | 1:16:34 |         | Muitos resíduos |
| 21 | André    | 8/6/2020  |        | 09:08           | 17:59         | Feriado       | 06:40                 | 8:50:46           |               | 2:10:46      |         |         | 2:10:46 | Muitos resíduos |
| 22 | João     | 8/6/2020  |        | 09:32           | 18:03         | Diurno        | 06:40                 | 8:59:59           |               | 2:10:59      | 1:00:00 | 1:10:59 |         | Muitos resíduos |
| 23 | Pedro    | 8/6/2020  |        | 09:11           | 17:51         | Diurno        | 06:40                 | 8:40:02           |               | 2:00:02      | 1:00:00 | 1:00:02 |         | Muitos resíduos |
| 24 | Andressa | 8/6/2020  |        | 08:46           | 17:59         | Diurno        | 06:40                 | 9:13:31           |               | 2:32:31      | 1:00:00 | 1:32:31 |         | Muitos resíduos |
| 25 | Joaquim  | 8/7/2020  |        | 09:06           | 17:54         | Diurno        | 06:40                 | 8:45:39           |               | 2:05:39      | 1:00:00 | 1:05:39 |         | Muitos resíduos |
| 26 | Luana    | 8/7/2020  |        | 09:59           | 18:04         | Diurno        | 06:40                 | 9:09:17           |               | 2:25:17      | 1:00:00 | 1:25:17 |         | Muitos resíduos |
| 27 | André    | 8/7/2020  |        | 08:58           | 18:03         | Diurno        | 06:40                 | 9:05:28           |               | 2:25:28      | 1:00:00 | 1:25:28 |         | Muitos resíduos |
| 28 | João     | 8/7/2020  |        | 08:40           | 17:54         | Diurno        | 06:40                 | 9:13:28           |               | 2:33:28      | 1:00:00 | 1:33:28 |         | Muitos resíduos |
| 29 | Pedro    | 8/7/2020  |        | 09:08           | 17:51         | Diurno        | 06:40                 | 8:42:46           |               | 2:02:46      | 1:00:00 | 1:02:46 |         | Muitos resíduos |
| 30 | Andressa | 8/7/2020  |        | 09:13           | 18:01         | Diurno        | 06:40                 | 8:47:30           |               | 2:07:30      | 1:00:00 | 1:07:30 |         | Muitos resíduos |
| 31 | Joaquim  | 8/10/2020 |        | 08:42           | 17:59         | Diurno        | 06:40                 | 9:17:27           |               | 2:37:27      | 1:00:00 | 1:37:27 |         | Muitos resíduos |
| 32 | Luana    | 8/10/2020 |        | 09:06           | 17:54         | Diurno        | 06:40                 | 8:56:34           |               | 2:16:34      | 1:00:00 | 1:16:34 |         | Muitos resíduos |
| 33 | André    | 8/10/2020 |        | 09:08           | 17:59         | Diurno        | 06:40                 | 8:50:46           |               | 2:10:46      | 1:00:00 | 1:10:46 |         | Muitos resíduos |
| 34 | João     | 8/10/2020 |        | 09:32           | 18:03         | Diurno        | 06:40                 | 8:59:59           |               | 2:10:59      | 1:00:00 | 1:10:59 |         | Muitos resíduos |
| 35 | Pedro    | 8/10/2020 |        | 09:11           | 17:51         | Diurno        | 06:40                 | 8:40:02           |               | 2:00:02      | 1:00:00 | 1:00:02 |         | Muitos resíduos |

Figura C.4: *Layout* da segunda secção do ficheiro Banco de horas (programa auxílio: Google Sheets).

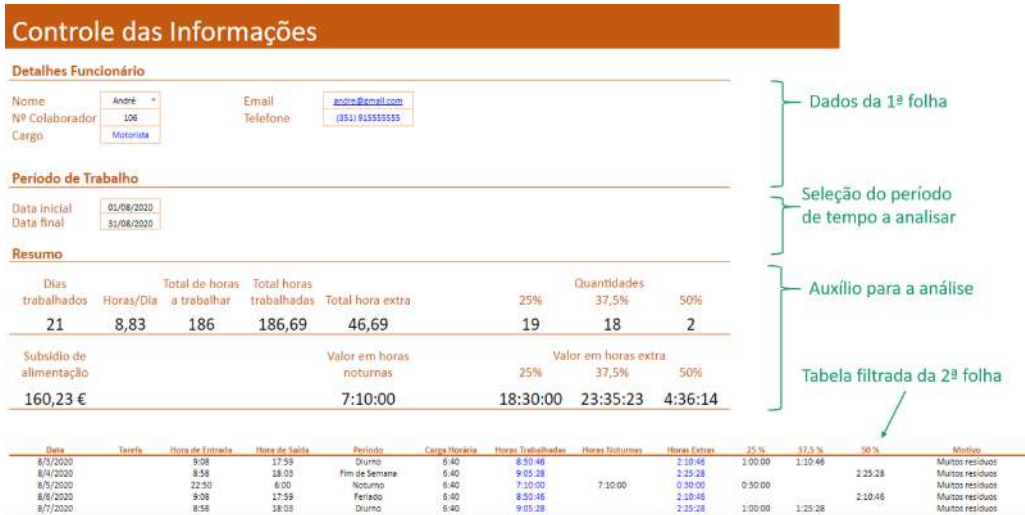


Figura C.5: Layout da terceira secção do ficheiro Banco de horas, “Informações” (programa auxílio: Google Sheets).

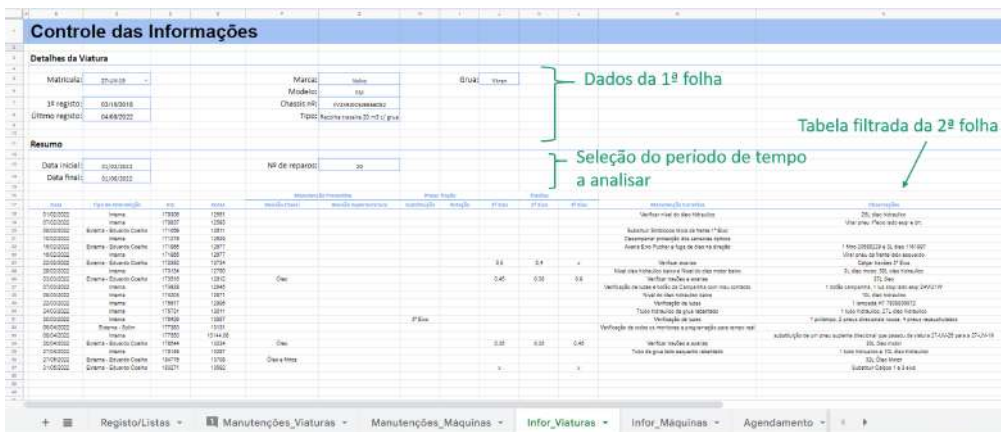


Figura C.6: Layout do separador do controlo das manutenções pelas viaturas (programa auxílio: Google Sheets).



Figura C.7: Placa de auxílio nos circuitos de lavagem de contentores.