



Paulo Jorge Loureiro Gonçalves Grou
Estudante N.º (a2022159594)

OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA NA RECOLHA DE RESÍDUOS

Coimbra, outubro de 2023



Paulo Jorge Loureiro Gonçalves Grou

Estudante N.º (a2022159594)

OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA NA RECOLHA DE RESÍDUOS

Trabalho de projeto submetido ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de **Mestre em Inteligência Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento**, realizado sob a orientação do Professor Doutor Pedro Manuel Maia Malta, coorientação de Professora Doutora Ana Cristina Santos Amaro e supervisão de Pedro Miguel Moreira.

Coimbra, outubro de 2023

TERMO DE RESPONSABILIDADE

Declaro ser o autor deste projeto, que constitui um trabalho original e inédito, que nunca foi submetido a outra Instituição de ensino superior para obtenção de um grau académico ou outra habilitação. Atesto ainda que todas as citações estão devidamente identificadas e que tenho consciência de que o plágio constitui uma grave falta de ética, que poderá resultar na anulação do presente projeto.

PENSAMENTO

“A primeira regra de qualquer tecnologia utilizada nos negócios é que a automação aplicada a uma operação eficiente aumentará a eficiência. A segunda é que a automação aplicada a uma operação ineficiente aumentará a ineficiência.”

Bill Gates

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, desejo expressar a minha profunda gratidão à minha Família, cujo apoio inabalável foi essencial para que eu pudesse participar neste mestrado.

É com imensa satisfação que estendo os meus agradecimentos especiais à Professora Doutora Ana Cristina Amaro e ao Professor Doutor Pedro Malta, pela disponibilidade incansável, orientação perspicaz e contribuições valiosas que enriqueceram bastante este trabalho. A troca de conhecimentos e as sugestões criteriosas de melhoria do projeto foram verdadeiramente enriquecedoras.

A jornada para a realização deste trabalho teria sido impossível sem o generoso suporte de diversas pessoas que compartilharam o seu conhecimento e informações preciosas comigo. Entre elas, gostaria de destacar os meus colegas: Marco Rodrigues, Timóteo e Pedro Moreira, cuja colaboração foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto.

RESUMO

A otimização logística na recolha de resíduos é um processo que visa a eficiência e minimização dos custos associados à recolha e transporte de resíduos de forma sustentável. Este processo envolve planeamento e organização eficiente de rotas de recolha, seleção adequada de veículos, controle de recursos e adoção de tecnologias avançadas para melhorar a eficiência operacional.

O projeto aborda algumas formas de otimizar a recolha de resíduos, de modo a reduzir custos, minimizar o impacto ambiental e preservar a segurança dos tripulantes.

Pretende-se com este projeto utilizar a tecnologia disponível no mercado para otimização de rotas de recolha de resíduos, bem como o uso da tecnologia RFID, para garantir a segurança da tripulação que opera nas viaturas de RSU.

O projeto, irá aproveitar a tecnologia de ponta para melhorar a eficiência e a eficácia do processo de recolha de resíduos, tornando-o mais ágil e sustentável. Para isso, pretende-se integrar sistemas de gestão de rotas, que levaram em consideração fatores como tráfego, procura, horários e outros critérios relevantes para planear trajetos otimizados, reduzindo o tempo de deslocamento e diminuindo o impacto ambiental.

Além disso, a implementação da tecnologia RFID (Identificação por Radiofrequência) será essencial para garantir a segurança e o bem-estar da equipa que opera as viaturas de recolha de resíduos. Com a utilização de *tags* RFID, será possível monitorizar em tempo real a presença da tripulação nas suas atividades diárias, permitindo o acompanhamento dos trabalhadores e identificando eventuais situações de risco.

Palavras-chave: Recolha de resíduos urbanos, otimização, RFID, rotas de veículos.

ABSTRACT

Logistical optimization in waste collection is a process that aims efficiency and the minimization of the costs associated with the collection and transport of waste in a sustainable way. This process involves efficient planning and organization of collection routes, proper selection of vehicles, resource control and adoption of advanced technologies to improve operational efficiency.

The project addresses some strategies to optimize waste collection, in order to reduce costs, minimize the environmental impact and preserve the safety of the crew.

This project intends to use the technology available on the market to optimize waste collection routes, as well as the use of RFID technology, to guarantee the safety of the crew operating in MSW vehicles.

The proposal will take advantage of state-of-the-art technology to improve the efficiency and effectiveness of the waste collection process, making it more agile and sustainable. For this, it is intended to integrate route management systems, which consider factors such as traffic, demand, timetables and other relevant criteria to plan optimized routes, reducing travel time and reducing the environmental impact.

In addition, the implementation of RFID (Radio Frequency Identification) technology will be essential to guarantee the safety and well-being of the team that operates the waste collection vehicles. With the use of RFID tags, it will be possible to monitor in real time the presence of the crew in their daily activities, allowing the monitoring of workers and identifying possible risk situations.

Keywords: Urban waste collection, optimization, RFID, vehicle routing.

ÍNDICE GERAL

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 1 |
| Âmbito do Projeto..... | 1 |
| A Empresa de Acolhimento | 2 |
| Objetivos..... | 2 |
| Geral..... | 2 |
| Específicos | 2 |
| Estrutura do Relatório..... | 4 |
| 1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO | 5 |
| 1.1 Otimização Logística | 7 |
| 1.2 Tecnologias para a Logística..... | 9 |
| 1.2.1 RFID – Radio Frequency Identification | 9 |
| 1.2.2 GPS – <i>Global Position System</i> | 13 |
| 1.2.3 Sensores de Volumetria | 14 |
| 1.2.4 Programação SQL..... | 16 |
| 1.2.5 A Empresa ESRI..... | 17 |
| 1.3 Otimização da Logística organizacional pela tecnologia..... | 18 |
| 2 METODOLOGIA | 19 |
| 2.1 Metodologia de pesquisa em <i>Design Science Research</i> | 19 |
| 2.2 Fases de Desenvolvimento do Projeto de Investigação Aplicado..... | 20 |
| 2.2.1 Revisão Técnico-científica | 20 |
| 2.2.2 Diagnóstico da Situação atual..... | 21 |
| 2.2.3 Planeamento de ações e definição de objetivos | 21 |
| 2.2.4 Desenvolvimento de soluções:..... | 21 |

Otimização Logística na recolha de resíduos

| | | |
|-------|--|----|
| 2.2.5 | Análise de resultados e custos: | 21 |
| 3 | DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL..... | 22 |
| 3.1 | Apresentação da Empresa | 22 |
| 3.1.1 | Implantação Nacional | 23 |
| 3.1.2 | Implantação Internacional..... | 23 |
| 3.1.3 | Indicadores Financeiros SUMA, S.A. | 23 |
| 3.1.4 | Análise de Crescimento: | 24 |
| 3.1.5 | Empresas Participadas Nacionais: | 24 |
| 3.1.6 | Empresas Participadas Internacionais:..... | 24 |
| 3.1.7 | Distribuição de Centros de Serviço | 24 |
| 3.1.8 | Tipologias de veículos | 25 |
| 3.2 | Local de implantação do projeto | 27 |
| 3.2.1 | Recolha e tratamento dos resíduos..... | 28 |
| 3.2.2 | Apresentação empresa TratoLixo | 28 |
| 4 | PROJETO DE CAMPO..... | 30 |
| 4.1 | Planeamento de ações e definição de objetivos | 30 |
| 4.2 | Desenvolvimento de soluções | 37 |
| 4.2.1 | Descrição do software ArcGIS | 37 |
| 4.2.2 | Funcionalidades do <i>Software</i> ArcGIS na SUMA | 38 |
| 4.2.1 | Diagnóstico das soluções existentes | 47 |
| 4.2.2 | Desenvolvimento de soluções..... | 48 |
| 4.3 | Análise de resultados e Custos | 54 |
| 4.4 | Planeamento Operacional da Implementação do Projeto..... | 55 |
| 4.5 | Melhoria e Otimização de Rotas | 57 |

Otimização Logística na recolha de resíduos

| | | |
|--|---|----|
| 4.5.1 | Contributo da Tecnologia Aplicada..... | 57 |
| 4.5.2 | Contributo da Metodologia e Procedimentos de Gestão de Rotas..... | 57 |
| CONCLUSÃO | | 58 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E WEBGRAFIA | | 59 |
| ANEXOS | | 62 |
| LEITOR RFID FIXO | | 63 |
| ANTENA RFID ALIEN | | 64 |
| ANTENA EXTERIOR KASER | | 65 |
| CABO ETHERNET CAT 6..... | | 65 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1- Visão geral do sistema RFID | 10 |
| Figura 2- Cidade Inteligente | 11 |
| Figura 3- GPS – ESRI instalado em camião | 14 |
| Figura 4- GPS – ESRI aplicação móvel | 14 |
| Figura 5- Sensor de volumetria 360Waste | 15 |
| Figura 6 - Participatory Action Design Research (PADR) Stages and activities | 20 |
| Figura 7- Volume de negócios | 23 |
| Figura 8 - Volume negócios no exterior | 23 |
| Figura 9 - Análise crescimento da SUMA | 24 |
| Figura 10- Localização dos Centros de serviços da SUMA | 25 |
| Figura 11- (a) Viatura recolhedora compactador (b) viatura lava contentores lateral | 26 |
| Figura 12 – (a) Viatura recolhedora compacta traseira (b)Viatura varredora: | 26 |
| Figura 13- (a) Viatura varredora (b)Viatura recolhedora com grua | 26 |
| Figura 14- Local implantação do projeto | 27 |
| Figura 15- Aumento populacional Concelho de Mafra | 27 |
| Figura 16- (a) Dados reciclagem TratoLixo (b) Eco parque Abrunheira | 29 |
| <i>Figura 17 – Representação da rota de recolha relativa ao circuito 100</i> | 32 |
| Figura 18 – Circuito 100 – Normal VS Seleção Atualizada | 32 |
| <i>Figura 19 – Representação da rota de recolha relativa ao circuito 100 + 200</i> | 34 |
| Figura 20 - Representação da rota de recolha relativa ao circuito 100 + 200 + 300 | 35 |
| Figura 21 - Menu inicial do software SUMA | 39 |
| Figura 22- (a) Concelho Mafra: Fonte: (C.M.Mafra) (b) - Embalões concelho mafra no software. | 40 |
| Figura 23 - Circuitos diários concelho de Mafra no software SUMA | 40 |
| Figura 24 - Tipo e quantidade de contentores no concelho de Mafra no software SUMA | 42 |
| Figura 25- (a) Aplicação móvel de registo de dados na recolha (b) Aplicação móvel de registo de percentagens de enchimento | 43 |
| Figura 26 - Plano de recolhas diário no Software SUMA | 44 |
| Figura 27- Circuito de recolhas diário no software SUMA | 45 |
| Figura 28 - (a) Tag identificação da tripulação (b) Leitor RFID instalado na cabine do camião | 49 |
| Figura 29 - Diagrama BPMN do processo de identificação da tripulação elaborado em Bizagi Modeler... .. | 50 |
| Figura 30 - Registo horário de trabalho no SAP | 50 |

Otimização Logística na recolha de resíduos

| | |
|--|----|
| Figura 31 - (a) Tag identificação do capacete em vinil autocolante - fonte: www.rfidfuture.com (b) Leitor RFID sensores dos estribos do camião | 51 |
| Figura 32- Instalação do sensor RFID no camião | 52 |
| Figura 33- Esquema elétrico da instalação do sensor RFID no camião..... | 53 |
| Figura 34- Rearme do sensor do estribo..... | 54 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Produção e capacitação de resíduos urbanos (milhares de toneladas)..... | 5 |
| Tabela 2 - Principais Elementos e etapas da metodologia de pesquisa em Design Science | 19 |
| Tabela 3- Frota equipamentos da SUMA, S.A. | 25 |
| Tabela 4 - Resultados obtidos com o VRP solver (Circuito 100) | 33 |
| Tabela 5 - Resultados Obtidos com o VRP Solver (Circuito 100 e 200) | 34 |
| Tabela 6 - Resultados obtidos com VRP solver (circuito 100,200 e 300) | 36 |
| Tabela 7- Equipamento Centro de Serviços Mafra | 39 |
| Tabela 8- Equipamentos de deposição de resíduos no concelho de Mafra..... | 41 |
| Tabela 9 - Plano de recolhas diário de papel e embalagens no software SUMA..... | 44 |
| Tabela 10 - Plano de recolhas prioritário no software SUMA..... | 45 |
| Tabela 11 - Recolhas executadas vs planeadas de embalagens no software SUMA | 46 |
| Tabela 12 - Recolhas executadas vs planeadas de papel no software SUMA..... | 46 |
| Tabela 13 - Recolhas executadas vs planeadas de vidro no software SUMA | 46 |
| Tabela 14 - Recolhas executadas vs planeadas prioritárias, no software SUMA | 47 |
| Tabela 15 - Custos estimados dos equipamentos e instalação. | 55 |
| Tabela 16 - Cronograma instalação sensores RFID | 56 |

Lista de abreviaturas, acrónimos e siglas

ADR – *Action Design Research*

APA – Associação Portuguesa Ambiente

API – *Application Programming Interface*

CCT – Células de Confinamento Técnico

CI – Circuito Integrado

DSR – *Design Science Research*

EPI – Equipamento Proteção Individual

ERP – *Enterprise Resource Planning*

ESRI – *Environmental Systems Research Institute*

GAG – Grupo de Apoio à Gestão

GIS – *Geographic Information System*

GPS – *Global Positioning System*

PADR – *Participatory Action Design Research*

PERSU – Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos

RFID – *Radio Frequency Identification*

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SAP – Software de Gestão

SIG – Sistema Integrado de Gestão

SQL – *Structured Query Language*

INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o trabalho de projeto elaborado no âmbito da componente não letiva do Mestrado em Inteligência Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento, do Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra. O estudo realizado neste projeto, desenvolvido na empresa SUMA, S.A., versa a temática da Gestão de recursos associados à recolha de resíduos e tem como principal objetivo, procurar alternativas eficientes para a gestão logística da Recolha de Resíduos Sólidos Urbanos e para a prevenção e segurança dos colaboradores.

Âmbito do Projeto

Pretende-se com este projeto, otimizar as rotas de recolha de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos), garantir a segurança dos trabalhadores e o bom estado de funcionamento das viaturas.

Algumas empresas de recolha de RSU, bem como alguns municípios, ainda não dispõem do uso da tecnologia na gestão de recolha de resíduos de forma a aprimorar a eficiência e a sustentabilidade desse processo.

Atualmente o processo de recolha de RSU é efetuado da seguinte forma: quando é adjudicado um novo contrato de recolha de resíduos, uma equipa do Município, juntamente com a empresa responsável por efetuar a recolha de RSU, sinalizam todos os pontos de recolha (contentores, ilhas ecológicas e molok's) da região, e posteriormente elaboram uma rota de recolha diária ou em dias alternados.

A empresa de recolha de RSU, informa os motoristas da rota a efetuar, mas sem recurso a qualquer apoio tecnológico. Por vezes surgem reclamações de contentores cheios que não são recolhidos e, por outro lado, ocorrem também situações em que os motoristas percorrem longas distâncias para efetuar a recolha de resíduos num determinado contentor e à chegada constatam que o mesmo se encontra vazio.

Otimização Logística na recolha de resíduos

Uma rota diária tem em média 400 contentores para efetuar a recolha, sendo que em média 12,5% estão vazios ou com pouca quantidade de resíduos, o que aumenta desnecessariamente o custo da rota e o desgaste da tripulação.

Assim, a tecnologia pode desempenhar um papel importante na otimização logística da recolha de resíduos, ajudando a empresa a reduzir custos, melhorar a eficiência, a minimizar o impacto ambiental e a garantir a segurança e bem-estar dos seus colaboradores.

A Empresa de Acolhimento

A entidade deste caso de estudo é a empresa SUMA. Esta empresa possui 28 anos de experiência ao serviço do ambiente e das populações, assumindo desde 1996, a posição cimeira no setor nacional dos resíduos, apoiada pelo grupo acionista – Grupos Mota-Engil e Urbaser. A SUMA, é uma empresa de grande referência no setor do ambiente, em Portugal e nos mercados internacionais onde opera. (SUMA).

Objetivos

Geral

O principal objetivo deste projeto é promover a melhoria logística na recolha de resíduos, através do uso da tecnologia e de ferramentas de otimização em diversas etapas do processo.

Específicos

Uma vez que a otimização logística na recolha de resíduos é essencial, definiu-se um conjunto de objetivos a alcançar no decurso de desenvolvimento do projeto:

Otimização de rotas: Uma das principais formas de otimização logística na recolha de resíduos é o uso de uma rota eficiente. Esta requer a criação de rotas de recolha que minimizam o tempo e os custos envolvidos na recolha de resíduos.

Otimização Logística na recolha de resíduos

A tecnologia pode ajudar a criar rotas mais eficientes, fornecendo dados importantes para os algoritmos de otimização e para determinar em tempo real, a melhor ordem de recolha para cada região, em função da taxa de enchimento dos pontos de recolha.

O conceito de otimização de circuitos está associado não só à implementação de novos circuitos, mas também à melhoria e ajuste de circuitos já existentes, Espanha (2020).

Monitorização de contentores: A tecnologia de monitorização de contentores, utilizando sensores de leitura volumétrica, pode ajudar a empresa a efetuar recolha apenas nos contentores que estão cheios, em vez de fazer viagens desnecessárias a contentores vazios. Deste modo, a tecnologia pode operar como um importante catalisador para a redução do tempo e para a otimização dos custos envolvidos.

Comunicação e localização do veículo em tempo real: A tecnologia de comunicação em tempo real pode ajudar os motoristas a comunicar uns com os outros e com a empresa em tempo real. A possibilidade de conhecer a localização dos veículos, permite uma melhor gestão das rotas de recolha e responder rapidamente a problemas ou emergências.

Análise de dados: A análise de dados pode ajudar a empresa a identificar padrões e tendências na sua operação, permitindo que se otimizem, de modo dinâmico, as rotas e os processos.

Controlo de pesagens: O controlo de pesagens em tempo real, vai permitir verificar centralmente a capacidade de carga do veículo de modo a ajustar as rotas, e de forma a não transportar mais do que é permitido por lei, assegurando consequentemente a melhoria na manutenção do veículo.

Segurança e identificação da tripulação: a aplicação de sensores RFID (*Radio-Frequency Identification*) permite verificar a utilização obrigatória do capacete e identificar a tripulação de forma automática, registando a presença na folha de ponto diária do SAP (atualmente efetuada em papel, e posteriormente inserida no sistema pelo administrativo).

Os sensores RFID, também podem ser utilizados na segurança do veículo, evitando que os tripulantes se aproximem da pá de recolha, bloqueando o sistema de forma automática, sempre que a segurança esteja em causa.

Todos estes objetivos serão referidos e correlacionados com o contributo a descrever na conclusão, com o intuito de os evidenciar na obtenção, mesmo que provisional de resultados a atingir.

Estrutura do Relatório

Após esta breve introdução, apresenta-se no capítulo 1 uma revisão de literatura relativa aos tópicos fundamentais do projeto, com o propósito de identificar as contribuições académicas, técnicas e científicas de maior relevância para os desenvolvimentos a realizar.

No Capítulo 2, aborda-se a metodologia utilizada, que se baseia na *Design Science Research* (DSR) (Bilandzic & Venable, 2011). Esta abordagem metodológica combina elementos de investigação académica, *design* e implementação prática para resolver problemas do mundo real, ao mesmo tempo que contribui para o avanço do conhecimento científico.

No Capítulo 3, apresenta-se a empresa de acolhimento deste projeto e realiza-se um diagnóstico detalhado da situação atual, fornecendo informações sobre a expansão da empresa, tanto a nível nacional quanto internacional.

Com base na análise da situação atual, no Capítulo 4, desenvolve-se o projeto de campo. Neste capítulo, definimos os objetivos e metas para a otimização logística, que incluem a redução dos custos de recolha de RSU, o aumento da eficiência operacional, a melhoria dos serviços de recolha, o aprimoramento da segurança da equipa e dos veículos, bem como a diminuição dos impactos ambientais associados à recolha de resíduos.

1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O rápido crescimento populacional e económico, assim como o aumento dos padrões de vida da sociedade têm acelerado a taxa de produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), tornando assim a sua gestão um dos maiores desafios em todo o mundo, Seo *et al.* (2004). Em Portugal, a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) informou que em 2021 foram produzidas 5,311 milhões de toneladas (t) de resíduos urbanos (RU), mais 1% do que em 2020, verificando-se um ligeiro aumento na produção, quando comparado com o ano anterior. Esta tendência de crescimento observa-se continuamente, segundo a APA, desde 2014 (APA, 2023).

Tabela 1 – Produção e capacitação de resíduos urbanos (milhares de toneladas)

Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2023)

| Região | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| PT Continental | 4 474 | 4 523 | 4 640 | 4 745 | 4 945 | 5 007 | 5 014 | 5 043 |
| RA Madeira | 110 | 110 | 119 | 124 | 126 | 129 | 123 | 118 |
| RA Açores | 136 | 132 | 132 | 137 | 142 | 146 | 142 | 150 |
| TOTAL | 4 719 | 4 765 | 4 891 | 5 007 | 5 213 | 5 281 | 5 279 | 5 311 |
| <i>Variação face ao ano anterior</i> | ↑2% | ↑1% | ↑3% | ↑2% | ↑4% | ↑1% | ↓0,05% | ↑1% |

Além da preocupação ambiental, na gestão de RSU, os custos inerentes à recolha e ao transporte de resíduos tem um peso de 40% a 70% relativamente ao custo total do sistema, Martinho & Gonçalves (2000).

O Estado Português, mais concretamente o Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional aprovou a 12 de fevereiro de 2007, Diário da República n.º 30/2007, Série I, o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II). Este plano estratégico tem sido objeto de atualizações e, mais recentemente o Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU 2020) define as diretrizes para Portugal Continental e cria o Grupo de Apoio à Gestão (GAG) do PERSU 2020, (APA, 2023).

Segundo Martins (2015), para garantir uma recolha otimizada, há que gerir de forma eficiente os problemas relativos à circulação das viaturas nas redes viárias urbanas. Uma das vertentes desta gestão eficaz, reside na capacidade de obtenção de rotas otimizadas, conseguindo uma configuração próxima do ótimo para uma série de circuitos, de modo a

Otimização Logística na recolha de resíduos

conciliar a prestação de serviços em locais cuja localização é conhecida à partida e ao mesmo tempo minimizar os custos envolvidos.

Esta classe de problemas tem sido amplamente estudada pela comunidade científica, que tem vindo a disponibilizar às organizações ferramentas de gestão e otimização de rotas, como é o caso do solver VRP, *Vehicle Routing Problem*, Erdoğan (2013).

Nesse sentido, a otimização logística na recolha de resíduos é um campo de estudo que se concentra em encontrar soluções eficientes. A teoria subjacente a este campo de estudo envolve a aplicação de técnicas de otimização para minimizar o custo e o tempo necessário para a recolha e transporte dos resíduos. De acordo com Barreira (2016) utilizando procedimentos computacionais é possível minimizar os custos entre 5% e 20%.

As soluções eficientes passam pelo processo de otimização das rotas fazendo uso abrangente de dados espaciais, o que permite tirar proveito das novas tecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que possibilitam o tratamento, manipulação e exibição eficaz de informações geográficas e espaciais, Tavares et al. (2009).

A otimização das rotas de recolha e transporte de resíduos, utilizando as novas ferramentas disponibilizadas pelas técnicas de modelação espacial e SIG, podem proporcionar vantagens significativas em termos económicos e ambientais (Chalkias & Lasaridi, 2011). O resultado da aplicação do Web-GIS com RFID (sistema paramétrico e modular) permite fornecer soluções modernas baseadas nos padrões operativos da Internet, de acordo com Rada *et al.* (2013).

Com estes sistemas, é possível reunir informações relevantes sobre o processo de recolha e transporte de resíduos, incluindo a localização dos pontos de recolha, o tipo e a quantidade de resíduos a serem recolhidos, as rotas mais eficientes, a segurança da tripulação e do veículo.

Com a informação disponível no SIG, é possível aplicar técnicas de otimização para encontrar as rotas mais eficientes para a recolha de resíduos a análise da localização dos pontos de recolha, a determinação da melhor sequência de recolha, a identificação dos veículos mais adequados para cada tipo de recolha, entre outras variáveis.

Otimização Logística na recolha de resíduos

Além disso, o SIG pode permitir a monitorização em tempo real do processo de recolha e transporte de resíduos, o que pode ser útil para ajustar as rotas conforme as necessidades. Também pode permitir a tomada de decisão, com base em dados atualizados e precisos.

Em suma, a utilização de um sistema integrado de gestão nas rotas de recolha de resíduos pode trazer benefícios significativos, incluindo a redução dos custos operacionais, a melhoria da eficiência e a redução do impacto ambiental do processo de recolha e transporte de resíduos.

O SIG pode ainda ser agregado a um sistema de GPS (*Global Positioning System*) onde se torna possível determinar a localização exata dos veículos que estão a realizar a recolha de resíduos em tempo real, e permite que as rotas sejam ajustadas, evitando congestionamento numa determinada localização. O GPS pode ainda sugerir uma rota alternativa para evitar o trânsito e reduzir o tempo da recolha. O uso do GPS também pode ajudar a garantir a conformidade com as rotas estabelecidas, de modo a que sempre que um motorista faça um desvio da rota designada, o GPS alerte a equipa de gestão, para que medidas corretivas possam ser tomadas.

Além disso, a utilização do GPS pode ajudar a garantir a segurança da tripulação, uma vez que é possível monitorizar em tempo real a sua localização e identificar rapidamente qualquer incidente ou problema que possa surgir durante o circuito de recolha.

1.1 Otimização Logística

O problema de otimização do roteamento de veículos, *Vehicle Routing Problem* (VRP) é um problema complexo que envolve encontrar as melhores rotas (i.e., sequência de pontos de visita) para um conjunto de veículos que devem visitar um conjunto de locais, sujeitos a possíveis condicionantes horárias, de capacidade e outras, com o objetivo de minimizar as distâncias percorridas e, como tal, os custos associados à execução dessas rotas.

O VRP aplicado em contexto de recolha de resíduos urbanos pode produzir um impacto abrangente e positivo não só a nível económico, como também ambiental e social.

Otimização Logística na recolha de resíduos

Ambiente:

Redução de emissões: ao otimizar as rotas dos veículos de recolha, a otimização de rotas pode reduzir a distância percorrida, minimizando o consumo de combustível e as emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Melhoria da qualidade do ar: com rotas otimizadas, o número de veículos de recolha pode ser reduzido, diminuindo a poluição atmosférica e melhorando a qualidade do ar nas áreas urbanas.

Sociedade:

Menos congestionamento: a otimização de rotas pode ajudar a reduzir o congestionamento de tráfego nas ruas, uma vez que as rotas são otimizadas para minimizar o tempo de viagem e o número de veículos em circulação. Melhora a mobilidade urbana e contribui para um ambiente mais seguro e tranquilo para os cidadãos.

Menor perturbação: com rotas mais eficientes, a recolha de resíduos pode ser realizada em horários específicos e mais previsíveis, reduzindo o ruído e a perturbação causada pelas operações de recolha nas proximidades de residências e estabelecimentos.

Economia:

Uso eficiente de recursos: a otimização de rotas permite uma gestão eficiente de recursos, como veículos, mão de obra e tempo. Resulta em uma utilização otimizada dos recursos disponíveis, reduzindo custos operacionais e melhora a eficiência da recolha de resíduos.

Sustentabilidade económica: ao reduzir custos operacionais, minimiza o consumo de combustível e melhora a produtividade, o roteamento de veículos contribui para a sustentabilidade económica dos serviços de recolha de resíduos, garantindo a viabilidade a longo prazo.

Em suma, a otimização de rotas na recolha de resíduos pode ter um impacto abrangente e positivo, incluindo a redução de emissões, a melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas, a eficiência na utilização de recursos e a sustentabilidade económica dos serviços. Ao incorporar essas práticas sustentáveis, é possível promover um ambiente

mais limpo e saudável, melhorar a qualidade de vida dos cidadãos e garantir a eficiência e viabilidade das operações de recolha de resíduos.

1.2 Tecnologias para a Logística

Existem alguns *softwares* disponíveis para ajudar na resolução do problema de roteamento de veículos, VRP:

Google OR-Tools: Desenvolvida pelo Google, oferece uma ampla gama de algoritmos de otimização, incluindo *solvers* para o problema de roteamento de veículos. Suporta diferentes variantes de VRP e possui uma API fácil de usar. Google OR-Tools (2023).

OptaPlanner: É uma biblioteca de planeamento baseada em Java que oferece suporte à resolução de problemas de otimização. Utiliza algoritmos avançados de procura local e algoritmos genéticos, para encontrar soluções eficientes, Optaplanner (2023).

AMPL: É uma linguagem de modelação matemática amplamente utilizada para resolver problemas de otimização. O AMPL permite a modelação e resolução de VRP de maneira eficiente, fornecendo uma interface flexível para implementar algoritmos personalizados, AMPL (2023).

CPLEX: *Software* comercial de otimização matemática desenvolvido pela IBM. Possui recursos avançados para resolver problemas de otimização complexos. O CPLEX é amplamente utilizado em ambientes industriais e académicos, IBM Cplex (2023).

RouteSmart: É um *software* comercial específico para roteamento de veículos. Fornece recursos para otimizar rotas de entrega e recolha, levando em consideração restrições de tempo, capacidade dos veículos e outras restrições específicas, RouteSmart (2023).

1.2.1 RFID – Radio Frequency Identification

A tecnologia RFID teve origem nos sistemas de radares utilizados na segunda guerra mundial (entre 1939 e 1945), nos quais alterações nas transmissões de rádios, resultantes da presença dos aviões Alemães e das manobras efetuadas pelos seus pilotos, serviam de identificação para os operadores de radar. Este simples método é considerado o primeiro sistema passivo de RFID, de acordo com Costa (2013).

Segundo Dobkin (2013) um sistema RFID arquetípico consiste num interrogador, mais conhecido como leitor, um *transponder* ou etiqueta e antenas para mediar entre as tensões nos fios e as ondas no ar. A antena ou antenas do leitor podem estar integradas no leitor, ou separadas fisicamente e conectadas por meio de um cabo; a antena da etiqueta é geralmente integrada fisicamente com a etiqueta. A maioria das *tags* tem pelo menos um circuito integrado (CI), geralmente conhecido como *chip* de silício, contendo o ID da *tag* e a lógica necessária para navegar no protocolo que orienta as discussões entre a *tag* e o leitor. Existem tecnologias de *tags* que não empregam CIs de silício, podem conter uma interface de utilizador própria, mas mais frequentemente será conectado a uma rede ou a um computador *host*, interage com o utilizador para controlar o leitor e armazena e exhibe os dados resultantes (Dobkin, 2013).

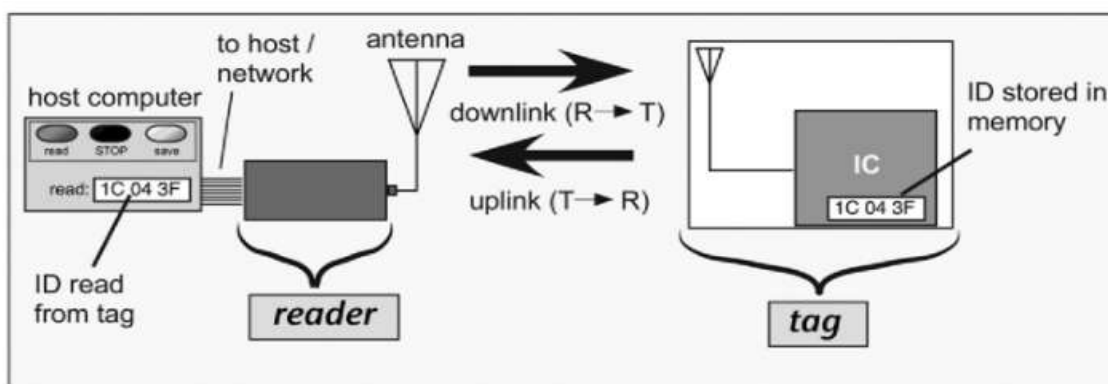


Figura 1- Visão geral do sistema RFID

Fonte: Dobkin (2013)

A tecnologia RFID, pode ser muito útil na logística com otimização de rotas. O RFID permite que itens sejam identificados por meio de ondas de rádio, sem a necessidade de contato físico, o que torna a recolha de dados muito mais rápida e eficiente.

Ao implementar o RFID numa operação logística, é possível rastrear a localização de cada item individualmente, bem como monitorar o movimento dentro da cadeia de abastecimento. Essa informação pode ser usada para otimizar as rotas de transporte e reduzir o tempo de entrega.

Neste caso de estudo, a utilização de um sistema RFID, é possível monitorizar a quantidade de resíduos em cada contentor e otimizar as rotas de recolha para reduzir o tempo e os custos envolvidos. O RFID pode ser combinado com outras tecnologias, como

Otimização Logística na recolha de resíduos

GPS e sensores volumétricos. O uso desta tecnologia, pode ajudar a otimizar as rotas de transporte, a reduzir custos e a melhorar a eficiência geral da operação.

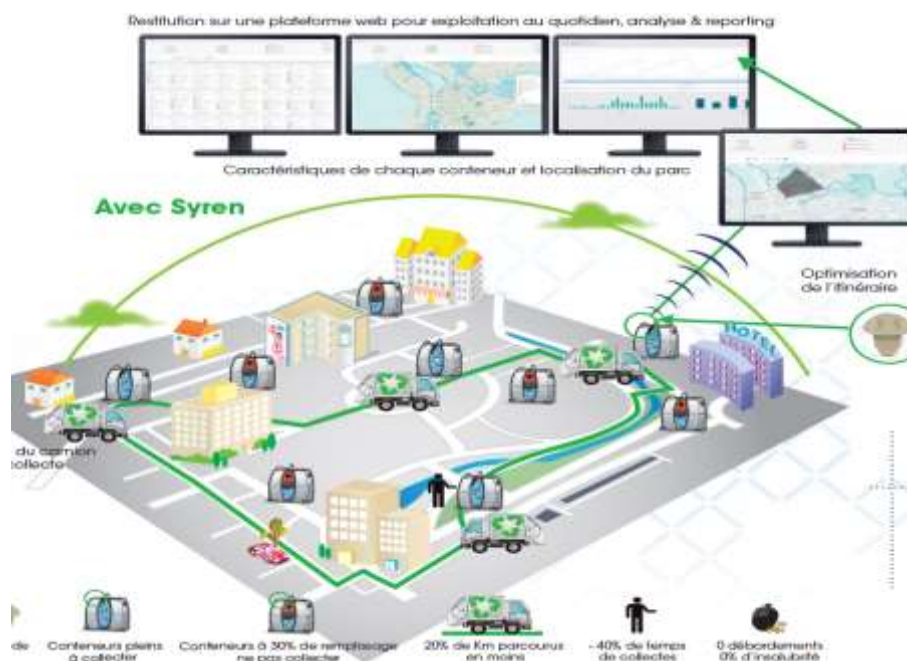


Figura 2- Cidade Inteligente

Fonte: BH Technologies (2023)

- **Identificação Motorista e Tripulação com RFID**

A utilização de sensores RFID para identificação de motoristas e passageiros em veículos é uma possibilidade que pode trazer benefícios em termos de segurança e personalização das configurações do veículo. Exemplos de algumas formas pelas quais a tecnologia pode ser aplicada:

Registo de informações do motorista: ao identificar o motorista usando sensores RFID, é possível rastrear informações como horários de condução, quilometragem percorrida, padrões de direção, consumo de combustível, entre outros. Esses dados podem ser úteis para monitorar o desempenho do veículo, manter registos precisos e até mesmo fornecer feedback ao motorista sobre sua condução.

Registo de informações da tripulação: ao identificar o cantoneiro usando sensores RFID, é possível rastrear informações como os horários trabalho, utilização do equipamento de proteção individual

Segurança contra roubo: O uso de sensores RFID também pode contribuir para a segurança do veículo em caso de roubo. Se um motorista não autorizado tentar usar o veículo, o sistema RFID pode reconhecer a falta de identificação válida e acionar um alarme, impedindo o furto ou alertando as autoridades sobre a situação.

- ***RFID – No equipamento de proteção individual (EPI)***

A instalação de tecnologia RFID em capacetes para segurança pode ser uma abordagem interessante para melhorar a segurança e o controlo de acesso em determinados ambientes.

Controlo de acesso: ao integrar *tags* RFID nos capacetes, é possível criar um sistema de controlo de acesso em áreas restritas. Através da leitura da *tag* RFID no capacete, o sistema pode permitir ou negar o acesso de uma pessoa a determinados locais, como zonas perigosas.

Registo de presença: os capacetes com RFID podem ser usados para registar a presença de trabalhadores em determinadas áreas. Ao passar por leitores RFID instalados em locais específicos, a presença do utilizador é registada automaticamente, permitindo o monitoramento eficiente e preciso de quem está em determinadas áreas em um determinado momento.

Rastreamento de emergência: em situações de emergência, como um acidente ou um evento perigoso, os capacetes com RFID podem ajudar na localização rápida e precisa dos trabalhadores. Os sensores RFID podem ser usados em conjunto com um sistema de rastreamento para identificar e localizar as pessoas usando os capacetes.

Controlo de inspeções: A tecnologia RFID pode ser usada para facilitar o controlo de inspeções de segurança nos capacetes. Ao associar informações importantes, como a data de validade da inspeção ou dados de manutenção, com *tags* RFID nos capacetes, é

possível automatizar o processo de verificação, garantindo que os capacetes estejam sempre em conformidade com as normas de segurança.

1.2.2 GPS – Global Position System

O GPS (Sistema de Posicionamento Global) pode ser usado como uma ferramenta útil na otimização logística na recolha de resíduos, como exemplo:

Rastreamento de veículos: ao equipar os veículos de recolha de resíduos com dispositivos de GPS, é possível rastrear a localização em tempo real, o que permite o monitoramento da rota seguida pelos veículos, a velocidade, o tempo gasto em cada recolha. Com estas informações, é possível identificar ineficiências na rota, atrasos e áreas onde é necessário ajustar a programação.

Rotas otimizadas: usando algoritmos de rotas, combinados com os dados de localização dos veículos e as informações dos pontos de recolha, é possível criar rotas otimizadas. Os algoritmos podem levar em consideração fatores como a distância entre os pontos de recolha, o tempo necessário para recolher os resíduos e as restrições de tráfego. Isso ajuda a reduzir a distância percorrida pelos veículos, economizando tempo e combustível.

Análise de dados e previsões: ao recolher dados sobre as rotas, paragens e tempos de recolha ao longo do tempo, é possível analisar essas informações para identificar padrões e tendências. Isso pode ajudar na previsão de recolha futura, permitindo ajustes antecipados na programação e no número de veículos necessários. Além disso, a análise dos dados pode revelar áreas onde ocorrem frequentemente atrasos ou problemas, permitindo a implementação de melhorias específicas.

Monitorização de desempenho: O uso do GPS também facilita o monitoramento do desempenho dos veículos e das equipas de recolha. É possível acompanhar indicadores-chave, como o número de paragens realizadas por dia, o tempo gasto em cada paragem e a eficiência da rota. Com essa informação é possível identificar áreas que precisam de melhoria, fornecer feedback aos motoristas e avaliar o desempenho geral do serviço de recolha.

Comunicação e atualização em tempo real: O GPS permite a comunicação em tempo real entre a central de controlo e as equipas de recolha. É possível enviar atualizações sobre

mudanças na programação, informações sobre pontos de recolha adicionais ou cancelados, ou até mesmo alertas sobre problemas inesperados, como atrasos no tráfego. Essa comunicação instantânea ajuda a melhorar a eficiência e a capacidade de resposta da equipa.

Ao utilizar o GPS na otimização logística da recolha de resíduos, é possível reduzir custos, economizar tempo, melhorar a eficiência e fornecer um serviço mais confiável.



Figura 3- GPS – ESRI instalado em camião

Fonte: ESRI (2023b)

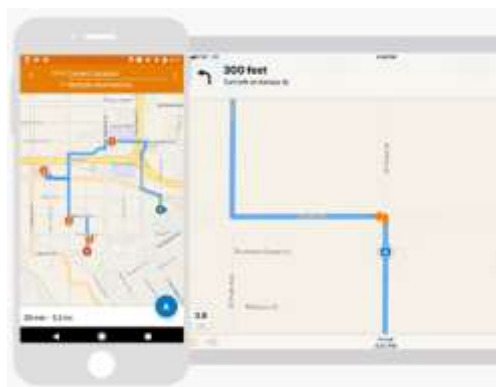


Figura 4- GPS – ESRI aplicação móvel

Fonte ESRI (2023b)

1.2.3 Sensores de Volumetria

Sensores de volumetria são dispositivos usados para medir o volume de resíduos sólidos em contentores de recolha de resíduos urbanos. Esses sensores são projetados para monitorar e recolher dados sobre o nível de enchimento dos contentores, permitindo que as empresas responsáveis pela gestão de resíduos otimizem a recolha e o transporte de forma mais eficiente.

Existem diferentes tipos de sensores de volumetria disponíveis atualmente, cada um com suas próprias características e tecnologias. Alguns dos tipos mais comuns de sensores de volumetria utilizados em contentores de recolha de resíduos sólidos urbanos incluem:

Sensores ultrassónicos: estes sensores emitem ondas sonoras de alta frequência para determinar a distância entre o sensor e a superfície dos resíduos. Com base no tempo que

Otimização Logística na recolha de resíduos

a onda sonora leva para retornar ao sensor, é possível calcular o nível de enchimento do contentor.

Sensores de pressão: estes sensores medem a pressão exercida pelos resíduos no interior do contentor. À medida que o contentor enche, a pressão aumenta, e o sensor regista essa variação para determinar o nível de enchimento.

Sensores de imagem: estes sensores usam câmaras e tecnologia de visão computacional para capturar imagens do interior do contentor. Algoritmos de processamento de imagem que são aplicados para analisar a quantidade de resíduos presente nas imagens e estimar o nível de enchimento.

Sensores de peso: esses sensores são instalados na base do contentor e medem o peso total do contentor e dos resíduos depositados nele. Com base nas variações de peso ao longo do tempo, é possível determinar o nível de enchimento.

A aplicação de sensores de volumetria em contentores de recolha de resíduos sólidos urbanos permite uma gestão mais eficiente do processo de recolha. Os dados recolhidos pelos sensores podem ser transmitidos em tempo real para um sistema central, que pode então otimizar as rotas de recolha com base nos níveis de enchimento dos contentores, evitando viagens desnecessárias e reduzindo custos operacionais.

Além disso, a utilização desses sensores contribui para a adoção de práticas mais sustentáveis, ajudando a evitar o transbordamento dos contentores e a reduzir o desperdício de recursos, como combustível e emissões de carbono



Figura 5- Sensor de volumetria 360Waste.

Fonte: EVOX (2023a).

Otimização Logística na recolha de resíduos

Este modelo de Sensor, utiliza tecnologia ultrassom para medição do volume dos contentores. Efetua leitura volumétrica em tempo real, e é compatível com diversos materiais, sólidos ou líquidos, é energeticamente independente, tem um sistema de comunicações autónomo, não necessita de manutenção e de fácil instalação. Torna-se bastante seguro na fiabilidade das comunicações, sendo robusto e resistente. A medição é efetuada com a alteração de volume.

Este sensor é fabricado em poliuretano proprietário, com um diâmetro de 120mm, altura de 45mm, peso 350g, alcance 18cm a 350cm, diretividade do ultrassom 80°, precisão de 2cm, autonomia de 10 anos, com bateria de lithium de alta performance, GPRS, LoRa, NB-IoT, temperatura de funcionamento de -20 a +80 °C, EVOX (2023b).

1.2.4 Programação SQL

A programação SQL pode ser utilizada na otimização logística de recolha de resíduos para manipular e consultar dados relacionados com a atividade, que pode ser aplicada nesse contexto:

Gestão de dados: utilizando comandos SQL para criar e gerir tabelas que armazenam informações relevantes para a recolha de resíduos, como dados de localização, tipo de resíduo, horários de recolha, capacidade de carga dos veículos, entre outros.

Planeamento de rotas: com base nos dados armazenados, é possível efetuar consultas SQL para obter informações sobre os pontos de recolha, calcular a distância entre eles e planear rotas otimizadas. Pode incluir a utilização de comandos como *SELECT*, *JOIN* e *WHERE* para filtrar os dados e obter os resultados desejados.

Análise de desempenho: utilização de programação SQL para extrair informações estatísticas e analisar o desempenho da recolha de resíduos ao longo do tempo. É possível calcular métricas como a quantidade de resíduos recolhidos por dia, a eficiência das rotas, o tempo médio de recolha, entre outros. Ajuda a identificar áreas de melhoria e tomar decisões acertadas.

Otimização Logística na recolha de resíduos

Otimização de capacidade: com base nos dados de capacidade de carga dos veículos e na quantidade de resíduos a serem recolhidos, é possível efetuar consultas SQL para otimizar a alocação de veículos e determinar a quantidade de viagens necessárias para recolher os resíduos de forma eficiente.

Monitorização em tempo real: utilizando consultas SQL para monitorizar em tempo real o estado da recolha de resíduos, obtendo informações sobre os veículos em uso, os pontos de recolha já visitados e os resíduos já recolhidos. Isso pode ajudar a acompanhar o progresso da recolha e tomar ações corretivas, se necessário.

1.2.5 A Empresa ESRI

A ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) foi fundada em 1969 por Jack e Laura Dangermond, com sede em Redlands, California, EUA, e conta com mais de 5000 funcionários distribuídos por 73 países e com mais de 300000 utilizadores. O *software* que utiliza no mapeamento e análise digital é o ArcGIS.

A ESRI é líder de mercado global em *software* de sistema de informações geográficas (SIG ou também designado por GIS, *Geographical Information System*, pela notação inglesa do termo), inteligência de localização e mapeamento. Desde 1969, a empresa apoia os clientes com ciência geográfica e análise geoespacial, a que chamam “*A Ciência de Onde*”. A empresa adota uma abordagem geográfica para a resolução de problemas, que surgiu com a moderna tecnologia GIS, e representa o comprometimento entre a ciência e a tecnologia para construir um mundo sustentável.

Um sistema de informação geográfica é um sistema que cria, gere, analisa e mapeia todos os tipos de dados. O sistema liga dados a um mapa, integrando dados de localização (onde as coisas estão) com todos os tipos de informações descritivas (como as coisas são). Isso fornece uma base para mapeamento e análise que é usada na ciência e em quase todos os setores. O GIS ajuda os utilizadores a entender padrões, relacionamentos e contexto geográfico. Os benefícios incluem melhor comunicação e eficiência, bem como melhor gestão e tomada de decisões, (ESRI, b)

1.3 Otimização da Logística organizacional pela tecnologia

A otimização logística, com foco na otimização das rotas, oferece uma série de benefícios substanciais para qualquer organização:

Redução de Custos: A tecnologia permite a criação de rotas mais eficientes, economizando em custos de combustível, manutenção e mão-de-obra.

Eficiência Operacional: A otimização de rotas reduz o tempo de recolha, permitindo efetuar a recolha de RSU em mais locais e em menos tempo, melhorando a eficiência geral das operações.

Sustentabilidade Ambiental: Menos quilometragem percorrida significa menor emissão de carbono, contribuindo para a responsabilidade ambiental e atendendo à procura de práticas comerciais mais sustentáveis.

Maior Visibilidade: Soluções tecnológicas proporcionam rastreamento em tempo real das operações logísticas, oferecendo informações valiosas para a tomada de decisão e melhorando a visibilidade das operações.

Em resumo, a otimização logística com o uso da tecnologia, especialmente na otimização de rotas, é uma estratégia que oferece ganhos significativos em termos de redução de custos, eficiência operacional e responsabilidade ambiental, tornando-a benéfica para qualquer organização.

2 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos delineados para o projeto nomeadamente, Otimização de rotas, Monitorização de contentores, Comunicação e localização do veículo em tempo real, segurança da tripulação, foi estruturada uma metodologia *Participatory Action Design Research* (PADR), que vai deste o levantamento e caracterização dos contributos técnico-científicos disponíveis na literatura, às etapas de caracterização do problema aplicada e proposta de soluções que atendam aos objetivos do projeto.

2.1 Metodologia de pesquisa em *Design Science Research*

Action Design Research (ADR) é uma abordagem metodológica que combina elementos de pesquisa académica, design e intervenção prática para resolver problemas do mundo real e, ao mesmo tempo, contribuir para o conhecimento científico.

Tabela 2 - Principais Elementos e etapas da metodologia de pesquisa em *Design Science*

Fonte: Elaboração Própria.

| Principais elementos e etapas da metodologia de pesquisa em <i>Design Science</i> : | | | | | | | |
|---|--|--|---|---|---|---|---|
| IDENTIFICAÇÃO PROBLEMA | OBJETIVOS DA PESQUISA | criação DO ARTEFATO | JUSTIFICAÇÃO DO ARTEFATO | AValiação E VALIDAÇÃO | CONTRIBUIÇÃO DO CONHECIMENTO | COMUNICAÇÃO DE RESULTADOS | APRIMORAMENTO ITERATIVO |
| O processo começa com a identificação do problema prático que precisa ser resolvido. Envolve uma revisão da literatura e a compreensão das necessidades do contexto em que o artefato será utilizado. | Definir os objetivos da pesquisa é crucial para direcionar o trabalho e garantir que as contribuições sejam relevantes e significativas. | A etapa central da pesquisa em <i>Design Science</i> é a criação do artefato, que pode ser um protótipo, um modelo, um algoritmo, ou qualquer solução prática que aborde o problema identificado na etapa inicial. | É importante fornecer uma fundamentação teórica e conceitual que explique por que o artefato proposto é uma solução válida e eficaz para o problema identificado. | O artefato criado precisa ser avaliado e validado quanto à sua eficácia, usabilidade e adequação para o problema. | Além de resolver o problema prático, a pesquisa em <i>Design Science</i> também deve produzir conhecimento sobre o design do artefato e sua aplicação em contextos específicos. | Os resultados da pesquisa devem ser comunicados de forma clara e acessível para a comunidade académica e para profissionais interessados. | O processo de pesquisa em <i>Design Science</i> pode ser iterativo, ou seja, podem ser feitas melhorias no artefato com base nos resultados das avaliações e nos feedbacks recebidos, reiniciando o ciclo de validação e melhoria |

Existem várias metodologias de pesquisa *Design Research*, sendo uma delas, segundo (Bilandzic & Venable, 2011) a metodologia de cinco estágios *Participatory Action Design Research* (PADR), que desenvolve soluções para problemas de grupos heterogéneos de partes interessadas, particularmente no contexto de sistemas de informática urbana para uso em espaços públicos. Como o ADR, o PADR visa combinar

AR e DSR, mas para um grande grupo ou publico em geral, não para uma organização cliente.

A metodologia de cinco estágios *Participatory Action Design Research* (PADR) segundo Bilandzic & Venable (2011), é composta pelas seguintes etapas:



Figura 6 - *Participatory Action Design Research (PADR) Stages and activities*

Fonte: Bilandzic & Venable (2011)

2.2 Fases de Desenvolvimento do Projeto de Investigação Aplicado

2.2.1 Revisão Técnico-científica

Neste ponto, tal como se referiu no capítulo 1, foi efetuada uma revisão de literatura sobre os avanços tecnológicos na recolha de resíduos urbanos, onde é possível demonstrar que a utilização de sensores em contentores e tecnologia RFID trazem uma abordagem inovadora para a gestão sustentável de resíduos nas cidades. Com a utilização da tecnologia, é possível otimizar os circuitos de recolha de resíduos, proporcionando uma gestão mais eficiente, redução de custos operacionais, menor consumo de combustível e emissões de gases poluentes, além de contribuírem para a construção de cidades mais limpas e ambientalmente responsáveis.

2.2.2 Diagnóstico da Situação atual

Antes de iniciar o projeto de otimização logística, iremos realizar uma análise da situação atual da recolha de resíduos. Será efetuada a apresentação da empresa do trabalho de projeto, enquadramento do local de implantação do projeto, levantamento sobre os veículos e equipamentos utilizados.

2.2.3 Planeamento de ações e definição de objetivos

Com base na análise da situação atual, é importante definir objetivos e metas para o projeto de otimização logística. Os objetivos incluem a redução dos custos de recolha, o aumento da eficiência operacional, a melhoria do serviço de recolha, a segurança da tripulação e veículo e redução dos impactos ambientais associados à recolha de resíduos.

2.2.4 Desenvolvimento de soluções:

Com os objetivos e metas definidos, iremos procurar soluções de software já parcialmente desenvolvidos no mercado, e agregar outras funcionalidades, com a utilização de tecnologias como RFID, sensores volumétricos, GPS e sistemas de gestão integrados.

2.2.5 Análise de resultados e custos:

Serão analisadas todas as soluções e custos agregados ao desenvolvimento do projeto, de forma a ser eficiente e sustentável

3 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

No diagnóstico da situação atual, será efetuada a apresentação da empresa do trabalho de projeto, detalhando a sua expansão, tanto em âmbito nacional quanto internacional. São apresentados os principais indicadores financeiros, o volume de negócios, as empresas participadas a composição da frota de equipamentos e o enquadramento do local de início do projeto.

3.1 Apresentação da Empresa

A SUMA, é uma empresa que possui 28 anos de experiência ao serviço do ambiente e das populações, assumindo desde 1996, a posição cimeira no setor nacional dos resíduos, apoiada pelos alicerces sólidos do seu grupo acionista – Grupos Mota-Engil e Urbaser.

Desde então, tem vindo a trilhar um percurso de liderança e empreendedorismo, constituindo-se como referência em Portugal e nos mercados Internacionais em que opera. Empenhada em desempenhar um papel extremamente agressivo no que diz respeito ao ambiente e sustentabilidade, atua em prol da salvaguarda ambiental e da qualidade de vida das populações servidas.

A Administração da SUMA, está empenhada na criação de valor acrescido para clientes, acionistas, trabalhadores e para o setor dos resíduos, através de um desempenho sustentável e seguro, do foco nas necessidades emergentes do recurso à inovação e do comprometimento de uma massa humana em serviços que são da maior utilidade pública.

A experiência de mais de duas décadas e meia e a política organizacional da empresa baseada nas melhores práticas de gestão e ambientais, reconhecidas na certificação nas áreas de qualidade, ambiente e segurança – tornam a organização uma referência em Portugal, bem como nos mercados internacionais em que atua.

A SUMA, S.A. dedica-se à gestão global do ciclo de vida dos resíduos, tendo como permanentemente aliadas a inovação e a tecnologia, na antecipação a tendências e na adaptação às necessidades emergentes.

Otimização Logística na recolha de resíduos

Os principais serviços desempenhados pela SUMA, S.A., são a recolha de resíduos, limpeza pública, gestão e tratamento de resíduos, laboratório e Educação e sensibilização ambiental. Fonte:(SUMA)

3.1.1 Implantação Nacional

A SUMA tem a sua origem sustentada numa forte implantação em todas as regiões do território nacional e na capacidade de permanente adaptação e inovação, que forjam a longevidade e a credibilidade ao serviço do ambiente e das populações.

3.1.2 Implantação Internacional

A SUMA prossegue a sua estratégia de crescimento sustentado e de implementação geográfica dentro e fora de Portugal, através de um ambicioso projeto de internacionalização, iniciado nos mercados da Europa Central, América do Sul e África, com contratos efetivos em Angola, Brasil, Moçambique e Omã.

3.1.3 Indicadores Financeiros SUMA, S.A.

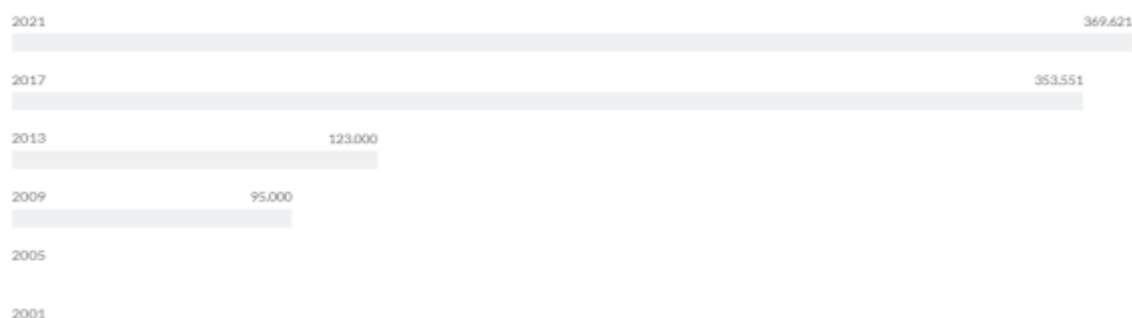


Figura 7- Volume de negócios

Fonte: SUMA (2023)



Figura 8 - Volume negócios no exterior

Fonte: SUMA (2023)

3.1.4 Análise de Crescimento:

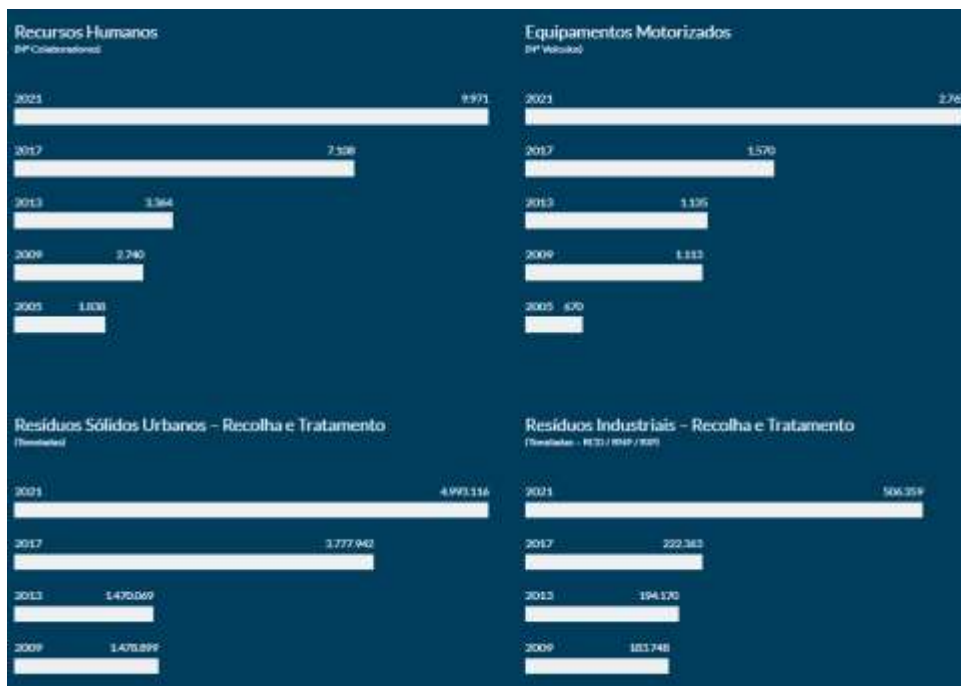


Figura 9 - Análise crescimento da SUMA

Fonte: SUMA (2023)

3.1.5 Empresas Participadas Nacionais:

As empresas participadas Nacionais, são a Algar, Armasul, Ambilital, Citrup, Correia & Correia, EGF, Enviroil, ERSUC, Novaflex, Real Verde, Resilei, Resinorte, Resistrela, Resultima, Rima, Siga, Suldouro, Suma Lab, Triaza, Triu, Valnor, Valorlis, Valorminho e Valorsul.

3.1.6 Empresas Participadas Internacionais:

As empresas participadas Internacionais, são a Ecolife, Ecovision, Suma Brasil e Vista Waste Management

3.1.7 Distribuição de Centros de Serviço

Atualmente a SUMA tem vários centros de serviços, distribuídos pelos vários distritos em Portugal. Atualmente os centros de serviços estão localizados em Valença, Esposende, Lousada, Maia, Vila Nova de Gaia, Aveiro, Montemor-o-Velho, Leiria, Alcobaça, Ourém, Batalha, Mafra, Palmela, Sintra e Faro.

Otimização Logística na recolha de resíduos

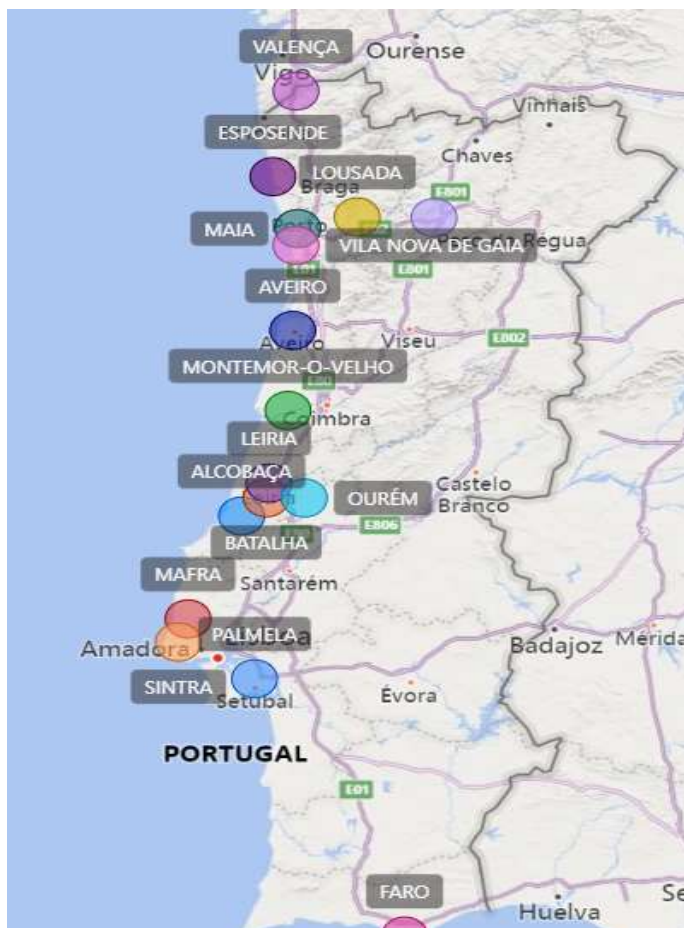


Figura 10- Localização dos Centros de serviços da SUMA

Fonte: Elaboração própria

3.1.8 Tipologias de veículos

Atualmente a SUMA tem ao serviço em Portugal, os seguintes equipamentos de recolha, lavagem, varredora e aspiração:

Tabela 3- Frota equipamentos da SUMA, S.A.

Fonte: Elaboração própria

| EQUIPAMENTOS POR RECURSO TÍPICO | |
|-------------------------------------|------------|
| VIATURAS LAVADORAS | 56 |
| VIATURAS RECOLHA MULTIFUNÇÕES | 69 |
| VIATURAS RECOLHEDORAS COMPACTADORAS | 235 |
| VIATURAS VARREDORAS ASPIRADORAS | 62 |
| TOTAL | 422 |

Otimização Logística na recolha de resíduos



Figura 11- (a) Viatura recolhedora compactador (b) viatura lava contentores lateral

Fonte: ROS-ROCA (2023)

Fonte: OLIMEC (2023),



Figura 12 – (a) Viatura recolhedora compacta traseira (b) Viatura varredora:

Fonte: OLIMEC (2023))

Fonte: RESITUL (2023)



Figura 13- (a) Viatura varredora (b) Viatura recolhedora com grua

Fonte: BUCHER (2023)

Fonte: SUMA (2023)

3.2 Local de implantação do projeto

O caso de estudo, vai ser realizado no centro de Mafra, localizado próximo do Eco-parque da Tratolixo. Este terreno foi cedido pela Camara Municipal de Mafra, e conta com um parque de estacionamento para as viaturas de recolha, estação de serviço para lavagem das viaturas, oficina, escritório e armazém para apoio logístico.



Figura 14- Local implantação do projeto

Fonte: Google Earth (2023)

Segundo informação disponibilizada no site da Camara Municipal de Mafra, é o 2.º município que registou maior crescimento da população na última década, quer em termos relativos (mais 12,8%), quer em termos absolutos (mais 9.838 residentes), de acordo com os resultados preliminares dos Censos 2021, hoje divulgados pelo Instituto Nacional de Estatística. fonte: (C.M.Mafra)

TERRITÓRIO

Mafra

| | 1960 | 1981 | 1991 | 2001 | 2011 | 2021 |
|---|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| População residente | 35.739 | 43.099 | 43.731 | 54.358 | 176.685 | 86.515 |
| Taxa de crescimento anual médio da população (%) | - | - | 0,0 | 2,2 | 13,5 | 1,2 |
| Densidade populacional Nº médio de indivíduos por Km² | 122,6 | 150,3 | 149,8 | 186,5 | 1262,9 | 296,6 |
| Jovens (%) menos de 15 anos | 26,2 | 23,3 | 18,8 | 16,1 | 18,7 | 16,4 |
| População em idade ativa (%) 15 aos 64 anos | 65,7 | 64,9 | 66,9 | 68,3 | 166,5 | 65,8 |

Figura 15- Aumento populacional Concelho de Mafra

Fonte: Fundação Francisco Manuel dos Santos (2023)

O aumento populacional está diretamente relacionado ao aumento na produção de resíduos. À medida que a população cresce, mais pessoas consomem recursos, geram resíduos e contribuem para a poluição ambiental. Inclui resíduos domésticos, industriais, de construção, eletrónicos, entre outros. O aumento da produção de resíduos tem impactos negativos no meio ambiente, na saúde pública e na qualidade de vida. Para lidar com esse problema, é necessário adotar estratégias de gestão de resíduos, como a redução na fonte, a promoção da reciclagem e reutilização de materiais, além de investir em infraestrutura e educação ambiental.

3.2.1 Recolha e tratamento dos resíduos

Os resíduos são transportados para a Central de Digestão Anaeróbica no Ecoparque da Abrunheira (Mafra) da TratoLixo, onde posteriormente são reciclados e encaminhados para valorização, energia elétrica e composto.

3.2.2 Apresentação empresa TratoLixo

A TRATOLIXO é uma empresa intermunicipal certificada, detida em 100% pela AMTRES – Associação de Municípios de Cascais, Mafra, Oeiras e Sintra para o Tratamento de Resíduos Sólidos – e responsável pelo serviço público de tratamento de Resíduos Urbanos produzidos pelos mais de 800.000 habitantes dos municípios deste Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos. Fonte: (TratoLixo, 2023)

No Ecocentro da abrunheira (Mafra), são efetuadas as seguintes atividades:

Central de Digestão Anaeróbica

- Central Matéria-Prima: Fração orgânica da CITRS de Trajouce; Bio resíduos de recolha seletiva; Biomassa
- Processo de tratamento: Digestão anaeróbia
- Produtos resultantes: Materiais recicláveis; Composto; Energia elétrica

ETAL – Estação tratamento de águas lixiviadas

- Matéria-Prima: Efluentes líquidos dos processos de tratamento

Otimização Logística na recolha de resíduos

- Processo de tratamento: Tratamento primário, Tratamento secundário (tratamento biológico e ultrafiltração) e Tratamento terciário (microfiltração)
- Produtos resultantes: Efluente tratado

Ecocentro

- Matéria-Prima: Resíduos recicláveis; Monstros; Resíduos de limpeza; Resíduos verdes
- Processo de tratamento: Armazenamento temporário

Células de confinamento Técnico (CCT)

- Resíduos depositados: Fração rejeitada dos processos.
- Processo de tratamento: Deposição controlada de resíduos. Não constitui um processo de tratamento, mas sim um destino final.

Nas instalações da TratoLixo são tratadas anualmente cerca de 400 mil toneladas de RU, produzidas pelos cerca de 840.000 habitantes da área de intervenção.



Figura 16- (a) Dados reciclagem TratoLixo (b) Eco parque Abrunheira

Fonte: TratoLixo (2023)

4 PROJETO DE CAMPO

De acordo com a metodologia definida no capítulo 2, para concretização dos objetivos propostos para o projeto, e atendendo ao diagnóstico do problema apresentado no capítulo anterior (capítulo 3), vamos analisar as de mais etapas da metodologia no âmbito do presente capítulo.

4.1 Planeamento de ações e definição de objetivos

Com base na análise da situação atual, descrita no capítulo 3, foram definidos os objetivos e metas para o projeto de otimização logística, os quais incluem a otimização de rotas, a monitorização dos contentores, a comunicação e localização do veículo em tempo real, a análise de dados, o controlo de pesagens e a segurança e identificação da tripulação.

Numa primeira fase do projeto de otimização de rotas de recolha de resíduos, foram efetuados alguns procedimentos, nomeadamente:

Recolha de dados: a primeira etapa consistiu na recolha de dados relevantes para o projeto. Informações sobre os locais de recolha de resíduos, a quantidade e o tipo de resíduos gerados em cada local, a capacidade dos veículos de recolha, horários de funcionamento da TratoLixo e restrições de tráfego.

Preparação dos dados: os dados recolhidos foram organizados, georreferenciados em termos de coordenadas de latitude e de longitude, e preparados para ser inseridos no VRP *Solver*.

Otimização: conforme descrito no capítulo 1, a implementação do VRP *solver* para identificação das rotas de recolha de resíduos pode trazer diversos benefícios decorrentes da otimização de rotas, nomeadamente, a redução de emissões, a economia de recursos, o menor impacto no trânsito, o aumento da eficiência de recolha e consequentemente a promoção da sustentabilidade.

Nesse sentido foram efetuadas algumas simulações com o VRP *Solver*, sendo que os veículos são da mesma tipologia, ainda que com diferentes capacidades. Os pontos de

Otimização Logística na recolha de resíduos

recolha referem-se a contentores idênticos, ou seja, são pontos de recolha do mesmo tipo de resíduos, ilustrando-se, em seguida, três das situações analisadas.

Optou-se por usar valores ficcionados para os custos, uma vez que a avaliação detalhada dos custos fixos e variáveis ainda não foi realizada. Os valores foram estabelecidos com base na capacidade dos veículos, atribuindo um custo de 0,80€/ km para o veículo com capacidade de 50 unidades (i.e., 50 contentores cheios) e 0,50€/km para o veículo de 30 unidades. Além disso, a projeção inclui 180 recolhas anuais, conforme estabelecido no contrato com o Município, sendo as recolhas intercaladas numa base semanal.

Para efeitos de simulação importa ainda referir o facto de a cada localização estar afeto um só contentor. No entanto, o *solver* permite efetuar outras considerações para cada ponto de recolha, viabilizando valores diferenciado de recolha, nos vários locais de visita.

- **Circuito 100**

Consideraram-se os 39 pontos de recolha e assumiu-se um tempo de recolha, igual para todos, no valor de 5 minutos em cada ponto. A análise foi conduzida antes e após observação contínua da taxa de enchimento dos contentores. Para o registo de observações recolhido, foi possível retirar alguns dos pontos de visita, devido à pouca quantidade de resíduos existentes nesses pontos, conseguindo-se reduzir para 13 pontos de recolha.

Otimização Logística na recolha de resíduos

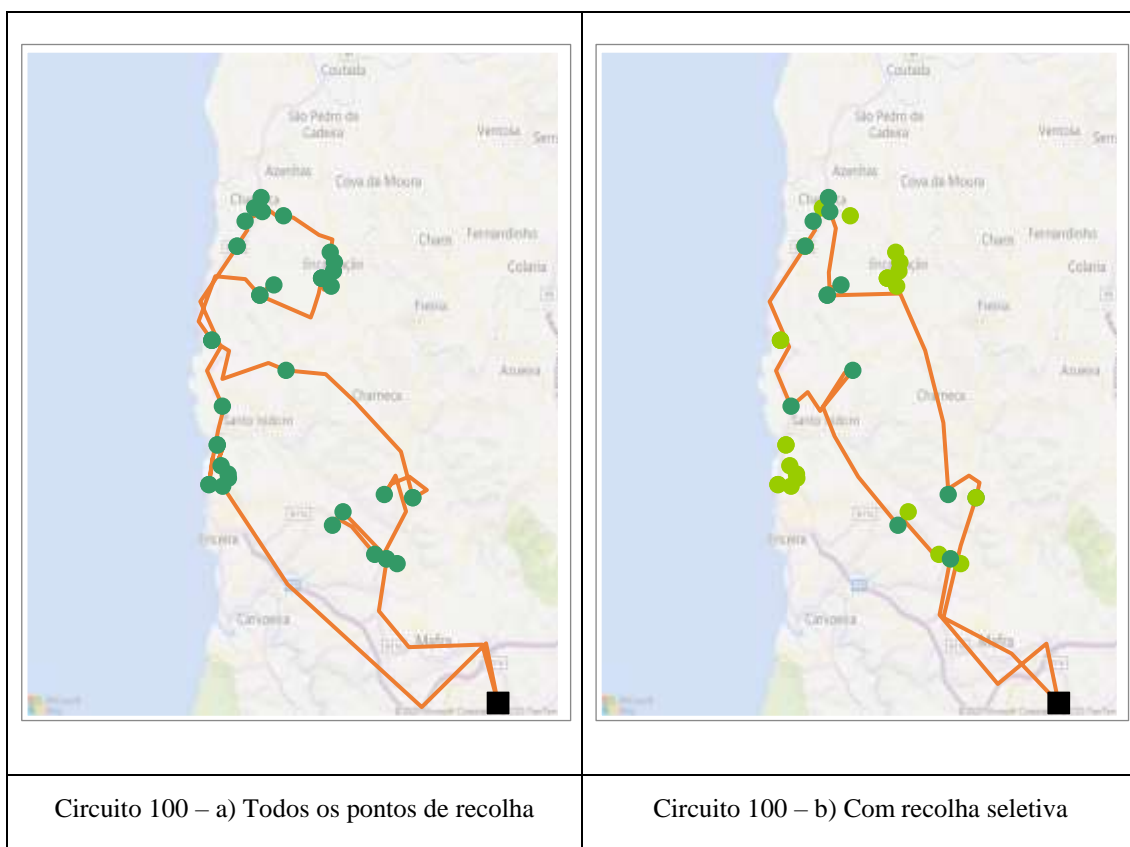


Figura 17 – Representação da rota de recolha relativa ao circuito 100. a) com 39 locais; b) 13 locais. A verde escuro os locais visitados e a verde claro os contentores que não tinham carga que justificasse recolha.

Fonte: Elaboração Própria

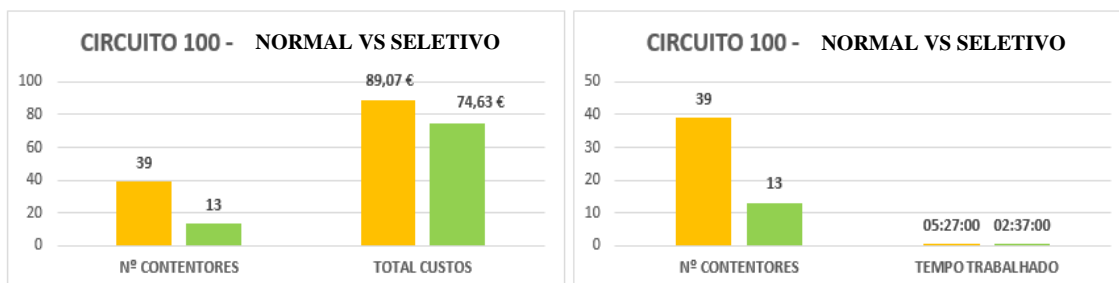


Figura 18 – Circuito 100 – Normal versus Seleção atualizada.

Fonte: Elaboração Própria

Otimização Logística na recolha de resíduos

Tabela 4 - Resultados obtidos com o VRP solver (Circuito 100)

Fonte: Elaboração Própria

| CIRCUITO | Nº DEPÓSITOS | Nº CONTENTORES | Nº VEÍCULOS | VELOCIDADE MEDIA | CAPACIDADE E CARGA | CUSTO POR VIAGEM | CUSTO POR UNIDADE | TOTAL CUSTOS | TEMPO TRABALHO |
|----------|--------------|----------------|-------------|------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------|----------------|
| 100 | 1 | 39 | 1 | 60 | 50 | 20,00 € | 0,80 € | 89,07 € | 05:27 |

Após monitorização dos contentores com percentagem de enchimento, verificou-se a necessidade de recolha de 13 un

| | | | | | | | | | |
|-----|---|----|---|----|----|---------|--------|---------|-------|
| 100 | 1 | 13 | 1 | 60 | 50 | 20,00 € | 0,80 € | 74,63 € | 02:37 |
|-----|---|----|---|----|----|---------|--------|---------|-------|

| | | |
|-------------------|----------------|--------------|
| Diferença: | 14,44 € | 02:50 |
|-------------------|----------------|--------------|

Na tabela 4, é possível verificar que a integração de uma dinâmica de registo da taxa de ocupação dos contentores permite alcançar uma poupança no circuito 100, de quase 15 € por viagem e aproximadamente 3 horas de serviço na realização desse circuito.

Assim, a manutenção de uma leitura contínua da taxa de enchimento nos diversos pontos de recolha deixa antever a possibilidade de gerar economias que poderão ser potenciadas pela dinâmica de ajustamento da rota e, como tal, gerar ainda mais poupanças.

- **Simulação simultânea dos circuitos 100 e 200**

Os circuitos 100 e 200 possuem um total de 68 pontos de recolha (i.e., 39 do circuito 100 e 29 do circuito 200), para os quais se considera 5 minutos para recolha de cada unidade. Assume-se a disponibilidade de dois veículos, um com capacidade para 50 contentores e outro com capacidade de 30 contentores. O início da jornada acontece às 8:00 e o término é, no limite, às 16:00 horas.

O registo de observação contínua da taxa de enchimento dos contentores permitiu excluir alguns dos pontos de visita que, devido à pouca quantidade de resíduos, seriam retirados da lista de locais de recolha obrigatória, nomeadamente os contentores da freguesia de São Lourenço, Calada e Encarnação. Assim, foi possível reduzir para 49 pontos de recolha.

Otimização Logística na recolha de resíduos

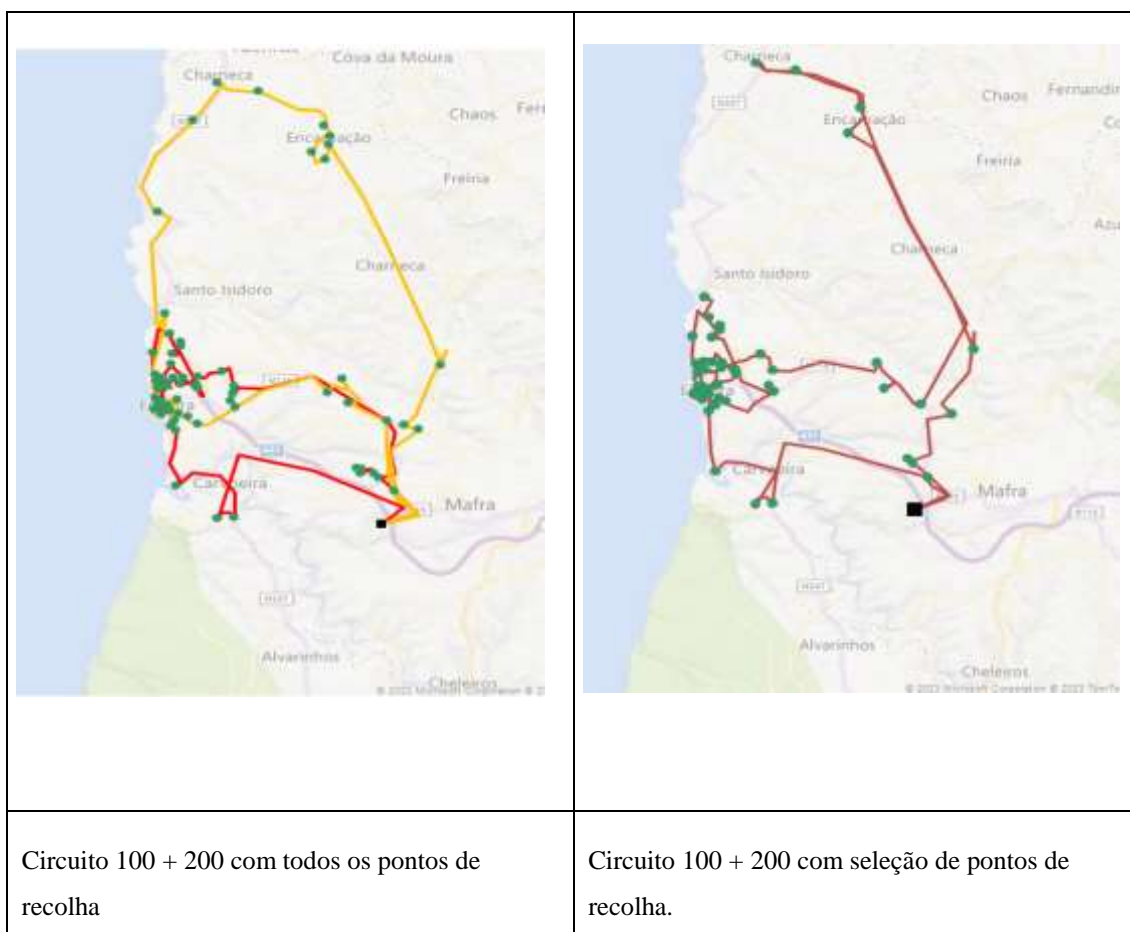


Figura 19 – Representação da rota de recolha relativa ao circuito 100 + 200. a) com 68 locais; (A vermelho representa a rota do veículo A e a amarelo a rota do veículo B); b) 49 locais, sendo que só está representado pelo veículo B.

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 5 - Resultados Obtidos com o VRP Solver (Circuito 100 e 200)

Fonte: Elaboração Própria.

| CIRCUITO | Nº DEPÓSITOS | Nº CONTENTORES | Nº VEICULOS | VELOCIDADE MEDIA | CAPACIDADE CARGA | CUSTO POR VIAGEM | CUSTO POR UNIDADE | TOTAL CUSTOS | TEMPO TRABALHO |
|--|--------------|----------------|-------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| 100+200 | 1 | 68 | 2 | 60 | 50 | 20,00 € | 0,80 € | 55,14 € | 04:55:00 |
| | | | | | 30 | | 0,50 € | 49,31 € | 04:25:00 |
| | | | | | | | | 104,45 € | 09:20:00 |
| Após monitorização dos contentores com percentagem de enchimento, verificou-se a necessidade de recolha de 49 un | | | | | | | | | |
| 100+200 | 1 | 49 | 1 | 60 | 50 | 20,00 € | 0,80 € | 88,95 € | 06:59:00 |
| Diferença: | | | | | | | | 15,50 € | 02:21:00 |

Otimização Logística na recolha de resíduos

Na tabela 5, constata-se que as rotas com os pontos de recolha atualizados por questões de enchimento dos contentores proporcionam uma economia significativa no circuito 100 + 200, com uma redução de cerca de 15,50 € nos circuitos de recolha, sendo o tempo total das viagens de aproximadamente menos 2 horas trabalhadas, e resultando ainda na utilização de um só veículo.

A possibilidade de realocação da viatura não utilizada a outros circuitos gera também outras oportunidades de melhoria.

Elaboramos nova simulação para o circuito 100 + 200 + 300, onde inicialmente temos 113 pontos de recolha, considerando 5 minutos para recolha de cada unidade, com três veículos, dois com capacidade de 50 contentores e outro com capacidade de 30 contentores, sendo o início da jornada às 8:00 e término às 16:00h.

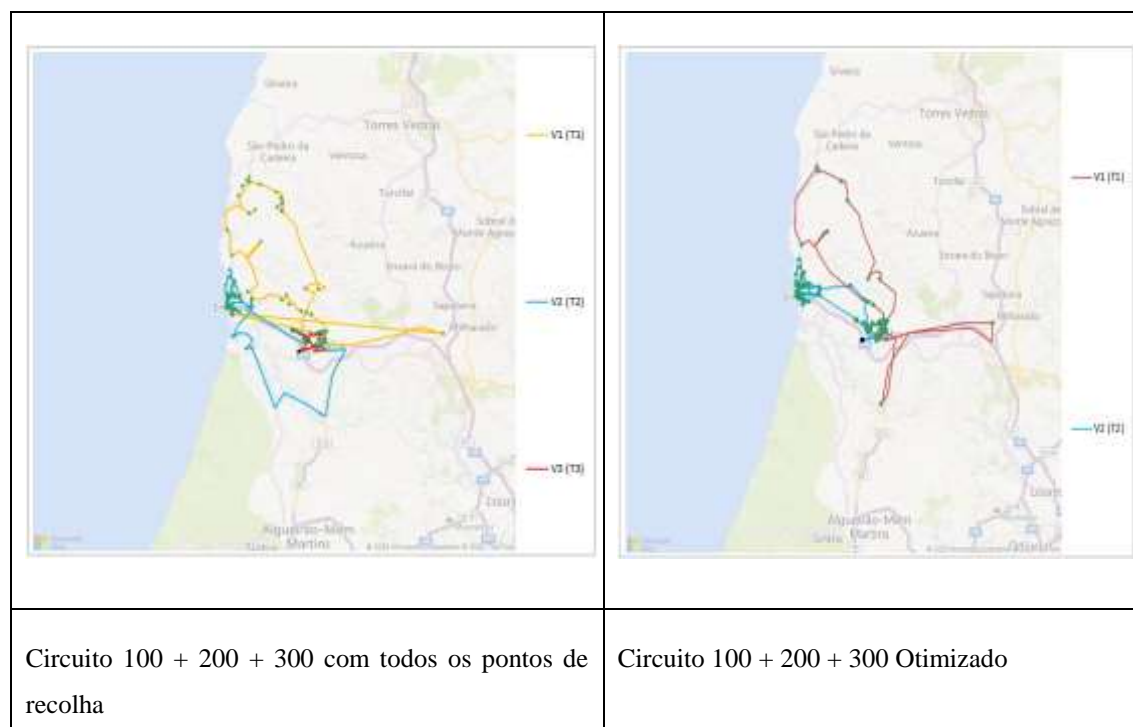


Figura 20 - Representação da rota de recolha relativa ao circuito 100 + 200 + 300. a) com 113 locais; (A amarelo representa a rota do veículo A, a azul representa o veículo B e a vermelho a rota do veículo C); b) 85 locais, sendo que só está representado pelos veículos A e B.

Fonte: Elaboração Própria.

Otimização Logística na recolha de resíduos

Após uma análise contínua da capacidade de enchimento dos contentores e a eliminação de alguns pontos de visita devido à baixa geração de resíduos, especialmente nos contentores das freguesias de São Lourenço, Calada e Encarnação, e notadamente na freguesia de Carvoeira, obtiveram-se 85 pontos de recolha.

Tabela 6 - Resultados obtidos com VRP solver (circuito 100,200 e 300).

Fonte: Elaboração Própria.

| CIRCUITO | Nº DEPÓSITOS | Nº CONTENTORES | Nº VEICULOS | VELOCIDADE MEDIA | CAPACIDADE CARGA | CUSTO POR VIAGEM | CUSTO POR UNIDADE | TOTAL CUSTOS | TEMPO TRABALHO |
|-----------------|--------------|----------------|-------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|----------------|
| 100 + 200 + 300 | 1 | 113 | 3 | 60 | 50 | 20,00 € | 0,80 € | 47,12 € | 04:04:00 |
| | | | | | 50 | | 0,80 € | 49,50 € | 05:48:00 |
| | | | | | 30 | | 0,50 € | 79,22 € | 05:34:00 |
| 175,84 € | | | | | | | | 15:26:00 | |

Após monitorização dos contentores com percentagem de enchimento, verificou-se a necessidade de recolha de 85 un

| | | | | | | | | | |
|-------------------|---|----|---|----|----|---------|--------|----------------|-----------------|
| 100 + 200 + 300 | 1 | 85 | 2 | 60 | 50 | 20,00 € | 0,80 € | 102,66 € | 05:45:00 |
| | | | | | 50 | | | 44,68 € | 05:21:00 |
| | | | | | | | | 147,34 € | 11:06:00 |
| Diferença: | | | | | | | | 28,50 € | 04:20:00 |

Na tabela 6, observa-se que as rotas com atualização dos pontos de recolha geram uma economia significativa no percurso 100 + 200 + 300, representando uma redução de aproximadamente 28,50 € nos circuitos de recolha e uma economia de aproximadamente 4 horas trabalhadas, e o veículo de 30 unidades não é usado nesse itinerário. Adicionalmente, a realocação do veículo retirado desse itinerário pode ser direcionada para outros circuitos.

Assim, ao reduzir custos e tempo operacional, foi minimizado o consumo de combustível e introduzida uma melhoria de produtividade. Podemos concluir que o VRP nos permitiu uma análise, de forma indireta e através da otimização dos trajetos das rotas de recolha, para a sustentabilidade económica dos serviços de recolha de resíduos.

Validação: após a análise realizada, foi fundamental validar as rotas geradas pelo *Solver* para garantir que sejam práticas e exequíveis. Envolveu posterior visita ao terreno, ajustes manuais em algumas rotas ou consideração de fatores adicionais, como restrições temporárias ou sazonais.

Esta análise utilizando o VRP deveria ser estendida a outros centros, especialmente aqueles de maior volume, como Vila Nova de Gaia e Sintra, onde seria possível alcançar ganhos notáveis em termos económicos, sociais e ambientais.

4.2 Desenvolvimento de soluções

No capítulo dedicado ao desenvolvimento de soluções e após validar os resultados obtidos com o *Solver*, que destacaram ganhos significativos, a empresa optou por investir num *software* mais abrangente, enriquecido com funcionalidades adicionais, que incluem a captura de dados geográficos, visualização de mapas interativos, compartilhamento de informações com a equipa e localização do veículo em tempo real.

Nesse contexto, serão destacadas as funcionalidades existentes, identificação de oportunidades de melhoria e apresentação de projetos futuros para integração no *software* ArcGIS, utilizando a tecnologia RFID como parte fundamental desse processo.

4.2.1 Descrição do *software* ArcGIS

A SUMA, está em fase de desenvolvimento de um *software* de gestão de Resíduos no centro de serviços de Mafra, apoiado na plataforma ArcGIS, desenvolvido pela ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), que é uma plataforma líder em Sistemas de Informação Geográfica, utilizada para a criação, análise, interpretação e compartilhamento de dados espaciais. O ArcGIS permite que os utilizadores capturem, armazenem, integrem e exibam informações geográficas em mapas para facilitar a tomada de decisões e a compreensão dos padrões espaciais.

O ArcGIS é composto por um conjunto abrangente de ferramentas e aplicações que permitem aos utilizadores trabalhar com dados geográficos de várias fontes e formatos. Oferece uma ampla gama de recursos para análise espacial, visualização de dados, modelação e mapeamento temático, sendo os seus principais recursos:

Otimização Logística na recolha de resíduos

Captura e gestão de dados: O ArcGIS permite a captura de dados geográficos de várias fontes, como GPS, imagens de satélite, dados de sensores e fontes. Fornece recursos para armazenar, organizar e gerir esses dados numa base de dados geográfica.

Visualização de dados: O ArcGIS possui recursos avançados de visualização para criar mapas interativos e atraentes. Os utilizadores podem personalizar a aparência dos mapas, adicionar camadas, aplicar simbologias e criar legendas para comunicar efetivamente os dados geográficos.

Modelação e geoprocessamento: O ArcGIS oferece uma variedade de ferramentas de modelagem e geoprocessamento para automatizar tarefas complexas. Os utilizadores podem criar modelos de fluxo de trabalho que executam uma série de operações espaciais, permitindo a automação de processos e análises repetitivas.

Colaboração e partilha de dados: O ArcGIS facilita a colaboração e a partilha de dados geográficos. Os utilizadores podem partilhar mapas, aplicativos e dados com outras pessoas, permitindo uma colaboração eficiente e a disseminação de informações geográficas em várias plataformas, como *desktop*, *web* e dispositivos móveis.

Integração com outras tecnologias: O ArcGIS pode ser integrado com outras tecnologias e sistemas, permitindo a incorporação de dados geográficos em aplicativos de terceiros e fluxos de trabalho existentes, ESRI (2023 a)

4.2.2 Funcionalidades do Software ArcGIS na SUMA

O software de gestão desenvolvido pela SUMA, utiliza comandos SQL para criar e gerir tabelas que armazenam informações relevantes, e está preparado para automatizar o planeamento da recolha de resíduos.

Essa solução permite definir parâmetros como: tipo de resíduo, quantidade, localização e frequência de recolha. Com base nas informações recolhidas, o *software* gera um plano de recolha diário otimizado, reduzindo tempo e recursos necessários.

Otimização Logística na recolha de resíduos

Além disso, este *software* fornece recursos adicionais, como a localização em tempo real dos veículos, comunicação com motoristas e relatórios de desempenho e indicadores em *Power BI*.

Atualmente, operam neste centro de serviços os equipamentos descritos na tabela 7.

Tabela 7- Equipamento Centro de Serviços Mafra

Fonte: Elaboração própria.

| Descrição viatura | Tipo de recolha | Quantidade |
|--|------------------|------------|
| V. RECOLHEDORA COMPACTADORA 16 M3 | Recolha RSU | 3 |
| V. RECOLHEDORA COMPACTADORA 16 M3 C/GRUA | Recolha RSU | 3 |
| V. RECOLHEDORA COMPACTADORA 20 M3 | Recolha RSU | 5 |
| V. RECOLHEDORA COMPACTADORA 20 M3 C/GRUA | Recolha RSU | 1 |
| VIATURA AMPLIROLL / POLYBENNE COM GRUA | Recolha seletiva | 6 |
| VIATURA COM CAIXA BASCULANTE E GRUA | Recolha seletiva | 1 |
| VIATURA LAVA CONTENTORES 8.000 LTS | Recolha seletiva | 1 |
| CABINE SIMPLES E CAIXA BASCUL. COM GRUA | Recolha seletiva | 1 |
| CABINE SIMPLES E CAIXA COM ELEVADOR | Recolha seletiva | 3 |

Na recolha de RSU, são efetuados 2 circuitos diários, com 6 viaturas e na recolha seletiva, são efetuados dois circuitos diários com 3 viaturas. Na lavagem de contentores é utilizada uma viatura que efetua circuitos diários.



Figura 21 - Menu inicial do software SUMA

Fonte: software SUMA/Arcgis (2023)

Otimização Logística na recolha de resíduos

A área de recolha de resíduos, abrange todo o concelho de Mafra, que está distribuído por 11 freguesias, numa área territorial de 291,65 km²



Figura 22- (a) Concelho Mafra: Fonte: (C.M.Mafra) (b) - Embalões concelho mafra no software.

Fonte: SUMA (2023).

Na recolha seletiva, estão a ser efetuados 4 circuitos, denominados como circuito 100, 200, 300 e 400. Na imagem abaixo, temos um resumo dos circuitos planeados versus executados, com indicação das percentagens de recolha.



Figura 23 - Circuitos diários concelho de Mafra no software SUMA

Fonte: Software Suma/Arcgis (2023)

Otimização Logística na recolha de resíduos

Quantidade e tipos de equipamentos de deposição de resíduos existentes no concelho de Mafra

Tabela 8- Equipamentos de deposição de resíduos no concelho de Mafra.

Fonte: Elaboração própria

| Tipo de contentor distribuído concelho Mafra | Modelo | Tipo de recolha | Quantidade |
|--|---|------------------|------------|
| Contentor de 110 litros |  | Recolha RSU | 261 |
| Contentor de 800 litros |  | Recolha RSU | 3893 |
| Contentor de 1000 litros |  | Recolha RSU | 15 |
| Contentor de 1100 litros |  | Recolha RSU | 54 |
| Contentor Citytainer |  | Recolha RSU | 83 |
| Contentor Molok 1 m3 |  | Recolha RSU | 9 |
| Contentor Molok 3 m3 |  | Recolha RSU | 65 |
| Contentor Molok 5 m3 |  | Recolha RSU | 122 |
| Contentor Orgânico |  | Recolha seletiva | 124 |
| Ecoponto papelão |  | Recolha seletiva | 869 |
| Ecoponto plástico |  | Recolha seletiva | 876 |
| Ecoponto Vidro |  | Recolha seletiva | 919 |

Fonte fotos contentores: <https://www.contenur.pt/>; <https://www.ovosolutions.pt/>; <http://www.sopinal.pt/>

Otimização Logística na recolha de resíduos

Os contentores de resíduos, estão todos georreferenciados no software, por categoria.

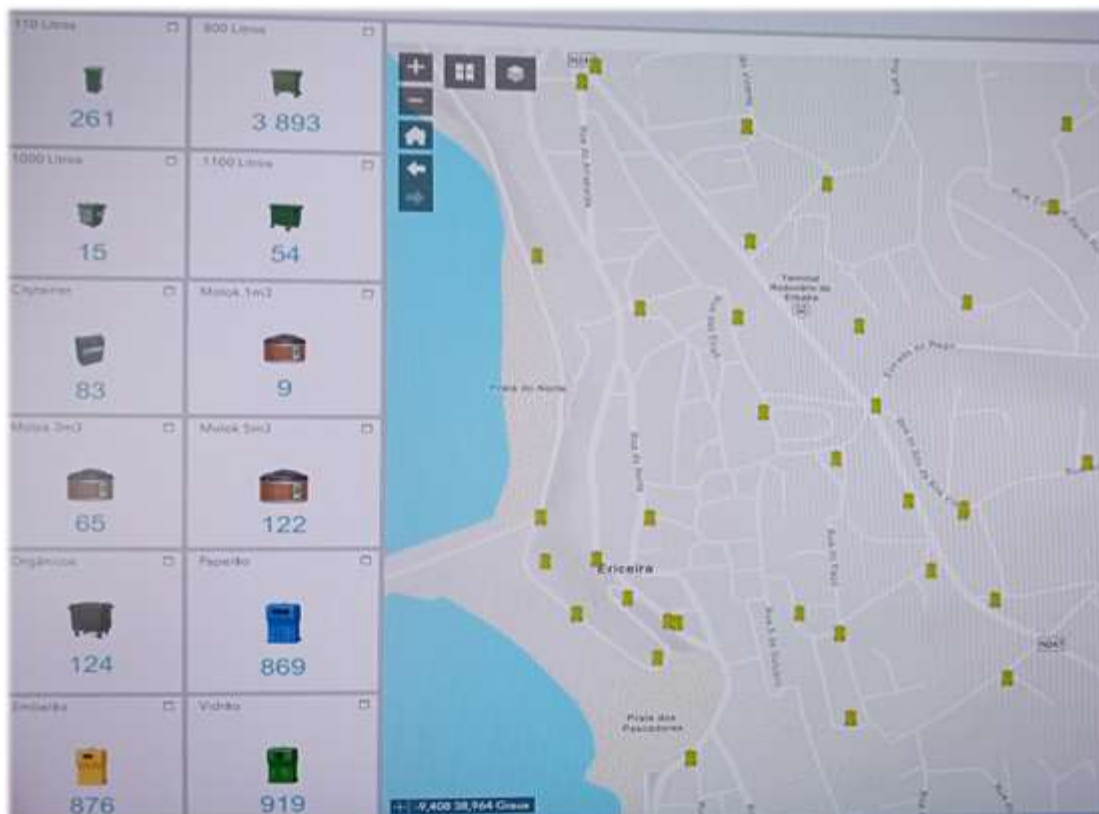


Figura 24 - Tipo e quantidade de contentores no concelho de Mafra no software SUMA

Fonte: Software Suma/Arcgis (2023).

Relativamente à monitorização dos contentores, constatou-se que os sensores de volumetria utilizados não apresentam eficiência satisfatória, devido ao facto de estarem a fornecer informações imprecisas devido a vários fatores, como calibração inadequada, interferência externa, variação na densidade do conteúdo.

Como alternativa, optou-se por implementar o registo através de uma aplicação móvel, em que o motorista ou observadores, registam a percentagem de enchimento em cada recolha realizada.

O registo de dados é efetuado no telemóvel por meio de uma aplicação, onde os utilizadores podem inserir informações relativas ao volume de resíduos existente em cada contentor, por tipo de resíduo. Os dados são transmitidos pela internet e armazenados na

Otimização Logística na recolha de resíduos

base de dados SQL. A aplicação móvel proporciona facilidade na recolha dos dados, permitindo consultas, atualizações e análise futura da informação armazenada. Este processo oferece uma solução prática e versátil para a recolha e gestão de dados.

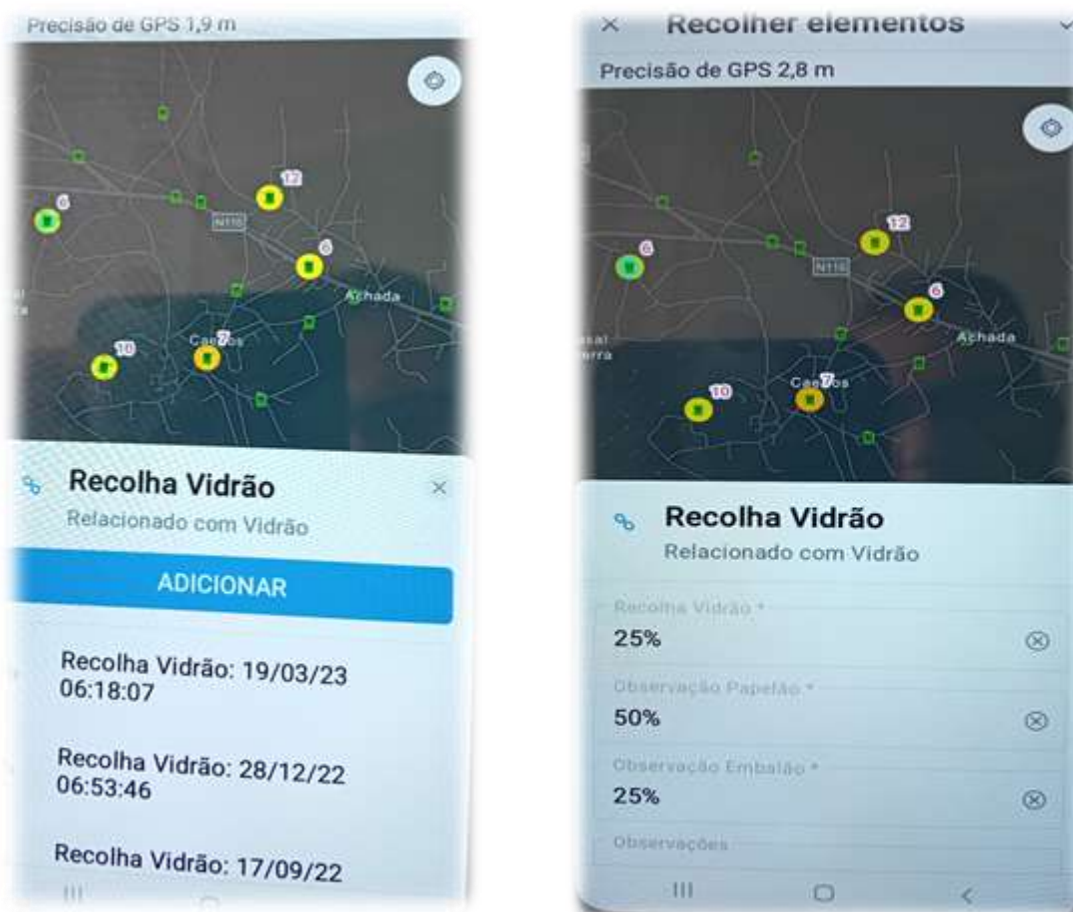


Figura 25- (a) Aplicação móvel de registo de dados na recolha (b) Aplicação móvel de registo de percentagens de enchimento.

Fonte: Software Suma/Arcgis (2023).

Após a recolha dos dados, o sistema é capaz de calcular automaticamente as prioridades e rotas a serem executadas, elaborando um mapa que mostra o número de contentores e o tipo de material a ser recolhido. A definição das recolhas é demonstrada em função das percentagens de enchimento. Este plano de recolha é gerado automaticamente pelo sistema.

Otimização Logística na recolha de resíduos

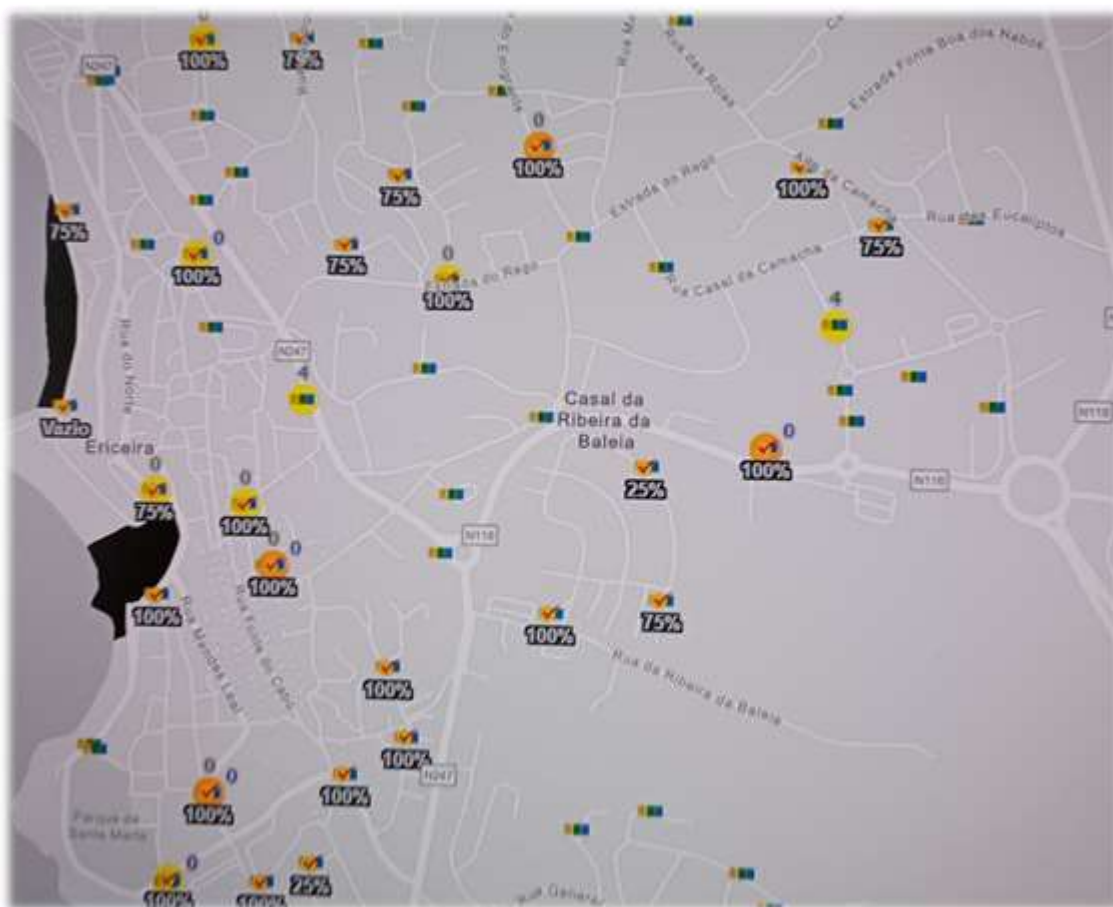


Figura 26 - Plano de recolhas diário no Software SUMA

Fonte: Software Suma/Arcgis (2023)

Plano de recolhas de ecopontos para o dia seguinte:

Tabela 9 - Plano de recolhas diário de papel e embalagens no software SUMA

Fonte: Software Suma/Arcgis

| Agendados | | | | | |
|-----------|-----------|----------------|----------------|------------------|-----------------|
| Circuito | Fileira | Agendados para | Por observação | Frequência ótima | Total agendados |
| 100 | Papel | 2023-06-06 | 39 | 21 | 60 |
| 200 | Embalagem | 2023-06-06 | 17 | 43 | 60 |
| 300 | Papel | 2023-06-06 | 73 | 0 | 73 |
| 400 | Embalagem | 2023-06-06 | 49 | 11 | 60 |

Otimização Logística na recolha de resíduos

Tabela 10 - Plano de recolhas prioritário no software SUMA.

Fonte: Suma/Arcgis (2023)

| OID | ID EQ | Circuito | Tipo | Observado há (dias) | Prioridade | Fleira | Rua | Localidade | Freguesia | Agendado |
|-------|-------|----------|------------|---------------------|------------|--------|--------------------------------|----------------------|---------------|------------|
| 59167 | 76 | 100 | Observação | 5 | 1 | Papel | Rua N. Sra. da Conceição | Baril | Encarnação | 2023-06-06 |
| 59168 | 138 | 100 | Observação | 3 | 2 | Papel | Rua da Ribeira | Póvoa de Cima | Matra | 2023-06-06 |
| 59169 | 347 | 100 | Observação | 3 | 3 | Papel | Rua do Esporjeiro | Lagoa | Santo Isidoro | 2023-06-06 |
| 59170 | 526 | 100 | Observação | 3 | 4 | Papel | Estrada Casal da Cruz | Lagoa | Santo Isidoro | 2023-06-06 |
| 59171 | 563 | 100 | Observação | 3 | 5 | Papel | Largo Nossa Senhora do Rosário | Azenha dos Tanoeiros | Encarnação | 2023-06-06 |
| 59172 | 73 | 100 | Observação | 3 | 6 | Papel | Rua Árdela Nova | Charneca | Encarnação | 2023-06-06 |
| 59173 | 5262 | 100 | Observação | 3 | 7 | Papel | Rua das Eiras | Charneca | Encarnação | 2023-06-06 |
| 59174 | 8386 | 100 | Observação | 3 | 8 | Papel | Rua da Estalagem | Talafe | Encarnação | 2023-06-06 |
| 59175 | 710 | 100 | Observação | 2 | 9 | Papel | Rua do Gordo | Calalás | Encarnação | 2023-06-06 |
| 59176 | 51 | 100 | Observação | 2 | 10 | Papel | Rua Principal | Quintas | Encarnação | 2023-06-06 |
| 59177 | 710 | 100 | Observação | 0 | 11 | Papel | Rua da Escola | Barcelalva | Matra | 2023-06-06 |
| 59178 | 310 | 100 | Observação | 0 | 12 | Papel | Largo da Briosa | Sobreiro | Matra | 2023-06-06 |
| 59179 | 543 | 100 | Observação | 0 | 13 | Papel | Rua Serra de Três | Achada | Matra | 2023-06-06 |

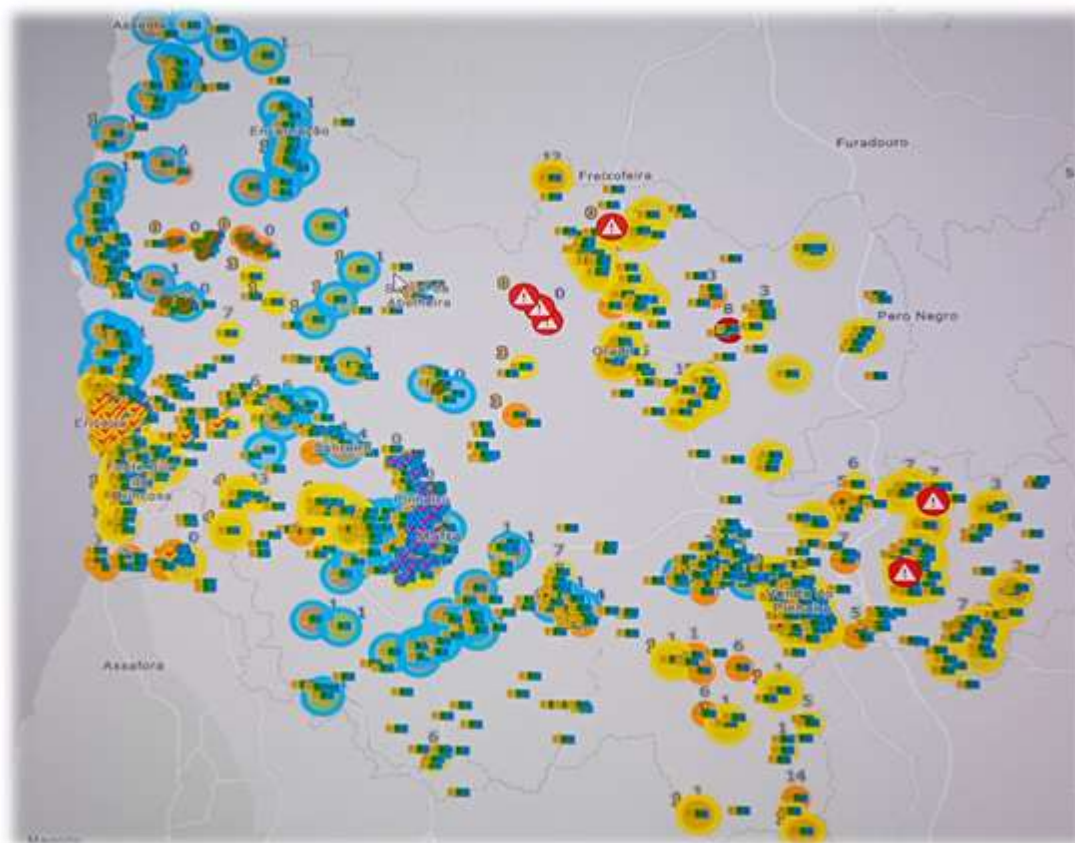


Figura 27- Circuito de recolhas diário no software SUMA

Fonte: Suma/Arcgis (2023)

Otimização Logística na recolha de resíduos

O circuito é identificado com os círculos em azul e os pontos com exclamação de advertência, são locais que foram observados recentemente e necessitam de recolha, que serão integrados no circuito do dia seguinte automaticamente.

Controlo diário de recolhas planeadas versus recolhas executadas:

Tabela 11 - Recolhas executadas vs planeadas de embalagens no software SUMA

Fonte: Software Suma/Arcgis (2023)

| Agendado / Executado | | | | | | | | | | Executado fora do planeado | | | | | | |
|----------------------|----------|-----------|---------------|-------|-----|-----|-----|------|---------------------------------|----------------------------|-------|-----|-----|-----|------|---------------------------------|
| Circuito | Agendado | Executado | Não executado | Vazio | 25% | 50% | 75% | 100% | Cheio c/ resíduos na envolvente | Executado fora do Planeado | Vazio | 25% | 50% | 75% | 100% | Cheio c/ resíduos na envolvente |
| 100 | 56 | 40 | 5 | 0 | 4 | 0 | 27 | 17 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 300 | 70 | 77 | 13 | 0 | 7 | 0 | 24 | 30 | 2 | 25 | 0 | 0 | 1 | 17 | | 2 |
| 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabela 12 - Recolhas executadas vs planeadas de papel no software SUMA

Fonte: Software Suma/Arcgis (2023)

| Agendado / Executado | | | | | | | | | | Executado fora do planeado | | | | | | |
|----------------------|----------|-----------|---------------|-------|-----|-----|-----|------|---------------------------------|----------------------------|-------|-----|-----|-----|------|---------------------------------|
| Circuito | Agendado | Executado | Não executado | Vazio | 25% | 50% | 75% | 100% | Cheio c/ resíduos na envolvente | Executado fora do Planeado | Vazio | 25% | 50% | 75% | 100% | Cheio c/ resíduos na envolvente |
| 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 71 | 50 | 21 | 0 | 0 | 0 | 10 | 30 | 4 | 14 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 400 | 40 | 51 | 0 | 2 | 0 | 1 | 7 | 21 | 12 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |

Tabela 13 - Recolhas executadas vs planeadas de vidro no software SUMA

Fonte: Software Suma/Arcgis (2023)

| Agendado / Executado | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------|--------------------------------|-----------|-------|-----|-----|-----|------|---------------------------------|
| Circuito | Indicados para recolha | Máximo dias a aguardar recolha | Executado | Vazio | 25% | 50% | 75% | 100% | Cheio c/ resíduos na envolvente |
| 100 | 46 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 17 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 300 | 49 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 400 | 63 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabela 14 apresenta os registos detalhados da recolha efetuada e das recolhas planeadas.

Otimização Logística na recolha de resíduos

Tabela 14 - Recolhas executadas vs planeadas prioritárias, no software SUMA

Fonte: Software Suma/Arcgis (2023)

| ID | Circuito | Tipo | Observado há (dias) | Prioridade | Faixa | Rua | Localidade | Freguesia | Agendado | Executado | Embalão | Vazio | Papeão | Observações |
|-------|----------|------------|---------------------|------------|-----------|--------------------------|--------------|---|------------|------------------|---------|-------|--------|-----------------|
| 58922 | 100 | Observação | 1 | 1 | Embalagem | Rua da Escola | Berradiva | Maia | 05/06/2023 | 05/06/2023 13:38 | 100% | Vazio | 75% | Sem Observações |
| 58923 | 100 | Observação | 1 | 2 | Embalagem | Rua das farrigas | Sobrosa | Maia | 05/06/2023 | 05/06/2023 14:34 | 75% | 50% | Vazio | Sem Observações |
| 58924 | 100 | Observação | 1 | 3 | Embalagem | Estrada de Santo Isidoro | Cabeça Alta | Santo Isidoro | 05/06/2023 | 05/06/2023 14:33 | 75% | 25% | 75% | Sem Observações |
| 58925 | 100 | Observação | 1 | 4 | Embalagem | Rua das Cotovias | Encerra | Encerra | 05/06/2023 | 05/06/2023 15:52 | 100% | 50% | 25% | Sem Observações |
| 58926 | 100 | Observação | 1 | 5 | Embalagem | Rua Mira Partuar | Encerra | Encerra | 05/06/2023 | 05/06/2023 15:56 | 100% | 25% | 50% | Sem Observações |
| 58927 | 100 | Observação | 1 | 6 | Embalagem | Rua dos Doceros | Encerra | Encerra | 05/06/2023 | 05/06/2023 16:05 | 100% | 50% | 25% | Sem Observações |
| 58928 | 100 | Observação | 1 | 7 | Embalagem | Rua dos Doceros | Encerra | Encerra | 05/06/2023 | 05/06/2023 16:12 | 100% | 75% | 75% | Sem Observações |
| 58929 | 100 | Observação | 1 | 8 | Embalagem | Avenida de São Sebastião | Encerra | Encerra | 05/06/2023 | 05/06/2023 16:23 | 75% | 25% | 25% | Sem Observações |
| 58930 | 100 | Observação | 1 | 8 | Embalagem | Avenida de São Sebastião | Encerra | Encerra | 05/06/2023 | 05/06/2023 16:48 | 75% | 75% | 100% | Sem Observações |
| 58931 | 100 | Observação | 1 | 10 | Embalagem | Rua dos Bravos | Ribeirar | Santo Isidoro | 05/06/2023 | 05/06/2023 16:56 | 75% | 25% | Vazio | Sem Observações |
| 58932 | 100 | Observação | 1 | 11 | Embalagem | Rua do Carrascal | Felhalis | Santo Isidoro | 05/06/2023 | 05/06/2023 16:53 | 75% | Vazio | Vazio | Sem Observações |
| 58933 | 100 | Observação | 1 | 12 | Embalagem | Rua de Roseira Brava | Ribeirar | Santo Isidoro | 05/06/2023 | 05/06/2023 17:03 | 100% | 50% | 25% | Sem Observações |
| 58934 | 100 | Observação | 1 | 13 | Embalagem | Rua do Facho Histórico | Ribeirar | Santo Isidoro | 05/06/2023 | 05/06/2023 17:21 | 75% | 25% | 25% | Sem Observações |
| 58935 | 100 | Observação | 1 | 14 | Embalagem | Estrada do Forte | Ribeirar | Santo Isidoro | 05/06/2023 | 05/06/2023 17:25 | 100% | 100% | 50% | Sem Observações |
| 58936 | 100 | Observação | 1 | 15 | Embalagem | Estrada Regional 247 | Ribeirar | Santo Isidoro | 05/06/2023 | 05/06/2023 17:31 | 100% | 25% | 50% | Sem Observações |
| 58937 | 100 | Observação | 1 | 16 | Embalagem | Rua das Ribas | São Lourenço | Encarnação | 05/06/2023 | 05/06/2023 17:47 | 75% | 25% | Vazio | Sem Observações |
| 58938 | 100 | Observação | 1 | 17 | Embalagem | Rua da Capela | São Lourenço | Encarnação | 05/06/2023 | 05/06/2023 17:42 | 100% | 50% | 50% | Sem Observações |
| 58939 | 100 | Sistema | 27 | 18 | Embalagem | Prda do Calada | Caldas | Encarnação | 05/06/2023 | 05/06/2023 18:18 | 75% | 25% | 75% | Sem Observações |
| 58940 | 100 | Sistema | 20 | 50 | Embalagem | Rua Principal | Monte Gordo | União das freguesias de Azarués e Sobral da Abelheira | 05/06/2023 | -- | -- | -- | -- | Sem Observações |
| 58941 | 100 | Sistema | 17 | 38 | Embalagem | Estrada dos Fortes | Bracel | Santo Isidoro | 05/06/2023 | 05/06/2023 15:02 | 75% | 50% | 25% | Sem Observações |
| 58942 | 100 | Sistema | 17 | 51 | Embalagem | Rua Principal | Monte Gordo | União das freguesias de Azarués e Sobral da Abelheira | 05/06/2023 | -- | -- | -- | -- | Sem Observações |
| 58943 | 100 | Sistema | 17 | 52 | Embalagem | Rua Principal | Monte Gordo | União das freguesias de Azarués e Sobral da Abelheira | 05/06/2023 | -- | -- | -- | -- | Sem Observações |

4.2.1 Diagnóstico das soluções existentes

Relativamente aos sensores de volumetria, foram testados vários tipos de sensores, tanto na recolha seletiva como na recolha de RSU e chegou-se a conclusão que estavam a

Otimização Logística na recolha de resíduos

fornecer informações imprecisas devido a vários fatores, como calibração inadequada, interferência externa, variação na densidade do conteúdo, erros de leitura ou processamento de dados e condições ambientais adversas.

Devido às dificuldades acima mencionadas e tendo em conta o valor de cada sensor (300€), optou-se por criar uma aplicação para o telemóvel, onde o motorista regista a quantidade de recolha efetuada por contentor e desta forma o sistema tem vindo a ser “educado” a otimizar as rotas de recolha

Em relação à segurança da tripulação, que é uma questão preocupante, verificou-se que atualmente o uso de capacete não é uma prática comum. A empresa Suma reconhece a importância de assegurar a segurança dos trabalhadores envolvidos na recolha de resíduos. Nesse sentido, está em fase de projeto a implementação de sistemas de leitura RFID, que pode ser uma ferramenta valiosa para aprimorar a segurança e eficiência operacional.

É importante ressaltar que a adoção deste sistema RFID deve ser acompanhada por uma abordagem abrangente de segurança, incluindo o uso obrigatório de capacetes e outros equipamentos de proteção individual (EPI’s). A formação adequada dos trabalhadores em relação às práticas de segurança também é fundamental para garantir a eficácia dessas medidas e prevenir possíveis riscos à integridade dos colaboradores. Combinando tecnologia, conscientização e medidas de segurança sólidas.

4.2.2 Desenvolvimento de soluções

Através da utilização da tecnologia RFID, é possível identificar tanto os trabalhadores quanto os equipamentos usados no processo de recolha de resíduos, permitindo uma melhor localização e controle. Além disso, a tecnologia RFID também possibilita a rápida identificação de emergências, garantindo uma resposta mais ágil em casos de acidentes ou incidentes. Nesse sentido, propomos as seguintes soluções:

4.2.2.1 Identificação do motorista e tripulação com sistema RFID

A identificação de tripulação utilizando RFID (Identificação por Radiofrequência) é uma prática comum em várias indústrias, incluindo a aviação, a marítima e a ferroviária. O

Otimização Logística na recolha de resíduos

RFID é um sistema de identificação automática que usa sinais de rádio para recuperar dados armazenados nas etiquetas eletrónicas, chamadas *tags* RFID.

No contexto deste trabalho, pretende-se a identificação de tripulação, onde cada membro da equipa recebe uma *tag* RFID pessoal, que contém informações relevantes, como nome, função e outras informações pertinentes. As *tags* serão usadas como cartões de identificação que podem ser facilmente detetados e lidos por leitores RFID instalados nos camiões de recolha.

Quando um membro da tripulação aproxima a *tag* ao leitor RFID, o sinal de rádio emitido pelo leitor ativa a *tag* RFID pessoal, permitindo que os dados sejam lidos e verificados pelo sistema. Com a informação recolhida é possível efetuar o registo de presença no ERP SAP.

Os dados recolhidos da tripulação no início e no final da jornada de trabalho são armazenados no software incorporado no veículo e, em seguida, transferidos para o ERP SAP por meio de uma ligação Wi-Fi, à chegada ao Estaleiro.

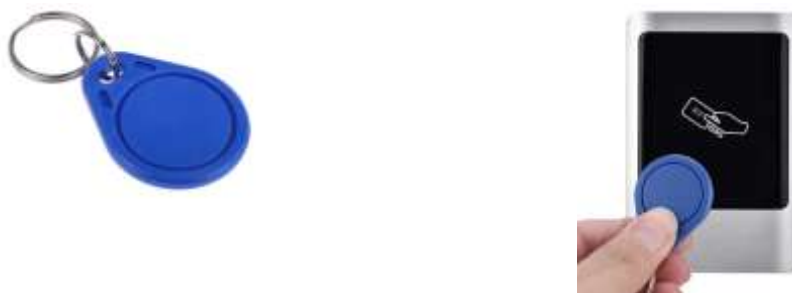


Figura 28 - (a) Tag identificação da tripulação (b) Leitor RFID instalado na cabine do camião

Fonte: [Amazon \(2023\)](#).

Otimização Logística na recolha de resíduos

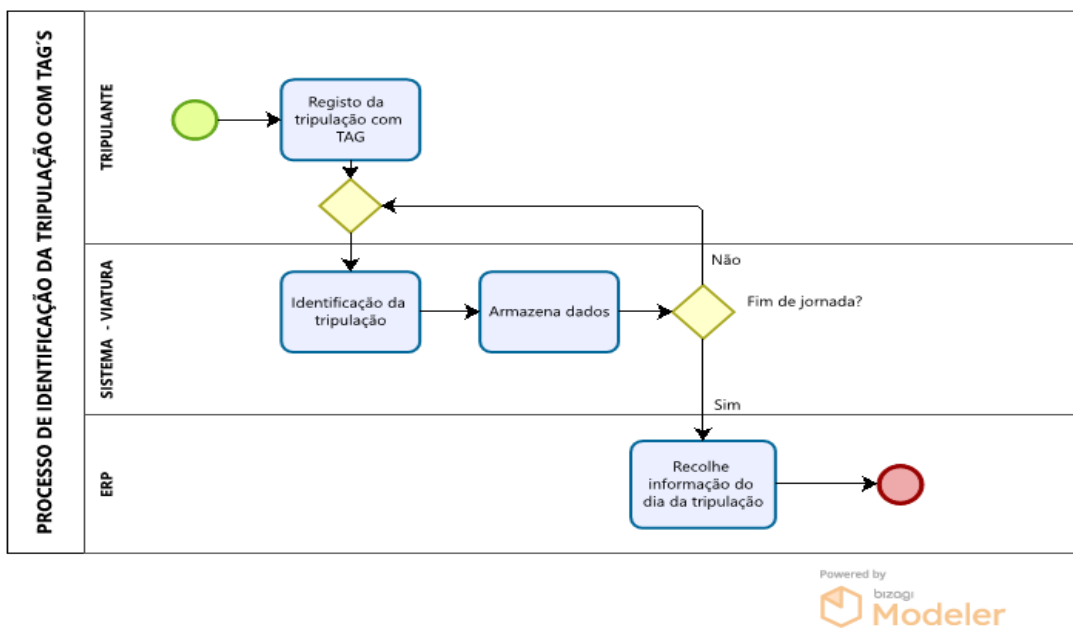


Figura 29 - Diagrama BPMN do processo de identificação da tripulação elaborado em Bizagi Modeler

Fonte: Elaboração própria

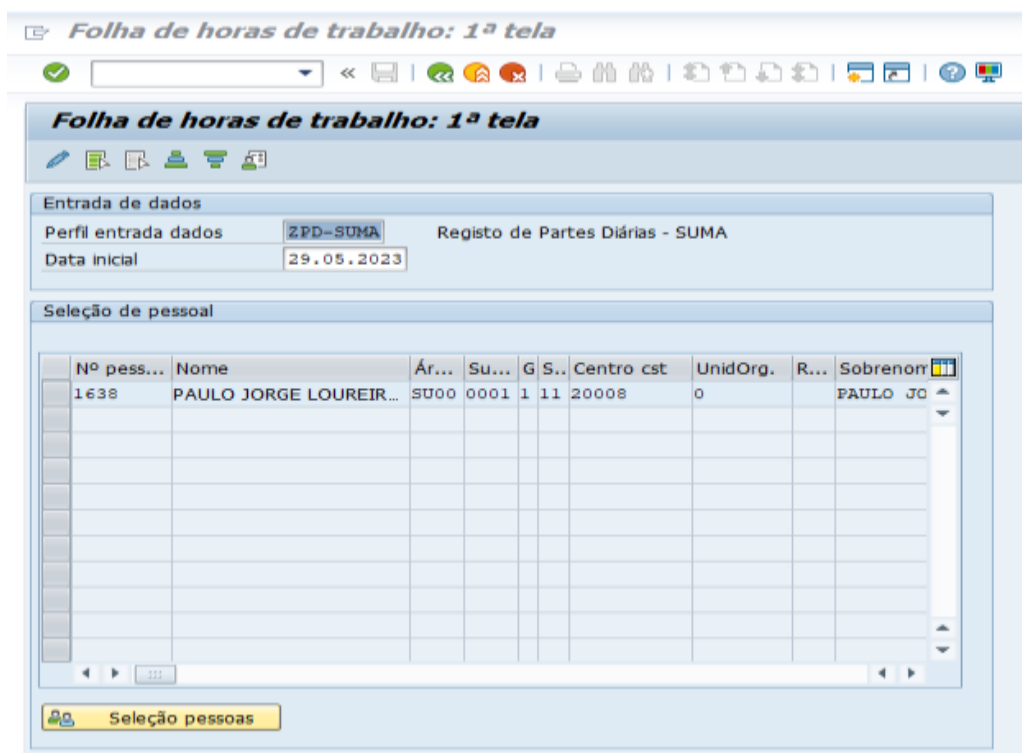


Figura 30 - Registo horário de trabalho no SAP

Fonte: SAP – Suma (2023)

4.2.2.2 RFID – No equipamento de proteção individual (EPI)

A utilização de RFID na obrigatoriedade de uso dos equipamentos de proteção individual (EPIs), é uma solução eficaz para garantir o cumprimento das normas de segurança no ambiente de trabalho.

As *tags* RFID podem ser integradas nos EPIs, como capacetes, óculos de proteção, luvas ou coletes. Os leitores RFID podem ser instalados no camião, exigindo que os funcionários usem os EPIs para poderem laborar. Se um funcionário não estiver a usar o EPI correto, o leitor não detetará a *tag* RFID e o veículo fica imobilizado. Também podem ser usadas para registar automaticamente, quando um funcionário retira ou coloca um determinado EPI.

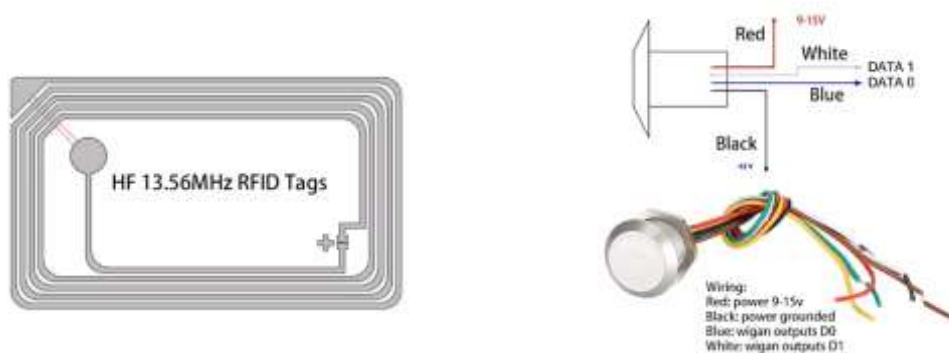


Figura 31 - (a) Tag identificação do capacete em vinil autocolante - fonte: www.rfidfuture.com (b) Leitor RFID sensores dos estribos do camião

Fonte: www.amazon.es

Neste caso de estudo, pretende-se interligar o sistema de leitura de *tags* RFID aos sensores localizados nos estribos do camião, onde a tripulação circula para realizar as manobras de recolha de RSU. Estes sensores nos estribos, possuem duas funcionalidades, onde detetam a presença da tripulação quando o motorista coloca a marcha atrás ou quando o veículo circula com velocidade superior a 30 km/h, devido ao peso exercido sobre o estribo, bloqueando assim o veículo. Com esta nova funcionalidade, deseja-se que o veículo seja bloqueado caso o sensor RFID não detete a leitura da *tag* do capacete.

Otimização Logística na recolha de resíduos



Figura 32- Instalação do sensor RFID no camião

Fonte: Elaboração própria

Neste projeto, o objetivo é instalar dois leitores RFID no veículo de recolha para a leitura de *tags* RFID coladas no capacete. O software Arcgis, será preparado para receber os dados do sensor e armazená-los na base de dados SQL.

A integração entre o leitor RFID, o *software* e base de dados SQL permitirá registar informação recolhida das *tags*. O sistema irá registar informações, como data, hora e duração de uso, fornecendo dados para análise.

Serão instalados dois leitores de *tags* RFID, lado direito e esquerdo da viatura e cada capacete terá a *tag* colada, com a identificação do colaborador.

Otimização Logística na recolha de resíduos

A instalação elétrica, será efetuada na placa eletrónica da caixa de recolha, conforme esquema representado na Figura 33.

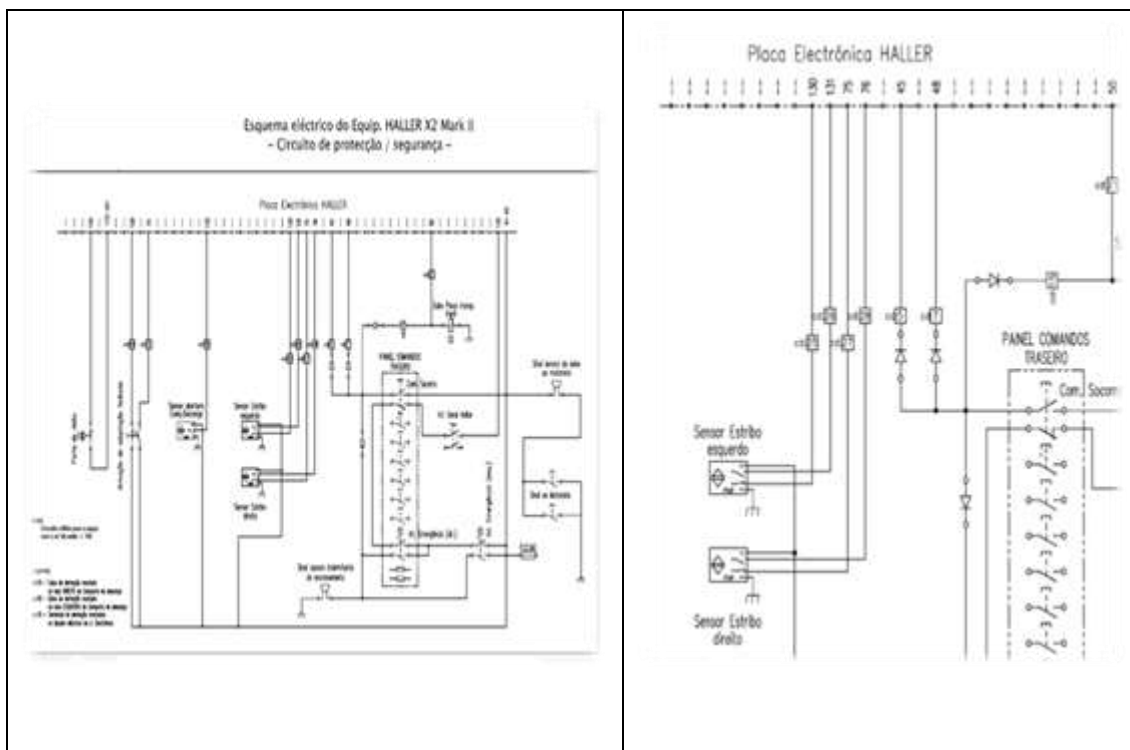


Figura 33- Esquema elétrico da instalação do sensor RFID no camião

Fonte: Manual equipamento HALLER, modelo X2 mark II (2023)

Para reforço da segurança, os sensores instalados nos estribos têm agregado um sistema de segurança, que em caso de avaria, no sistema de deteção dos operadores nos estribos e por consequência o seu sistema de inibição tenha sido acionado, deve ser rearmado o sistema através da chave apropriada, que deverá estar na posse apenas dos responsáveis pelos serviços de manutenção.

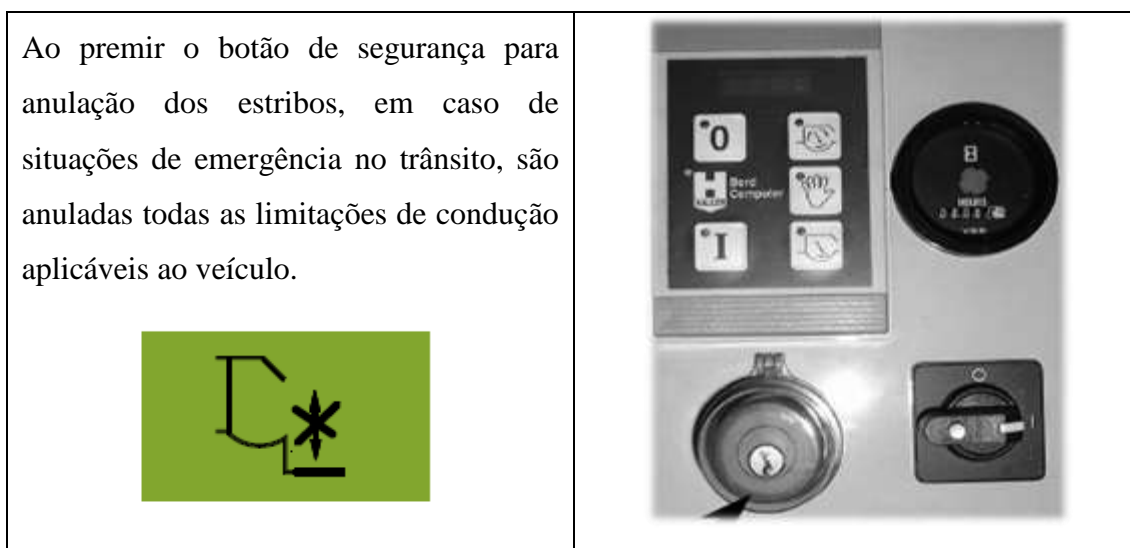


Figura 34- Rearme do sensor do estribo

Fonte: Manual equipamento HALLER

4.3 Análise de resultados e Custos

Este projeto visa aprimorar o *software* existente, adicionando funcionalidades de identificação de pessoas e segurança por meio da instalação de um sistema RFID na viatura de recolha de resíduos. Esta iniciativa proporcionará diversos benefícios, incluindo maior segurança, eficiência operacional e controle sobre as atividades, culminando numa gestão mais responsável e eficaz do processo de recolha de resíduos.

Custo dos equipamentos RFID

Os custos dos equipamentos RFID foram determinados após avaliação de diversas propostas recebidas, culminando na elaboração de um mapa comparativo. A escolha recaiu sobre o equipamento que apresentava a combinação mais vantajosa entre qualidade e menor custo.

No que diz respeito aos custos de instalação, será preparada uma equipa especializada composta por um electricista auto e um ajudante. Esta equipa será responsável pela realização das montagens a nível nacional.

Otimização Logística na recolha de resíduos

Estima-se um custo de 690.57€, para a instalação do leitor, sensores e tag´s RFID em cada viatura. O investimento é amplamente justificado, considerando os benefícios em termos de segurança, bem-estar dos colaboradores e agilidade no preenchimento das folhas de ponto diário.

Tabela 15 - Custos estimados dos equipamentos e instalação.

Fonte: Elaboração Própria

| Identificação do motorista e tripulação | | Equipamento de proteção individual | |
|---|-------------------|------------------------------------|-----------------|
| Descrição | Custo unitário | Descrição | Custo unitário |
| Leitor RFID | 69,00 € | Leitor RFID | 34,21 € |
| Tag identificação tripulação | 8,12 € | TAG identificação capacete | 2,50 € |
| Cabo Ethernet (mt) | 0,62 € | Cabo Ethernet (mt) | 0,62 € |
| Custo por viatura: | | Custo por viatura: | |
| Cabo Ethernet (5 mt) | 3,10 € | Cabo Ethernet (20 mt) | 12,40 € |
| Instalação (M.O) (3 horas (60€/h)) | 180,00 € | Instalação (M.O) (6 horas (60€/h)) | 360,00 € |
| Leitor RFID (x1) | 69,00 € | Leitor RFID | 34,21 € |
| Tag identificação tripulação (x3) | 24,36 € | TAG identificação capacete (x3) | 7,50 € |
| | 276,46 € | | 414,11 € |
| Outros custos | | | |
| KASER LPDA Antena 4G 5G LTE Exterior | 113,99 € | | |
| Configuração software | 2 200,00 € | | |
| | 2 313,99 € | | |

Foram considerados os custos de implementação do projeto, levando em consideração tanto o investimento em equipamentos RFID, quanto os custos associados à instalação dos mesmos.

4.4 Planeamento Operacional da Implementação do Projeto

O projeto será implementado em fases distintas e em diversos centros de serviço em todo o país, conforme detalhado no capítulo 3 (3.1.7 – Distribuição de Centros de Serviço). As instalações serão agendadas, de modo a garantir a continuidade operacional da recolha de resíduos de cada centro, evitando interrupções significativas.

Otimização Logística na recolha de resíduos

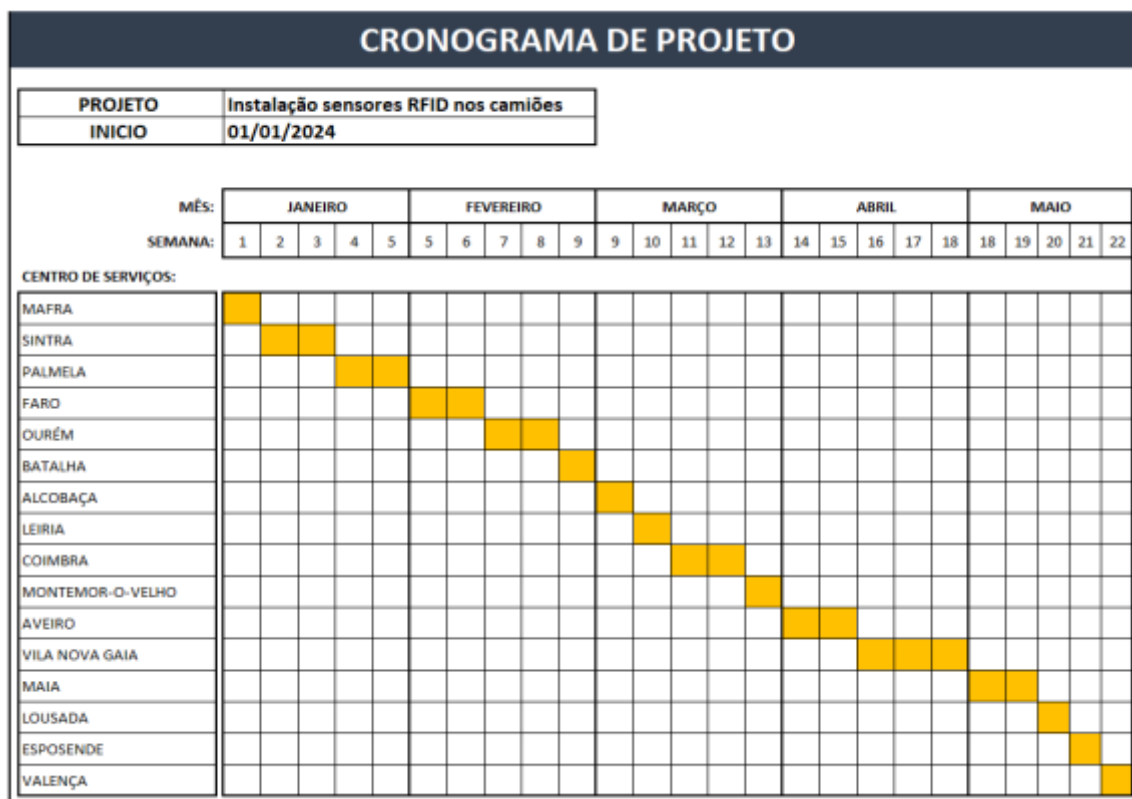
A instalação dos leitores e das *tag's* RFID ocorrerá durante os períodos de manutenção preventiva das viaturas ou após o término do circuito de recolha, garantindo assim uma implementação mais eficiente e sem impactos negativos no serviço.

Com a finalidade de otimizar os custos associados a deslocações e alojamentos da equipa de instalação, o projeto foi subdividido em três regiões: Norte, Centro e Sul, tendo a zona Sul sido designada como o ponto de partida para a implementação. O cronograma de instalações foi planeado levando em consideração o número de veículos atribuídos a cada centro, e tendo em consideração que o início da instalação num centro só ocorre após a conclusão do anterior.

Sugerimos dar início ao projeto em janeiro de 2024, com previsão de conclusão em maio do mesmo ano, de acordo com o cronograma apresentado abaixo:

Tabela 16 - Cronograma instalação sensores RFID

Fonte: Elaboração Própria



4.5 Melhoria e Otimização de Rotas

Este projeto de otimização de rotas de recolha de resíduos vai muito além da simples melhoria logística. Este projeto vai trazer impactos positivos ambientais, sociais e económicos, promovendo uma gestão de resíduos mais eficiente, sustentável e voltada para o bem-estar da comunidade. Ao otimizar as rotas de recolha de resíduos, é possível caminhar rumo a um futuro mais limpo, saudável e sustentável.

4.5.1 Contributo da Tecnologia Aplicada

Este projeto de otimização das rotas de recolha de resíduos, utilizando o *software* ArcGIS, abrange a recolha, análise e modelagem de dados geográficos, com o objetivo de identificar as rotas mais eficientes e sustentáveis. O uso de ferramentas geoespaciais proporciona à empresa resultados mais vantajosos em comparação com o *Solver*, uma vez que a recolha de dados é realizada de maneira totalmente automática. Além disso, o sistema ajusta dinâmica e continuamente os circuitos de recolha de resíduos de forma online, garantindo uma abordagem mais ágil e eficaz.

No que diz respeito ao projeto relacionado com a segurança, as viaturas de recolha de resíduos sólidos serão aprimoradas com a integração de sensores RFID, com a finalidade de garantir o uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) obrigatórios e assegurar a segurança da equipa de trabalho. Além disso, o sistema será complementado por um leitor de cartões RFID, permitindo o registo diário de ponto e, conseqüentemente, a verificação da presença dos tripulantes em tempo real.

4.5.2 Contributo da Metodologia e Procedimentos de Gestão de Rotas

O projeto de otimização logística de recolha de resíduos, utilizando a metodologia *Participatory Action Design Research* (PADR) seguiu um conjunto de etapas para se poder efetuar uma análise detalhada dos problemas existentes.

Com os problemas claramente identificados, os objetivos do projeto foram definidos, estabelecendo metas específicas para serem alcançadas. Nesta fase, foi considerado o uso de tecnologias de otimização de rotas, *software* e tecnologia RFID, para a tomada de decisão e implementação do projeto.

CONCLUSÃO

A implementação do projeto de recolha de resíduos permitiu a redução de 6 viaturas nos circuitos de recolha de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e de 4 viaturas na recolha seletiva. Proporcionou benefícios económicos ao diminuir os custos operacionais, além de benefícios ambientais, como a redução das emissões de gases de efeito estufa e congestionamento de tráfego. Houve também uma redução na necessidade de mão de obra, o que pode permitir a realocação de recursos para outras áreas. A contínua procura por melhorias na eficiência e sustentabilidade na gestão de resíduos é fundamental para o bem-estar da comunidade e do meio ambiente.

Conclui-se que os sensores de volumetria são eficazes na recolha do vidro, visto que o vidro é transparente e pesado e não obstrui a leitura dos sensores, permitindo medições precisas do volume do conteúdo. No entanto, em relação a materiais granulares, irregulares ou opacos, como produtos embalados em caixas ou plásticos, os sensores de volumetria podem apresentar imprecisões devido à obstrução do campo de visão. Portanto, os sensores de volumetria são mais adequados para a recolha de vidro em comparação com outros tipos de materiais. No entanto devido ao custo dos sensores, optou-se por fazer as leituras em modo de observação e registo no telemóvel.

A implementação de *tags* RFID (Identificação por Radiofrequência) na recolha de informações pessoais da tripulação e no uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) é exequível e de baixo custo.

No entanto, ao utilizar RFID para identificação da tripulação, é necessário obter consentimento prévio das pessoas envolvidas, garantir a anonimização e segurança dos dados recolhidos, definir um período adequado de retenção dos dados e estabelecer comunicação transparente sobre as políticas e práticas relacionadas ao uso de RFID.

No caso do monitoramento do uso de EPIs, as *tags* RFID podem ser integradas aos equipamentos, permitindo o controle de acesso a áreas restritas, o registo e monitoramento do uso adequado, o envio de alertas de segurança em caso de ausência de EPI e a gestão da conformidade às normas de segurança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E WEBGRAFIA

- AMPL. (2023, May). *AMPL*. <https://ampl.com>, acessido em 15 maio de 2023.
- APA. (2023, May). *APA - Agência Portuguesa do ambiente*. <https://apambiente.pt/>, acessido em 15 maio de 2023.
- Barreira, N. M. C. (2016). *Sistema Inteligente para Otimização de Rotas, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores*. FCT da Universidade Nova de Lisboa.
- BH Technologies. (2023, April). *BH Technologies*. <https://bh-technologies.com/villes-intelligentes/>, acessido em 14 abril de 2023.
- Bilandzic, M., & Venable, J. R. (2011). Towards Participatory Action Design Research. In R. University (Ed.), *Towards Participatory Action Design Research* (p. 5).
- Bucher. (, June). *BUCHER municipal*. <https://www.buchermunicipal.com/int>
- C.M.Mafra. (2023, May). *Camara Municipal de Mafra*. https://www.cm-mafra.pt/pages/1129?news_id=2025
- Chalkias, C., & Lasaridi, K. (2011). *Benefits from GIS Based Modelling for Municipal Solid Waste Management*, Harokopio University. <https://doi.org/154920afe00c7c04ec9232b13c8ca35f38894904>
- Costa, F. (2013). *Tecnologias de Apoio à Monitorização de Fluxos de Pessoas e Controlo de Acessos Versátil de Baixo Custo*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, ISEC.
- Dobkin, D. (2013). *The RF in RFID* (E. Inc. (ed.); second edi). ElsevierInc. <https://books.google.com/>
- Erdoğan, G. (2013). *User's Manual for VRP Spreadsheet Solver*. 18. <http://verolog.deis.unibo.it/vrp-spreadsheet-solver>, acessido em 13 abril de 2023.
- Espanha, B. G. P. (2020). *Otimização dos circuitos de recolha de resíduos urbanos indiferenciados no Concelho de Silves, Mestrado em Engenharia do Ambiente*, Universidade do Algarve.

- ESRI. (2023a, March). *ESRI*. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/field-operations/overview>, acessido em 11 de março de 2023.
- ESRI. (2023b, April). *ESRI*. <https://www.esri.com/en-us/about/about-esri/overview>, acessido em 11 de abril de 2023.
- EVOX. (2023a, April). *EVOX*. <https://evox.pt/produtos>, acessido em 11 abril de 2023.
- EVOX. (2023b, July). *360Waste*. <http://www.360waste.pt/>, acessido em 11 abril de 2023.
- Fundação Francisco Manuel dos Santos. (2023, April). *Fundação Francisco Manuel dos Santos*. <https://www.pordata.pt/censos/quadro-resumo-municipios-e-regioes/mafra-577>, acessido em 22 abril de 2023.
- Google.(2023). *GoogleOR-Tools*, <https://developers.google.com/optimization?hl=pt-br>, acessido em 22 abril de 2023.
- Google Earth. (2023, June). *Google Earth Pro*. <https://earth.google.com>, , acessido em 11 abril de 2023.
- IBM. (2023, May). *ILOG CPLEX*. <https://www.ibm.com/products/ilog-cplex-optimization-studio/cplex-optimizer>, acessido em 11 abril de 2023.
- Martinho, M. da G. M., & Gonçalves, M. G. P. (2000). *Gestão de Resíduos*. Universidade Aberta. Lisboa.
- Martins, N. M. R. (2015). *Análise e optimização da recolha de resíduos: Contributos de um SIG para a área de gestão assegurada pela CMPorto*. Instituto Politecnico de Viana do Castelo.
- OLIMEC. (2023, June). *OLIMEC*. <https://olimec.pt/equipments>, , acessido em 13 abril de 2023.
- Optaplanner. (2023, May). *OptaPlanner*. <https://www.optaplanner.org/>, acessido em 13 abril de 2023.
- Rada, E. C., Ragazzi, M., & Fedrizzi, O. (2013). *Web-Gis oriented systems viability for municipal solid waste selective collection optimization in developed and transient*

Otimização Logística na recolha de resíduos

economies. University of Trento.

RESITUL. (2023, May). *RESITUL*. <https://www.resitul.pt/produtos/carga-traseira/>,
acedido em 13 abril de 2023.

ROS-ROCA. (2023, July). *Ros Roca*. <https://www.rosroca.es/>,
acedido em 13 abril de 2023.

RouteSmart. (2023, May). *RouteSmart Technologies*. <https://www.routesmart.com/>,
acedido em 13 abril de 2023.

Seo, S., Aramaki, T., Hwang, Y., & Hanaki, K. (2004). Environmental Impact of Solid Waste Treatment Methods in Korea. *Journal of Environmental Engineering*, 130(1), 81–89. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9372\(2004\)130:1\(81\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9372(2004)130:1(81))

SUMA, S. A. (2023, June). *SUMA, S.A.* <https://www.suma.pt/>,
acedido em 13 abril de 2023.

Tavares, G., Zsigraiova, Z., Semiao, V., & Carvalho, M. G. (2009). Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modelling, *Waste Management*, 29, 1176–1185.

Tratolixo. (2023, July). *Tratolixo*. <https://www.tratolixo.pt/>,
acedido em 13 abril de 2023.

ANEXOS

LEITOR RFID FIXO

O leitor de RFID fixo FX7500 da Zebra apresenta tecnologia avançada de rádio RFID para taxas de leitura mais rápidas e precisas e desempenho mais consistente, mesmo em ambientes desafiadores. O rádio FX7500 é emparelhado com uma arquitetura de rede baseada em Linux mais flexível que integra as ferramentas e interfaces de padrão aberto necessárias para implantação rápida e fácil com RFID e aplicativos de *back end*. O resultado é um leitor de RFID fixo que define um novo padrão de desempenho — oferecendo desempenho máximo em todos os momentos com excelente sensibilidade do leitor e melhor rejeição de interferência, a um custo menor por ponto de leitura. O FX7500 apresenta a nova tecnologia de rádio de alto desempenho, configurações de leitor de 2 e 4 portas, 512 MB Flash/256 MB RAM e muito mais.

Fonte: <https://www.barcodesinc.com/zebra/part-fx7500-42320a50-us.htm>

PRODUCT SPEC SHEET
ZEBRA FX7500



ZEBRA

FEATURES

All-new high performance radio technology

Higher sensitivity, improved interference rejection and echo cancellation means you get the best-in-class dense reader mode performance, up to 1200+ tags/sec in FMD mode.

Integrated Power Over Ethernet (POE), optically isolated GPIO, USB Client and Host ports with Wi-Fi and Blue-tooth connectivity

All the tools you need for fast, easy deployment and simplified ongoing management of your RFID applications are built right into the FX7500 architecture.

2-port and 4-port reader configurations

More configuration options mean more flexibility to optimize your read field. Deploy precisely the number of read points you need for proper coverage, no more, no less, and reduce your TCO.

Plenum Area Rated

The FX7500 is approved and suitable for environmental air handling space installation, so it can operate effectively within walls and ceilings.

Support for worldwide standards (FCC, ETSI EN 302 208) in either 2-port and 2-port mono-static antenna configurations

- EPC standards-based defined reader management

ZEBRA FX7500

ADVANCED FIXED RFID READER FOR BUSINESS CLASS ENVIRONMENTS

BETTER PERFORMANCE. BETTER VALUE. THAT'S WHERE WE STARTED.

You know that the right RFID solution can help you keep track of the people and products that matter most to you — and save valuable time and money in the process — but only if the technology can capture data quickly, accurately and cost-effectively enough to keep up with your business. The faster your business moves, the more your business-critical applications will demand from an RFID reader. And these days, no one is slowing down their pace of business. RFID begins with the radio. So that's where Zebra began with the FX7500 Fixed RFID Reader. We created a new RFID radio technology, purposely designed from the ground up for faster, more accurate read rates, and more consistent performance even in challenging environments. This software-based radio technology effectively future-proofs your RFID investment by delivering flexibility to implement future upgrades and improvements with minimal investment. Then we paired that radio with a new, more flexible Linux-based network architecture that integrates the tools and open-standard interfaces you need for fast, easy deployment with your RFID and back-end applications. The result is a fixed RFID reader that sets a new performance standard — delivering peak performance at all times with excellent reader sensitivity and better interference rejection, at a lower cost per read point. It works better. It costs less.

EASY TO DEPLOY, SIMPLE TO MANAGE — IN ANY ENTERPRISE, LARGE OR SMALL

Ever wished you could minimize the gap between your technology dream and its reality? Everything about the FX7500 is designed to get your RFID plan off the drawing board and into your business environment, without delays, complications or unexpected costs. Installation is dead simple. Hang the supplied bracket, then snap the reader in place. No outlet nearby? No problem. Integrated Power over Ethernet (PoE) lets you place the FX7500 where it is needed without installing extra outlets — ideal for large open areas. Once plugged into the network, devices are auto-detected, for most applications, pre-defined configuration files and a built-in testing tool let you simply verify that your FX7500 readers are up, running and ready to operate. Port configuration options let you deploy exactly the number of read points you need — no need for expensive overlaps. For large scale global deployments, the FX7500 helps reduce costs by conforming out-of-the-box with major worldwide RFID standards and interfaces, including FCC and ETSI EN 302 208, LLRP and Reader Management. IPv6, FIPS and TLS compliance help ensure network security. A built-in USB host port with select third party adaptors provides easy connectivity with Wi-Fi and Bluetooth networks. Add the FX7500's Auto mode configuration and third-party application hosting capabilities, and you have an unbeatable workhorse that is adaptable to multiple application environments — the ideal platform for your RFID solution.

SMART LOOKS, SMART INVESTMENT

The FX7500 comes in a sleek, attractive form factor with a low profile and compact footprint, at home in nearly any business environment. But it also looks good on the balance sheet, with an impressive array of integrated features and functionality that pack value for your business class applications. An integrated optically isolated General Purpose Input/Output (GPIO) interface means there's no need to purchase, install and manage additional hardware. The ability to host productivity-enhancing, third-party software tools, like Microsoft BizTalk and IBM's Web Sphere, makes it easy to support your business operations. Available two or four mono-static port option adds deployment flexibility so you

ANTENA RFID ALIEN



ALR-8698

LOW VSWR/AXIAL RATIO ANTENNA

The Alien Technology ALR-8698 is a high-performance, worldwide, circular-polarized antenna for use in demanding applications. Both the ALR-8698 and ALR-8697 antenna utilize the same form-factor but offer different gain. The ALR-8698 is a 11dBic (US)/ 10dBic (EU) gain antenna for use with Alien's mid-range readers.

FEATURES

- Extremely low VSWR and axial ratio
- Wide band antenna for worldwide applications
- Low Profile
- Weather and UV resistant radome (IP67)
- Reverse polarity TNC connector
- RoHS EU 2002/95/EC compliant

APPLICATIONS

- Warehouses
- Distribution centers
- Airports and hospitals
- Transit terminals
- Conveyor belts

| Benefit | Enabled By: | What does this mean to me? |
|------------------------------------|------------------------------------|--|
| Wide band antenna | 865 - 928 MHz antenna | Single antenna for worldwide usage |
| A thin antenna with no protrusions | Low profile | Enables mounting where objects may otherwise hit or damage a larger antenna |
| Built to keep the elements out | Weather and UV resistant | Designed for a variety of inside and outside applications that demand a robust IP67 antenna |
| Highly efficient antenna | Extremely low VSWR and axial ratio | Read tags in challenging environment and/or at greater distances. Very robust read capability regardless of tag orientation. |

The Alien Technologies ALR-8698 antenna is circularly polarized panel antenna that provides reception and transmission of signals in the 865-928 MHz frequency band. The design methodology achieves maximum efficiency and performance across the entire frequency band and tag orientations.



Both VSWR and axial ratios are both excellent and allow the user to achieve the maximum performance for an antenna of this type. The antenna is housed in a heavy duty radome enclosure that can be directly wall mounted via standard VESA mounting techniques.

Both the ALR-8698 and ALR-8697 antenna have exactly the same footprint so can be interchanged if needed and both have the same inset reverse TNC connector that helps to protect it from knocks and damage.

Fonte: <https://www.alientechnology.com/products/antennas/alr-8697-8/>

ANTENA EXTERIOR KASER



Passa o rato por cima da imagem para ampliar



KASER LPDA Antena 4G 5G LTE Exterior Mimo direcional 698-2700 | 3300-3800 MHz Ganho até 12 dBi compatível com Router 4 g 5 g conector N-SMA com adaptador TS9 cabo de baixa perda 10 metros

Marca: KASER

4.3 319 avaliações

Escalão de Amazon para "antena 4g"

113,99 €

Por favor verifique o preço final do produto durante o processo de compra, pois a taxa de IVA que corresponde à sua morada de entrega apenas será calculada nesse momento. [Ver detalhes](#)

1 Descubra las Tarjetas regalo de Amazon.es que se pueden utilizar para comprar millones de productos en Amazon.es. [Ver más](#)

| | |
|----------------------|--------------------------|
| Marca | KASER |
| Cor | Preto |
| Impedância | 50 Ohmio |
| Alcance máximo | 10 Metros |
| Dimensões do produto | 16 x 59 x 22 centímetros |
| CxLxA | |

<https://www.amazon.es/>

[/pt/dp/B09CWCDMDK/ref=sr_1_8?keywords=antena+rfid&qid=1689848646&sprefix=%2Caps%2C111&sr=8-8](https://www.amazon.es/pt/dp/B09CWCDMDK/ref=sr_1_8?keywords=antena+rfid&qid=1689848646&sprefix=%2Caps%2C111&sr=8-8)

CABO ETHERNET CAT 6



Passa o rato por cima da imagem para ampliar



Cabo Ethernet Cat 6, cabo de rede 80 metros exterior bobina impermeável UTP cabo de instalação 23 AWG cabo internet de alta velocidade Gigabit cabo LAN longo cabo RJ45 branco cabo de conexão

Visto a Loja da Sobbe (em Espanhol)

4.4 221 avaliações

49,80 € (0,62 € / metro)

Por favor verifique o preço final do produto durante o processo de compra, pois a taxa de IVA que corresponde à sua morada de entrega apenas será calculada nesse momento. [Ver detalhes](#)

Cupão: Aplicar cupão de 6% [Comprar produtos >](#) | [Termeos](#)

1 Descubra las Tarjetas regalo de Amazon.es que se pueden utilizar para comprar millones de productos en Amazon.es. [Ver más](#)

Tamanho: **80 Metros**

| | | | | |
|---|--|--|--|---|
| 30 Metros 26,40 € (0,88 € / metro) | 40 Metros 30,40 € (0,76 € / metro) | 50 Metros 38,63 € (0,77 € / metro) | 60 Metros 43,70 € (0,73 € / metro) | 80 Metros 49,80 € (0,62 € / metro) |
| 100 Metros 55,90 € (0,56 € / metro) | | | | |

| | |
|---|---|
| Marca | Sobbe |
| Tipo de cabo | Ethernet |
| Dispositivos compatíveis | Console de jogos, Notebook, Carregador portátil, Televisão, Modem, Computador pessoal |
| Funcionalidade especial | Alta velocidade |
| Utilizações recomendadas para o produto | Interior |