

Universidade Fernando Pessoa

Mestrado em Engenharia Informática Ramo da Computação Móvel

Paulo Filipe Seabra Bento

Gestão de Dados sobre o Consumo em Autocarros
Eléctricos

Porto, maio de 2021

Orientador: Prof. Doutor Luís Borges Gouveia



Universidade Fernando Pessoa
Praça 9 de Abril, 349
P-4249-004 Porto
Tel. +351-22550.13.00
Fax. +351-22550.82.69
geral@ufp.pt

Resumo

O problema que este trabalho pretende resolver, trata da realidade existente na empresa STCP, e a sua necessidade de carregar autocarros elétricos (mantendo operacional o serviço que estes realizam). O foco principal deste trabalho é desenvolver ferramentas, que possibilitem a facilidade de análise destes carregamentos, para que sejam feitos da forma mais eficiente possível. Sendo que devido às características destes veículos, como peso, do próprio veículo e carga (Kivekäs et al., 2019), tal como pessoas e suas bagagens, a autonomia não é suficiente, se o AE não tiver bateria suficiente, para efetuar todo o percurso da linha pré-estabelecida pela STCP, que atualmente um autocarro a diesel ou a gás natural, consegue fazer. Evidentemente o processo de abastecimento para um autocarro do tipo elétrico é muito mais moroso e de caráter seletivo, já que os postos de abastecimento para este tipo de veículo são escassos e com essas condições em conta, é necessário efetuar um planeamento para que a utilização dos autocarros elétricos seja feita da forma mais otimizada. O plano inicial estabelecido pela empresa, STCP, é que os novos autocarros elétricos passem a circular no centro da cidade do Porto, deixando progressivamente de serem usados os autocarros de outros tipo de combustível nos centros das cidades, onde o foco de poluição, tal como dito por Abbasi, 2018, é maior, e onde o autocarro com uma autonomia menor pode ficar mais próximo do ponto de recarga, tirando o máximo partido do veículo. Assim sendo o objetivo das ferramentas desenvolvidas neste trabalho é o de retirar análises estatísticas, ou gráficos, a partir de um conjunto de dados pré existente e fornecido pela STCP, acerca dos carregamentos dos autocarros elétricos e, com essa informação, ajudar a determinar quais serão os melhores horários para carregamentos e subsequentemente ajudar a criar um calendário para garantir que os carregamentos e distribuição são feitos na melhor altura. Este estudo, não só irá permitir tirar o máximo partido do potencial destes veículos, como certamente ajudará nas despesas, visto que as recargas serão feitas apenas quando necessário e de uma forma, em que não ocorra desperdício. A ferramenta em questão será uma aplicação que irá ler os dados a partir de uma base de dados e processando os mesmos apresentará estatísticas(gráficos) mais ou menos complexas que ajudarão

a tomar as decisões necessárias para tirar o melhor partido dos recursos disponíveis.

Palavras-chave: Autocarro elétrico; poluição; pontos de recarga; distribuição; consumo

Abstract

The problem addressed in this dissertation, relates to a reality that exists in the company STCP, and it's need to charge electric buses (maintaining the current services available). The main focus is to develop tools that aid in the analysis of the charging process, so that these are done in the most efficient way. Even with the characteristics of these vehicles, such as weight, of the vehicle itself plus the load, (Kivekäs et al., 2019) that it will carry people and their baggage, the battery autonomy is not enough, if the bus does not have sufficient battery, to carry out the entirety of the route pre-established by STCP, which currently a diesel or natural gas bus, is able to complete. Evidently the supply process for an electric bus is slower and more selective, since the supply posts for this type of vehicle are scarce and with these conditions in mind, it is necessary to have a plan so that the utilization of these types of vehicles is done in the most effective manner. The initial plan defined by STCP, is that the new electric buses will circulate in the center of the city of Porto, progressively removing the need for other types of buses that use more harmful fuels in the centers of cities, where the pollution focus is greater, as said by Abbasi, 2018, and where a bus with a lower autonomy can stay closer to the charging station, therefore extracting the most value out of the vehicle. That being said, the objective of the developed tools is to withdraw stats, or graphs, from preexisting data provided by STCP, about the charges of electric buses, to allow to determine when are the most strategic times to charge and subsequently, help to, come up with a schedule to ensure the charges and distribution are made at the right time. This study will not only allow to withdraw the most potential from these vehicles, but will certainly help in the costs, since charges will only happen when necessary and in a way that there's no waste. The above mentioned tool will be an app which will read data from a database and process the data, it will show stats(graphs) more and less advanced which will help to make the needed decisions to take full advantage of the available resources.

Keywords: Electric bus; pollution; recharge points; distribution; consumption

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Luís Borges Gouveia, por toda a atenção e disponibilidade que demonstrou no processo de desenvolvimento da minha dissertação.

Também gostaria de agradecer aos restantes professores e comunidade da Universidade Fernando Pessoa, por toda a ajuda que prestaram, no meu processo académico.

Agradeço também à STCP pela oportunidade e especialmente ao Administrador Executivo STCP, Eng.º Ângelo Oliveira, Eng.º Carlos Abreu e Eng.º Jorge Dias, que se mostraram sempre disponíveis e foram uma parte essencial neste trabalho.

Por último agradeço à minha família e amigos por me terem oferecido esta oportunidade e ajudado nesta etapa da minha vida académica.

Obrigado a todos.

Tabela de conteúdos

Índice de figuras	11
Índice de tabelas	12
Acrónimos	13
1. Introdução	14
1.1. Contexto e relevância	15
1.2. Motivação para o trabalho	16
1.3. Problema e desafios	16
1.4. Objetivos do trabalho	17
1.5. Limitações do trabalho	19
1.6. O trabalho realizado	20
1.7. Estrutura do trabalho	23
2. Revisão da literatura	24
2.1. Introdução	25
2.2. Organização dos temas de acordo com as palavras chave e os conceitos de suporte para a realização do trabalho	25
2.3. Resumo do capítulo	28
3. Proposta	28
3.1. Introdução	29
3.2. Abordagem metodológica	29
3.3. Proposta de resolução	30
3.3.1. Requisitos funcionais	31
3.3.2. Requisitos não funcionais	33
3.3.3. Requisitos de sistema	33
3.4. Arquitetura da aplicação	34
3.4.1. Diagrama de casos de uso	34
3.4.2. Diagrama de base de dados	35
3.4.3. Diagrama de atividade	36
3.4.4. Diagrama de sequência	37
3.5. Estratégias e instrumentos de recolha de dados	38
3.6. Resumo do capítulo	38
4. Resultados obtidos	38
4.1. Introdução	40
4.2. Apresentação dos resultados	42
4.3. Discussão dos resultados	57
4.4. Resumo do capítulo	59
5. Conclusões e Trabalho Futuro	61
5.1 Introdução	61

5.2 Resultados obtidos	62
5.3 Revisitar os objetivos	62
5.4 Limitações do trabalho	63
5.5 Trabalho futuro	64
Referências	65
Anexo A - Código Python associado	69

Índice de figuras

Figura 1	21
Figura 2	22
Figura 3	22
Figura 4	26
Figura 5	33
Figura 6	34
Figura 7	35
Figura 8	36
Figura 9	37
Figura 10	40
Figura 11	42
Figura 12	42
Figura 13	43
Figura 14	43
Figura 15	44
Figura 16	44
Figura 17	45
Figura 18	46

Figura 19	47
Figura 20	47
Figura 21	48
Figura 22	48
Figura 23	49
Figura 24	49
Figura 25	51
Figura 26	51
Figura 27	52
Figura 28	52
Figura 29	53
Figura 30	53
Figura 31	54
Figura 32	54
Figura 33	55
Figura 34	55
Figura 35	56
Figura 36	56

Índice de tabelas

Tabela 1	17
Tabela 2	17
Tabela 3	18
Tabela 4	18
Tabela 5	30
Tabela 6	32
Tabela 7	32

Acrónimos

STCP - Sociedade de Transportes Coletivos do Porto

AE - Autocarro elétrico

CSV - *Comma Separated Value* (Conteúdo do ficheiro separado por vírgulas)

SGBD - Sistema de Gestão de Base de Dados

BD - Base de Dados

EC - Energia Carregada

QP - Quilómetros Percorridos

Km - Quilómetros

IA - Inteligência Artificial

ML - *Machine Learning*

JIT - *Just In Time*

LLVM - *Low Level Virtual Machine*

SAEi - Sistema de apoio à exploração

ODBC - *Open Database Connectivity*

VSP - Problema de escalonamento de veículos

1. Introdução

1.1. Contexto e relevância

Atualmente, tem sido prestada muita atenção aos problemas ambientais causados por transportes, apesar do uso de transportes públicos ser fortemente aconselhado para diminuir a pegada ecológica deixada por veículos que usam combustíveis fósseis. Os autocarro a diesel e gás natural pertencem ao grupo de veículos responsáveis pelo aumento da pegada, fazendo com que o uso de autocarros elétricos seja o caminho mais natural e que faz mais sentido de modo a diminuir o impacto ambiental causado pelos meios de transporte, tal como se pode verificar nesta afirmação de Gao et al. (2018):

“In recent years, more and more attention has been paid to energy and environment problems such as global energy shortages, serious pollution, and global climate change. Electric vehicles (EVs) have unparalleled advantages in alleviating the energy crisis, improving the environmental pollution, and promoting the harmonious development of humans and the environment.” (Gao et al., 2018).

Naturalmente, a transição de várias frotas de equipamento como autocarros a diesel e gás natural, com elevados custos de produção e de infraestruturas para abastecimento, não será tão linear como idealizado. Cada autocarro a diesel tem, em média, uma esperança de vida de 10 a 15 anos (segundo a informação operacional facilitada pela empresa), sendo que este tempo é necessário para que o investimento feito no veículo seja lucrativo para a empresa STCP (Carvalho and Ferreira, 2018).

Adicionalmente, ao introduzir uma quantidade significativa de AEs (autocarros elétricos), na frota existente poderá levar a problemas futuros, como dito pelos autores de Houbbadi et al. (2019), sendo que uma das maiores dificuldades de carregar um elevado número de AEs, é o impacto potencial na infraestrutura elétrica do local onde vão ser carregados os veículos, e também nas baterias dos autocarros, visto que o carregamento em massa de AEs pode levar a um aumento

na quantidade de eletricidade necessária para carregar e subsequentemente, pode levar a um aumento de custo.

Uma possível solução é, distribuir os períodos de carregamento, permitindo diminuir os potenciais impactos na degradação da bateria, assim como dito por Houbbadi et al. (2019).

Neste trabalho, pretende-se criar uma aplicação que faça a leitura de dados de uma base de dados, neste cenário particular, pertencente à STCP. A leitura de dados deverá ser efetuada a partir de um ficheiro CSV, que por sua vez irá ser importado para uma base de dados do tipo SQL Server. Seguidamente, usando as bibliotecas do Python, de conectividade à BD Pyodbc, para conectar à base de dados e a biblioteca de leitura de dados, Pandas, a leitura será feita sobre o formato de DataFrame e os gráficos serão gerados a partir desta estrutura de dados e por fim exportados para um documento PDF, para consulta.

Com os dados lidos da base de dados, será possível extrapolar estatísticas e criar gráficos que ajudarão a tomar as decisões necessárias, para tirar o melhor partido dos autocarros elétricos.

1.2. Motivação para o trabalho

A motivação do tema advém da necessidade de resolver um problema concreto, isto é, a empresa STCP renovou e adquiriu novos AEs, para a sua frota, isto implica um novo processo na gestão da frota, processo esse que promove a pesquisa na política de descarbonização. A tendência, atualmente é eletrificação, assim como dito por Wang et al. (2020), a todos os níveis de transporte, pessoal ou público, devido à maior sustentabilidade e menor impacto ambiental que os veículos elétricos têm no quotidiano, por estas razões a empresa STCP, optou por seguir esta abordagem e colocar o futuro dos transportes públicos em AEs.

Além disso, a necessidade da realização deste trabalho está diretamente relacionada com as necessidades da cidade do Porto, visto que a empresa STCP é uma parte importante do quotidiano dos seus cidadãos. Assim sendo o autor deste projeto, um utilizador dos transportes desta empresa, este tema tem relevância

peçoal, assim como evidencia todas as características de um trabalho desafiante e interessante, com importância a uma grande escala.

1.3. Problema e desafios

O problema a ser abordado aqui pode ser dividido em duas partes essenciais. Uma primeira parte em que se pretende saber como tirar o melhor partido das características de autocarros elétricos tendo em conta a sua baixa autonomia e o tempo de recarga, pois tal como carros elétricos a distância possível de percorrer com um AE, é ainda um fator limitante, o que desacelera a adoção dos mesmos no mercado atual (Beeckers et al., 2019), assim como o tempo de carregamento, e uma segunda parte que consiste em definir uma estratégia de carregamentos e distribuição, utilizando os resultados da aplicação desenvolvida, para que permita acomodar as falhas dos veículos, a autonomia limitante e o longo período de carregamento, que não permite mais que 59,33 km por serviço, em média, e o tempo de recarga, que implica o AE, estar parado enquanto o processo decorre, e demora 5,03h (5 horas e três minutos), em média, embora este valor possa induzir em erro, uma vez que há carregamentos superiores a 12h e inferiores a 1h.

A aplicação a ser desenvolvida pretende, recorrendo a estatísticas, permitir e facilitar a resolução dos problemas descritos anteriormente. Recorrendo a recursos como a linguagem de programação Python, é possível obter estatísticas a partir dos dados fornecidos pela empresa STCP e ajudar a conceber soluções para este problema.

O problema aqui descrito pode ser equiparado a um problema semelhante encontrado na Suécia, tal como está descrito na dissertação de doutoramento de Xylia, (2018). Este é um problema que ocorre não só na Suécia, mas em todo o mundo, e como tal deve ser de preocupação global: ter consciência e responsabilidade para o uso de transportes públicos e, se possível, cada país deve colocar em circulação transportes públicos elétricos. Esta ocorrência proporcionará uma grande ajuda na redução da pegada humana global (Xylia, 2018).

1.4. Objetivos do trabalho

Os objetivos a serem alcançados neste trabalho incluem estruturar os dados brutos, fornecidos pela empresa e sistema de carregamento. A partir desses dados, é necessário estabelecer relações entre as grandezas em análise, isto é, consumos, horários e tempos de carregamentos são algumas das variáveis disponíveis sobre as quais se podem estabelecer as relações desejadas, a pedido da STCP, foi foco no trabalho, consumos e usos.

As tabelas 1 a 4 apresentam uma amostra do tipo de dados que foram fornecidos e usados neste trabalho.

Na tabela 1 a coluna DIA, corresponde à data da entrada dos dados, ou seja, o que uma viatura fez numa determinada linha nessa data, a coluna ID_SERVICO é o identificador único para o que foi realizado numa certa data e por uma viatura e linha específicas, VIATURA diz respeito ao número da viatura, também é um identificador único que representa uma viatura, o mesmo se aplica para a coluna LINHA, que representa uma linha, QTD_SERVICOS indica o número de serviços efetuados numa determinada data por uma determinada viatura e linha, a coluna DTHR_PRIMEIRO_SRV_INI, corresponde à data do começo do primeiro serviço.

1	DIA	ID_SERVICO	VIATURA	LINHA	QTD_SERVICOS	DTHR_PRIMEIRO_SRV_INI
2	9/1/2019	10237987	1302	902	1	01/09/2019 13:00:47
3	9/1/2019	10237910	1303	402	1	01/09/2019 13:23:53
4	9/1/2019	10238015	1304	704	1	01/09/2019 16:24:30
5	9/1/2019	10239323	1305	504	1	01/09/2019 18:01:00

Tabela 1: Exemplo de dados da STCP

Na tabela 2, a coluna DTHR_ULTIMO_SRV_FIM, indica a data final do último serviço, SEGUNDOS_SERVICO, indica duração em segundos do serviço em questão, KMS_SERVICO, representa a distância percorrida em Km, DTHR_SRVSEG_INI, diz respeito à data inicial do serviço seguinte, pode ser no dia seguinte por exemplo, e QTD_CARREG, diz respeito à quantidade de carregamentos feitos.

1	DTHR_ULTIMO_SRV_FIM	SEGUNDOS_SERVICO	KMS_SERVICO	DTHR_SRVSEG_INI	QTD_CARREG
2	01/09/2019 19:31:38	23451	92,6	02/09/2019 05:52:53	1
3	01/09/2019 17:09:30	13537	53,1	02/09/2019 05:52:24	2
4	01/09/2019 20:43:54	15564	84	02/09/2019 06:52:29	1
5	02/09/2019 00:30:00	23340	111,5	02/09/2019 06:47:31	1

Tabela 2: Exemplo de dados da STCP

Quanto à tabela 3, DTHR_PRIMEIRO_CARREG_INI, representa a data inicial do primeiro carregamento e DTHR_PRIMEIRO_CARREG_FIM, a data final do primeiro carregamento. DTHR_ULTIMO_CARREG_INI, indica a data inicial do último carregamento e DTHR_ULTIMO_CARREG_FIM, a data final do último carregamento.

1	DTHR_PRIMEIRO_CARREG_INI	DTHR_PRIMEIRO_CARREG_FIM	DTHR_ULTIMO_CARREG_INI	DTHR_ULTIMO_CARREG_FIM
2	01/09/2019 19:19:34	01/09/2019 22:06:04	01/09/2019 19:19:34	01/09/2019 22:06:04
3	01/09/2019 17:03:06	02/09/2019 02:15:23	02/09/2019 02:15:46	02/09/2019 05:41:42
4	02/09/2019 02:08:27	02/09/2019 06:35:38	02/09/2019 02:08:27	02/09/2019 06:35:38
5	01/09/2019 21:38:00	02/09/2019 02:11:55	01/09/2019 21:38:00	02/09/2019 02:11:55

Tabela 3: Exemplo de dados da STCP

Na tabela 4, SEGUNDOS_CARREG, é a diferença em segundos, entre o fim do último carregamento e o início do primeiro, ENERGIA_CARREG corresponde à energia carregada ou gasta nos serviços em kWh, KMS_CARREG indica a quantidade de Kms carregados, essencialmente é mais uma medida para indicar dados de carregamento. PERC_BATERIA_INI, é representativo da percentagem de bateria com que o AE começou a ser carregado e PERC_BATERIA_FIM, representa a percentagem final aquando do fim do carregamento. DTHR_INSERT, corresponde ao dia em que os dados foram extraídos, e a coluna NUM_VALIDACOES contém o número de vezes que os passes dos utilizadores foram validados durante o serviço em questão, ou seja, indica quantos passageiros foram transportados.

SEGUNDOS_CARREG	ENERGIA_CARREG	KMS_CARREG	PERC_BATERIA_INI	PERC_BATERIA_FIM	DTHR_INSERT	NUM_VALIDACOES
9990	1110996,00	0,00	42	100	3/1/21 4:29	418
45493	86594469,00	75,4	60	100	3/1/21 4:29	100
16031	1065115,00	116,8	46	99	3/1/21 4:29	152
16435	1653547,00	101,2	12	100	3/1/21 4:29	264

Tabela 4: Exemplo de dados da STCP

Neste caso específico foram requisitadas informações relativamente ao veículo, isto é, obter estatísticas sobre o AE relativamente a um dia da semana, ou mês, e da mesma forma obter o mesmo tipo de estatística acerca da linha face ao dia da semana e mês, e os dois tipos de dados em conjunto, isto é, uma abordagem de perspetiva de um dia específico da linha e veículo, será importante nos casos mencionados.

1.5. Limitações do trabalho

Uma das limitações do trabalho é a recolha de dados suficientes para providenciar os resultados mais fidedignos possíveis, sendo que estes dados são fornecidos pela empresa STCP, e como tal, a obtenção desses dados está dependente de experiências realizadas pelos autocarros da STCP e, por isso, o conjunto existente de dados disponível é limitado, e com alguns erros, nomeadamente dados inválidos, como carregamentos nulos, e dados que não correspondem aquilo que é pretendido.

A validação dos resultados obtidos neste trabalho, nomeadamente os gráficos obtidos, poderão ser testados usando essa informação para tomar decisões e elaborar uma estratégia de acordo com os resultados fornecidos pela aplicação e validando esta estratégia num contexto real, sendo este contexto o uso de autocarros elétricos em linhas e percursos reais da STCP para que possam ser validados os resultados fornecidos pela aplicação.

Os AEs têm dois grandes fatores que são as maiores limitações e razões para ainda não serem a norma, limitação da autonomia da bateria e o tempo de alargado de carregamento, assim descrito por Abbasi (2018). No entanto, deve ser referido que estas são limitações do AE e não do trabalho aqui produzido.

Um dos maiores impedimentos será os resultados contaminados devido à pandemia global que se instanciou nos anos de 2019, 2020 e 2021 e como tal será de esperar que os resultados não sejam tão fidedignos quanto o expectável, comparando com os resultados antes da pandemia, visto que por exemplo, é previsível que menos pessoas tenham utilizado transportes públicos nestas condições, e logicamente isso baixará a carga e subsequente peso do autocarro, resultando em menos esforço necessário a realizar pelo veículo e num aumento da duração e longevidade da bateria, sendo assim este um exemplo de um teste não tão fidedigno como o desejável (Beeckers et al., 2019).

1.6. O trabalho realizado

A aplicação desenvolvida, tem como premissa ler dados de uma base de dados, para a realidade da STCP, o SGBD utilizado é SQL Server. A aplicação usa Python

como ferramenta de back-end, isto é, todas as operações de leitura de dados e ficheiros, conversões, e geração de gráficos é potenciada pelo recurso a Python e a algumas das bibliotecas mais conhecidas e úteis para o propósito. As utilizadas nesta instância foram:

- *Matplotlib*, usado para traçar diferentes gráficos, entre muitos, histogramas, gráficos de fatias e gráficos de barras. Também tem a versatilidade de ser a biblioteca utilizada para exportar os gráficos em formato PDF (Tripathi, 2020);
- *OpenCV* é uma biblioteca que tem várias funcionalidades no âmbito de interpretação de imagens, permite aplicar filtros, análise de movimentos, reconhecimento de padrões, (Marengoni et al., 2010);
- *Numba*, um compilador JIT, que converte instruções de Python em código máquina rápido com o auxílio de LLVM e do pacote *llvmlite*, (Numba, 2018);
- *hashlib*, para calcular o hash de um conjunto de informação, esta biblioteca tem vários algoritmos de hash seguro, um deles, o md5, que foi usado neste trabalho, e que é um algoritmo que produz com 128 bits em 32 caracteres, (docs.python.org/3/, 2021);
- *Numpy*, usada pelo seu potencial, de vetores ou listas n-dimensionais, que são, essencialmente, um conjunto de dados guardados numa única estrutura. Também as suas funcionalidades de funções de álgebra básica foram usadas (Tripathi, 2020);
- *datetime*, esta biblioteca foi usada para manipular os dados no formato de data, tempo, e data e tempo, possui métodos para converter texto em datas e vice-versa (datetime, 2021);
- *Pyodbc*, permite não só abrir uma ligação à base de dados, como fazer a própria leitura dos dados, facilitando a execução de queries, e facilita aceder a BDs ODBC, (Erskine, 2020);
- *Pandas*, permite a estruturação dos dados em listas e mapas, que são estruturas de dados que facilitam a manipulação da informação lida da base de dados assim como facilita a leitura de ficheiros CSV, (Tripathi, 2020);

Ficheiros do tipo CSV, são ficheiros cujos dados estão separados por um carácter específico, tipicamente uma vírgula, e são a forma, para esta aplicação, de como os dados de Excel fornecidos pela STCP são inseridos na base de dados, basta apenas gerar um documento do tipo CSV a partir do conjunto de dados originais,

renomear o documento com o nome “*oracleData.csv*”, colocar o ficheiro dentro do diretório “data” e de seguida iniciar a aplicação, esta ação resultará em importar o ficheiro CSV para a base de dados e conseqüentemente a leitura desses dados é feita a partir da BD via Pyodbc. A importação do ficheiro CSV, só é realizada se o resultado da aplicação do algoritmo MD5 sobre ficheiro CSV novo, usando a biblioteca hashlib, for diferente da aplicação do algoritmo MD5 sobre ficheiro CSV antigo, esta operação é efetuada sempre que a aplicação é utilizada e o resultado do MD5 é inserido na BD na primeira iteração, e nas iterações seguintes é feita a comparação, se for diferente o valor do resultado do MD5 sobre o ficheiro CSV é atualizado na BD, esta operação garante que o ficheiro CSV só é substituído e ocorre inserção, quando o conteúdo do novo ficheiro CSV for diferente do que foi usado na iteração anterior.

A escolha do SGBD SQL Server pertence à STCP, e é um dos requisitos funcionais acordados, assim como a utilização de ficheiros CSV. Os dados são registados pela STCP num ficheiro Excel, e a exportação para um ficheiro do tipo CSV é simples. Esta ação torna mais fácil a importação dos dados, para a BD, e subseqüentemente a manipulação dos dados, é mais simples utilizando um SGBD, daí ter surgido a necessidade de usar um uma ferramenta tal como o SQL Server.



Figura 1: SQL Server

A escolha de Python como linguagem de desenvolvimento foi bastante óbvia e direta, o foco desta ferramenta é simplicidade e legibilidade, além disso tem uma curva de aprendizagem relativamente simples. Esta facilidade de aprendizagem, faz com que o Python seja ideal para análise de dados. Oferece a vantagem de usar menos linhas de código para realizar as mesmas tarefas que outras linguagens (Tripathi, 2020).



Figura 2: Python

O uso de Matplotlib, OpenCV e Numpy, são para a geração de gráficos, conversões e cálculos matemáticos, recorrendo a Pandas para obter os dados em estruturas de dados que possibilitem as operações necessárias para obter gráficos. A finalidade da aplicação é gerar um documento PDF, com o auxílio de Matplotlib, que permite visualizar os gráficos gerados pela aplicação, possibilitando o uso dos mesmos para a tomada de decisão acerca do lançamento de AEs na estrada.



Figura 3 Matplotlib, NumPy e OpenCV

1.7. Estrutura do trabalho

Esta dissertação está organizada em cinco (5) capítulos e é finalizada pela lista de referências e anexos que suportam o estudo realizado. Deste modo, o primeiro capítulo introduz o trabalho, os seus objetivos e contexto, incluindo a estrutura técnica da resposta tecnológica desenvolvida.

O segundo capítulo, apresenta uma revisão da literatura para suporte ao problema de engenharia em questão, nomeadamente a gestão de dados de consumo associado com os autocarros elétricos no contexto dos transportes públicos.

O terceiro capítulo, apresenta e descreve a solução tecnológica desenvolvida, incluindo uma proposta de solução, a abordagem metodológica utilizada, os

requisitos recolhidos para a elaboração da aplicação, e os diagramas de suporte à aplicação que demonstram os casos de uso e o funcionamento da aplicação.

No quarto capítulo, são exibidos os resultados conseguidos e discutidas as diferenças entre os mesmos.

Por fim o quinto capítulo, contém as conclusões do trabalho, são apresentadas as conclusões obtidas a partir dos resultados do capítulo quatro (4), e é feita uma retrospectiva acerca dos objetivos alcançados, limitações do trabalho e são listadas algumas recomendações para desenvolvimento de trabalho futuro que seria interessante para o enriquecimento deste mesmo.

2. Revisão da literatura

2.1. Introdução

É um facto que a grande lacuna existente no âmbito do tema abordado neste trabalho é encontrar meios que permitam utilizar autocarros elétricos da forma mais eficiente possível, visto que a autonomia destes veículos é baixa, e o tempo de carregamento é muito lento, especialmente se comparado com o tempo de abastecimento de autocarros a diesel. Uma das alternativas a este problema seria aumentar o volume das baterias, mas essa abordagem não seria a mais sustentável, surgindo a necessidade de encontrar soluções que permitam utilizar este tipo de veículos no seu potencial máximo. A melhor estratégia parece ser a de utilizar AEs num ambiente que permita fazer recargas rapidamente e onde o consumo da bateria seja o mais eficiente possível (Beeckers et al., 2019).

2.2. Organização dos temas de acordo com as palavras chave e os conceitos de suporte para a realização do trabalho

Para organização do exposto, são considerados os temas de acordo com as palavras-chave do trabalho e, nesse contexto, sucessivamente apresentados.

Autocarro elétrico:

De acordo com Abbasi, 2018, AEs, têm um grau de compatibilidade com o ambiente alto e podem ser uma boa alternativa, a veículos de combustíveis fósseis. É expectável que num futuro próximo o custo de manter uma frota de AEs vai ser menor do que o custo de manter uma frota convencional, de acordo com Pamula et al. (2020). Pois de acordo com Kammuang-lue et al. (2018), onde foram estudadas as potências dos autocarros a diesel e elétricos, os consumos de energia por rota e por distância, para cada um dos tipos de autocarro e também o preço do combustível, eletricidade ou diesel, e em todas as categorias o AE apresenta vantagens, com melhor desempenho na potência, 10.004 kWh/rota comparados com 17.256 kWh/rota de autocarros a diesel, 1.12 kWh/km em comparação com 1.917 kWh/km, incluindo os preços por rota e quilómetro foram mais baixos para AEs, 1.250 USD/rota e 0.139 USD/km para o AE e 1.543 USD/rota e 0.171USD/Km

para o autocarro a diesel. A obtenção dos valores do AE, em termos de potência e consumo, foi diretamente calculada, mas para comparar de forma equivalente com um autocarro a diesel, foi utilizado o forward-facing scheme, descrito por Kammuang-lue et al. (2018).

Poluição:

A poluição é um dos maiores problemas nas grandes cidades, afeta todas as vertentes desde bem-estar da população, economia e ambiente. Um dos problemas, entre muitos, surge devido ao uso excessivo de combustíveis fósseis, que levou às grandes cidades a procurar alternativas de maneira a mitigar os efeitos da poluição de transportes públicos, recorrendo a novas tecnologias, como AEs, visto que, estes veículos não têm emissões, têm o potencial para reduzir a poluição, localmente, Abbasi, (2018).

Pontos de recarga:

De acordo com Wang et al. (2020), devido às características dos AEs, autonomia limitada, rotas fixas e grande potencial para distribuição, o carregamento de AEs, traz alguns desafios quanto ao planeamento e operação da estação. Adicionalmente os autores de Wang et al. (2020) propõem um modelo de carregamento que implica avaliar o estado de bateria do veículo, que dita que se o tempo necessário para recarregar o AE estiver dentro do tempo pré estabelecido para recarga rápida de AEs, então o carregamento deve ser feito, caso contrário o veículo deve ser carregado totalmente usando um dos dois modelos propostos por Wang et al. (2020).

Uma alternativa diferente, que propõe posicionar pontos de recarga, é analisar o percurso tal como foi feito pelos autores de Pamula et al. (2020) e depois de serem delineados os locais onde há um maior défice de energia, designar esses locais como posições favoráveis ou candidatas para carregamento.

Distribuição:

O planeamento do consumo de energia é um dos passos mais importantes para planear a estratégia de distribuição de AEs, Pamula et al. (2020). E uma das mais importantes condicionantes para dar início a esta distribuição é o fator limitante de AEs, a autonomia da bateria, e o seu sucesso atualmente depende de uma

estratégia que tem em conta, paragens para recarga e o tamanho da frota, tal como foi dito pelos autores de Pamula et al. (2020).

Em Houbbadi et al. (2019) é feita uma proposta em duas partes, a primeira uma estratégia inteligente para carregar e a segunda parte que usa um algoritmo de otimização que tem em conta variáveis como custo de carregar, variações de potência de carregamento, idade da bateria, entre outros fatores, tendo em conta limitações, como restrições de utilização dos AEs e da infraestrutura de carregamento.

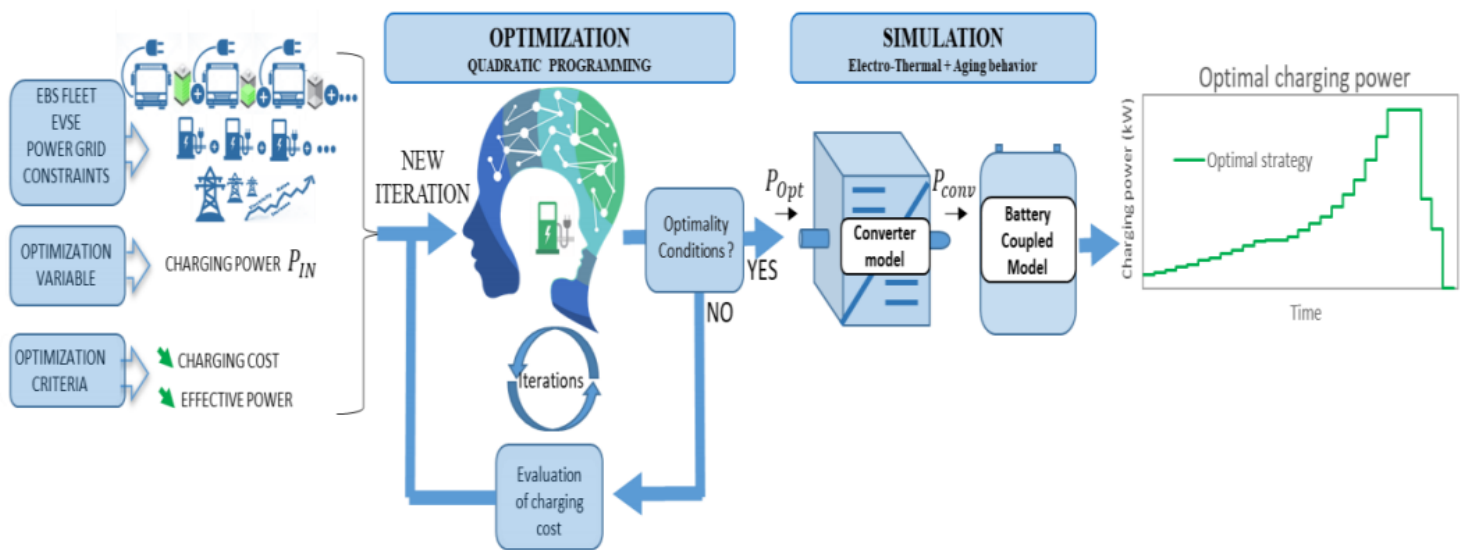


Figura. 4 Metodologia de carregamento inteligente para uma frota de AEs, no transporte urbano (Houbbadi et al., 2019)

Um alternativa à proposta por Houbbadi et al. (2019), será a de Ribeiro, 2019, que propõe analisar o problema de distribuição de AEs, como um VSP (problema de escalonamento de veículos), e a premissa é atribuir veículos da frota a rotas pré-planeadas, e usar métodos exatos de Investigação Operacional para tornar o processo mais eficiente.

Consumo:

O consumo de AEs pode variar de acordo com vários fatores, como estilo de condução, quantidade de passageiros, e temperatura ambiente, (Kivekäs et al., 2019).

Conforme dito pelos autores de Emprecha et al. (2016), há seis fatores que influenciam a eficiência de energia de AEs, o tamanho do motor, nomeadamente a potência, o tempo de utilização do veículo, a distância percorrida, velocidade média, e condições de tráfego.

Mas efetivamente os fatores que mais afetam AEs, são a temperatura ambiente, pois dependendo das condições climáticas, mais energia vai ter de ser usada para aquecer ou arrefecer a cabine, ligar e desligar o ar condicionado (Emprecha et al., 2016), e o estilo de condução, que pode ser otimizado, focando-se na previsão de travagem e minimizar perdas no PowerTrain, que não é mais do que o conjunto da bateria, inversor, motor elétrico, e engrenagem diferencial, tal como é explicado em Kivekäs et al. (2019).

2.3. Resumo do capítulo

De forma sucinta, nesta parte do trabalho é feita uma explicação reduzida do estado da arte, atualmente, e são explicados os conceitos usados neste documento, ligados com as palavras chave. Esta organização possibilita um entendimento mais perceptível dos conceitos utilizados no trabalho. Essencialmente é exposta uma descrição acerca da pesquisa efetuada, e organizada pelos conceitos chave do âmbito desta dissertação, autocarro elétrico, poluição, pontos de recarga, distribuição, consumo, estes são os conceitos que melhor descrevem o que é necessário compreender para poder realizar ou interpretar este trabalho.

3. Proposta

3.1. Introdução

Neste capítulo é explicada a metodologia utilizada que é a metodologia do método científico. O método científico é um modelo bem descrito e definido, onde se descrevem todas as fases desta metodologia e para que serve cada uma das fases. Este capítulo serve para compreender como esta metodologia é operacionalizada e porque é a mais indicada para ser aplicada no desenvolvimento deste trabalho.

Na prática, esta metodologia segue as cinco (5) fases do método científico que sucintamente são apresentadas a seguir:

1. Identificação de um problema e descrição dos aspetos que o tornam um problema importante para ser resolvido;
2. Revisão bibliográfica e proposta de uma abordagem nova, complementar ou diferente das que foram revistas na bibliografia para resolver o problema identificado na fase um;
3. Conceção (design) de um sistema/aplicação/ferramenta para abordar e tentar resolver o problema, incluindo a implementação de um protótipo do sistema/ferramenta propostos;
4. Realização de um estudo empírico em que se testa o sistema/aplicação/ferramenta num contexto concreto ou real;
5. Análise dos resultados e obtenção de conclusões relacionadas com a abordagem proposta inicialmente na fase dois deste método.

3.2. Abordagem metodológica

Tomemos assim, as cinco fases identificadas, para desenvolvimento do trabalho:

1. Identificação de um problema e descrição dos aspetos que o tornam um problema importante para ser resolvido

O problema identificado é a baixa autonomia e elevado tempo de carregamento dos autocarros elétricos que dificulta e complica que os AEs possam concluir a rota

definida pela STCP, tal como os autocarros com outros tipos de combustíveis estão aptos a fazer, de acordo com Beeckers et al. (2019):

“In the public transport sector, this uncertainty in range prediction gives rise to conservative charging strategies, resulting in unnecessarily long charging times, sub-optimal timetables, and the use of more (redundant) vehicles compared to a fossil fuel powered fleet.” (Beeckers et al., 2019).

2. Revisão bibliográfica e proposta de uma abordagem nova ou diferente das que foram revistas na bibliografia para resolver o problema identificado na fase um.

Nesta fase, é descrita toda a pesquisa efetuada no âmbito do estado da arte e necessária para o desenvolvimento e compreensão do trabalho.

3. Conceção (design) de um sistema/aplicação/ferramenta para abordar e tentar resolver o problema, incluindo a implementação de um protótipo do sistema/ferramenta propostos

Para resolver o problema apresentado pelas características dos autocarros elétricos, vai ser desenvolvida uma aplicação em Python, que lendo os dados de uma base de dados, vai ser possível extrapolar gráficos que irão ajudar a tomar decisões que permitam escolher qual o melhor uso para autocarros elétricos, relativamente ao seu percurso e momentos de recarga.

4. Realização de um estudo empírico em que se testa o sistema/aplicação/ferramenta num contexto concreto ou real

O estudo a ser realizado aqui, vai de encontro à situação real da STCP, em que de acordo, com os gráficos fornecidos pela aplicação, e as decisões tomadas de acordo com esses gráficos, o resultado do estudo encontra-se dependente do desempenho dos autocarros elétricos no quotidiano, num contexto real.

5. Análise dos resultados e obtenção de conclusões com a abordagem proposta inicialmente na fase dois deste método

Na conclusão do projeto, é pretendido obter os melhores resultados possíveis para tirar o melhor proveito dos autocarros elétricos, sendo assim imperativo que os dados iniciais sejam os mais precisos e reais possíveis e que a análise feita sobre

esses dados seja o mais correta e relevante para solucionar o problema, e é nesta fase do método que são feitas comparações e tiradas conclusões acerca dos resultados obtidos.

3.3. Proposta de resolução

Atualmente, a empresa STCP, tem à sua disposição quinze AEs, com a promessa de aumentar a frota para vinte, este aumento surge com a progressão natural de eletrificação de transportes públicos que seguramente levará a um aumento no tamanho da frota de AEs. A STCP requisitou que fosse elaborado um trabalho para solucionar este problema. Este trabalho tem duas vertentes, uma de pesquisa conceptual de forma a entender os conceitos de distribuição de uma frota de AE e como a autonomia das baterias e tempo de carregamento afeta o percurso que pode percorrer e outra vertente que implica o desenvolvimento de uma aplicação, que analisa os dados em bruto e produz gráficos, de acordo com as necessidades da empresa, para que possa ser melhor planeado o uso de AEs.

No seguinte conjunto de tabelas Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7 são indicados os requisitos funcionais, não funcionais e de sistema que devem ser salvaguardados pela aplicação a ser implementada.

3.3.1. Requisitos funcionais

Para o trabalho, foram considerados 17 (dezassete) requisitos funcionais, de acordo com o listado na Tabela 5.

ID	Requisito	Obrigatório /Desejável
UFR.001	Gerar gráficos de barras acerca do uso de viatura por dia	Obrigatório
UFR.002	Gerar gráficos de barras acerca do uso de viatura por mês	Obrigatório
UFR.003	Gerar gráficos de barras acerca do uso de linha por dia	Obrigatório
UFR.004	Gerar gráficos de barras acerca do uso de linha por mês	Obrigatório

UFR.005	Gerar gráficos de fatias acerca do número de serviços por viatura	Obrigatório
UFR.006	Gerar gráficos de fatias acerca do número de serviços por dia	Obrigatório
UFR.007	Gerar gráficos de barras acerca do consumo por todas as linhas	Obrigatório
UFR.008	Gerar gráficos de barras acerca do consumo por todas as viaturas	Obrigatório
UFR.009	Gerar gráficos de barras acerca do consumo médio diário	Obrigatório
UFR.010	Gerar gráficos de barras acerca do consumo médio mensal	Obrigatório
UFR.011	Gerar gráficos de barras acerca do consumo mensal por viatura e linha	Obrigatório
UFR.012	Gerar gráficos de barras acerca do consumo mensal por linha e viatura	Obrigatório
UFR.013	Gerar gráficos de barras acerca do consumo mensal, no período de Covid-19	Obrigatório
UFR.014	Ler dados de um ficheiro CSV	Obrigatório
UFR.015	Inserir dados do ficheiro CSV na base de dados de SqlServer	Obrigatório
UFR.016	Inicialização do SqlServer	Obrigatório
UFR.017	Geração de um documento PDF com os gráficos todos	Obrigatório

Tabela 5: Requisitos funcionais

3.3.2. Requisitos não funcionais

Para o trabalho, foram considerados 5 (cinco) requisitos não funcionais, de acordo com o listado na Tabela 6.

ID	Requisito	Obrigatório/ Desejável
UFR.001	Funcionamento não interrompido, 24h	Obrigatório
UFR.002	Integração com SqlServer	Obrigatório
UFR.003	Uso de linguagem de programação Python	Obrigatório
UFR.004	Multiplataforma	Obrigatório
UFR.005	GUI	Desejável

Tabela 6: Requisitos não funcionais

3.3.3. Requisitos de sistema

Para o trabalho, foram considerados 10 (dez) requisitos de sistema, de acordo com o listado na Tabela 7.

ID	Requisito	Obrigatório/Desejável
UFR.001	Sistema operativo Windows	Obrigatório
UFR.002	SQL Server	Obrigatório
UFR.003	Bibliotecas de Python	Obrigatório
UFR.004	Biblioteca Matplotlib	Obrigatório
UFR.005	Biblioteca OpenCV	Obrigatório
UFR.006	Biblioteca Numba	Obrigatório
UFR.006	Biblioteca Hashlib	Obrigatório
UFR.007	Biblioteca Numpy	Obrigatório
UFR.008	Biblioteca datetime	Obrigatório
UFR.009	Biblioteca Pyodbc	Obrigatório
UFR.010	Biblioteca Pandas	Obrigatório

Tabela 7: Requisitos sistema

3.4. Arquitetura da aplicação

3.4.1. Diagrama de casos de uso

A arquitetura, do sistema de alto nível segue um modelo simples com um utilizador representado à esquerda, que é o único tipo de utilizador existente na aplicação (logo o Actor principal), e na área da aplicação, existem as duas ações de interação com o utilizador, o pedido de geração de gráficos, e o retorno de um documento PDF com os gráficos gerados.

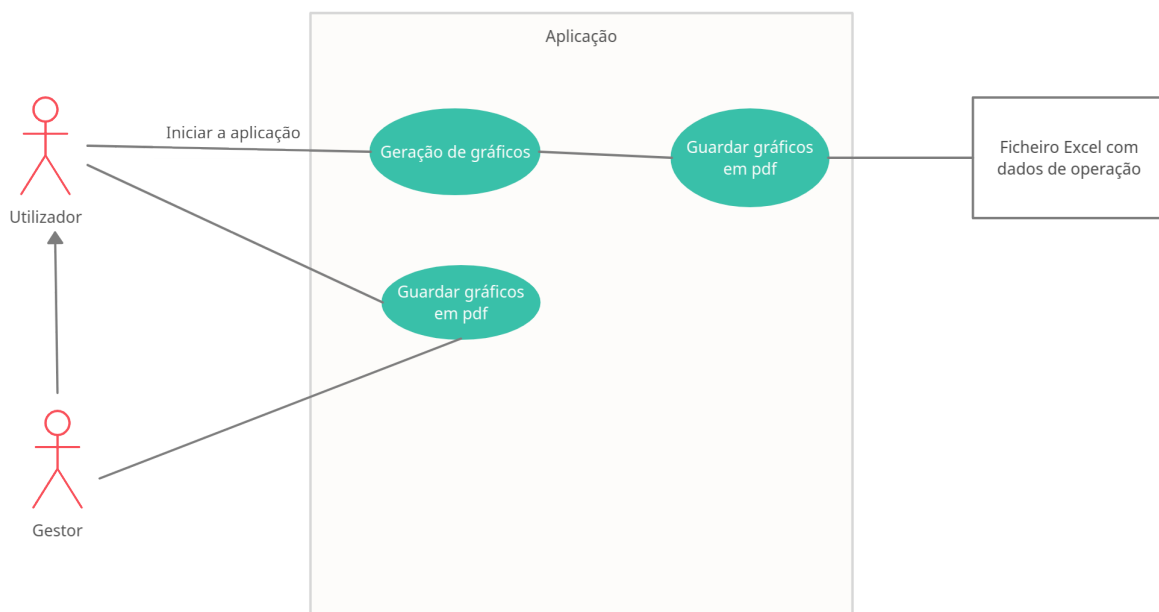


Figura 5: Diagrama de caso de uso

3.4.2. Diagrama de base de dados

O diagrama abaixo representa o modelo de base de dados usado na aplicação, a tabela "stcp", onde são armazenados os dados lidos do ficheiro CSV, e a tabela "cf" que serve para guardar o valor do MD5 do ficheiro CSV.

stcp		cf	
DIA	nvarchar(50)	cfs	nvarchar(50)
ID_SERVICO	INT		
VIATURA	INT		
LINHA	nvarchar(50)		
QTD_SERVICOS	INT		
DTHR_PRIMEIRO_SRV_INI	nvarchar(50)		
DTHR_ULTIMO_SRV_FIM	nvarchar(50)		
SEGUNDOS_SERVICO	INT		
KMS_SERVICO	nvarchar(50)		
DTHR_SRVSEG_INI	nvarchar(50)		
QTD_CARREG	INT		
DTHR_PRIMEIRO_CARREG_INI	nvarchar(50)		
DTHR_PRIMEIRO_CARREG_FIM	nvarchar(50)		
DTHR_ULTIMO_CARREG_INI	nvarchar(50)		
DTHR_ULTIMO_CARREG_FIM	nvarchar(50)		
SEGUNDOS_CARREG	IN		
ENERGIA_CARREG	nvarchar(50)		
KMS_CARREG	nvarchar(50)		
PERC_BATERIA_INI	INT		
PERC_BATERIA_FIM	INT		
DTHR_INSERT	nvarchar(50)		
NUM_VALIDACOES	INT		

Figura 6: Diagrama de base de dados

3.4.3. Diagrama de atividade

O diagrama seguinte apresenta a sequência de eventos que decorrem na utilização da aplicação, desde o início, leitura do ficheiro CSV, cálculo do MD5 do ficheiro no diretório para esse destino, se não existir nenhum MD5 na BD ou for diferente, então o MD5 calculado do ficheiro CSV é inserido na BD na tabela “cf” e o valor anterior é apagado(se existir), e os valores do ficheiro CSV também são inseridos na BD na tabela “stcp” (Fig. 7) e os valores antigos são apagados, caso os valores de MD5 sejam iguais, então o conteúdo do ficheiro CSV anteriormente inserido e o atual são iguais e não é feita a atualização dos dados. Seguidamente são feitas leituras de dados à BD, e gerados os vários gráficos, e finalmente são guardados num ficheiro PDF para serem visualizados.

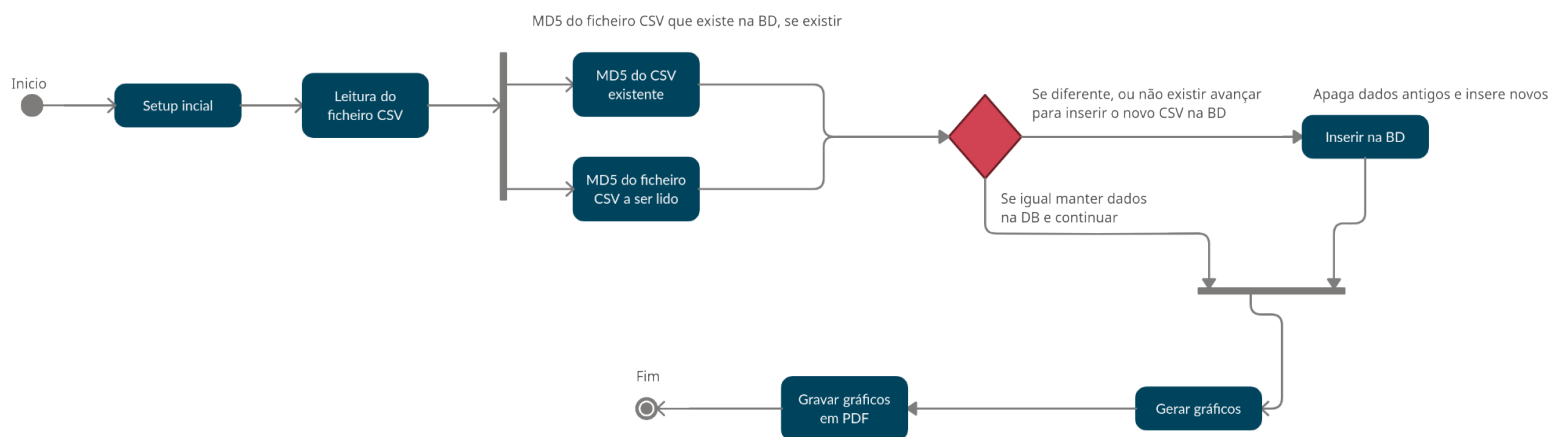


Figura 7: Diagrama de atividade

3.4.4. Diagrama de sequência

Este diagrama tem como objetivo demonstrar a sequência de ações despoletadas ao usar a aplicação, desde dar início à aplicação até a obter o documento PDF com os gráficos.

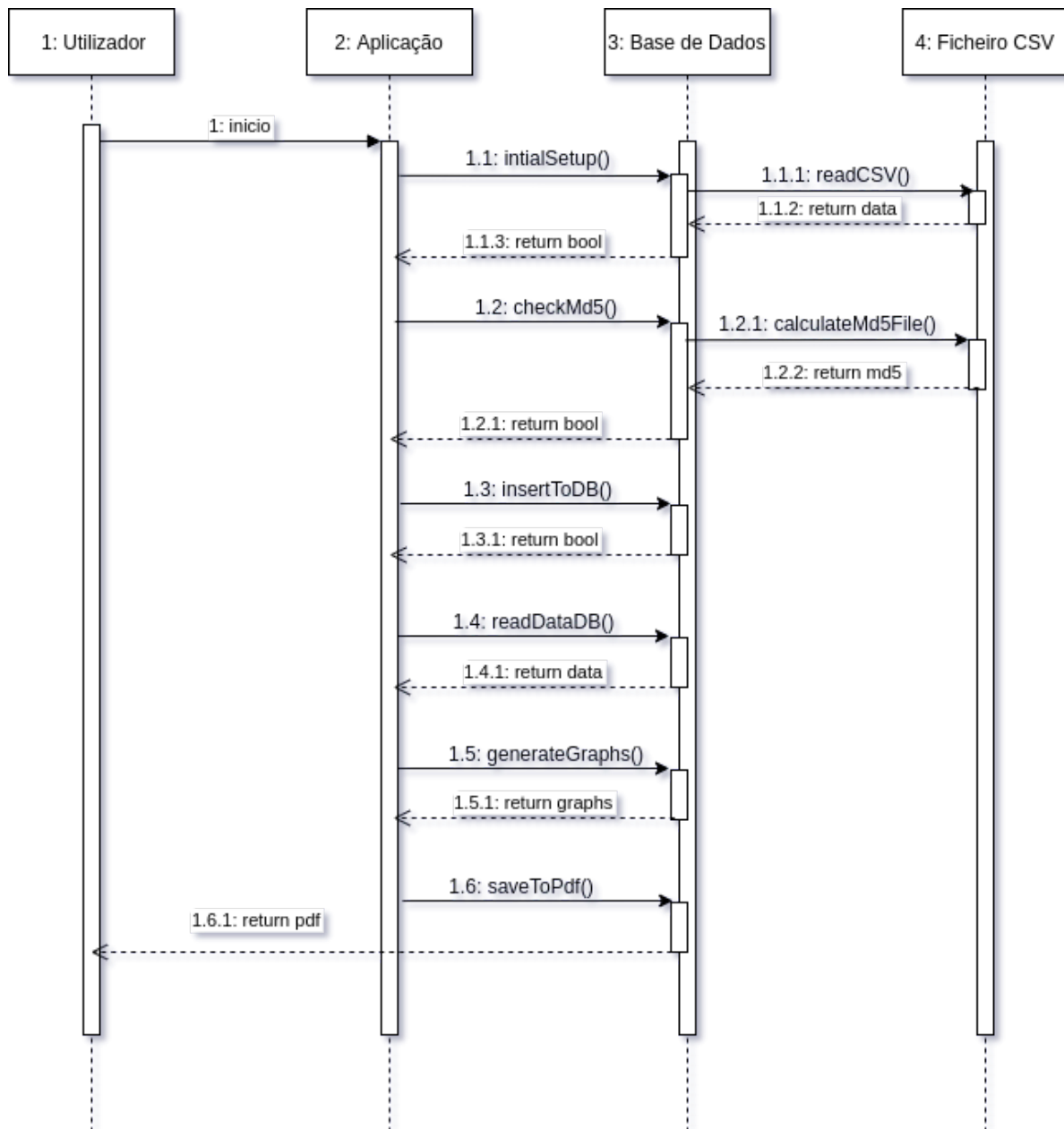


Figura 8: Diagrama de sequência

3.5. Estratégias e instrumentos de recolha de dados

No que diz respeito à recolha de dados, este trabalho é realizado pela própria empresa, que recolhe dados reais do quotidiano, isto não só permite com que os dados sejam o mais fidedignos possíveis, como também tira proveito de um conjunto de ações que já ocorreriam previamente à elaboração do trabalho presente, adicionalmente o uso de dados reais permite que as conclusões tiradas a partir dos resultados obtidos pela aplicação, sejam o mais aproximadas possíveis de uma solução real.

Relativamente aos instrumentos para as recolhas de dados, estes são obtidos com sensores a bordo do AE, que recolhem informações como distância percorrida, e também nas estações de carregamento, que obtêm informações sobre os carregamentos efetuados. Quanto às estratégias utilizadas, a distância percorrida por qualquer autocarro é feita com recurso ao sistema de apoio à exploração (SAEi), que basicamente funciona como um GPS e indica a distância percorrida. Ainda, aquando dos abastecimentos, os abastecedores apontam o número de km das viaturas, comparando-se posteriormente com os km medidos pelo SAEi para eliminação de erros, tal como foi descrito por Campos (2014).



Figura 9: AE em circulação na cidade do Porto

3.6. Resumo do capítulo

Em conclusão neste capítulo, é feita uma descrição breve do modelo científico, que é a metodologia utilizada nesta dissertação, com cinco fases bem definidas, permite a realização de trabalhos como este, idealizando o problema, investigação sobre os

desafios apresentados, concessão ou design de uma solução, testes e finalmente análise e subseqüente conclusões, entre os resultados obtidos e o estado da arte. A utilização desta metodologia beneficia o trabalho efetuado, na medida que oferece uma estrutura mais ou menos rígida e objetivos a cumprir, possibilita também a divisão de um trabalho extenso como o de uma dissertação em partes mais fáceis de gerir, fazendo com que o trabalho global seja mais fácil e simples de compreender e resolver.


4. Resultados obtidos

4.1. Introdução

Nesta parte da dissertação, vão ser apresentados, os resultados obtidos no desenvolvimento do trabalho realizado, ou seja, serão apresentados, os gráficos gerados pela aplicação e com os resultados é esperado tirar conclusões, além disso, também serão discutidos os valores dos resultados, justificadas algumas incongruências, visto que alguns dos gráficos mostram anomalias, como apenas, serem usados em um dos dias da semana, ou em apenas um dos meses. Estas incongruências surgem devido aos dados iniciais apenas terem registo para certas linhas ou viaturas, de serem usados em apenas alguns dias ou meses, o que não é uma indicação dos dados serem inválidos, mas sim de que ocorreram menos serviços ou registos, para certas viaturas e linhas, e por sua vez em análise de gráficos, isto pode levar a derivar uma opinião distorcida da realidade, por exemplo indicar que AEs são mais utilizados na quarta-feira e em outubro, esta seria a conclusão natural, se apenas fosse realizada a análise da linha 701, e para mitigar os erros que são induzidos por anomalias como estas nos dados, foi realizada análise em massa, isto significa que vários gráficos foram gerados, de maneira a que os que apresentam entradas de dados que não representam de facto a realidade tenham menos impacto na análise final e conseqüentemente menos impacto na tomada de decisão para definir a estratégia de distribuição de AEs.

A figura 10, demonstra a configuração da linha 701 com 52 paragens, atravessa 3(três) conselhos Valongo, Maia e Porto, numa extensão de 15,5 Km e demora cerca de 50 minutos.

701 BOLHÃO-CODICEIRA

> Inverter Sentido 

Paragem	Código	Zona
● BOLHÃO	BLRB3	PRT1
● GONÇALO CRISTÓVÃO	GCRT	
● FONTINHA	FTNH1	
● DOZE CASAS	DCAS1	
● MARQUÊS	MPL2	
● PERPÉTUO SOCORRO	PSOC1	
● COMBATENTES	COMB1	
● PIRES DE LIMA	PLIM1	
● SILVA TAPADA	SVT3	
● LUIS WOODHOUSE	LW1	
● CONDE FERREIRA	CF1	PRT3
● BARROCAS	BRRS1	
● S.TA JUSTA	STJ2	
● ANTÓNIO COELHO	ACO1	
● ALTO DA AREOSA	AA1	
● AREOSA	ARS2	
● AREOSA (MERCADO)	ARSM1	
● AREOSA (FEIRA)	AFEI1	
● TRIANA	TRI1	
● GIESTA	GIT1	
● CRESPO	CRPO1	MAI4
● FORNO	FRN1	
● BRÁS OLEIRO	BRO1	
● CORIM	CORM1	
● CORISCOS	CORI1	
● PÍCUA	PCUA1	
● ALTO DA MAIA	AM1	
● JÚLIO DINIS	JLD1	
● CONSOLATA	CNSL1	
● CALOUSTE GULBENKIAN	CGK1	
● SAIBREIRAS	SBR1	
● PORTO CARREIRO	PTCR1	
● CRUZEIRO	CRZ1	
● ERMESINDE (FORUM)	ERM4	
● ERMESINDE - B. V.	BVE1	
● 5 DE OUTUBRO	5OTR1	
● FONTE	FNTE1	
● SOUTINHO	STNH1	
● ERMIDA	ERMD1	
● REGUENGO	RGNG1	
● S.RA DA PAZ	SPAZ1	VLG2
● CABEDA	CBD1	
● VIELA S.VICENTE	VSV1	
● OLIVEIRAS	OLVR1	
● ALDEIA NOVA	ADNV1	
● BARREIRA	BARR1	
● IGREJA DE ALFENA	IGRA1	
● TV. DA COSTA	TCT1	
● ALFENA	ALFN1	
● ALEX. HERCULANO	ALXH1	
● LGO DA CODICEIRA	COD3	
● VASCO DA GAMA	VGM5	
● CODICEIRA	COD4	

Figura 10: Configuração da linha 701

Entre os possíveis gráficos, os que estão a ser apresentados neste trabalho são gráficos de barras e gráficos de fatias. A escolha para estes tipos de gráficos foi feita tendo em conta o tipo de dados fornecidos e também a melhor forma como estes deviam ser apresentados. Sendo que a pedido da empresa STCP, foi requisitada uma análise com uma perspetiva ao dia e mês para as viaturas e linhas, a decisão para gerar gráficos de barras e fatias, foi simples, os gráficos de barras são especialmente úteis para comparar entre os vários dias ou meses em que uma viatura ou linha foi usada, por exemplo, já os gráficos de fatias são bastante ilustrativos e simples de interpretar, especialmente para apresentar a dimensão de uma parte num todo, por exemplo, a utilização de uma viatura em comparação com todas as outras.

4.2. Apresentação dos resultados

Esta seção do capítulo apresenta os resultados obtidos pela aplicação na forma de gráficos de barras, e gráficos de fatias. Foram escolhidos de forma arbitrária alguns dos gráficos existentes no PDF, de forma a poder melhor explicar e apresentar os resultados, visto que o número de gráficos excede o necessário para explicar e através de perceção é possível determinar padrões nos resultados obtidos, e como tal os gráficos exibidos servem como ferramenta de apoio para explicar os resultados.

O gráfico de barras da Figura 11, demonstra o número de vezes que a linha 704 foi utilizada durante os vários dias da semana. Os valores foram obtidos ao efetuar uma consulta (*query*) à BD e obter as datas em que a linha 704 foi utilizada, seguidamente esses resultados foram filtrados e divididos pelos dias da semana, e sempre que ocorria um registo num dia, esse valor era incrementado. Verifica-se que o seu uso é regular nos dias úteis e bem menor ao fim de semana.

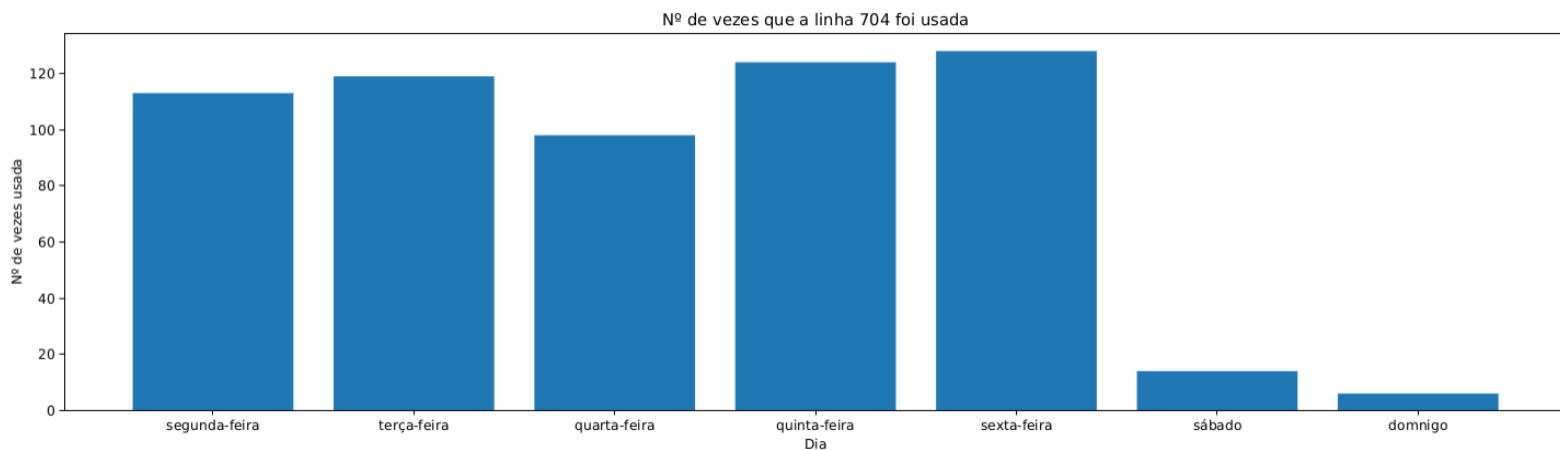


Figura 11: Nº de vezes que a linha 704 foi utilizada por dia

O processo usado para obter o gráfico de barras da figura 11 foi o mesmo para os gráficos das figuras 12 e 13. A figura 12 apresenta apenas um uso na quarta-feira, sendo um exemplo de uma entrada de dados que pode distorcer os resultados.



Figura 12: Nº de vezes que a linha 701 foi utilizada por dia

A figura 13 contrariamente à figura 11, mostra mais atividade no fim de semana, o que não vai de encontro com a norma, no entanto pode-se observar que esta linha tem menos usos que a linha 704, a amostra de dados para esta linha pode não ser suficiente, esta pode ser uma das razões para o padrão de usabilidade nesta linha ser maior no fim de semana.

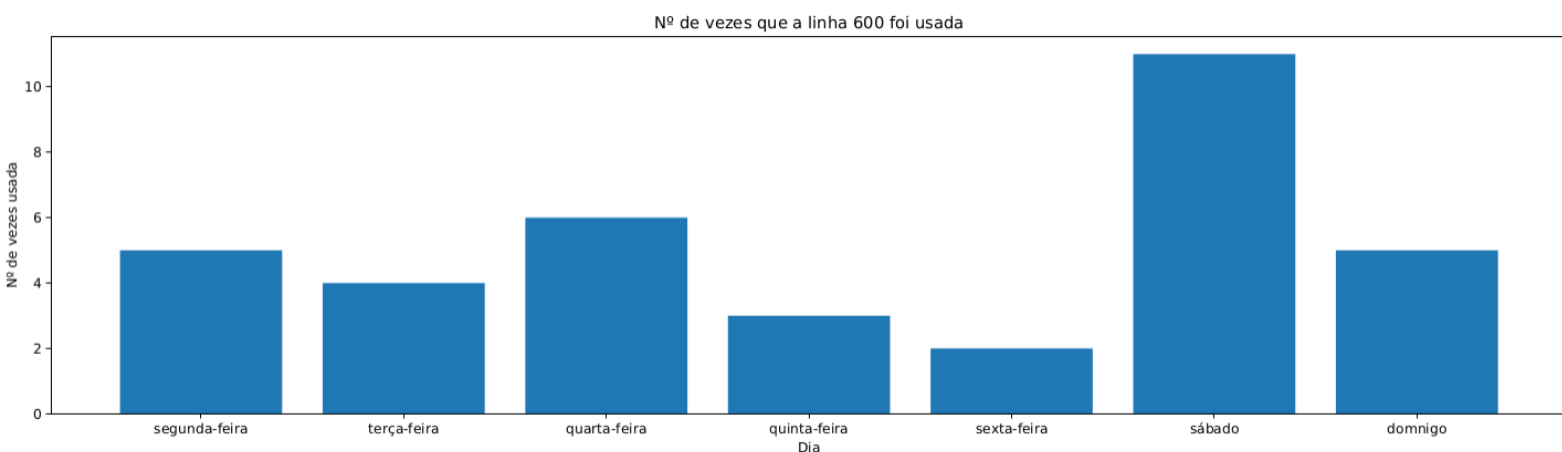


Figura 13: Nº de vezes que a linha 600 foi utilizada por dia

As figuras Fig.14, Fig.15 e Fig.16, usam o mesmo princípio de desenvolvimento, que o gráfico da figura 11, mas orientado ao mês. Nesta figura, verifica-se que o seu uso é maior nos meses de janeiro a maio e, setembro a dezembro e menor nos meses de junho a agosto.

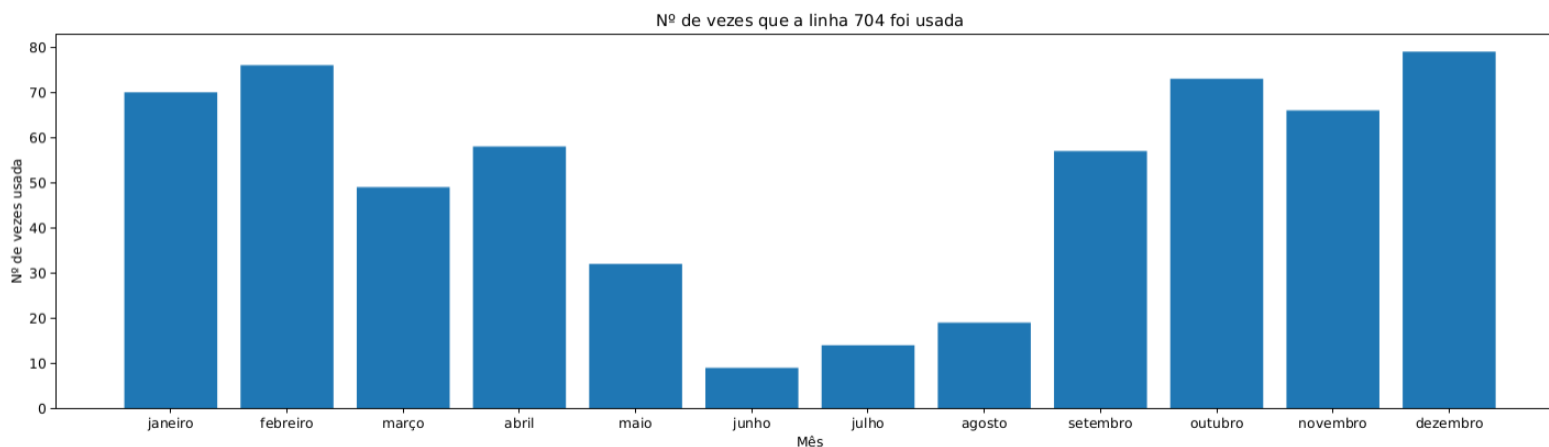


Figura 14: Nº de vezes que a linha 704 foi utilizada por mês

Na figura 15, que ilustra o número de vezes que a linha 701 foi usada por mês, pode-se concluir que tal como na figura 12, só ocorreu uma utilização registada nesta linha.

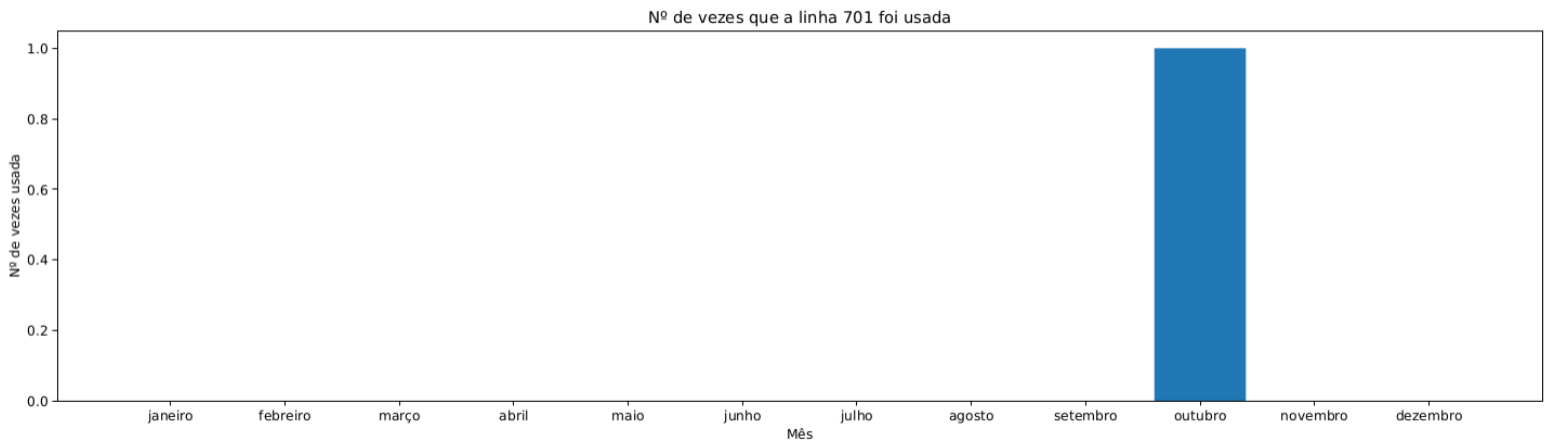


Figura 15: Nº de vezes que a linha 701 foi utilizada por mês

Já na figura 16, há evidências de uma padrão mais parecido com o apresentado na figura 14, que é a norma, no entanto existem algumas inconsistências como o mês de julho ser o mês com mais utilizações e janeiro e agosto não apresentarem registos, novamente isto pode ser atribuído à amostra de dados para esta linha não ser tão grande como a da linha 704, por exemplo.

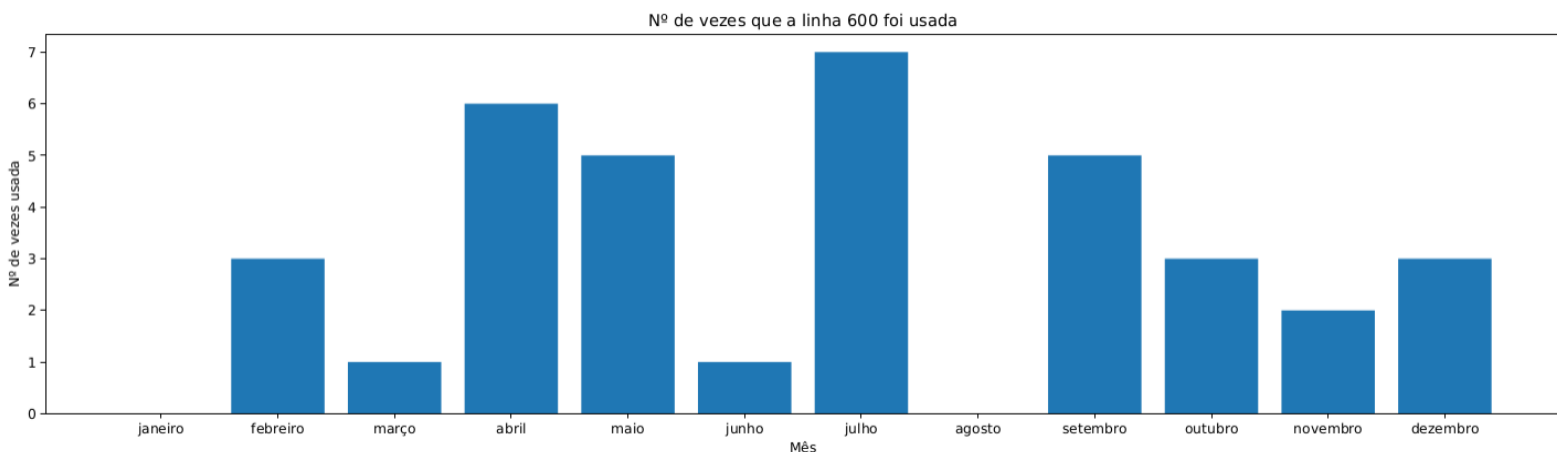


Figura 16: Nº de vezes que a linha 600 foi utilizada por mês

Os gráficos das figuras 17 e 18 apresentam, em percentagem, o número de serviços efetuados por uma viatura, e o número de serviços por dia, respetivamente. Na Figura 17, são mostradas as percentagens relativamente à quantidade global de serviços efetuados, e a fatia que corresponde à viatura com o maior número de serviços é salientada.

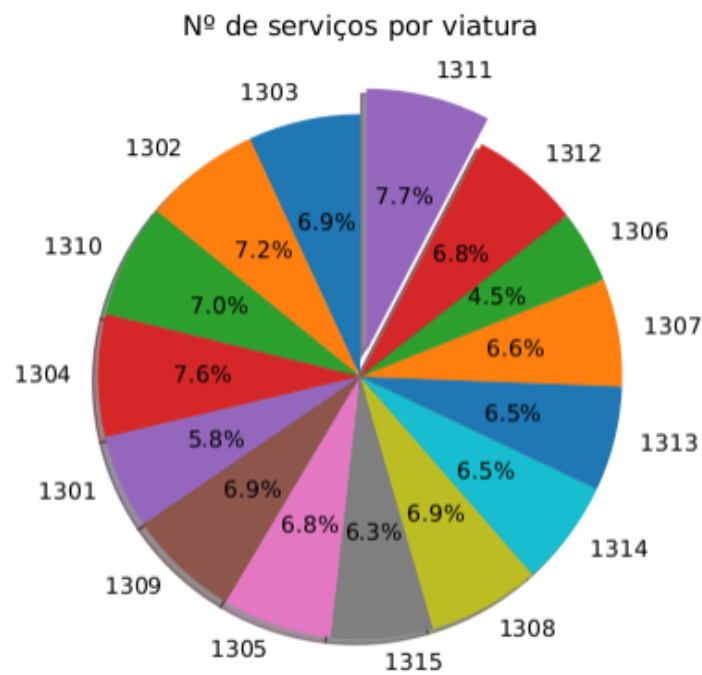


Figura 17: Distribuição de percentagens do nº de serviços por viatura

Já a Figura 18 exibe percentagens acerca do número global de serviços, distribuídos pelos diferentes dias da semana, com a saliência da fatia com o dia que tem o maior número de serviços.

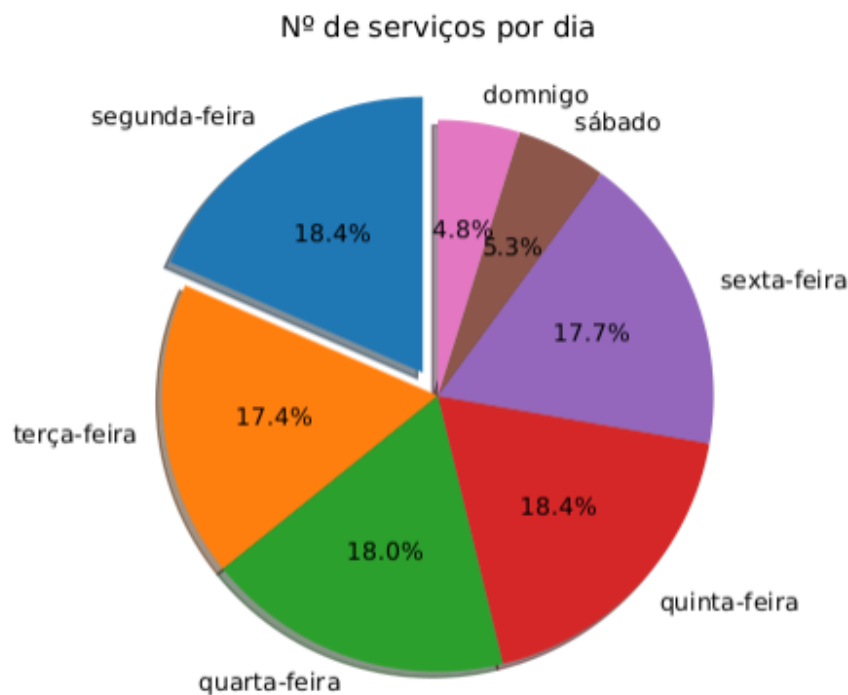


Figura 18: Distribuição de percentagens do nº de serviços por dia

Os seguintes gráficos de barras das figuras 19, 20 e 21, apresentam a quantidade de vezes que uma determinada viatura foi utilizada durante os dias da semana, novamente o processo para obter estes gráficos, passou por efetuar consultas à BD e filtrar os dados obtidos pela resposta. Para o cálculo, este foi conseguido incrementando por um, sempre que uma das datas obtidas como resposta da consulta, corresponde a um dia da semana. A estrutura que permitiu isto, foi um dicionário em Python, que permite usar uma combinação de chave e valor, em que cada chave tem um valor correspondente, sendo assim, quando uma das datas corresponde-se a um dia da semana, a chave, o valor correspondente à chave respetiva no dicionário é incrementado por um.

A figura 19, demonstra o número de vezes que a viatura 1309 foi utilizada por cada dia da semana, os dias com maior utilização são os dias úteis da semana, com destaque para segunda-feira e sexta-feira, e um grau de utilização muito menos evidente no fim de semana, que vai de encontro ao padrão na maioria das viaturas neste contexto.

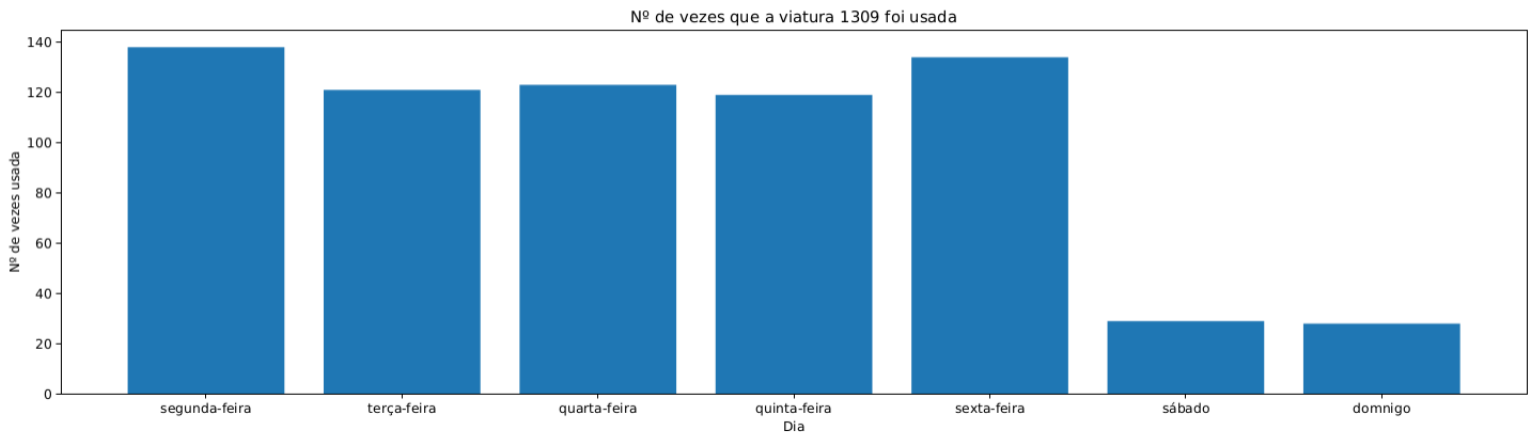


Figura 19: Nº de vezes que a viatura 1309 foi utilizada por dia

A figura 20, demonstra o número de vezes que a viatura 1302 foi utilizada por cada dia da semana, os dias com maior utilização são os dias úteis da semana e um grau de utilização muito menos evidente no fim de semana, novamente tal como na figura 19.

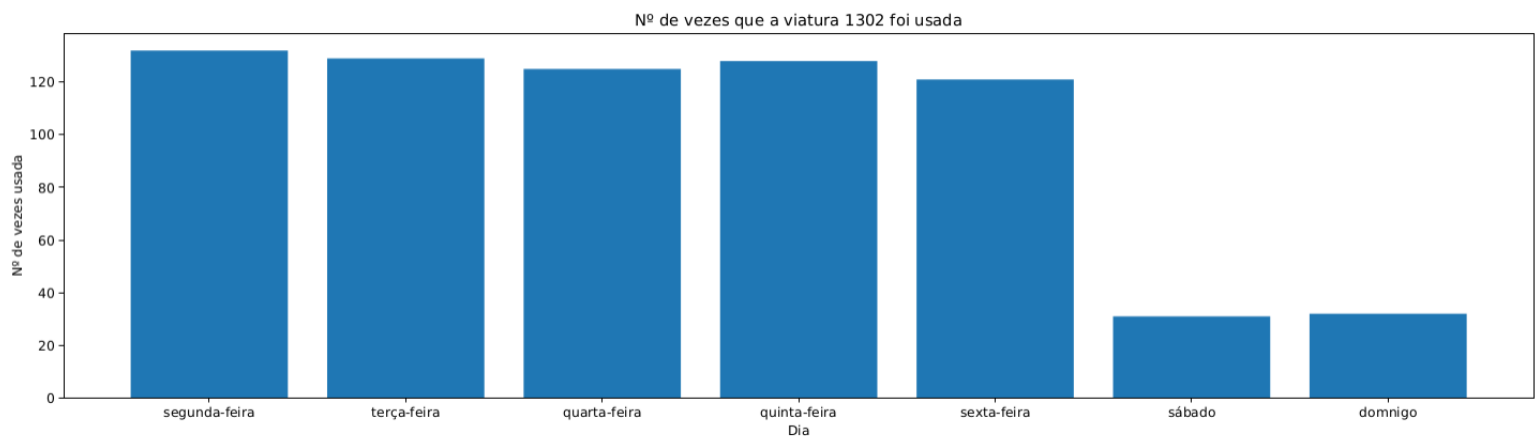


Figura 20: Nº de vezes que a viatura 1302 foi utilizada por dia

A figura 21, continua com o mesmo padrão que nas figuras 19 e 20, um grau de utilização consideravelmente maior nos dias da semana e muito menor no fim de semana.

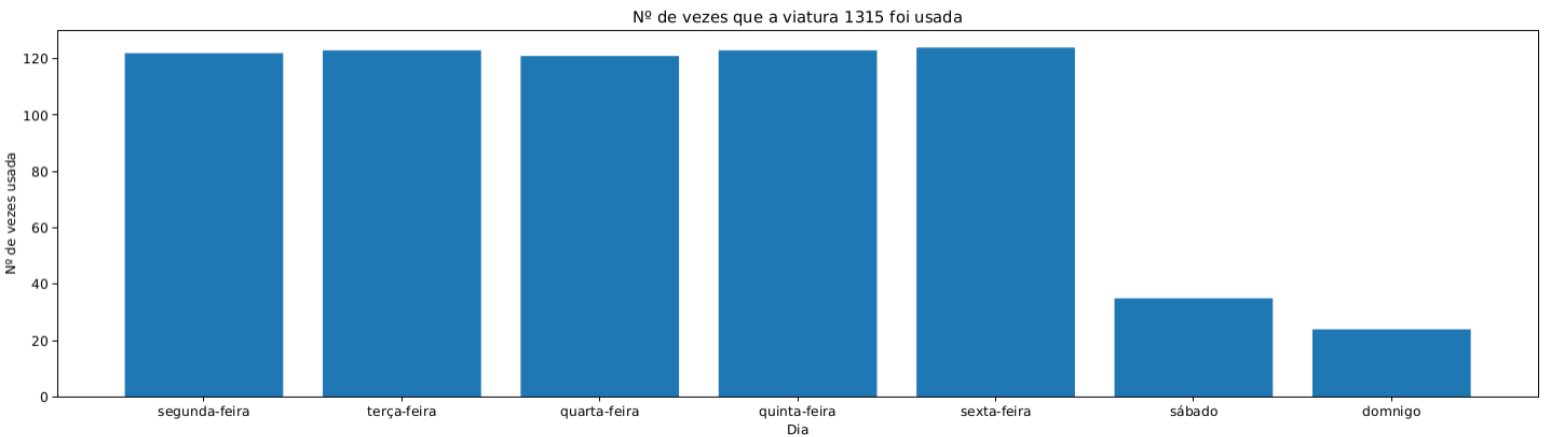


Figura 21: Nº de vezes que a viatura 1315 foi utilizada por dia

Para a obtenção dos gráficos de barras correspondentes aos das figuras 19 a 21, proporcionais ao mês, foi utilizado o mesmo processo, que foi utilizado para os gráficos das figuras 19 a 21, tal como pode ser visto nas figuras 22, 23 e 24.

Na figura 22, pode observar-se que há um maior uso no início do ano e no fim, usando a viatura 1309, este é o padrão evidente neste contexto.

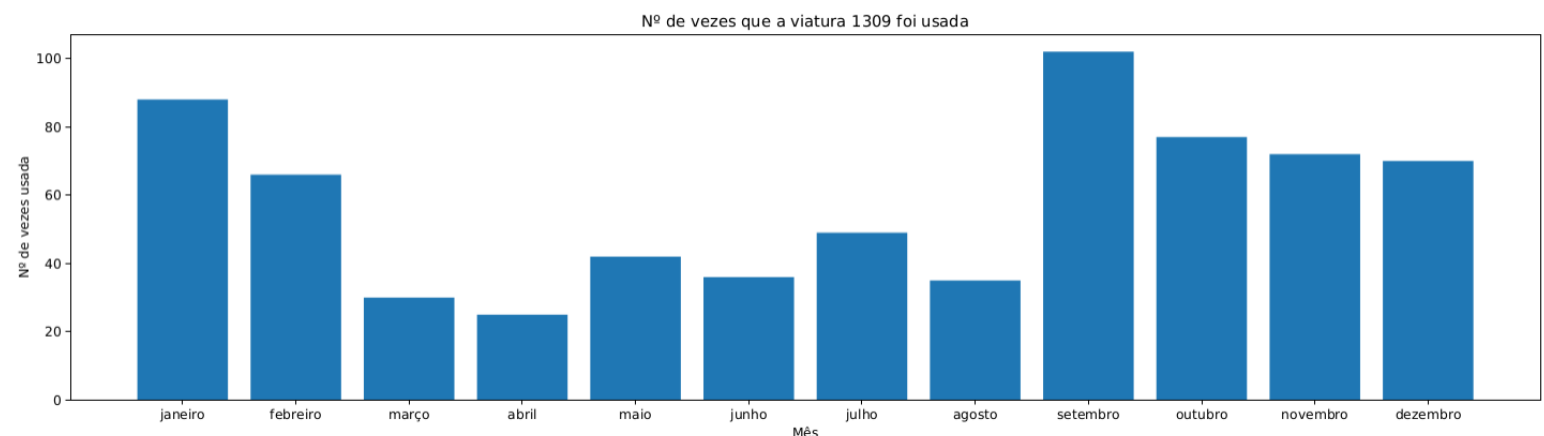


Figura 22: Nº de vezes que a viatura 1309 foi utilizada por mês

Na figura 23, observa-se a mesma tendência que na figura 22, maior utilização no início do ano e no fim, usando a viatura 1302.

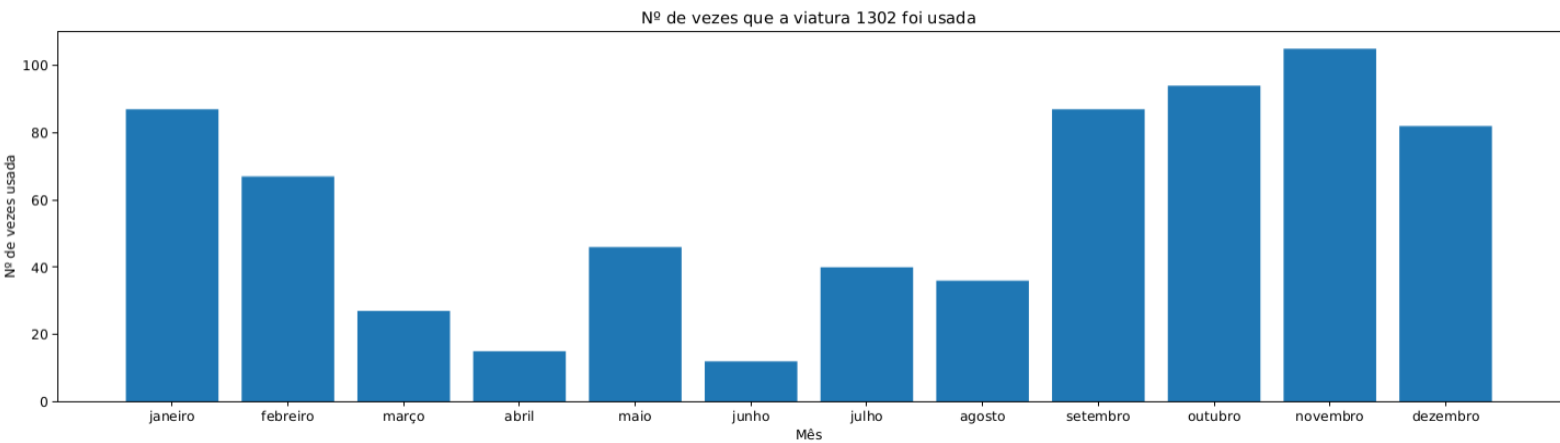


Figura 23: Nº de vezes que a viatura 1302 foi utilizada por mês

Na figura 24, pode-se tirar a mesma conclusão que nas figuras 22 e 23, visto que o padrão de maior utilização no início e fim de ano se mantém.

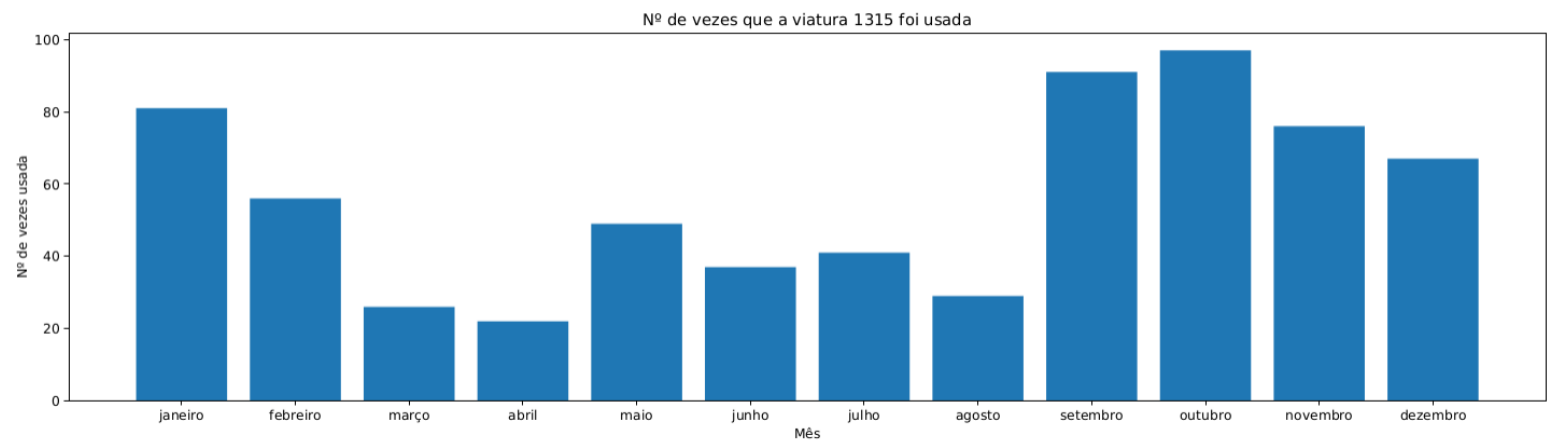


Figura 24: Nº de vezes que a viatura 1315 foi utilizada por mês

Os seguintes gráficos, das figuras 25 a 32, são representativos do consumo de AEs, de várias formas, e.g. consumo médio por linha, por viatura, diário, mensal, consumo mensal de uma viatura numa linha específica, e consumo mensal de uma linha com uma viatura específica, respetivamente. O consumo médio é calculado, através dos dados, que representam a energia carregada, e quilómetros por serviço. A energia carregada, providência a energia gasta no percurso pelo AE, visto que o AE sai do parque com a bateria totalmente carregada, a energia carregada após o

percurso, é igual, em termos de valor, à energia gasta e para obter o valor em kWh/100km, é aplicado o cálculo:

$$kWh/100km = (100 * EC)/QP$$

Este cálculo traduz o consumo médio de um AE, para o consumo por 100Km, tal como pedido pela STCP. O cálculo e os valores a considerar foram pedidos e sugestões da STCP, isto é, usando o cálculo para consumo por 100Km, e para certificar que os valores são os mais significativos possíveis, foram descartados valores fora do intervalo de 80kWh/100km e 160kWh/100km, de forma a evitar casos como o autocarro não ter circulado durante um dia e ter sido abastecido, por exemplo, à meia noite desse dia para o dia seguinte e também foram desconsiderados valores com EC ou QP iguais a zero, visto que dariam a origem a valores enganosos e iriam distorcer a realidade. Tal como previamente nos gráficos de fatias, a estrutura que foi utilizada e permitiu a criação destes gráficos, foi o dicionário em Python, mas nesta situação, foram usados dois dicionários diferentes, seguindo a seguinte estrutura, o primeiro dicionário teria como chave o veículo ou linha, dependendo em que ordem seria o gráfico, ou seja se for necessário no eixo horizontal ter linhas, então a chave no primeiro dicionário seria a linha, e como valor para essa chave, seria adicionado um dicionário com a chave o veículo e subsequente valor o consumo. Esta estrutura funciona em conjunto com duas iterações pelos elementos, ou ciclos, um exterior que percorre o conjunto de linhas ou veículos, e outro um ciclo onde são iterados os elementos que não são iterados no primeiro ciclo, isto significa que, que para ter um gráfico como o apresentado na Figura 25, é necessário ter uma iteração por todas as linhas, seguida de uma iteração por todos os veículos, dentro da iteração das linhas, isto permite obter os consumos para todos os veículos numa determinada linha. As adições dos pares, chave valor, são feitas na primeira e segunda iteração, respetivamente, portanto a adição do par chave valor, veículo consumo, é feita dentro da iteração interior, e depois o dicionário resultante desta iteração é adicionado como valor em conjunto com a chave linha, na iteração exterior, todas as adições são verificadas, para ter a certeza que valores nulos, ou equivalentes a zero não contabilizados, visto que a pedido da STCP devem ser excluídos. Este foi o mesmo processo utilizado para obter os consumos por veículos, mensal e diário.

Na figura 25, são exibidos os consumos das várias linhas em KWh/100Km, e é observável que os consumos são bastante diferentes entre si.

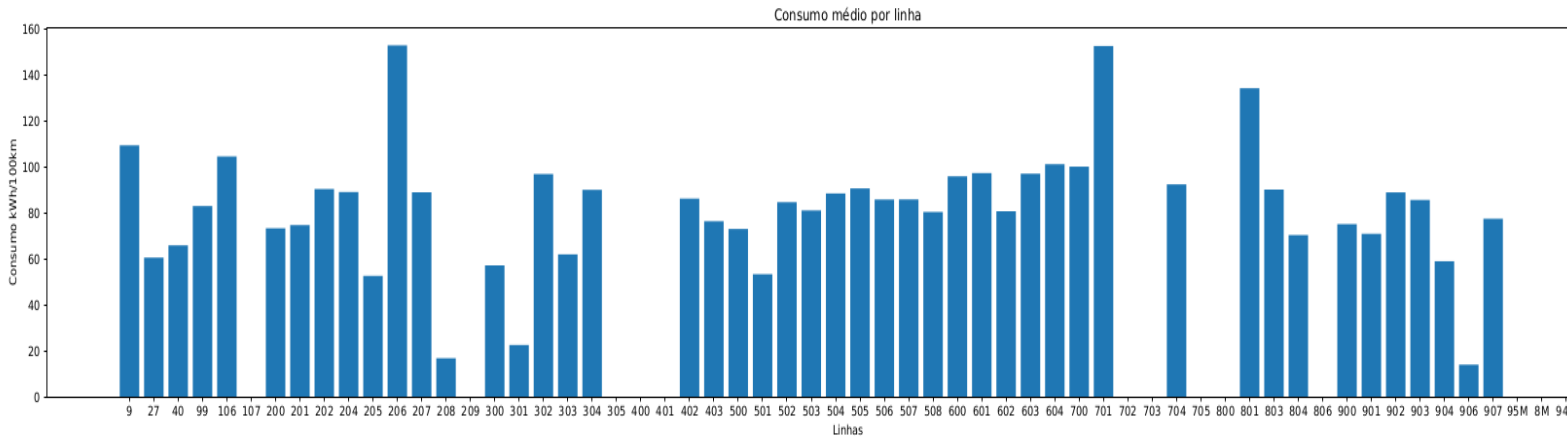


Figura 25: Consumo médio por cada linha

Na figura 26, são exibidos os consumos das várias viaturas em KWh/100Km, e é observável que os consumos são relativamente semelhantes entre si.

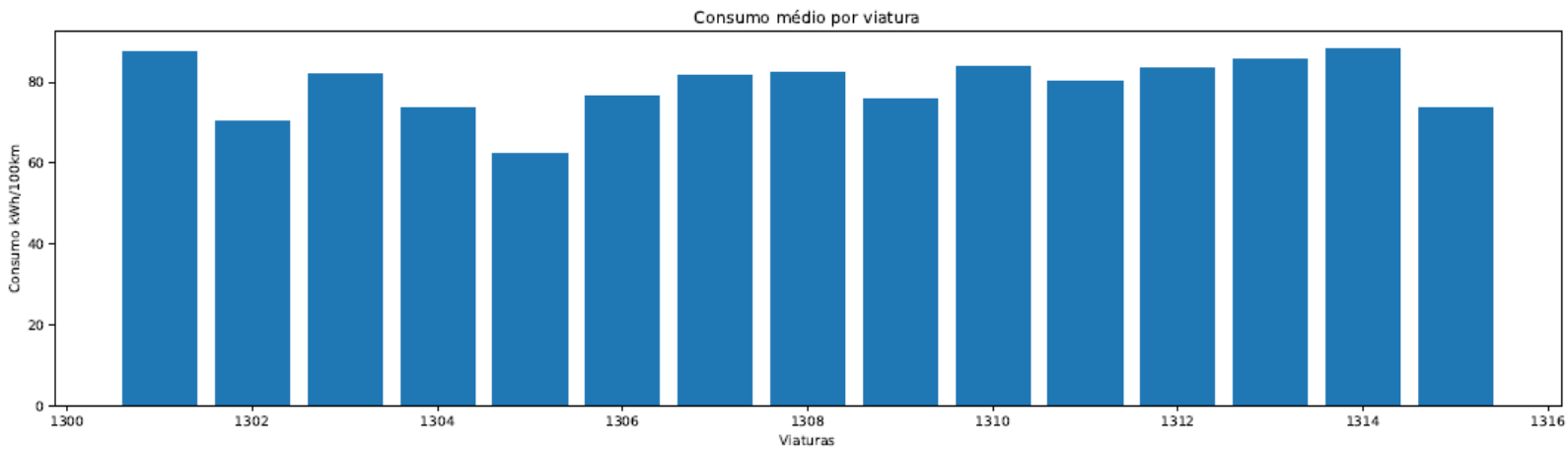


Figura 26: Consumo médio por cada viatura

Na figura 27, são exibidos os consumos diários em KWh/100Km, é observável que os consumos são bastante semelhantes entre si, embora ocorra um ligeiro aumento no fim de semana.

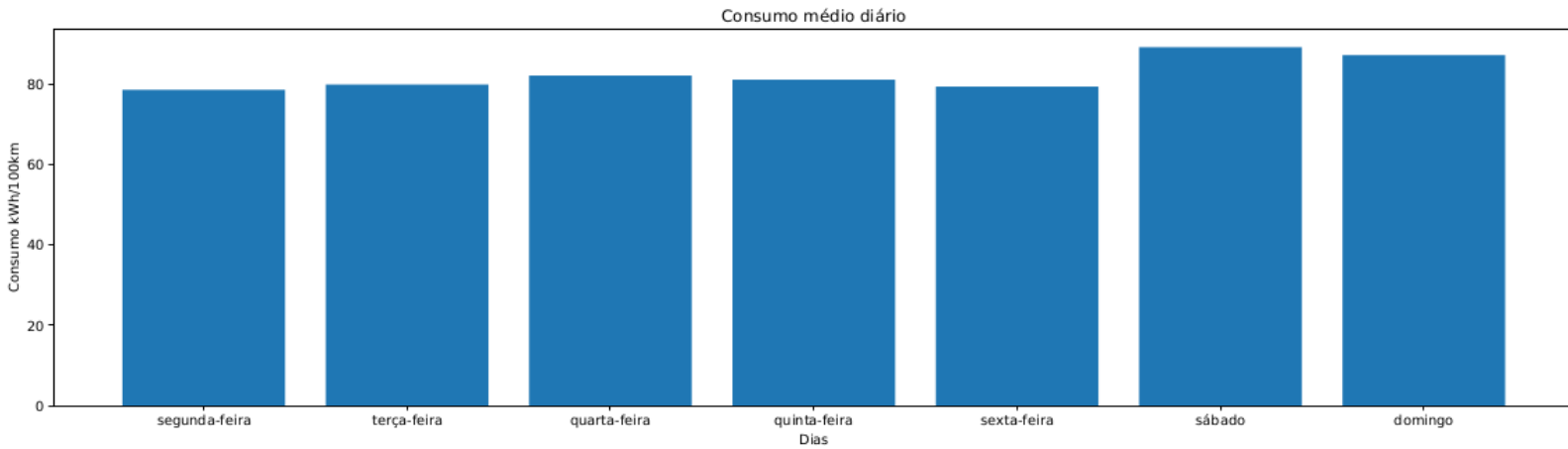


Figura 27: Consumo médio diário

Na figura 28, são exibidos os consumos mensais em KWh/100Km, e mais uma vez é observável que os consumos são semelhantes entre si, sendo um pouco menores nos meses de maio a julho.

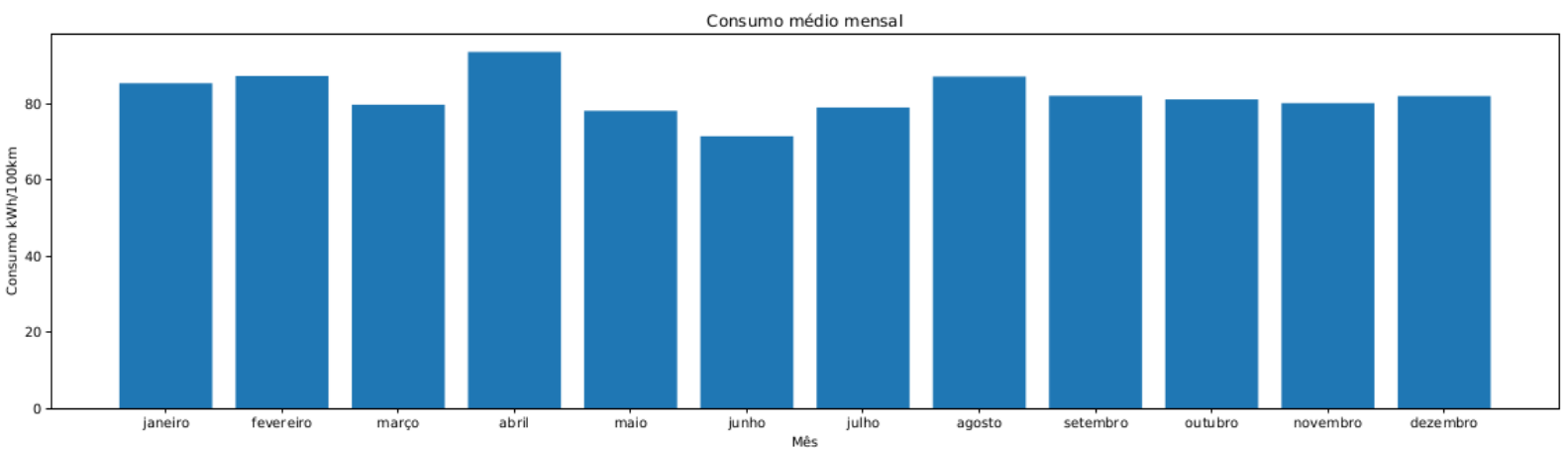


Figura 28: Consumo médio mensal

Na figura 29, é mostrado o consumo mensal da viatura 1301 na linha 99 em KWh/100Km, e é destacável que os níveis de consumo são equivalentes durante todo o ano.

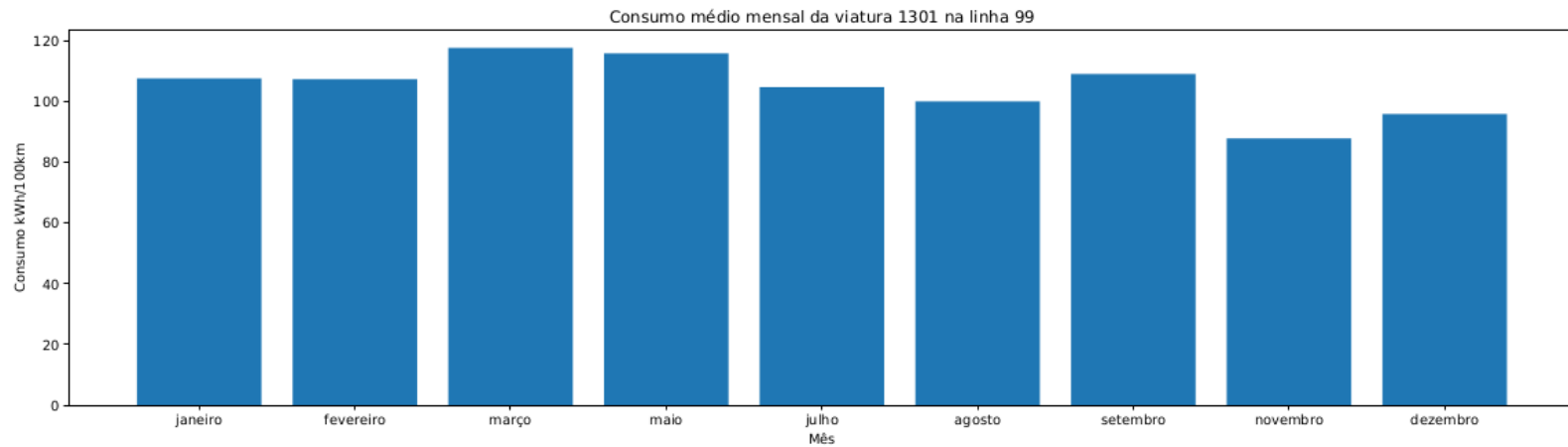


Figura 29: Consumo mensal da viatura 1301 na linha 99

Na figura 30, é exibido o consumo mensal da viatura 1301 na linha 202 em KWh/100Km, e é notável que os níveis de consumo são equivalentes durante os meses na imagem, tendo em conta os consumos contabilizados, serem os que se encontram no intervalo pré estabelecido pela STCP(80kWh/100km a 160kWh/100km).

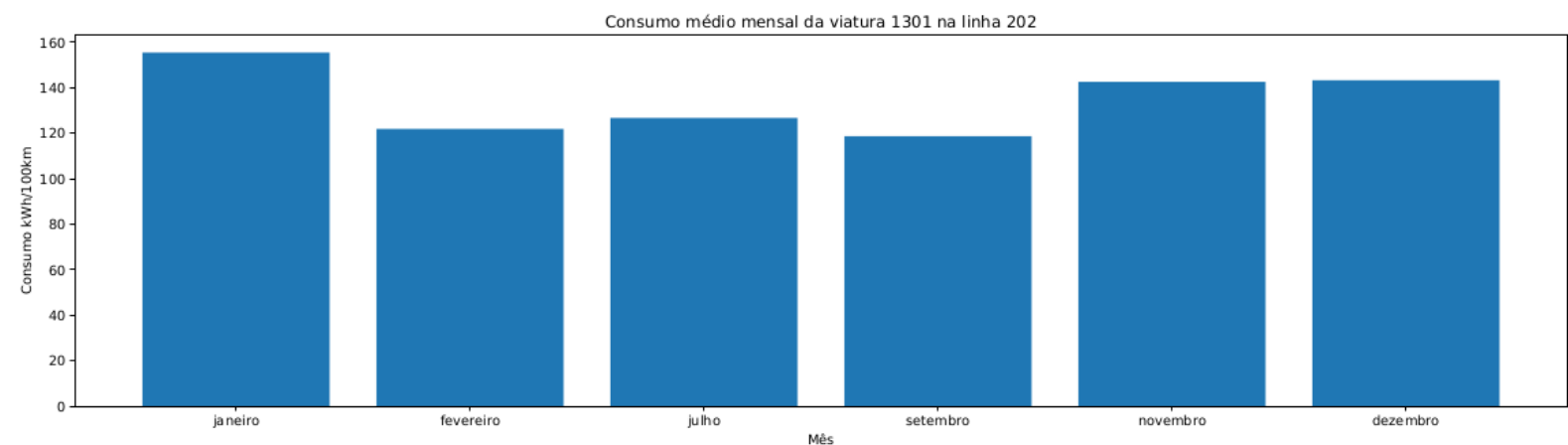


Figura 30: Consumo mensal da viatura 1301 na linha 202

Na figura 31, é mostrado o consumo mensal da linha 201 com a viatura 1307 em KWh/100Km, e é destacável que os níveis de consumo são equivalentes durante os meses listados na imagem, tendo em conta os consumos contabilizados, serem os que se encontram no intervalo pré-estabelecido pela STCP.

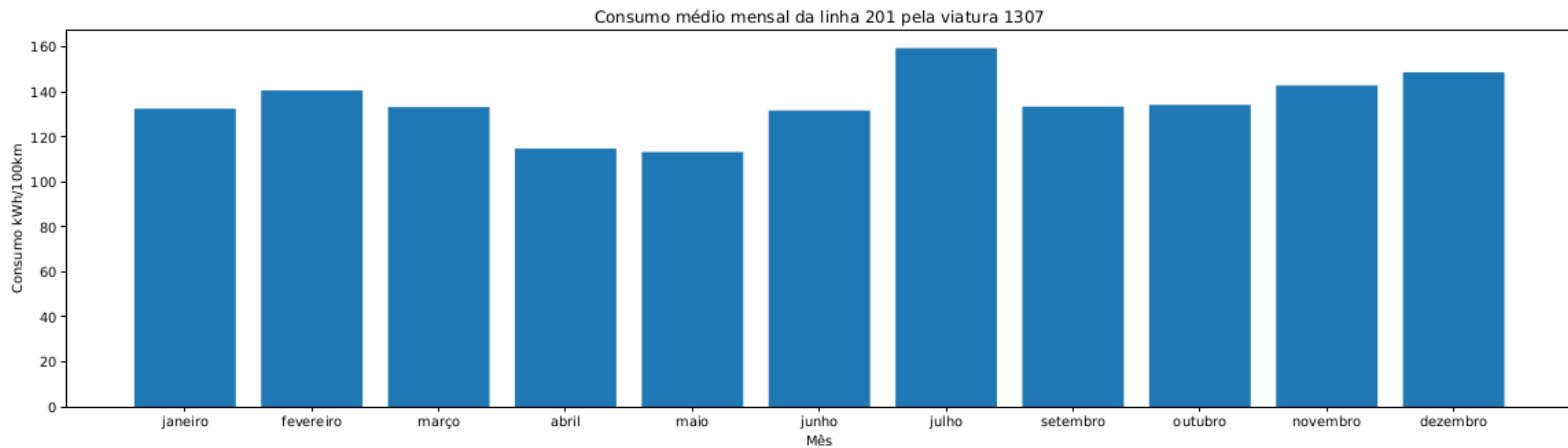


Figura 31: Consumo mensal da linha 201 usando a viatura 1307

Na figura 32, é mostrado o consumo mensal desta vez para a linha 207 com a viatura 1303 em KWh/100Km, e é notável que os níveis de consumo diminuem desde janeiro até maio e aumentam e estabilizam até ao fim do ano, nos meses apresentados na figura, tendo em conta os consumos contabilizados, serem os que se encontram no intervalo pré estabelecido pela STCP, tal como na figura 30.

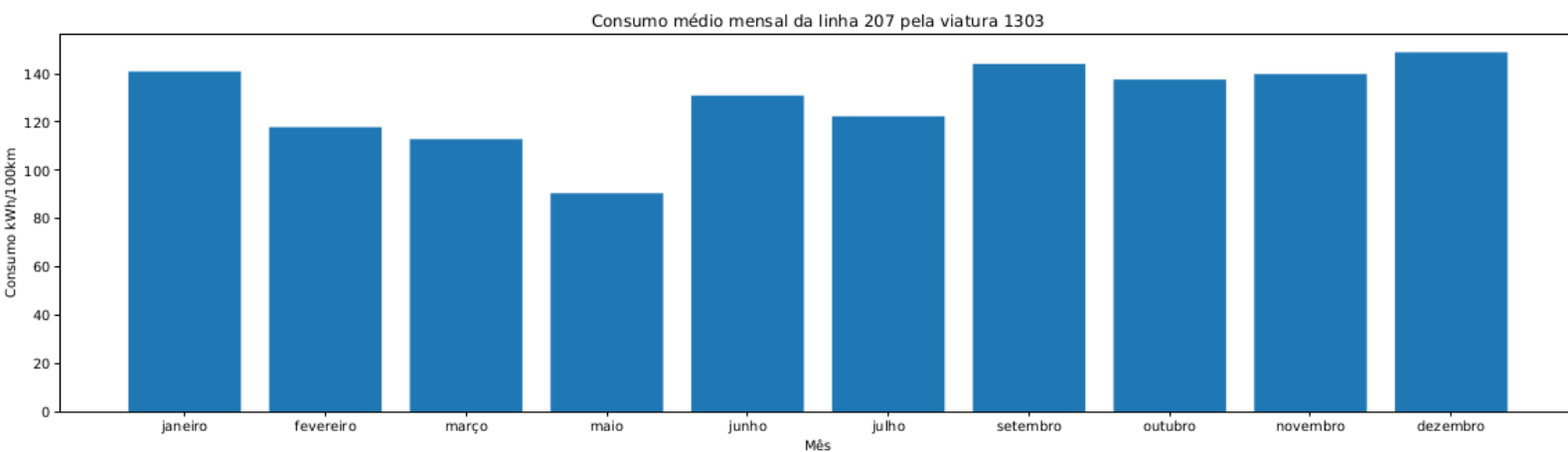


Figura 32: Consumo mensal da linha 207 usando a viatura 1303

Os gráficos representados nas figuras 33 a 36, representam um caso particular dos consumos calculados. Os resultados da elaboração dos gráficos em questão refletem os consumos no contexto antes da pandemia Covid-19 e durante a pandemia, um período de tempo estabelecido pela STCP, pré Covid-19, setembro de 2019 até março de 2020 e durante o período de Covid-19, desde de abril de 2020 até março de 2021.

A figura 33, reflete o consumo mensal nos meses pré Covid-19 no ano de 2019, em que se pode observar que os consumos são estáveis.

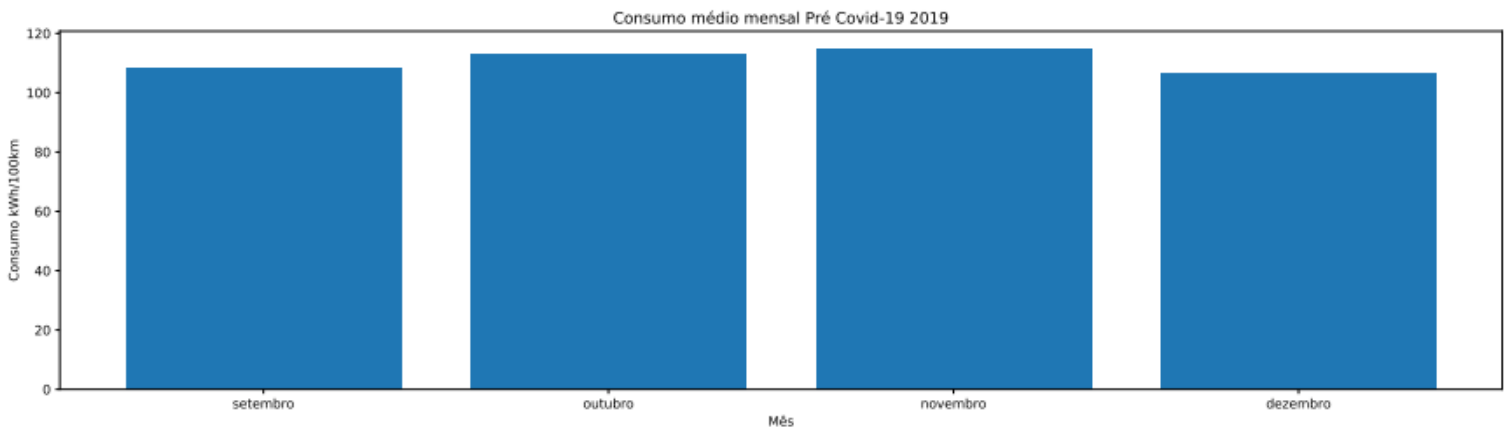


Figura 33: Consumo mensal no ano 2019 pré-Covid-19

A figura 34, reflete o consumo mensal nos meses pré Covid-19 no ano de 2020, em que, mais uma vez, se pode observar que os consumos são estáveis.

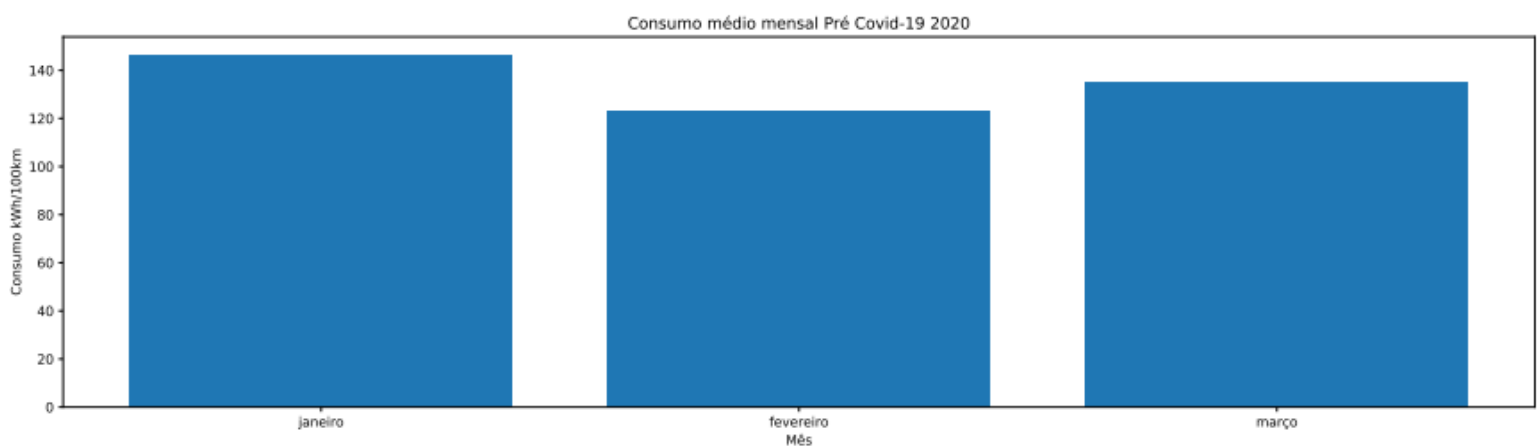


Figura 34: Consumo mensal no ano 2020 pré-Covid-19

A figura 35, reflete o consumo mensal nos meses durante a época de Covid-19 no ano de 2020, em que se pode observar que os consumos são relativamente semelhantes, embora com algumas variações.

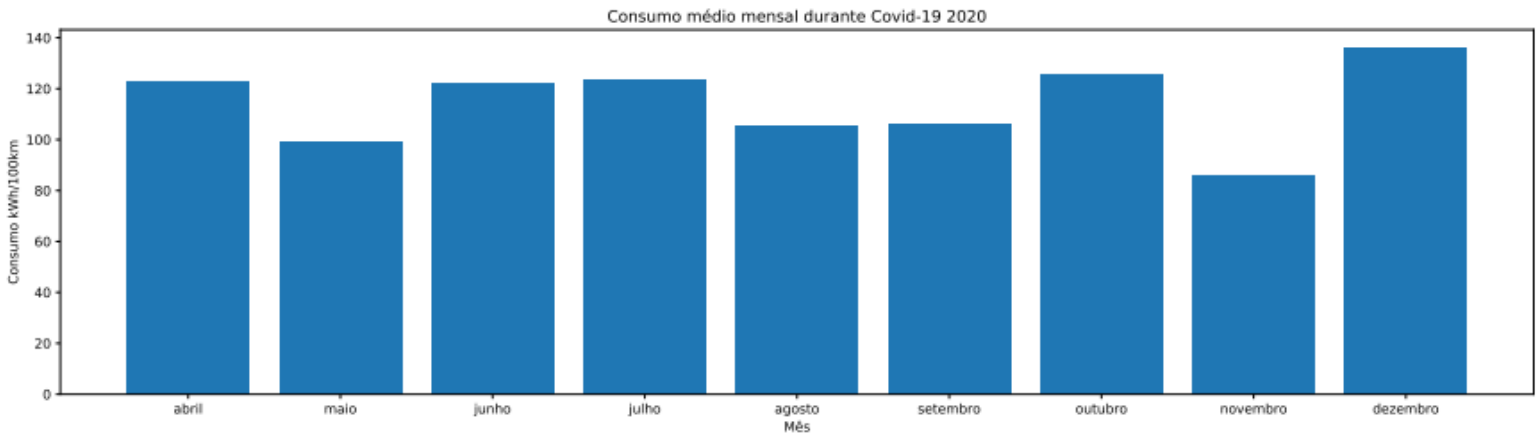


Figura 35: Consumo mensal do ano 2020 durante Covid-19

A figura 36, reflete o consumo mensal nos meses durante o Covid-19 no ano de 2021, em que se pode observar que os consumos são relativamente semelhantes, evidenciando uma descida desde janeiro até março.

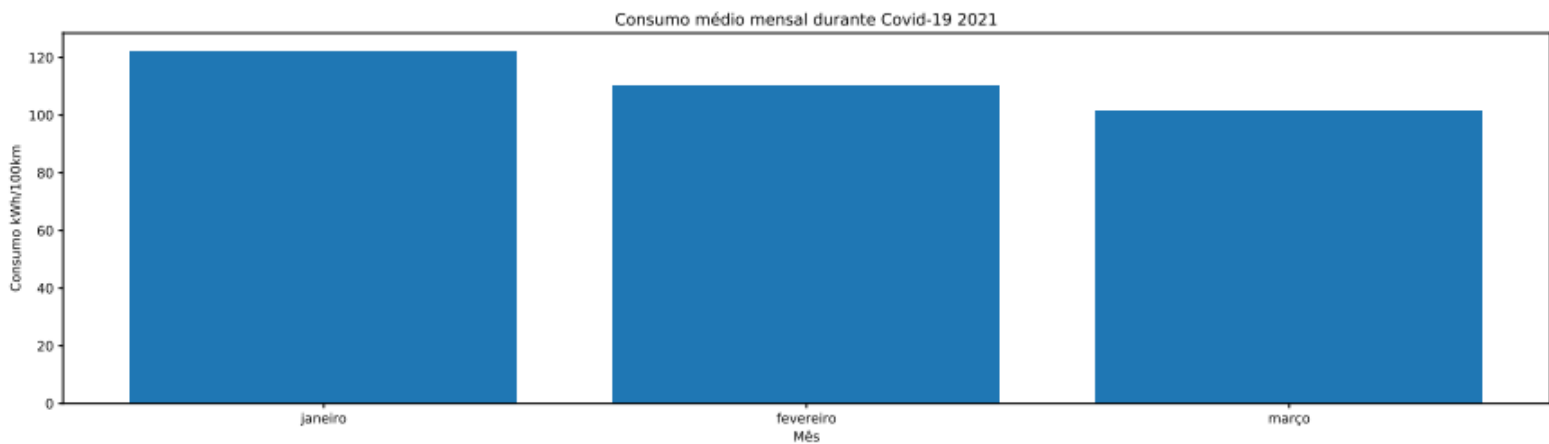


Figura 36: Consumo mensal no ano 2021 durante Covid-19

4.3. Discussão dos resultados

Relativamente aos resultados obtidos, é possível tirar algumas conclusões a partir dos gráficos gerados, e apresentados no capítulo anterior, por exemplo, na Figura 11, é apresentado um gráfico de barras e é fácil de perceber que na linha 704,

geralmente o uso de AEs é mais elevado durante os dias da semana, do que nos fins de semana, isto pode ser devido a muitos fatores, um deles a comutação que a população faz para locais de trabalho, escolas ou para outros transportes públicos (mais intensa, em função dos dias de trabalho). Da mesma forma, a maioria das linhas apresenta o mesmo comportamento, no entanto linhas como por exemplo a 600, Figura 13, apresentam resultados inversos, mais utilização aos finais de semana.

Analisando o mesmo tipo de gráfico de barras, com o mesmo princípio, exceto que a análise é feita durante os meses do ano, em vez dos dias da semana, Figura 14, é possível determinar que há uma maior afluência no uso de AEs, nos meses de janeiro a maio e setembro até dezembro de um ano, possivelmente devido ao início das aulas no mês de setembro o que provoca mais utilizadores na forma de alunos até ao fim do semestre por volta do mês de maio ou junho, indicando que a utilização desta linha da STCP é altamente influenciada pela presença de alunos que usam os transportes da empresa para se deslocarem até às respetivas escolas ou universidades e instituições. Já a linha 600, Figura 16, não aparenta ser tão influenciada pela presença de alunos, apresentando ainda picos nos meses de setembro, abril e maio, há ainda um maior número de utilizadores no mês de julho. Estes dados talvez sejam explicados por o fim desta linha ser no metro, o que possibilita outras saídas, o que torna a linha 600 uma das linhas mais usadas para movimentação na cidade.

Nas figuras 17, 18 encontram-se dois gráficos de fatias que apresentam percentagens relativamente ao número total de serviços realizados, o primeiro relacionado com a viatura e o segundo o dia da semana. Este tipo de gráficos é útil, pois consegue de uma forma ilustrativa e simples de interpretar, mostrar possível subutilização ou uso excessivo de uma determinada viatura, como é o caso na Figura 17, que indica que a viatura 1311, foi a mais utilizada ao longo de três anos, aproximadamente, com uma percentagem de 7.7%, o que à superfície pode não parecer muito, no entanto, esta percentagem corresponde a 990 serviços, ao passo que a viatura com menos serviços, 1306, com uma percentagem de 4.5%, fez apenas 579 serviços. Ao longo de cerca de três anos de serviço, há uma discrepância de 411 serviços entre estas duas viaturas, e embora, a esperança média de vida para uma viatura, seja bastante superior a três anos (dado operacional e empírico partilhado pela companhia), se o padrão se manter, é

expectável, que a viatura 1311 irá alcançar o seu limite mais cedo que o esperado, sendo por isso necessário fazer uma melhor gestão da distribuição de serviços pela frota disponível. As restantes viaturas realizam o que será considerado o número médio de serviços expectável, representando cerca de 6% a 7% cada viatura individualmente e realizaram entre os 700 e 900 serviços, ou seja a distribuição entre as restantes viaturas é igualmente proporcional.

Relativamente aos gráficos apresentados nas figuras 19 a 24, estes são mais um conjunto de gráficos de barras, que são extremamente úteis a ajudar a analisar a perspetiva da viatura relativamente ao dia e mês, sendo que mais uma vez, quanto à análise, face ao dia, há uma maior incidência no uso de AEs durante os dias úteis, independentemente da viatura, além disso, vai de encontro aos resultados obtidos no gráfico de barras das figuras 11. O mesmo se pode concluir com os gráficos das imagens da Figuras 22, 23 e 24, que exibem um maior uso de AEs nos meses de maior atividade escolar e tendem a diminuir em uso nos meses de verão, ou seja férias, não só escolares, mas em geral, é esperado que nestes meses não ocorra tanta aderência a AEs, novamente os resultados obtidos coincidem com a análise anteriormente mencionada acerca do gráfico na figura 14.

Sendo assim uma possível maneira de controlar a autonomia da bateria, colocar mais AEs durante os dias úteis, distribuir os utilizadores por mais AEs, o que poderá permitir que a carga total do veículo diminua, e por consequência aumentar a autonomia da bateria.

Sobre os gráficos das figuras 25 a 32, onde são exibidos os consumos das várias linhas, viaturas, o consumo mensal e o consumo diário, é observável que a vasta maioria dos consumos está nos 120kWh/100Km, tal como indicado pela STCP (e tomado aqui como valor de referência), e evidenciado nas figuras 29 a 32. A maioria dos consumos é estável e na mesma ordem e intervalo de kWh/100km, isto indica que o consumo é equivalente nos vários casos, sendo possível de observar que nos meses de menos atividade o consumo tende a diminuir ligeiramente, o que pode ser atribuído a menos atividade, causado por menos uso de AEs nessa altura do ano. Quanto aos gráficos das Figuras 33 a 36, que são representativos dos consumos nos intervalos de tempo pré Covid-19 e durante, o consumo tende a aumentar ligeiramente durante o período de Covid-19 relativamente a antes do Covid-19, este facto pode ser atribuído à amostra de dados do intervalo de tempo pré Covid-19 ser menor, 7 meses, do que a do período durante o Covid-19, 12 meses, tendo em

conta que os intervalos de tempo foram definidos pela STCP. No entanto, para aprofundar a questão, é recomendável a obtenção de séries de dados maiores.

4.4. Resumo do capítulo

Concluindo, neste capítulo é feita uma reflexão sobre os resultados obtidos no trabalho efetuado nesta dissertação, nomeadamente acerca dos gráficos obtidos, e o que se pode retirar como análise, é que numa perspetiva da linha utilizada, dependendo do dia da semana e mês, diferentes linhas são mais ou menos usadas tendo em conta as suas características e os respetivos dias e meses. E é possível concluir o mesmo acerca das diferentes viaturas.

Também é possível concluir que tanto para as diferentes linhas e viaturas, estas são mais utilizadas em dias úteis e nos meses de maior atividade, ou seja, entre os meses de setembro e maio do ano seguinte.

Quanto aos consumos, pode-se concluir que independentemente da perspetiva, isto é, se for posta em questão uma análise quanto à linha ou viatura, os consumos, rondam o mesmo valor médio de 120 kWh/100km. Existem, no entanto, alguns casos, em que é visível um aumento do consumo, nos meses de maior atividade, reforçando mais uma vez a teoria de que nesse período de tempo há mais utilizações dos AEs, respetivas linhas e do consumo.

Para solucionar este problema, umas das possíveis estratégias seria, colocar mais AEs em circulação nos dias de maior intensidade, o que permite a distribuição de utilizadores por mais viaturas, reduzindo a carga total e, em princípio, levará a um aumento no tempo de bateria.

5. Conclusões e Trabalho Futuro

5.1 Introdução

Nesta secção do documento vão ser expostas as conclusões finais, isto é, uma breve conclusão dos resultados obtidos, revisão dos objetivos propostos, e se foram alcançados com sucesso, as limitações e obstáculos encontrados no processo de elaboração deste trabalho e também o que pode ser realizado como trabalho futuro, na forma de melhoramentos e otimizações.

No capítulo 1, Introdução, são explorados os temas como contexto e relevância de um trabalho como este, motivação, desafios e limitações encontradas, e a estrutura do trabalho. No que toca à relevância e importância de um trabalho como este, esta advém de uma necessidade de modernização de uma empresa, STCP, ao tentar acompanhar a eletrificação de veículos que tem ocorrido nos últimos anos, e a motivação vai diretamente de encontro com a importância do trabalho, visto que a importância e a motivação apontam para o mesmo objetivo, eletrificação de transportes, com a premissa de redução de poluição e combustíveis fósseis e sustentabilidade ambiental. Quanto aos problemas encontrados, tal como referido no Capítulo 1, este trabalho pode ser dividido em dois problemas, que são a estratégia de distribuição e carregamento de AEs e a aplicação que vai gerar os gráficos, que por sua vez com devida interpretação irão facilitar no planeamento da estratégia de distribuição. Neste trabalho só são disponibilizados os gráficos, a estratégia deverá ser a STCP a determinar como melhor se adequa ao caso. Os objetivos que foram propostos a serem atingidos, como estruturar e estabelecer relações entre os dados brutos, servem o propósito de resolver os problemas expostos no Capítulo 1. Relativamente às limitações encontradas, resumem-se na recolha de dados fidedignos, visto que algumas das entradas têm valores contaminados, com alguns dos campos com valores não expectáveis ou vazios, isto faz com que essas entradas possam influenciar o resultado final de uma forma inesperada, apesar de serem limitadas. Outro fator que modificou os dados de forma inesperada, foi a pandemia, que inevitavelmente influenciou os dados, por exemplo com o número de pessoas a trabalhar remotamente, é expectável que o número de utilizadores em 2020 e 2021 seja menor que o normal comparativamente

a anos anteriores. E no subcapítulo Estrutura do trabalho, é explicada a divisão deste trabalho.

No capítulo 2, Revisão da literatura, é apresentado o estado da arte organizado por palavras chave, Autocarro elétrico, poluição, pontos de recarga, distribuição, consumo, e é feito um agregado de toda a informação adquirida no processo de pesquisa numa forma organizada e que permite obter o conhecimento necessário para entender o problema encarado e criar soluções para resolver o problema.

No capítulo 3, Proposta, é explicada em detalhe a abordagem metodológica utilizada para o trabalho desenvolvido, que segue as cinco fases do método científico, Identificação de um problema, Revisão bibliográfica e proposta de uma abordagem nova, Conceção de um sistema/aplicação/ferramenta, Realização de um estudo empírico em que se testa o trabalho desenvolvido e por fim Análise dos resultados e obtenção de conclusões. De seguida é feita uma proposta do trabalho a ser desenvolvido e a apresentação dos requisitos funcionais, não funcionais e de sistema, assim como diagramas de Casos de uso (Figura 5), Base de dados (Figura 6), Atividade (Figura 7), e Sequência (Figura 8). E finalmente é exposta a forma como a recolha de dados é feita, que é um processo completamente gerido pela STCP, assim como os instrumentos de recolha de dados, como por exemplo o uso de SAEi, explicado no capítulo 3.

No capítulo 4, Resultados, são exibidos os resultados e é feita uma explicação das conclusões atingidas com o trabalho, inclusive uma retrospectiva sobre os gráficos conseguidos e descrição dos seus conteúdos, na secção de Discussão dos resultados.

5.2 Resultados obtidos

Tendo em conta o produto final gerado, e com base nessas informações é possível determinar algumas conclusões, que podem ser consideradas válidas, devido a tendências no quotidiano, ou seja, padrões existenciais, que comprovam a análise feita em questão, e pela validade dos dados fornecidos.

Sendo assim, na grande maioria dos gráficos, é visivelmente viável, de perceber que existem alguns padrões em comum com os gráficos do mesmo tipo e mesmo nos que não são do mesmo tipo, assim como, entre grandezas diferentes, como por exemplo, gráficos de barra que refletem o uso, em média, de uma determinada linha

durante uma semana, na maioria dos resultados, o maior uso para este caso particular é, previsivelmente, durante os dias úteis da semana, devido a razões como a comutação de trabalho, ou viagens para instituições de ensino (o processo pendular de deslocação das populações entre a sua zona de residência e a sua zona de atividade), e por estas mesmas razões, é plausível de determinar que nos gráficos com uma abordagem semelhante, como o uso da linha, em média por mês, o padrão que se pode observar é que, existem alguns meses do ano em que o uso de AEs numa linha é mais evidente, por exemplo, o período de janeiro a maio, e setembro a dezembro tem mais uso, geralmente, que nos meses de junho, julho e agosto, o que é indicativo que nos meses de verão, não ocorrem tantos usos de AEs na maioria das linhas, isto acontece porque este é um período de menos uso, correspondente a uma altura de férias para estudantes e para muitos utilizadores da STCP, que deixam de usar o AE como meio de transporte para se deslocarem diariamente. Mas o padrão que se encontra nos gráficos de barras, que representam o uso das linhas por dia da semana, e mês, é também observável e comparável, com o padrão que se evidencia, nos mesmos gráficos de barras, para os AEs, ou seja nos gráficos em que é mostrado o uso de um AE, em média, com base nos dias da semana e meses, isto é, variando a grandeza em questão, em vez de usar a linha como ponto de partida, usar o AE, a conclusão que se pode retirar é a mesma, mais uso nos dias úteis e nos meses de janeiro a maio e setembro a dezembro. Adicionalmente, esta conclusão é ainda observável no gráfico de fatias da figura 18, evidenciado um maior número de serviços, nos dias úteis numa abordagem da viatura, inclusivamente esta tendência é evidente nos gráficos de consumo mensal, Figura 28, onde novamente, se pode notar uma diminuição, neste caso, do consumo, o que fortalece a ideia de que, na generalidade, o uso, consumo, quilómetros percorridos, são menores nos meses de menos atividade e fins de semana.

5.3 Revisitar os objetivos

Os objetivos deste trabalho são estruturar os dados brutos, e com esses dados estabelecer correlações entre as variáveis disponibilizadas, e com esta informação, criar uma aplicação que permite visualizar os dados brutos e desorganizados de uma forma estruturada e que visualmente ajude a interpretar os dados, e para

alcançar este objetivo, foram utilizados gráficos para potencializar a interpretação dos dados e com isso tirar conclusões que ajudem a STCP a definir a melhor gestão de distribuição de AEs, usando o conhecimento coletivo alcançado neste trabalho

5.4 Limitações do trabalho

As limitações encontradas no decorrer deste trabalho incluem a gestão de dados fornecidos pela empresa. A coleção de informação é limitada e com inconsistências, tais como carregamentos nulos, dados com grandezas que não pertencem à coluna em que estão, e dados que estão afetados pela pandemia Covid-19, que teve maior efeito nos meses de março de 2020 a março de 2021, período considerado pela empresa STCP, e que afetou os valores na íntegra, apesar de este fator ter sido levado em conta, é esperado que os dados tenham sido afetados e por isso, comparativamente com intervalos de tempo fora do intervalo afetado por Covid-19, é provável que ocorram algumas diferenças, especialmente no uso ou número de serviços, e consumos.

5.5 Trabalho futuro

Como proposta para trabalho futuro, existem essencialmente três aspetos que devem ser considerados: eficiência, GUI e IA/ML.

Sobre a eficiência, para melhorar a performance da aplicação, ao diminuir tempo de execução, será ideal, fazer um pré-processamento dos dados brutos, antes de serem inseridos na base de dados, este processo pode ser alcançado de duas formas, manualmente que não será tão interessante, mas mais rápido em termos de implementação ou via um script ou até parte da própria aplicação, isto pode passar por eliminação à cabeça de dados corrompidos, nulos ou equivalentes a zero, essencialmente dados que não interessam para a interpretação e podem contaminar os resultados finais. Adicionalmente, threads são inevitavelmente algo que pode acelerar o processo como um todo, como é o caso normalmente quando o paralelismo é implementado. Threads introduzem o conceito de paralelismo, isto significa que mais do que uma thread pode efetuar o processamento de dados, o que torna o processamento mais rápido e conseqüentemente o tempo de execução diminui. De uma forma muito simples, threads permitem executar mais tarefas ao mesmo tempo ou em paralelo. O problema de implementação de threads é a sua

implementação, o processo de adição de threads ao código, é mais complexo e pode introduzir erros no código e criar problemas de sincronização, devido ao acesso de memória partilhado, sendo este um melhoramento que requer mais tempo e consideração, para que seja feito corretamente.

Outro melhoramento seria uma GUI (uma interface gráfica), que introduz interação com o utilizador, isto permitiria pedir gráficos com input, no entanto para o ambiente da STCP, em que seria necessário integrar com os seus sistemas internos, neste contexto, um *front-end* em HTML, não era uma opção viável. Por isso foi acordado a abordagem de exportação em PDF, o que torna a aplicação mais genérica, face ao ambiente.

Outra possibilidade para trabalho futuro, seria IA/ML, estas tecnologias poderiam potenciar melhores análise estatísticas e treino de modelos, para previsões, no entanto a implementação de IA/ML, pode ser complexa e não estava definida como objetivo e âmbito para esta dissertação.

Outro aspeto importante e interessante que será digno de investigar será elaborar gráficos que permitam obter os valores de consumos, quando o recomeço da normalidade antes do período de Covid-19 acontecer, isto permitirá tirar conclusões ainda mais relevantes, porque irão existir dados ou gráficos para comparar épocas distintas, antes, durante e depois do Covid-19.

Referências

Gao, Y., Guo, S., Ren, J., Zhao, Z., Ehsan, A. and Zheng, Y. (2018) 'An Electric Bus Power Consumption Model and Optimization of Charging Scheduling Concerning Multi-External Factors', College of Electrical Engineering, Zhejiang University

Beeckers, J., Besselink, .I, Frints, J. and Hijmeijer, H. (2019) 'Energy Consumption Prediction for Electric City Buses', 13th ITS European Congress

Abbasi, M. (2018) 'Study of Electrical Buses and Their Impact on the Environment in the Urban Networks', Civil Engineering, Architecture and Urbanism of The Islamic Countries

Xylia, M. (2018) 'Towards electrified public bus transport: The case of Stockholm', KTH Royal Institute of Technology, 2018. , p. 77

K. Kivekäs, A. Lajunen, F. Baldi, J. Vepsäläinen and K. Tammi, "Reducing the Energy Consumption of Electric Buses With Design Choices and Predictive Driving," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 68, no. 12, pp. 11409-11419, Dec. 2019, doi: 10.1109/TVT.2019.2936772.

Pamula, T. and Pamula, W. (2020) 'Estimation of the Energy Consumption of Battery Electric Buses for Public Transport Networks Using Real-World Data and Deep Learning', Faculty of Transport and Aviation Engineering, Silesian University of Technology, Krasinskiego 8, 40-019 Katowice, Poland

H. Wang, W. Wu, Y. Li, C. Chen and X. Xu, "Refined charging strategy for electric buses based on data-driven," 2020 International Conference on Electrical Engineering and Control Technologies (CEEECT), Melbourne, VIC, Australia, 2020, pp. 1-7. DOI: 10.1109/CEEECT50755.2020.9298592.

Emprecha, S.; Pattaraprakorn, W.; Chutiprapat, V. and Bhasaputra, P. (2016). The study on the effect of electric bus (non-fixed route) to energy consumption in

Thailand. 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), Chiang Mai, Thailand, 2016, pp. 1-5. DOI: 10.1109/ECTICon.2016.7561404.

Kammuang-lue, N. and Boonjun, J. (2019). Simulation and Comparison on Energy Consumption between Electric and Diesel Buses: Feasibility Study on Electric Rubber-Tire Bus Potential in Chiang Mai. IEEE 10th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE), Brussels, Belgium, 2019, pp. 490-496. DOI: 10.1109/ICMAE.2019.8880940.

Houbbadi, A.; Pelissier, S.; Trigui, R.; Redondo-Iglesias, E.; and Bouton, T. (2019). Overview of Electric Buses deployment and its challenges related to the charging - the case study of TRANSDEV. 32nd Electric Vehicle Symposium (EVS32), May. LYON, France. 11p. fahal02148377v2f.

Campos, M. (2014). *Definição de tempos de percursos para linhas da Sociedade de Transportes Colectivos do Porto (S.T.C.P.)* (Mestrado). Universidade do Porto.

Ribeiro, N. M. (2021). Slides da cadeira de metodologia de dissertação de mestrado. Mestrado em Engenharia Informática. Porto: Universidade Fernando Pessoa.

Marengoni, M. e Stringhini, D. (2010). Tutorial: Introdução à Visão Computacional usando OpenCV. Revista de Informática Teórica e Aplicada; Vol. 16, No 1 (2009); 125-160. 16. 10.22456/2175-2745.11477.

Ribeiro, G. (2019). *O problema de escalonamento de autocarros elétricos* (Mestrado). Universidade do Porto. [Em linha] Disponível em <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsrca&AN=rcaap.com.UP.10216.124763&lang=pt-pt&site=eds-live&scope=site> [Consultado a 24/04/2021].

Mayank, T. (2020), "Python for Data Analysis". [Em linha] Disponível em <https://datascience.foundation/sciencewhitepaper/python-for-data-analysis>. [Consultado em 24/04/2021].

Numba. (2018). “*A High Performance Python Compiler*”. [Em linha] Disponível em <<http://numba.pydata.org/>> [Consultado em 24/04/2021].

docs.python.org/3/. (2021). “*hashlib - Secure hashes and message digests*”. [Em linha] Disponível em <<https://docs.python.org/3/library/hashlib.html>>. [Consultado em 24/04/2021].

Erskine, K. (2020). “*mkleehammer/pyodbc*”. [Em linha] Disponível em <<https://github.com/mkleehammer/pyodbc/wiki>>. [Consultado em 24/04/2021].

datetime - “*Basic date and time types*”. *datetime - Basic date and time types - Python 3.9.4 documentation*. (2021). [Em linha] Disponível em <<https://docs.python.org/3/library/datetime.html>>. [Consultado em 24/04/2021].

Anexo A - Código Python associado

Esta seção descreve o código geral para a o tratamento de dados

```
stcp.py > ...
28
29 if __name__ == "__main__":
30     start_time = time.time()
31     # INITIAL DB SETUP
32     dbOps.initialSetup()
33     days = dbOps.getDaysDB() #sorted days
34     # GRAPHICS
35     ## PLOTS
36     ### How many times a line/vehicle was used by day/month
37     graphs.showPlotBarHowManyLinhaAndViaturaDayAndMonth()
38     ## PIECHARTS
39     ### Average of services of 5 days in 2019,2020,2021 by vehicle
40     graphs.plotPieChartServicosByDays('1309', 5, days)
41     graphs.plotPieChartServicosByDays('1302', 5, days)
42     graphs.plotPieChartServicosByDays('1301', 5, days)
43     ### Services
44     graphs.plotPieChartNumServicosViatura()
45     graphs.plotPieChartNumServicosDia()
46     graphs.plotPieChartNumServicosLinha()
47     ## SCATTER PLOT
48     ## CONSUMPTION GRAPHS(Plots)
49     graphs.showConsumo100kmLinha()
50     graphs.showConsumo100kmViatura()
51     graphs.consumoDiario100km()
52     graphs.consumoMensal100km()
53     graphs.consumoViaturaLinha()
54     graphs.consumoLinhaViatura()
55     ### Covid-19 graphs
56     graphs.showCovidGraphs()
57     ## LINES
58     ### Consumption
59     graphs.consumoViaturaLinhaPlotLine()
60     graphs.consumoLinhaViaturaPlotLine()
61     graphs.consumoViaturaDatePlotLine()
62     graphs.consumoLinhaDatePlotLine()
63
64     #save all graphics to a pdf file as images
65     graphs.saveToPdf()
66
67     print("--- %s seconds ---" % (time.time() - start_time))
68
69
```

```

26 with pyodbc.connect('DRIVER='+driver+';SERVER='+server+';PORT=1433;DATABASE='+database+';UID='+username+';PWD='+ password) as conn:
27     with conn.cursor() as cursor:
28         cursor.execute("SELECT TOP 3 name, collation_name FROM sys.databases")
29         row = cursor.fetchone()
30         while row:
31             print (str(row[0]) + " " + str(row[1]))
32             row = cursor.fetchone()
33
34 stcpTableQuery = '''
35         if not exists (select * from sysobjects where name='stcp' and xtype='U')
36             CREATE TABLE StcpDB.dbo.stcp (DIA nvarchar(50), ID_SERVICO INT, VIATURA INT, LINHA nvarchar(50),
37             QTD_SERVICOS INT, DTHR_PRIMEIRO_SRV_INI nvarchar(50), DTHR_ULTIMO_SRV_FIM nvarchar(50), SEGUNDOS_SERVICO INT,
38             KMS_SERVICO nvarchar(50), DTHR_SRVSEG_INI nvarchar(50), QTD_CARREG INT, DTHR_PRIMEIRO_CARREG_INI nvarchar(50),
39             DTHR_PRIMEIRO_CARREG_FIM nvarchar(50), DTHR_ULTIMO_CARREG_INI nvarchar(50), DTHR_ULTIMO_CARREG_FIM nvarchar(50),
40             SEGUNDOS_CARREG INT, ENERGIA_CARREG nvarchar(50), KMS_CARREG nvarchar(50), PERC_BATERIA_INI INT, PERC_BATERIA_FIM INT,
41             DTHR_INSERT nvarchar(50), NUM_VALIDACOES INT)
42         '''
43
44 md5Query = '''
45         if not exists (select * from sysobjects where name='cf' and xtype='U')
46             CREATE TABLE StcpDB.dbo.cf (cfs nvarchar(50) PRIMARY KEY)
47         '''
48

```

```

49 def initialSetup():
50     #create the table
51     cursor.execute(stcpTableQuery)
52     cursor.execute(md5Query)
53     insertToDB(readCSV())
54
55 def getMd5File():
56     md5_hash = hashlib.md5()
57     a_file = open(oracleDataCSV, "rb")
58     content = a_file.read()
59     md5_hash.update(content)
60     digest = md5_hash.hexdigest()
61     return digest
62
63 def insertMd5File():
64     fileMd5 = getMd5File()
65     print(fileMd5)
66     if fileMd5 is None:
67         return False
68     cursor.execute('''
69         INSERT INTO StcpDB.dbo.cf (cfs)
70         VALUES (?)
71         ''',
72         fileMd5
73         )
74     print('Checksum of file inserted in DB')
75     conn.commit()
76
77 def deleteMd5File():
78     cursor.execute('''
79         DELETE FROM StcpDB.dbo.cf
80         ''')
81     )
82     print('Checksum of file deleted in DB')
83     conn.commit()
84
85 def readMd5File():
86     cursor.execute('SELECT cfs FROM StcpDB.dbo.cf')

```



```

25 pdf = matplotlib.backends.backend_pdf.PdfPages("graphs.pdf")
26 figs = [] #all graphs will be appended here and then in line (for f in figs:), exported to pdf
27 standardFigSizeX = 20
28 standardFigSizeY = 5
29 minConsumeLimit = 80 #kWh/100km
30 maxConsumeLimit = 160 #kWh/100km
31
32 > def CountFrequency(my_list): ...
33
34
35
36
37
38
39
40
41 def plotBarViaturasByDay(figs,date):
42     data = dbOps.readDBDDate(date)
43     dff = pd.DataFrame(data, columns=['VIATURA'])
44     viaturas = dff['VIATURA'].to_list()
45     aux = CountFrequency(viaturas)
46     fig = plt.figure(figsize = (10, 5))
47     figs.append(fig)
48     plt.bar(list(aux.keys()),list(aux.values()))
49     plt.xlabel('Viatura')
50     plt.ylabel('Nº de serviços')
51     plt.title('Nº de serviços efetuados por uma viatura no dia ...')
52
53

```

```

71
72 @jit
73 def showPlotBar(figs,x,y,xLabel,yLabel,title,figSizeX,figSizeY):
74     fig = plt.figure(figsize = (figSizeX, figSizeY))
75     figs.append(fig)
76     plt.bar([x,y])
77     plt.xlabel(xLabel)
78     plt.ylabel(yLabel)
79     plt.title(title)
80     plt.close(fig)
81
82

```

```

173
174 @jit
175 def plotPieChart(fracs,labels,title):
176     fig = plt.figure(figsize = (20, 5))
177     figs.append(fig)
178     explode = [0] * len(fracs)
179     explode[np.argmax(fracs)] = 0.1
180     plt.axes([0.1, 0.1, 0.8, 0.8])
181     plt.pie(fracs,explode=explode, labels=labels, autopct='%1.1f%%', shadow=True, startangle=90)
182     plt.title(title)
183     plt.close(fig)

```

```

198
199 @jit
200 def plotPieChartNumServicosViatura():
201     dic = {}
202     info = dbOps.readDBDServicosViatura()
203     df = pd.DataFrame(info, columns=['VIATURA', 'QTD_SERVICOS'])
204     viaturas = df['VIATURA'].to_list()
205     aux = df.to_dict('index')
206     for v in viaturas:
207         if not v in list(dic.keys()):
208             dic.update({v: 0})
209     for d in list(aux.values()):
210         if d['VIATURA'] in viaturas:
211             dic[d['VIATURA']] += d['QTD_SERVICOS']
212     print(dic)
213     labels = dic.keys()
214     fracs = []
215     for d in labels:
216         fracs.append(dic.get(d))
217     plotPieChart(fracs, labels, 'Nº de serviços por viatura') #portions of pie, labels, title

```

```

279 def saveToPdf():
280     #save all graphics to a pdf file as images
281     print('Saving to pdf')
282     for f in figs:
283         pdf.savefig(f)
284         plt.close(f)
285     pdf.close()

```