



OPTIMIZAÇÃO DE ROTAS DE MANUTENÇÃO ? APLICAÇÃO AO CASO ?OPENLINE?

JAIME JOSÉ GONÇALVES DA COSTA

março de 2022

OPTIMIZAÇÃO DE ROTAS DE MANUTENÇÃO – APLICAÇÃO AO CASO “OPENLINE”

Jaime José Gonçalves da Costa

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

OPTIMIZAÇÃO DE ROTAS DE MANUTENÇÃO – APLICAÇÃO AO CASO “OPENLINE”

Jaime José Gonçalves da Costa

Estudante n.º 1111125

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Professor Doutor Luís Pinto Ferreira e coorientação da Professora Doutora Isabel Cristina Lopes.

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

Existem bastantes pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para esta dissertação, às quais eu gostaria de agradecer.

Em primeiro lugar, gostaria de reconhecer duas pessoas sem as quais esta dissertação não seria possível:

Primeiro e acima de tudo, gostaria de agradecer à Professora Cristina Lopes. Pela sua constante partilha de conhecimento, experiência e pensamentos críticos que fizeram este projeto interessante. Realço a sua constante disponibilidade, fantástica capacidade de motivação (especialmente quando defrontando desafios) e suporte em todas as etapas deste projeto.

Depois, gostaria de agradecer ao Professor Luís Pinto pela sua preciosa contribuição na parte empírica desta dissertação, pela sua disponibilidade e auxílio no decorrer desta dissertação.

A ambos, expresso a minha profunda gratidão.

Seguidamente, gostaria de agradecer aos meus pais, irmã e namorada, pelo seu apoio incessante, ajuda e compreensão, não só ao longo desta dissertação, mas ao longo da minha vida. São de facto pilares na minha vida.

A seguir, há um grupo de pessoas às quais gostaria de agradecer:

- A toda a equipa da OPENLINE, pela sua disponibilidade e colaboração;
- Aos meus colegas do Departamento da Manutenção, pelo companheirismo, orientação, disponibilidade e ajuda.

Por último, a todos os meus amigos e família, pela constante motivação e suporte.

página propositadamente em branco

RESUMO

A presente dissertação, realizada no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, foi desenvolvida na empresa OPENLINE FACILITY SA. Esta dedica-se a prestar serviços altamente qualificados nas áreas de engenharia, especialmente nas múltiplas necessidades de edifícios após a sua construção, nomeadamente: manutenção, AVAC, monitorização e energia.

O objetivo deste projeto consiste na análise e melhoria das rotas de manutenção das equipas da OPENLINE. O motivo da análise das rotas de manutenção prende-se sobretudo com a falta de planeamento das manutenções, que origina deslocações desnecessárias à mesma região que se traduzem num aumento do gasto de combustível, numa maior ocupação de recursos necessários, no adiamento de tarefas e na perda de margem de lucro.

Tendo isto em conta, foram selecionados três contratos com interesse para o caso em estudo. A BP é o maior cliente da carteira da OPENLINE, com postos de combustível a nível nacional que exigem manutenção especializada. A GRANDVISION representa o cliente com mais restrições de horário da OPENLINE pois tem o maior número de instalações de *shopping* a nível nacional. E a CP que apresenta um vasto leque de estações em zonas coincidentes com os dois contratos anteriores.

Para colmatar os problemas diagnosticados foram desenvolvidos modelos matemáticos em *software* CPLEX que incluem um modelo de setorização com a finalidade de setorizar a listagem dos clientes em estudo, e um modelo de VRPTW a fim de obter rotas de manutenção dos setores previamente obtidos.

Os resultados foram evidentes, demonstrando de uma forma geral, a obtenção rápida de rotas de manutenção com tempos de execução, no geral, dentro do limite laboral. A sua aplicação ao caso da OPENLINE, apesar de ainda não ser possível no contexto real pela falta de dados na plataforma *Infraspeak*, mostra-se vantajosa pela melhor organização das rotas de manutenção, maior eficiência na alocação de recursos, com menor necessidade de supervisão dos seus responsáveis, libertando assim mão-de-obra para outras atividades contratuais.

PALAVRAS-CHAVE

AVAC; Manutenção Preventiva; Problema Setorização; Openline; Problema de Roteamento de Veículos com Restrições Temporais

página propositadamente em branco

ABSTRACT

This dissertation, carried out under the Master's Degree in Industrial Engineering and Management, was developed at OPENLINE FACILITY SA. It is dedicated to providing highly qualified services in the engineering areas, especially in the multiple needs of buildings after their construction, namely: maintenance, HVAC, monitoring and energy.

The objective of this project is to analyze and improve the maintenance routes of the OPENLINE teams. The reason for analyzing the maintenance routes is mainly related to the lack of maintenance planning, which leads to unnecessary travel to the same region, which translates into an increase in fuel consumption, a greater occupation of necessary resources, the postponement of tasks and the loss of profit margin.

Taking this into account, three contracts of interest to the case under study were selected. BP is the largest customer in OPENLINE's portfolio, with gas stations nationwide that require specialized maintenance. GRANDVISION represents OPENLINE's most time-restricted customer as it has the largest number of mall installations nationwide. And CP, which has a wide range of stations in areas that coincide with the two previous contracts.

To solve the problems diagnosed, mathematical models were developed in CPLEX software, which include a sectorization model in order to sectorize the list of customers under study, and a VRPTW model in order to obtain maintenance routes for the sectors previously obtained.

The results were evident, showing, in general, the quick obtainment of maintenance routes with execution times, in general, within the labor limit. Its application in the case of OPENLINE, although not yet possible in the real context due to the lack of data in the Infraspak platform, proves to be advantageous due to the better organization of maintenance routes, greater efficiency in the allocation of resources, with less need for supervision of the those responsible, thus freeing labor for other contractual activities.

KEYWORDS

HVAC; Preventive Maintenance; Districting Problem; Openline; Vehicle Routing Problem Time Windows;

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS	XVII
1. INTRODUÇÃO	19
1.1. Enquadramento e pertinência	19
1.2. Questão e objetivos de investigação	20
1.3. Opções metodológicas	21
1.4. Estrutura do trabalho	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1. Vehicle Routing Problem	23
2.2. Modelo de setorização	36
2.3. Modelo de roteamento	38
3. Caso de Estudo: OPENLINE	41
3.1. Apresentação da empresa	41
3.2. Características das rotas das equipas de manutenção	41
3.2.1. Rede rodoviária	42
3.2.2. Clientes	42
3.2.3. Armazém OPENLINE	42
3.2.4. Veículos	42
3.2.5. Técnicos	43
3.2.6. Rotas	43
3.3. Contratos	43
3.3.1. BP	44
3.3.2. CP	45
3.3.3. GrandVision	45
4. Resultados e Discussão	47
4.1.1. Resultados do modelo de Setorização – Clientes CP e GrandVision	47
4.1.2. Discussão resultados modelo VRPTW – Clientes CP e GV	53
4.1.3. Resultados do modelo de Setorização – Cliente BP	63
4.1.4. Discussão de resultados modelo roteamento – Cliente BP	69
5. CONCLUSÃO	79
5.1. Conclusões finais	79
5.2. Limitações e investigação futura	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
Anexo A – Lista de instalações do cliente BP	85

Anexo B – Lista de instalações do cliente CP	88
Anexo C – Lista de instalações do cliente GRANDVISION	90
Anexo D – Tabela Base de Dados	93
Anexo E – Tabela dist_to_OPENLINE (Clientes CP e GV).....	98
Anexo F – Matriz Distâncias (Clientes CP e GV)	100
Anexo G – Tabela Dist_to_OPENLINE (Cliente BP).....	104
Anexo H – Matriz distâncias Cliente BP.....	106

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Variação do volume de negócios da manutenção na OPENLINE FACILITY SERVICES S.A.	24
Figura 2 - Variação do preço de combustíveis em Portugal, de Setembro 2020 a Setembro 2021.	25
Figura 3 - Representação de um problema VRP. (Fonte: Elaboração própria)	25
Figura 4 - Exemplo de uma solução para o problema VRP (cada cor de seta indica um trajeto a seguir). (Fonte: Elaboração própria)	26
Figura 5- Foto da sede OPENLINE Porto, sediada na Rua Delfim Ferreira 555.	41
Figura 6 - Sede OPENLINE e armazém.	42
Figura 7- Viatura de serviço da empresa OPENLINE.	43
Figura 8 - Logo da empresa BP (do ano 2000 até à atualidade).	44
Figura 9 - Logo da empresa CP - Comboios de Portugal (atualidade).	45
Figura 10 - Logo do grupo GrandVision (em baixo vemos os logos das marcas MultiÓpticas, GrandOptical e Solaris).	46
Figura 11 - Tempo de resolução do algoritmo de setorização (clientes CP e GV).	48
Figura 12 - Lista de instalações para o veículo 1, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	50
Figura 13 - Lista de instalações para o veículo 2, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	50
Figura 14 - Lista de instalações para o veículo 3, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	51
Figura 15 - Lista de instalações para o veículo 4, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	51
Figura 16 - Lista de instalações para o veículo 5, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	52
Figura 17 - Lista de instalações para o veículo 6, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	52
Figura 18 - Lista de instalações para o veículo 7, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	53
Figura 19 - Ilustração das rotas para o veículo 1. (Fonte: Elaboração própria)	54
Figura 20 - Ilustração das rotas para o veículo 2. (Fonte: Elaboração própria)	55
Figura 21 - Ilustração das rotas para o veículo 3. (Fonte: elaboração própria)	57
Figura 22 - Ilustração das rotas para o veículo 4. (Fonte: Elaboração própria)	58
Figura 23 - Ilustração das rotas para o veículo 5. (Fonte: Elaboração própria)	59
Figura 24 – Ilustração de rotas para o veículo 6. (Fonte: Elaboração própria)	60
Figura 25 - Ilustração de rotas para o veículo 7.	62
Figura 26 - Tempo de resolução do algoritmo de setorização (clientes BP).	63
Figura 27 - Lista de instalações para o setor 1 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	65
Figura 28 - Lista de instalações para o setor 2 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	65
Figura 29 - Lista de instalações para o setor 3 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	66
Figura 30 - Lista de instalações para o setor 4 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	66
Figura 31 - Lista de instalações para o setor 5 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	67
Figura 32 - Lista de instalações para o setor 6 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	67
Figura 33 - Lista de instalações para o setor 7 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	68

Figura 34 - Lista de instalações para o setor 8 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).	68
Figura 35 - Ilustração de rotas para o setor 1 do veículo manutenção BP.	70
Figura 36 - Ilustração de rotas para o setor 2 do veículo manutenção BP.	71
Figura 37 - Ilustração de rotas para o setor 3 do veículo manutenção BP.	72
Figura 38 - Ilustração de rotas para o setor 4 do veículo manutenção BP.	73
Figura 39 - Ilustração de rotas para o setor 5 do veículo manutenção BP.	74
Figura 40 - Ilustração de rotas para o setor 6 do veículo manutenção BP.	75
Figura 41 - Ilustração de rotas para o setor 7 do veículo manutenção BP.	76
Figura 42 - Ilustração de rotas para o setor 8 do veículo manutenção BP.	77
Figura 43 - Pró-forma de registo de novo edifício na plataforma Infraspak.....	80

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Metodologia do projeto de dissertação.....	21
Tabela 2 - Tabela de referências bibliográficas.....	27
Tabela 3- Tabela de periodicidade de manutenções.....	44
Tabela 4 - Tabela de estatísticas modelo setorização.....	48
Tabela 5 - Tabela de dados computacionais do modelo de setorização.....	48
Tabela 6 - Tabela de quantidade de instalações por veículo (clientes CP e GrandVision).....	53
Tabela 7 - Tabela de rotas para o veículo 1.....	54
Tabela 8 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 1.....	54
Tabela 9 - Tabela de rotas adicionais para o veículo 1.....	55
Tabela 10 - Tabela de rotas para o veículo 2.....	55
Tabela 11 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 2.....	56
Tabela 12 - Tabela de rotas para o veículo 3.....	56
Tabela 13 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 3.....	57
Tabela 14 - Tabela de rotas para o veículo 4.....	57
Tabela 15 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 4.....	58
Tabela 16 - Tabela de rotas para o veículo 5.....	58
Tabela 17 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 5.....	59
Tabela 18- Correção de rotas para o veículo 5.....	59
Tabela 19 - Tabela de rotas para o veículo 6.....	60
Tabela 20 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 6.....	60
Tabela 21 - Correção de rotas para o veículo 6.....	61
Tabela 22 - Tabela de rotas para o veículo 7.....	61
Tabela 23 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 7.....	62
Tabela 24 - Correção de rotas para o veículo 7.....	62
Tabela 25 - Tabela de estatísticas modelo setorização (cliente BP).....	63
Tabela 26 - Tabela de dados computacionais do modelo de setorização (cliente BP).....	64
Tabela 27 - Tabela de rotas para o setor 1 do veículo manutenção BP.....	69
Tabela 28 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 1 do veículo de manutenção BP.....	70
Tabela 29 - Tabela de rotas para o setor 2 do veículo manutenção BP.....	70
Tabela 30 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 2 do veículo de manutenção BP.....	71
Tabela 31 - Tabela de rotas para o setor 3 do veículo manutenção BP.....	71
Tabela 32 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 3 do veículo de manutenção BP.....	72
Tabela 33 - Tabela de rotas para o setor 4 do veículo manutenção BP.....	73
Tabela 34 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 4 do veículo de manutenção BP.....	73
Tabela 35 - Tabela de rotas para o setor 5 do veículo manutenção BP.....	73
Tabela 36 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 5 do veículo de manutenção BP.....	74
Tabela 37 - Tabela de rotas para o setor 6 do veículo manutenção BP.....	74

Tabela 38 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 6 do veículo de manutenção BP.....	75
Tabela 39 - Tabela de rotas para o setor 7 do veículo manutenção BP.....	76
Tabela 40 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 7 do veículo de manutenção BP.....	76
Tabela 41 - Tabela de rotas para o setor 8 do veículo manutenção BP.....	77
Tabela 42 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 8 do veículo de manutenção BP.....	77

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BP	<i>British Petroleum</i>
CP	Comboios de Portugal
CVRP	<i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i>
EN	Estrada Nacional
EUR	Euro
GB	<i>Gigabyte</i>
GHz	<i>Gigahertz</i>
GO	<i>GrandOptical</i>
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito
GV	<i>GrandVision</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
KTRP	<i>Multiple Traveling Repairman Problem</i>
MO	<i>MultiÓpticas</i>
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
SIG	Sistema Informação Geográfico
SO	<i>Solaris</i>
TSP	<i>Traveling Salesman Problem</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicles</i>
VRP	<i>Vehicle Routing Problem</i>
VRPTW	<i>Vehicle Routing Problem with Time Windows</i>
WCVRP	<i>Waste Collection Vehicle Routing Problem</i>

Lista de Símbolos

h	Tempo	<i>horas</i>
τ	Tolerância	<i>adimensional</i>
μ	Nível médio de atividade por setor	<i>adimensional</i>

página propositadamente em branco

1. INTRODUÇÃO

O presente documento foi elaborado no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial e descreve o projeto de dissertação realizado na empresa OPENLINE compreendido entre os anos 2020 e 2021.

No primeiro subcapítulo começa-se por descrever o enquadramento de todo o trabalho, de seguida apresenta-se o objetivo e as opções metodológicas. Posteriormente, caracteriza-se a empresa e, finalmente, descreve-se a estrutura de todo o trabalho.

1.1. Enquadramento e pertinência

Fundada em 1998, a OPENLINE é uma empresa que desenvolve a sua atividade nas áreas de construção, reabilitação e manutenção de edifícios, projeto e instalação de sistemas AVAC e monitorização.

A OPENLINE possui uma carteira de clientes a nível nacional aos quais necessita de realizar visitas de manutenção consoante a periodicidade do contrato (mensal, semestral, trimestral ou anual). Atualmente, a manutenção dos edifícios não tem a localização semelhante entre contratos, efetuando assim visitas ao mesmo local no mesmo mês mais do que uma vez. Esta falta de planeamento provoca deslocações desnecessárias à mesma zona, traduzindo-se num aumento do gasto em combustível, na ocupação de recursos necessários, no adiamento de tarefas, na perda de margem de lucro e, no pior cenário, inclusive na perda do contrato. São diversas as causas que potenciam este problema, sendo as principais os agendamentos imprevistos, a falta de conhecimento da região da instalação agendada, o excesso de localizações no mesmo território e planeamento ineficaz.

Neste seguimento, tendo em conta a problemática acima descrita, o presente trabalho tem como objetivo a otimização de rotas das manutenções preventivas dos contratos em vigor na empresa OPENLINE, através de um modelo VRPTW.

(Derbel et al., 2020, p. 1) propôs uma definição de modelo VRP: *“The vehicle routing problem (VRP) is a combinatorial optimization problem that involves finding the optimal design of routes for a fleet of vehicles to serve the demands of a set of customers.”*.

Além disto, (Osaba et al., 2020, p. 57) adiciona as vantagens deste modelo:

Routing problems and all their variants are intensive studies in the current optimization and operations research communities. The success of these problems resides in two different aspects: their practical nature and their challenging complexity. On the one hand, most of the routing problems arise from the necessity of efficiently dealing with a real-world situation, often related to logistics, business or urban transportation. This is the reason why their solving entails either economic or social benefits.

O problema de roteamento de veículos (VRP) é considerado um dos aspetos mais importantes ao nível da decisão operacional, sendo por isso uma classe específica de problemática de otimização combinatória no âmbito da investigação das operações (Moghdani et al., 2021, p. 1).

Posto isto, o problema a corrigir será a falta de organização no planeamento das rotas dos técnicos, por forma a otimizar o número de visitas feitas no mês, levando assim a ganhos de eficiência. Assim sendo, com este estudo pretende-se obter os seguintes resultados:

- Diminuição do tempo de viagens dos colaboradores em terreno;
- Diminuição do gasto de combustível;
- Diminuição da poluição causada por emissões de CO₂;
- Aumento da produtividade;
- Perda de contratos de grande dimensão;
- Melhoria de gestão de recursos.

A correção deste problema não é importante apenas para o caso específico da OPENLINE, mas também para outras empresas do setor logístico, como evidenciam (Moghdani et al., 2021, p. 2): *“Transportation, which is one of the most important parts of logistics, is the irreplaceable fundamental infrastructure for economic growth. However, it is also one of the hugest petroleum consumers and accounts for a large part of the overall pollutants.”*.

1.2. Questão e objetivos de investigação

Considerando o problema de investigação apresentado, e a solução que para ele se preconiza, enuncia-se a seguinte questão de investigação: *“De que forma a implementação do modelo VRPTW pode ajudar a melhorar a eficiência no planeamento de gestão de contratos na OPENLINE?”*.

Para responder à questão de investigação, define-se o seguinte objetivo geral: aplicação de modelos matemáticos que apoiem a tomada de decisão de um decisor humano, sobre o planeamento das rotas das equipas de manutenção.

Para a concretização do objetivo geral, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- A ferramenta informática deverá permitir albergar informação textual e georreferenciada sobre os constituintes da problemática (clientes e veículos);
- O sistema de informação geográfico deverá fornecer ao decisor ferramentas que suportem as suas opções (visualização de informações sobre rotas que o utilizador tenha definido);
- As ferramentas para o planeamento das rotas das equipas de manutenção devem propor rotas de curta distância, equilibradas entre as equipas e respeitar as janelas temporais dos clientes (tendo por base modelos de setorização e roteamento de veículos).

1.3. Opções metodológicas

Após no primeiro capítulo ser feita uma revisão de literatura disponível sobre o assunto em estudo, a secção seguinte centrar-se-á na aplicação empírica dos modelos escolhidos.

Tendo em conta a nossa base de dados empíricos e as hipóteses a testar, os modelos de setorização e VRPTW assumiram-se como os mais pertinentes neste contexto.

O modelo de setorização selecionado para esta dissertação foi o modelo estudado por (Kalcsics et al., 2005), uma vez que este representa uma das formulações mais simples à setorização e também por ser um dos modelos estudados nas aulas teóricas.

Seguidamente, para esta dissertação foi escolhido o modelo VRPTW estudado por (Kallehauge & Solomon, 2017), visto que o modelo proposto pelos autores é compatível com o problema da OPENLINE na qual é necessário a elaboração de rotas com restrições temporais.

As etapas para o desenvolvimento da seguinte dissertação encontram-se descritas na seguinte tabela:

Tabela 1 - Metodologia do projeto de dissertação.

Etapa	Descrição
Análise	Nesta fase é efetuada uma avaliação inicial da empresa, dos problemas presentes na sua estrutura, bem como a apresentação dos contratos.
Delineamento	Após a identificação dos problemas, segue-se a pesquisa das medidas a serem tomadas, através da pesquisa bibliográfica de casos semelhantes.
Modelação	Esta etapa descreve sucintamente os dois modelos matemáticos que serão utilizados para resolver o problema de planeamento da empresa OPENLINE.
Avaliação dos resultados	Análise e discussão dos resultados obtidos, no qual são feitos comentários tendo em conta o cenário atual da empresa.
Conclusões e aplicações futuras	Finalmente, é registado o planeamento das ações documentando todo o processo para que se permita a continuidade do projeto no futuro.

1.4. Estrutura do trabalho

O presente documento é constituído por cinco capítulos, sendo o primeiro a introdução onde são realizadas uma contextualização do trabalho, a descrição dos objetivos, a metodologia adotada para dar respostas a esses mesmos objetivos e, finalmente, a descrição da estrutura do documento.

O segundo capítulo, designado “Revisão Bibliográfica”, é constituído pela revisão da literatura, onde se esclarecem alguns conceitos aplicados ao trabalho e se interligam os conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado com os que foram aplicados na empresa. Neste capítulo é também descrito com mais detalhe os modelos matemáticos usados para resolver o problema da OPENLINE. Segue-se uma descrição do modelo de setorização e explicação da sua

formulação. Após a descrição do modelo de setorização, é realizada uma explicação do modelo de roteamento que será usado para a elaboração das rotas para cada veículo.

Posteriormente, no capítulo denominado “Caso de Estudo: OPENLINE” descreve-se mais detalhadamente as peculiaridades da empresa e de cada contrato de manutenção em estudo nesta dissertação, bem como a listagem de todas as instalações que serão alvo de manutenção.

No quarto capítulo designado “Discussão e Resultados” é realizada a discussão e comentários para ambos os modelos aplicados. Para o modelo de setorização são apresentadas as divisões de instalações por cada veículo, a apresentação da matriz de distâncias de todas as instalações para a OPENLINE, a elaboração da matriz de distâncias para todos os clientes do conjunto e ainda a elaboração de mapas para cada setor. Para o modelo de roteamento são apresentadas as rotas a percorrer para cada veículo, bem como a elaboração dos percursos de manutenção a ser executados.

Por fim, o quinto capítulo “Conclusão” apresenta as conclusões e considerações finais do projeto desenvolvido. Neste capítulo é feita uma análise dos resultados onde se analisa se os algoritmos implementados apresentam ganhos para a organização e ainda, são abordadas algumas limitações sentidas durante a realização do projeto, bem como melhorias a ter em consideração para trabalhos futuros.

Após a conclusão, são apresentadas as referências bibliográficas que serviram de apoio ao estudo, seguindo-se algumas páginas nas quais se encontram os anexos que apresentam informação complementar ao projeto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo apresenta-se a revisão bibliográfica elaborada a partir de algumas temáticas com o intuito de enquadrar o trabalho. Através da pesquisa de alguns artigos científicos e dissertações começou-se pela recolha de artigos científicos que abordaram problemas semelhantes e estudo dos seus resultados obtidos.

Neste capítulo serão também abordadas todas as temáticas relacionadas com os modelos usados para a resolução deste problema, bem como a discussão dos resultados.

Esta secção está dividida em três subcapítulos: o primeiro “*Vehicle Routing Problem*”, o segundo “Modelo de setorização”, tendo como objetivo esclarecer o modelo matemático usado para a resolução do modelo de setorização; e, o último, “Modelo de roteamento”, foca-se no modelo matemático usado para a resolução do problema VRP.

2.1. Vehicle Routing Problem

Atualmente, com a concorrência que marca todas as áreas empresariais, o sucesso da comercialização passa pela atenção despendida a todos os aspetos que permitam reduzir custos, estando estes inversamente relacionados com a competitividade dos produtos no mercado.

Relativamente à área de manutenção AVAC, que constituirá a problemática alvo desta tese, tem-se vindo a afirmar como uma atividade altamente proveitosa para as empresas que a desempenham. A título de exemplo, nos Estados Unidos era esperado que a receita do serviço de aquecimento, ventilação e ar condicionado aumentasse a uma taxa média anual de 5,9% entre os anos de 2012 e 2017, atingindo os 2,5 mil milhões de dólares em 2017 (Chen et al., 2016).

Para o caso de estudo da OPENLINE, o volume de negócios da área da manutenção tem vindo a apresentar uma tendência crescente na última década, conforme pode ser verificado na figura 1. De destacar o ano de 2018, no qual o volume de negócios da OPENLINE não só atingiu o maior valor nesta série de anos (cerca de 5,6 Milhões de Euros), mas também registou o maior crescimento da década em estudo (64% face ao ano anterior). Em 2019, houve um ligeiro decréscimo, tendência que se acentuou no ano seguinte com a pandemia de Covid-19. É assim notório o reforço da atividade *core* da OPENLINE e da receita daí decorrente.

Fonte: (SABI, 2021)

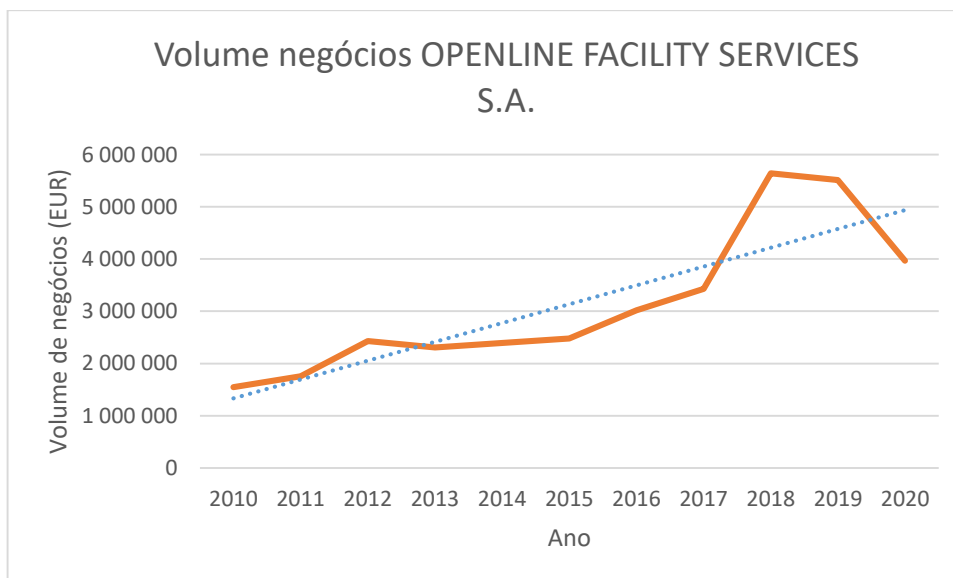


Figura 1 - Variação do volume de negócios da manutenção na OPENLINE FACILITY SERVICES S.A.

Pode-se então depreender que empresas que possuam uma frota de veículos têm todo o interesse em reduzir os custos que lhe estão associados. O problema de definição de rotas assume grande importância, uma vez que os valores monetários que lhe estão agregados, nomeadamente de combustível, de manutenção da frota e outros que se analisarão posteriormente são avultados e mantêm-se num crescimento para o qual não se avista um fim.

Em setembro de 2021 em Portugal, o consumo global de combustíveis fósseis tinha diminuído cerca de 1% relativamente ao mês homólogo do ano anterior contudo, os preços dos combustíveis IO95, IO98, gasóleo e GPL *auto* aumentaram cerca de 20,2%, 17,0%, 20,9% e 16,1% respetivamente (DGEG, 2021). Este aumento pode ser verificado na figura 2:

Fonte: (DGEG, 2021)

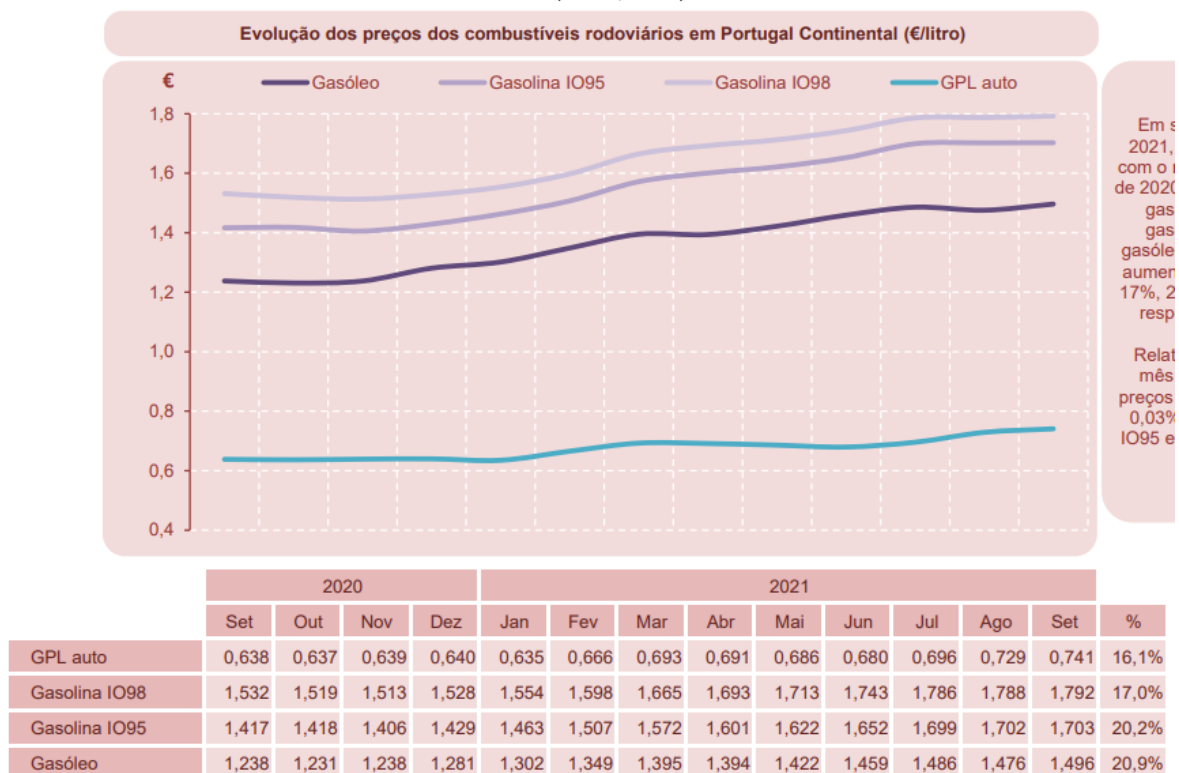


Figura 2 - Variação do preço de combustíveis em Portugal, de Setembro 2020 a Setembro 2021.

Neste âmbito, surgem as soluções para os problemas de roteamento de veículos ou VRP, soluções essas que se propõem encontrar rotas otimizadas tendo em conta, em termos básicos, os veículos disponíveis, a localização do(s) armazém(s) e dos clientes.

Na figura seguinte está esquematizado o problema VRP, no qual o objetivo é a obtenção de rotas a realizar pelos veículos que saem da OPENLINE (também armazém), realizam a manutenção e retornam, de forma a minimizar os gastos inerentes a este processo.

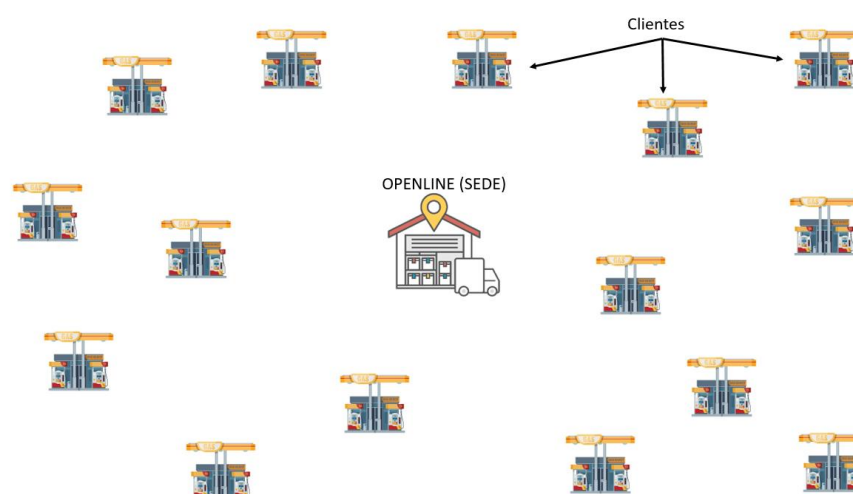


Figura 3 - Representação de um problema VRP. (Fonte: Elaboração própria)

Pretende-se então, partindo de um problema com uma estrutura genérica semelhante à da figura 3 chegar à melhor solução possível das trajetórias a realizar pelos vários veículos, conforme o exemplo representado na figura 4:

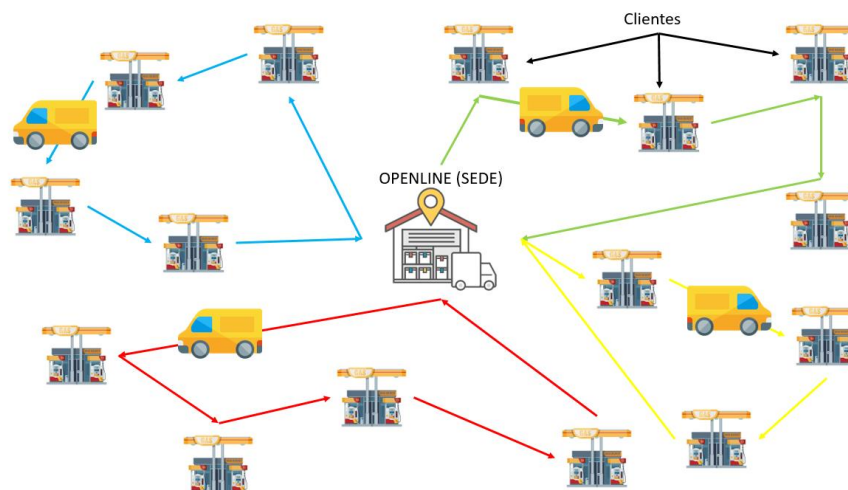


Figura 4 - Exemplo de uma solução para o problema VRP (cada cor de seta indica um trajeto a seguir). (Fonte: Elaboração própria)

Posto isto, foi consultada literatura da especialidade na área do *Vehicle Routing Problem*, na qual são apresentados alguns artigos sobre as principais variantes do VRP, nomeadamente:

- **TSP:** O problema do caixeiro viajante tem como objetivo encontrar o custo total mínimo a adotar de um percurso que permita visitar um conjunto de “n” instalações e terminar o percurso voltando ao ponto de partida. O custo do nó “i” ao nó “j” e o custo do nó “j” ao nó “i” podem ser diferentes;
- **VRP:** quando há mais que um “caixeiro viajante” a percorrer as “n” instalações, o problema designa-se por: *Vehicle Routing Problem*. Os problemas VRP consistem num número de instalações (geralmente clientes), cada um com determinadas exigências de procura. Os veículos são encaminhados de um único depósito de forma a entregar as mercadorias/prestar serviços e, em seguida, regressar ao depósito. Apenas um veículo pode visitar cada cliente. O problema é encontrar um conjunto de rotas de entrega que atendam a estes requisitos com custo mínimo.
- **CVRP:** no problema de roteamento de veículos capacitados, uma frota de veículos de entrega com capacidade uniforme deve atender clientes com uma determinada procura. Os veículos iniciam e terminam a sua rota num depósito comum. Cada cliente só pode ser atendido por um único veículo e apenas uma vez. Neste tipo de problemas, o objetivo é atribuir uma sequência de clientes a cada veículo e minimizar a distância total percorrida pelos veículos de forma a que todos os clientes sejam atendidos e a procura total não ultrapasse a capacidade do transporte;
- **VRPTW:** no problema de roteamento de veículos com janelas temporais, uma frota de veículos de entrega/manutenção (com capacidade uniforme) deve servir uma listagem de clientes com restrições horárias conhecidas. Os veículos iniciam e terminam a sua rota num depósito comum. Cada cliente só pode ser atendido por um veículo e apenas uma vez. Neste tipo de problema, o objetivo é atribuir uma sequência de clientes a cada transporte e minimizar a distância total percorrida pelos veículos de forma a que todos os clientes sejam atendidos e as restrições horárias sejam satisfeitas.

Os principais artigos/livros consultados foram os seguintes:

Tabela 2 - Tabela de referências bibliográficas.

Referências	Descrição do trabalho
(Moussa, 2021)	<p>Neste artigo foi abordada uma nova maneira de solucionar um dos problemas de otimização mais comuns nos dias atuais, o CVRP. Os autores recorreram à abordagem recursiva do algoritmo de agrupamento “<i>K-Means</i>” juntamente com o algoritmo de “Dijkstra”.</p> <p>Após a implementação dos algoritmos anteriormente descritos os autores tentaram chegar perto da solução ótima. Contudo, o problema de veículos CVRP é um problema de classificação NP-<i>Hard</i> o que dificulta encontrar resultados.</p>
(Leelertkij et al., 2021)	<p>O artigo tem como base o estudo de uma rede de distribuição de lojas de retalho topo de gama na Tailândia. O documento apresenta uma nova variante do problema de roteamento de veículos com pedidos de transbordo emparelhados entre lojas de retalho (clientes), além da procura regular de depósito para as lojas de retalho.</p> <p>O objetivo é evitar que a distância adicional seja demasiado grande para satisfazer as exigências de transbordo.</p>
(Pina-Pardo et al., 2021)	<p>Este artigo apresenta o problema do caixeiro viajante com datas de lançamento e abastecimento de <i>drones</i>, cujo objetivo é encontrar uma rota com o mínimo tempo para um único camião que pode receber novas encomendas disponíveis através de um <i>drone</i> enviado do armazém.</p> <p>Foi desenvolvido um modelo em programação linear inteira mista (MILP-<i>mixed integer linear programming</i>) e uma abordagem de solução para instâncias maiores com base na decomposição do problema nas decisões de rotas do camião e decisões do reabastecimento de <i>drones</i>.</p> <p>Os autores concluíram através das experiências que a utilização de <i>drones</i> para reabastecimento pode reduzir o tempo total de entrega em cerca de 20%.</p> <p>Além disso, as experiências demonstraram que a decomposição pode rapidamente obter soluções de alta qualidade, para casos de dez e quinze clientes a decomposição resolveu para o ótimo.</p> <p>Para casos maiores, esta abordagem proporcionou prazos de entrega inferiores aos de um sistema tradicional de entrega de encomendas, utilizando apenas um camião.</p>
(Wu et al., 2020)	<p>Neste artigo é abordada uma variante do problema do caixeiro viajante aplicada a veículos de emergência.</p>

	<p>Dado que os veículos de emergência não podem rejeitar pedidos de assistência e a satisfação da exigência é de elevada importância, os autores introduziram uma forma de custos realista no problema OL-TSP (<i>Online Traveling Salesman Problem</i>).</p> <p>Desta forma, na chegada do pedido, se o vendedor não conseguir atender o pedido imediatamente, será gerado um custo por unidade de tempo. O objetivo é minimizar os custos totais do servidor.</p> <p>Os autores descobriram que nenhum algoritmo determinístico e nenhum algoritmo aleatório podem alcançar um rácio competitivo constante para o problema OL-TSP com custo por unidade de tempo no espaço métrico.</p> <p>Os autores salientaram ainda que há duas aplicações práticas que podem ser resolvidas pelo algoritmo proposto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O problema de roteamento de veículos de emergência; • A seleção da ordem do problema.
(Pekár et al., 2020)	<p>Neste artigo são analisados e demonstrados vários métodos de resolver o problema do caixeiro viajante, usando exemplos específicos tais como: heurísticas (método do vizinho mais próximo, método do vizinho mais rentável), meta heurísticas (algoritmo evolutivo) e métodos de programação matemática.</p> <p>Para encontrar a solução ótima usando métodos exatos, os autores recorreram à extensão “<i>Solver</i>” do Microsoft <i>Excel</i>, bem como do <i>software</i> especializado GAMS.</p> <p>A utilização do Microsoft <i>Excel</i> na resolução de problemas com recurso a métodos de programação matemática e meta heurísticas permitiu a obtenção de uma solução ótima, na qual foi possível concluir que são um complemento adequado para resolver o problema do caixeiro viajante, mantendo a qualidade da solução.</p> <p>Foi possível concluir que dada a complexidade computacional do problema do caixeiro viajante, obter a sua solução por métodos clássicos de otimização em tempo real não é racional, de forma que é aconselhável a utilização de heurísticas para resolver problemas de grande escala.</p> <p>A comparação de diferentes abordagens para resolver o problema do caixeiro viajante com recurso a um caso prático, demonstrou que a utilização de abordagem de heurísticas tradicionais (método do vizinho mais próximo ou método do vizinho mais rentável) não é computacionalmente difícil, mas</p>

	não fornece soluções que seriam aceitáveis em condições dos tempos atuais.
(Nurprihatin & Lestari, 2020)	<p>Neste artigo é estudado um dos desenvolvimentos do VRP, o WCVRP (<i>Waste Collection Vehicle Routing Problem</i>).</p> <p>O objetivo deste estudo foi desenvolver um modelo WCVRP que tivesse em conta: entrega dividida, viagens múltiplas, janelas de tempo, frota heterogénea e instalações intermédias juntamente com uma função objetivo para minimizar os custos e a distância percorrida. O modelo determina a rota para o transporte de resíduos no distrito de Cakung, a leste de Jakarta.</p> <p>Com o modelo WCVRP desenvolvido foi usado a abordagem do algoritmo de vizinho mais próximo conseguiu reduzir a quantidade de resíduos que não era transportado em cada aldeia de Cakung para zero.</p> <p>A rota determinada atinge a solução ótima global. O tempo de processamento é exponencial e está diretamente relacionado com o número de nós.</p> <p>Do ponto de vista da gestão, este estudo demonstra a importância de minimizar os resíduos transportados numa área particular. Isto assegura a gestão da frota na otimização de veículos usados e na sua eficácia.</p>
(Kitjacharoenchai et al., 2020)	<p>Este artigo introduz um novo modelo de roteamento para uma operação sincronizada entre <i>camião-drone</i>, ao permitir que vários <i>drones</i> voem a partir de um <i>camião</i>, sirvam um ou vários clientes e regressem de novo ao <i>camião</i> para troca de bateria e carregamento de encomendas.</p> <p>Este modelo aborda dois níveis (escalões) de entregas: o primeiro é o roteamento do <i>camião</i> do armazém principal para servir os clientes atribuídos e o segundo o roteamento dos <i>drones</i> do <i>camião</i>, que se comporta como um armazém intermédio móvel para servir outros conjuntos de clientes.</p> <p>Ao usar as duas heurísticas desenvolvidas para o problema os autores foram capazes de obter melhores resultados que o CPLEX para o mesmo período de computação.</p> <p>Os resultados da análise de Sensibilidade mostraram que a implementação de funcionalidade de entrega múltipla melhora a qualidade da solução da típica única entrega.</p>
(S. Wang et al., 2020)	Neste artigo, é abordado o problema de Minimização de Energia do problema do “Caixeiro Viajante”, o EMTSP (<i>Energy Minimization Traveling Salesman Problem</i>).

	<p>O objetivo do problema estudado é minimizar a soma do produto da carga (incluindo o peso do veículo sem carga) e a distância viajada. No documento é proposto um algoritmo de aproximação baseado na heurística de Christofides com geração garantida do pior resultado. É também desenvolvido um algoritmo de “<i>Branch and Bound</i>” integrado de forma a obter a solução ótima.</p> <p>As experiências computacionais mostram que o limite inferior proposto é melhor que os métodos baseados na relaxação Langreana e na relaxação linear.</p> <p>Foi constatado que o EMTSP é um problema de difícil resolução. Os resultados computacionais com as instâncias de teste usadas habitualmente neste problema mostraram que o modelo com o programa CPLEX pode apenas resolver casos para otimização até 19 vértices com 3600 segundos de GPU. O algoritmo de <i>Branch and Bound</i> proposto pode resolver instâncias até 28 vértices no mesmo tempo.</p> <p>Para os casos problemáticos gerados aleatoriamente, o modelo com o CPLEX pode resolver instâncias até 20 vértice dentro do tempo limite e, com o modelo proposto de <i>Branch and Bound</i> podem ser resolvidos até 28 vértices.</p> <p>Conclui-se também que este problema pode ser aprofundado em várias direções, salientando-se possivelmente a representação das despesas energéticas numa função quadrática ou cúbica ou até mesmo a combinação do GVRP (<i>Green Vehicle Routing Problem</i>) com estações de combustível alternativas para reabastecer o tanque ou recarregar a bateria e com as suas variáveis de velocidade.</p>
(Doppstadt et al., 2020)	<p>Neste documento é abordado o problema HEV-TSP (<i>Hybrid Electric Vehicle – Traveling Salesman Problem</i>) que tem como objetivo usar veículos elétricos para visitas de entregas a clientes, considerando que os clientes devem ser atendidos dentro de uma janela temporal.</p> <p>Foi desenvolvido uma heurística variável de pesquisa de vizinhança, que é capaz de lidar com problemas com um número realista de clientes.</p> <p>A solução exata para instâncias com um número pequeno de clientes foi calculada através da formulação do problema como um problema linear inteiro e resolvendo as instâncias com o solucionador padrão do CPLEX.</p> <p>Os resultados mostraram que a heurística é capaz de fornecer soluções exatas para pequenas instâncias, na maioria dos casos</p>

	<p>com uma fração do tempo necessário de cálculo em comparação com o CPLEX. Os estudos numéricos indicam que para amostras de valores maiores a qualidade da solução pode ser considerada de “boa”, embora a otimização não possa ser provada.</p> <p>Os autores realçam que ao comparar o problema do caixeiro viajante para veículos híbridos elétricos com um problema de caixeiro viajante para veículos de combustão podem ser verificadas as poupanças que um veículo elétrico pode produzir.</p>
(Z. Wang & Sheu, 2019)	<p>Neste artigo, foi uma vez mais estudado o uso de <i>drones</i> na entrega de encomendas. Este é um problema de VRDP na qual um <i>drone</i> viaja com um camião, descolar da sua paragem para servir clientes e aterrar num centro de serviço para viajar com outro camião, desde que o alcance de voo e as limitações de capacidade de carga sejam satisfeitas.</p> <p>Em comparação com uma solução VRP, a solução VRPD (<i>Vehicle Routing Problems with Drones</i>) não só poupa um custo médio de cerca de 20% como também antecipa o tempo de entrega de cada cliente em cinco minutos, provando assim a eficácia dos <i>drones</i> para entrega.</p> <p>Na análise de sensibilidade, foi constatado que uma técnica avançada de bateria que duplica a duração de voo dos <i>drones</i>, irá reduzir o custo logístico em 10%.</p>
(Zhen et al., 2019)	<p>Este estudo investiga um problema de roteamento no qual UAV monitorizam um conjunto de áreas com diferentes requisitos de precisão. Este problema é uma variante do problema clássico de roteamento de veículos (VRP), onde se deve determinar não só a ordem em que se deve visitar um conjunto de nós, mas também a altura em que os visitar, o que tem impacto no nível de precisão e no tempo de serviço. Neste estudo, um modelo de programação inteira é formulado para otimizar as rotas de voo e minimizar o tempo total necessário para completar as tarefas de monitorização. É também desenvolvida neste estudo uma meta-heurística de pesquisa <i>tabu</i> para o problema.</p> <p>O estudo conclui que o programa CPLEX conseguia resolver o modelo para casos de pequena escala, tendo sido necessário o desenvolvimento de uma meta-heurística de pesquisa <i>tabu</i> para a solução de instâncias de média e grande escala. Os resultados demonstraram que a meta-heurística de pesquisa</p>

	<p>tabu proposta tem uma boa eficiência de solução e produz um resultado viável.</p> <p>Com o aumento do tamanho das instâncias a sua vantagem em comparação com o CPLEX torna-se significativa. O modelo e o algoritmo desenvolvidos neste artigo podem abrir o caminho para o desenvolvimento de sistemas eficazes de apoio à decisão para o roteamento e programação e UAV's que devem realizar tarefas de controle.</p>
(Pelletier et al., 2019)	<p>Neste artigo estudado o roteamento de veículos elétricos de carga com incerteza da bateria. Uma vez que estes veículos criam menos poluição e são assim um meio mais sustentável de distribuição de mercadorias. Contudo, o seu consumo de energia está sujeito a uma grande incerteza, que se deve a fatores exógenos como as condições atmosféricas e rodoviárias, comportamento do condutor e vários parâmetros de consumo de energia que são difíceis de medir com precisão.</p> <p>O objetivo deste artigo foi determinar rotas de entrega com custos mínimos capazes de fornecer fortes garantias que um determinado veículo não ficará sem carga durante a sua rota, assim como a resolução do EVRP-ECU.</p> <p>Concluiu-se que o EVRP-ECU pode ajudar a alcançar o equilíbrio entre o "custo" e "risco" e, mostrou a influência de diferentes parâmetros incertos e da sua correlação uns com os outros em soluções robustas. Foi também demonstrada a importância de ter em conta as incertezas do consumo de energia, comparando as incertezas nominais com soluções robustas.</p>
(J. Wang et al., 2019)	<p>Este artigo considera um problema de programação integrada de uma máquina e o roteamento de veículos, com vista a minimizar as emissões totais de carbono.</p> <p>Inicialmente, é estabelecido um modelo de programação matemática para minimizar as emissões totais de carbono e, posteriormente é proposto um algoritmo híbrido de <i>tabu search</i> para resolver o problema de minimização.</p> <p>Foi comprovado que o modelo sustentável e o algoritmo desta investigação realizam uma redução nas emissões totais de carbono, com rácios entre os 11,01% e os 22,01% quando comparados com métodos de duas-fases.</p>
(Rashidnejad et al., 2018)	<p>O seguinte artigo estuda a programação de manutenção preventiva de ativos distribuídos geograficamente.</p> <p>É abordado um problema de roteamento de veículos com "janelas" de tempo e programação de manutenção (IVRPTW-</p>

	<p>MS). Um novo modelo matemático biobjetivo é estudado, que visa a minimizar o custo total e também maximizar a disponibilidade (minimizar a indisponibilidade) dos ativos no sistema geograficamente distribuídos.</p> <p>Além disto, uma meta heurística de multiobjectivo denominada NSGA-II é aplicada para resolver este problema de classificação NP-<i>hard</i>.</p> <p>Os resultados obtidos no estudo foram os seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O aumento da disponibilidade do sistema leva ao aumento do custo total e diminui o custo total da indisponibilidade de ativos; • É demonstrado que a realização de operações de manutenção dos ativos nas unidades iniciais do horizonte do planejamento causa aumento na disponibilidade, ao mesmo tempo que posterga a indisponibilidade de operação de manutenção; • Com o aumento do número de equipas de manutenção leva ao aumento da habilidade de executar operações de manutenção preventiva simultâneas em cada ativo; • O aumento do número de equipas vai provocar um aumento da função do custo de pessoal.
(Jbili et al., 2018)	<p>Este documento aborda o problema de roteamento de veículos considerando situações de transporte transcontinental, na qual veículos pesados percorrem longas distâncias entre cidades em ambiente difícil, favorecendo uma probabilidade de fracasso dos componentes críticos.</p> <p>O objetivo deste trabalho foi determinar simultaneamente a sequência de entrega ótima e a sequência ótima de ações de manutenção preventiva, a fim de minimizar o custo total esperado por unidade de tempo, considerando penalizações na chegada tardia e custos de manutenção.</p> <p>É desenvolvido um modelo matemático que expressa o custo total esperado tendo em conta a fiabilidade do veículo, custos e durações das ações de manutenção, custo de transporte e penalidades correspondentes a chegadas tardias.</p> <p>Foram realizadas várias experiências numéricas, na qual foi revelado a relevância de considerar conjuntamente o VRP e a manutenção num único modelo no contexto de estudo.</p>

	<p>Foi demonstrado que para cumprir o objetivo económico de minimizar a taxa de custo total esperada, a rota ótima variará devido à fiabilidade e considerações de manutenção.</p> <p>Foi demonstrado o <i>trade-off</i> entre o custo da manutenção preventiva e as penalidades de chegada tardia.</p> <p>Observou-se que a redução do número de ações de manutenção preventiva produz mais fracassos o que implica custos potencialmente mais elevados relacionados com a reparação e com penalizações de chegada tardia.</p> <p>Em contrapartida, o aumento do esforço de manutenção preventiva reduz os custos de reparação e contribui para a redução de penalizações.</p> <p>Os resultados obtidos mostraram também que à medida que o número de clientes aumenta, o desempenho da manutenção preventiva contribui significativamente para a redução dos custos.</p>
(Kara, 2017)	<p>O seguinte artigo estuda o problema do reparador itinerante múltiplo (kTRP), que é no geral uma generalização do problema da latência mínima e o problema do “homem das entregas”.</p> <p>Neste tipo de problemas, o tempo de espera ou latência de um cliente é definido à medida que o tempo passava desde o início da viagem até à conclusão do serviço ao cliente.</p> <p>O objetivo é encontrar um caminho que minimiza o tempo total de espera dos clientes de modo a que cada cliente seja visitado por um dos reparadores.</p> <p>É usado no artigo uma formulação de programação linear inteira mista, na qual cada reparador começa a partir do depósito e termina a viagem num determinado nó.</p> <p>Os autores conseguiram demonstrar que a nova formulação de programação linear inteira com $O(n^2)$ variáveis binárias e $O(n^2)$ restrições foi superior a outros modelos em termos de tempos de CPU.</p> <p>Foram conduzidas análises para verificar o desempenho do modelo proposto com instâncias de referência para k-TRP, aumentando a dimensão do problema. Constatou-se que se o valor de “k” for aumentado o tempo de CPU é reduzido.</p>
(Kallehauge & Solomon, 2017)	<p>Neste artigo é estudado o problema de roteamento de veículos com janelas temporais em termos da sua modelagem matemática, da sua estrutura e alternativas de decomposição. Seguidamente, os autores apresentam o problema principal e</p>

	<p>o sub-problema para a abordagem de geração de colunas, respetivamente.</p> <p>Posteriormente, é feita uma ilustração de uma estrutura de <i>branch-and-bound</i> e abordadas as estratégias de aceleração usadas para aumentar a eficiência dos métodos de <i>branch-and-price</i>. Em seguida, é descrita as generalizações do problema e relatados os resultados computacionais para os conjuntos de testes clássicos de Solomon.</p> <p>Os autores concluíram que 25% dos problemas de Solomon ficaram por resolver.</p> <p>Foi também destacado os desenvolvimentos para as abordagens de geração de colunas ideais para o VRPTW. Tais métodos, que incorporam a ramificação e corte em soluções obtidas através da decomposição de Dantzig-Wolfe são os algoritmos de melhor desempenho.</p> <p>Desigualdades válidas provaram ser uma ferramenta inestimável no fortalecimento do relaxamento LP para esta classe de problemas.</p>
(López-santana et al., 2016)	<p>Este trabalho foca-se no problema do planeamento e programação de operações de manutenção para um conjunto de máquinas geograficamente distribuídas, sujeitas a falhas não determinísticas, com um conjunto de técnicos que realizam operações de manutenção preventiva nas instalações do cliente dentro de uma janela de tempo específica.</p> <p>O estudo é dividido em duas etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Um modelo de manutenção, que determina o tempo ótimo até à próxima operação de manutenção preventiva e frequência para cada cliente. Minimizando o tempo de custo total de manutenção esperada; • Um modelo de roteamento, que atribui e programa operações de manutenção a cada técnico ao longo do horizonte de planeamento dentro do dia de trabalho. <p>Os autores concluíram que o custo médio total por unidade de tempo é melhor no modelo CMR (<i>Combined Maintenance and Routing Model</i>) e a margem cresce à medida que é aumentado o número de clientes. Apesar do facto, que para alguns clientes o custo de manutenção por unidade de tempo é melhor com o procedimento <i>benchmark</i>, o custo de manutenção médio total por unidade de tempo é melhor no modelo CMR, visto que a função objetivo no roteamento é o total dos custos médios de</p>

	manutenção por unidade de tempo ao longo de todas as operações de manutenção preventiva.
(Kalcsics et al., 2005)	<p>Neste artigo foi avaliada a literatura existente para aplicações de problemas para <i>design</i> de territórios e abordagens de solução para resolver esses tipos de problema. Depois de identificadas as características comuns para todas as aplicações é introduzido um modelo básico de <i>design</i> de território e apresentamos em detalhe duas abordagens para resolver este modelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • a primeira, uma abordagem clássica de alocação de localização combinando técnicas ótimas de resolução dividida; • a segunda, um método baseado em geometria computacional.

2.2. Modelo de setorização

Os problemas de setorização aparecem numa grande variedade de contextos e são frequentemente associados com partição geográfica. Deste modo, um determinado território é dividido em pequenas regiões ou, alternativamente, num conjunto elementar de unidades que pertencem a um grande território são agrupadas de acordo com certas características e critérios. (Rodrigues & Ferreira, 2015)

Setorização significa divisão em setores ou partes, um procedimento que ocorre em muitos contextos e aplicações, geralmente para atingir um objetivo ou para facilitar uma atividade. Na maioria das vezes, essa divisão ou partição visa organizar melhor ou simplificar um grande problema em sub-problemas menores, ou promover grupos com características semelhantes.

A ideia da setorização difere da de um processo de agrupamento em *clusters* pois, nos *clusters*, embora os grupos a serem formados sejam compostos por indivíduos com características semelhantes, os *clusters* devem ser o mais possível diferentes entre si (Kalcsics et al., 2005), enquanto numa setorização se procura que os setores sejam semelhantes uns aos outros.

A literatura refere-se a várias outras aplicações da setorização, tais como:

- Divisão de uma região em distritos políticos;
- Definição de territórios de vendas;
- Problemas de transporte de cariz ambiental;
- Recolha de resíduos sólidos urbanos;
- Operações de manutenção e limpeza de ruas;
- Localização de serviços de cuidados de saúde e transporte de pacientes.

De forma a avaliar a qualidade dos setores obtidos após setorização é conveniente usar algumas medidas gerais:

- Equilíbrio: os distritos devem ser porções idênticas do todo, com respeito a uma dada medida de atividade;
- Contiguidade: cada distrito ou setor deve ser composto por apenas um “órgão”, ou seja, deve ser possível “mover” entre qualquer par de pontos num distrito sem deixar o distrito;
- Compacidade: medida de concentração, preferência por formas regulares como círculos e evitando setores em forma de “tentáculos”. Possuir atividade geograficamente concentrada (menos viagens, mais manutenções e tempo de serviço).

Neste modelo, definem-se os seguintes índices e conjuntos:

$$V = \text{conjunto de áreas básicas (clientes)} \quad (1)$$

$$C = \text{conjunto de setores ou territórios (equipas de manutenção)} \quad (2)$$

No caso de estudo da OPENLINE, “V” é o conjunto total de clientes em estudo, mais concretamente cento e vinte e dois clientes (sessenta para os clientes CP e GV, sessenta e dois para o cliente BP) e “C” será o conjunto de setores em que cada carrinha tem de realizar manutenção. Este conjunto está diretamente ligado ao número de equipas disponíveis para efetuar manutenção (parâmetro “k”).

Utilizam-se ainda alguns parâmetros:

$$k = \#C = \text{número de carrinhas (equipas de técnicos)} \quad (3)$$

$$n = \#V = \text{número de áreas básicas (clientes)} \quad (4)$$

$$d_{iv} = \text{distância ao centro } i \text{ à área básica } v \quad (5)$$

$$w_v = \text{medida de atividade da área básica } v \quad (6)$$

$$\mu = \sum_{v \in V} \frac{w_v}{k} = \text{nível médio de atividade por setor} \quad (7)$$

$$\tau = \text{tolerância} \quad (8)$$

No contexto desta dissertação, “k” é o número de equipas técnicas disponíveis para realizar manutenções. Foram consideradas sete equipas técnicas para os clientes CP e *GrandVision* e uma para o cliente BP.

O parâmetro “n” indica o número de clientes, estando diretamente relacionado com o conjunto “V”.

O parâmetro d_{iv} simboliza a distância entre a OPENLINE e o cliente, estando diretamente relacionado com o conjunto “V”. Considerou-se que todos os setores têm como centro a OPENLINE, uma vez que todas as equipas de manutenção partem da empresa.

A medida de atividade básica, “ w_v ”, no caso da OPENLINE define a periodicidade do contrato podendo tomar os valores 1,2,3, ou 4, consoante o número de vezes ao ano que é necessário visitar o cliente v. Para o caso da OPENLINE, foi considerado que todos os clientes tinham de ser visitados uma vez.

A tolerância ($\tau > 0$) é o valor para o desvio do tamanho real dos territórios de μ . O resultado deste modelo depende fortemente do valor atribuído ao parâmetro τ . Quanto menor a tolerância τ , melhor será o balanço dos territórios obtidos. Caso τ seja um valor bastante pequeno, os limites superior e inferior no tamanho dos distritos nas restrições (12) e (13) é bastante apertado, o que leva a que os territórios não sejam mais compactos e conectáveis. O problema pode até tornar-se impossível de resolver.

Há ainda a ter em conta a variável de decisão x_{iv} :

$$x_{iv} = \begin{cases} 1 & \text{se a área básica } v \text{ é atribuída ao centro } i \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (9)$$

Com base no anteriormente descrito, aplicamos o modelo matemático usado na resolução do problema da setorização por Kalcsics *et al.* (Kalcsics *et al.*, 2005, p. 10) adaptando-o ao nosso contexto.

$$\min \sum_{v \in V} \sum_{i \in C} w_v d_{iv} x_{iv} \quad (10)$$

s.a.

$$\sum_{i \in C} x_{iv} = 1 \quad (\forall v \in V) \quad (11)$$

$$\sum_{v \in V} w_v x_{iv} \leq (1 + \tau)\mu \quad (\forall i \in C) \quad (12)$$

$$\sum_{v \in V} w_v x_{iv} \geq (1 - \tau)\mu \quad (\forall i \in C) \quad (13)$$

$$x_{iv} \in \{0,1\} \quad (\forall v \in V, \forall i \in C) \quad (14)$$

A função objetivo (10) pode ser brevemente descrita como a partição do conjunto “V”, áreas de clientes, num número “k” de territórios que satisfaçam os critérios de planeamento especificados como o equilíbrio, a compactação e a contiguidade.

Assim sendo, esta função minimiza a distância geral, ponderada com a medida de atividade, desde as áreas básicas até aos respetivos centros territoriais. Este modelo tende a produzir territórios compactos e geograficamente conectados.

A restrição (11) garante que cada área básica seja alocada a apenas e só um centro de território (critério de desconexão).

Com as restrições (12) e (13) impõe-se que o tamanho de cada um dos territórios está dentro da tolerância predefinida (critério do equilíbrio). No total temos um número quadrático de variáveis de decisão e um número linear de restrições.

2.3. Modelo de roteamento

Os problemas de roteamento de veículos (VRP) têm como objetivo encontrar um conjunto de rotas, com início e fim num determinado depósito, que juntos cobrem um conjunto de clientes.

Cada cliente tem uma determinada procura e, nenhum veículo pode atender clientes além do que a sua capacidade permite.

O objetivo será minimizar a distância total percorrida ou o número de veículos usados ou, uma combinação destes dois objetivos. (Kallehauge & Solomon, 2017)

Segundo Kallehauge & Solomon (2017: 70) este problema de roteamento de veículos com restrições temporais, é definido por uma frota de veículos “ V ” (homogêneos, ou seja, todos os veículos são iguais), um conjunto de clientes “ C ” e um gráfico direcionado “ \mathcal{G} ”. O gráfico resultante irá conter $|C|+2$ vértices, onde os clientes são denotados de $1, 2, \dots, n$ e o armazém (neste contexto, a OPENLINE) pelos vértices 0 e $n + 1$ (1000).

Este problema de roteamento de veículos com restrições temporais, é definido por uma frota de veículos “ V ” (homogêneos, ou seja, todos os veículos são iguais), um conjunto de clientes “ C ” e um gráfico direcionado “ \mathcal{G} ”. O gráfico resultante irá conter $|C|+2$ vértices, onde os clientes são denotados de $1, 2, \dots, n$ e, os o armazém (neste contexto, a OPENLINE) pelos vértices 0 e $n + 1$.

$$V = \text{número de veículos} \quad (15)$$

$$C = \text{conjunto de clientes } (1, 2, \dots, n) \quad (16)$$

$$N = \text{conjunto de clientes mais o armazém} \quad (17)$$

Em cada arco (i, j) , onde $i \neq j$, é associado um respetivo tempo t_{ij} , que pode incluir o tempo de manutenção no cliente “ i ”. Salienta-se que não existem rotas a sair dos vértices $n + 1$.

Cada cliente “ i ” tem uma janela temporal $[a_i, b_i]$ e o veículo deve chegar ao cliente antes de b_i . Caso o veículo chegue antes, a janela temporal é aberta e tem de esperar até a_i para poder realizar manutenção no cliente. A janela temporal para o armazém (OPENLINE) é definida como $[a_0, b_0]$, que representa o horizonte temporal. Os veículos não devem deixar o depósito antes de a_0 e devem regressar no máximo até ao tempo b_{n+1} .

É assumido que a_i, b_i e c_{ij} são inteiros não negativos, c_{ij} representa a distância entre os clientes “ i ” e “ j ” e t_{ij} são inteiros positivos. De salientar que este pressuposto é necessário para desenvolver um modelo de obtenção do menor trajeto possível com as restrições na geração de colunas.

Este modelo contém dois conjuntos de variáveis de decisão: “ x ” e “ s ”. Para cada arco (i, j) , onde $i \neq j, i \neq n + 1, j \neq 0$ e, cada veículo “ k ” define x_{ijk} como:

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{se o veículo } k \text{ dirige directamente do vértice } i \text{ para } j \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (18)$$

A variável de decisão s_{ik} é definida para cada vértice “ i ” e cada veículo “ k ” e, descreve o tempo que o veículo “ k ” começa a servir o cliente “ i ”.

Para o caso de estudo da OPENLINE, iremos aplicar o modelo matemático usado na resolução do problema da setorização por Kallehauge & Solomon (2017: 70) adaptando-o a este estudo:

$$\min \sum_{k \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ijk} \quad (19)$$

s.a.

$$\sum_{k \in V} \sum_{j \in N} x_{ijk} = 1 \quad (\forall i \in C) \quad (20)$$

$$\sum_{j \in N} x_{0jk} = 1 \quad (\forall k \in V) \quad (21)$$

$$\sum_{i \in C} x_{ihk} - \sum_{j \in C} x_{hjk} = 0 \quad (\forall h \in C, \forall k \in V) \quad (22)$$

$$\sum_{i \in N} x_{i,n+1,k} = 1 \quad (\forall k \in V) \quad (23)$$

$$x_{ijk}(s_{ik} + t_{ij} - s_{jk}) \leq 0 \quad (\forall i, j \in N, \forall k \in V) \quad (24)$$

$$a_i \leq s_{ik} \leq b_i \quad (\forall i \in N, \forall k \in V) \quad (25)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad (\forall i, j \in N, \forall k \in V) \quad (26)$$

A função objetivo (19) minimiza a distância total percorrida.

A restrição (20) assegura que cada localização é visitada exatamente uma vez. As restrições (21), (22) e (23) garantem que cada veículo deve sair do depósito "0" (OPENLINE), depois que a viatura chega a um cliente deve sair para outro cliente e finalmente, todos os veículos devem regressar ao depósito (OPENLINE); depois do veículo chegar a um cliente tem de efetuar manutenção e partir para outro cliente. De referir que todos os veículos tem de regressar ao armazém OPENLINE ($n + 1$), representado mais à frente pela numeração "1000".

A restrição (24) estabelece a relação entre o tempo de partida do veículo de um cliente e o seu sucessor imediato.

A restrição (25) garante que as janelas temporais são analisadas.

A restrição (26) é a função de integralidade (salientado que um veículo que não é usado é conduzido por uma rota vazia (0, n+1)).

3. CASO DE ESTUDO: OPENLINE

Neste tópico são apresentados os detalhes de cada cliente em estudo nesta dissertação, na qual podem ser consultados quais os serviços de prestação a realizar, periodicidade de manutenção a intervir e lista completa de edifícios a interceder.

3.1. Apresentação da empresa

O grupo OPENLINE foi fundado em 1998 fruto de uma visão determinada e empreendedora. A empresa tem vindo a demonstrar a nível nacional toda a sua capacidade no que diz respeito aos serviços prestados nas áreas de construção e reabilitação de edifícios, manutenção de edifícios, projeto e instalação de sistemas AVAC, monitorização, energia e serviços.

Atualmente está localizado e gere os seus serviços em três localizações: no Porto (figura 5), Lisboa e Madeira. Através de uma excelente equipa procuram ser uma marca única, orientada para o futuro, comprometidos com a excelência e a satisfação dos clientes.



Figura 5- Foto da sede OPENLINE Porto, sediada na Rua Delfim Ferreira 555.

3.2. Características das rotas das equipas de manutenção

Conforme mencionado em capítulos anteriores, e contextualizando para o problema da OPENLINE, é possível afirmar que a solução para um VRP passa por, dado um conjunto de veículos que à partida estão num armazém, que vão ser conduzidos por um conjunto de técnicos, com um conjunto de locais a visitar (clientes), numa rede rodoviária existente, determinar quais as rotas a realizar de forma a que cada veículo retorne ao armazém de onde saiu, de forma a que as necessidades dos clientes sejam satisfeitas, as restrições operacionais sejam cumpridas e os custos globais de transporte sejam minimizados.

Tendo estas premissas e associações em conta, serão descritas as características de cada um destes elementos constituintes do VRP, base a partir da qual se formularão posteriormente restrições e casos particulares do problema em análise.

3.2.1. Rede rodoviária

As ligações entre os clientes e o armazém da OPENLINE são realizadas através de uma rede rodoviária que pode ser descrita como sendo um grafo onde os clientes e o armazém são um vértice e as estradas os arcos, direcionais ou não. Dependendo das estradas em questão, sendo que a cada arco está associado um custo que representa o tempo de deslocação, distância, entre outros.

3.2.2. Clientes

Conforme foi mencionado no subtópico anterior, os clientes são normalmente caracterizados como sendo vértices do grafo (rede rodoviária) e têm a si associado um serviço de prestação de obrigações, que podem ser preventivas ou corretivas. Dependendo do edifício, podem também ter de ser servidos num período de tempo devido a horários de abertura (nomeadamente *shoppings*).

Pode ainda dar-se o caso de haver clientes que têm de ser servidos por técnicos específicos, dadas as condicionantes do contrato.

3.2.3. Armazém OPENLINE

Cada veículo sai e retorna ao armazém OPENLINE (figura 6), sendo este caracterizado pelo número de veículos que alberga. O armazém, neste caso a sede OPENLINE, é representado como sendo um vértice no grafo, à semelhança dos clientes.



Figura 6 - Sede OPENLINE e armazém.

3.2.4. Veículos

Os veículos permitem o transporte de material e são caracterizados por terem uma sede a que estão associados e onde devem voltar depois de cada serviço (rota), pela sua capacidade (total ou parcial para cada tipo de material que podem transportar) e pelos custos associados à sua utilização (distância, tempo, rota, entre outros).



Figura 7- Viatura de serviço da empresa OPENLINE.

3.2.5. Técnicos

Os técnicos estão sujeitos a variadas restrições que se prendem com fatores pessoais, contratuais e sindicais (como por exemplo veículos que podem conduzir, número de horas de trabalho diárias, horário de trabalho e tempo máximo de condução seguido).

A equipa da OPENLINE é constituída por oito equipas, apenas uma está apta para realizar manutenções no cliente BP, as outras sete serão distribuídas pelas restantes instalações dos clientes CP e *GrandVision*.

3.2.6. Rotas

As características das rotas estão intimamente ligadas às de todos os elementos até aqui descritos. Estas são compostas pelo armazém e um conjunto de clientes, vértice do grafo, e pelas ruas (arcos) que unem os vértices.

Existem precedências que impõe a ordem pela qual os clientes devem ser servidos., principalmente quando as instalações estão localizadas dentro de um *shopping*, no qual o horário de manutenção tem de ser obrigatoriamente realizado das oito horas até às dez horas da manhã.

Para o cálculo dos custos globais mínimos associados a cada rota é necessário o conhecimento dos custos de viagem entre cada par de clientes e entre cada cliente e o armazém, tendo em conta as restrições operacionais de cada caso.

3.3. Contratos

A OPENLINE possui uma carteira de clientes às quais presta serviços nas áreas de construção e reabilitação de edifícios, manutenção de edifícios, projeto e instalação de sistemas AVAC, monitorização, energia e serviços.

Cada cliente da OPENLINE possui um contrato na qual contracta uma periodicidade de prestação de serviços, uma lista de instalações a executar afazeres, uma lista de equipamentos às quais é necessário a realização de manutenção e número de técnicos contractados.

A nível de periodicidade de manutenção pode-se esquematizar na seguinte forma (da mais pequena à maior):

Tabela 3- Tabela de periodicidade de manutenções.

Periodicidade	Descrição
Anual	Visita de manutenção uma vez por ano, espaçadas com pelo menos doze meses entre manutenções
Semestral	Visitas de manutenção de duas vezes por ano, com pelo menos seis meses entre manutenções
Quadrimestral	Visitas de manutenção três vezes por ano, com pelo menos quatro meses entre manutenções
Trimestral	Visitas de manutenção quatro vezes por ano, com pelo menos três meses entre manutenções
Bimestral	Visitas de manutenção seis vezes por anos, com pelo menos dois meses entre manutenções
Mensal	Visitas de manutenção mensalmente, com pelo menos um mês entre manutenções

3.3.1. BP

Com a descoberta de petróleo na Pérsia em 1909 fundou-se a “*Anglo-Persian Oil Company*”, que atualmente é apelidada de BP (*British Petroleum*, figura 8). A BP é uma empresa multinacional com sede no Reino Unido e, que possui negócios no setor da energia, nomeadamente petróleo e gás.



Figura 8 - Logo da empresa BP (do ano 2000 até à atualidade).

O contrato de manutenção do cliente BP é composto por instalações a nível nacional (atualmente apenas continental) das quais são efetuadas manutenções preventivas com periodicidade semestral, trimestral e quadrimestral. A manutenção aos postos é composta pela intervenção aos equipamentos AVAC e trabalhos de *handyman* que necessitem de atenção.

A lista de postos em análise para esta dissertação pode ser consultada no Anexo A.

3.3.2. CP

Criada em 1975, a empresa pública CP – Caminhos de Ferro Portugueses, E.P. (figura 9) é uma empresa portuguesa de transporte ferroviário, que tem como missão a gestão dos caminhos de ferro em Portugal. (Sebastião, 2012)



Figura 9 - Logo da empresa CP - Comboios de Portugal (atualidade).

A partir de 1997, a CP – Caminhos de Ferro Portugueses, E.P. passou a ser responsável apenas pela gestão operacional, sendo criada a REFER – Rede Ferroviária Nacional, E.P. pelo Decreto-Lei nº 104/97, de 29 de Abril, também como empresa pública, assumindo a gestão da infraestrutura da rede ferroviária nacional. (Sebastião, 2012)

O contrato de manutenção do cliente CP é também composto por instalações a nível nacional (atualmente apenas continental) das quais são efetuadas manutenções preventivas com periodicidade trimestral. A manutenção às estações é composta pela intervenção aos equipamentos AVAC.

A lista de estações em análise para esta dissertação pode ser consultada no anexo B.

3.3.3. GrandVision

O grupo *GrandVision* é detentor das marcas *MultiÓpticas*, *GrandOptical* e *Solaris*.

A *MultiÓpticas* está presente no mercado português há cerca de trinta e dois anos e é a marca *flagship* do grupo. A *MultiÓpticas* é uma marca de referência a nível nacional no negócio comercialização de todo o material ótico e optométrico (tanto nacional, como internacional), bem como a prestação de serviços de qualquer espécie relacionados com a ótica, a optometria, gestão de centros ou quaisquer instalações de audiometria, oftalmológicas ou similares e conexas. Atualmente o grupo conta com cento e noventa e três lojas.

A *GrandOptical*, que fez parte do grupo desde o ano 2006, conta atualmente com oito lojas próprias a nível nacional e tem como público alvo o cliente com preferência por padrões mais elevados de produto e exclusividade de atendimento.

A *Solaris* foi adicionada ao grupo no ano 2014 e conta com sete lojas a nível nacional, sendo especialista em produtos oculares para sol.



Figura 10 - Logo do grupo GrandVision (em baixo vemos os logos das marcas MultiÓpticas, GrandOptical e Solaris).

O contrato de manutenção do cliente *GrandVision* é também composto por instalações a nível nacional e ilhas, das quais são efetuadas manutenções preventivas com periodicidade mensal. A manutenção às lojas do grupo é composta pela intervenção aos equipamentos AVAC, bem como manutenção preventiva a todo o interior das lojas. A lista de instalações em análise para esta dissertação foram as estações das regiões Norte, que pode ser consultada no anexo C.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão discutidos os resultados obtidos na resolução dos dois modelos matemáticos: modelo de setorização e o modelo de roteamento.

Para a resolução destes modelos foram criadas duas bases de dados, uma para os clientes CP e *GrandVision* e outra apenas para o cliente BP. Ambas as bases de dados foram elaboradas com recurso ao *software* Microsoft Excel 2016 MS, versão 16.0.4312.1000.

A base de dados para os clientes CP e *GrandVision* pode ser consultada nos anexos B, C e D, enquanto a base de dados do cliente BP se encontra no anexo A e D.

Para o processamento de ambos os modelos matemáticos será usado o *software* de otimização IBM ILOG CPLEX *Optimization Studio*, versão 20.1.0.0.

O IBM ILOG CPLEX é um *solver* que resolve problemas de programação linear e problemas relacionados, oferecendo ao utilizador a possibilidade de modelar o problema através de uma linguagem própria designada de OPL ou através das linguagens de programação “C”, “C++”, “Java”, “.NET” e “Python” que resolve problemas de programação linear e problemas relacionados.

De salientar também que todas as simulações foram executadas num computador com um processador Intel® Core™ i7-7700HQ CPU @ 2.80GHz e com uma memória RAM de 8,00 GB.

4.1.1. Resultados do modelo de Setorização – Clientes CP e GrandVision

O primeiro passo na resolução do problema da OPENLINE é a aplicação do modelo de setorização, que irá devolver a matriz de distâncias da listagem de clientes à sede da OPENLINE e agrupá-los em pequenas “regiões” às quais será, posteriormente, aplicado o modelo VRP.

Nesta subsecção focamos exclusivamente nos resultados da aplicação do modelo à base de dados dos clientes CP e *GrandVision* (Anexos B e Anexo C, respetivamente).

Da aplicação do modelo à base de dados dos clientes em epígrafe, o modelo teve um tempo de execução de cerca de um segundo e quarenta e oito centésimos (ver figura 11).

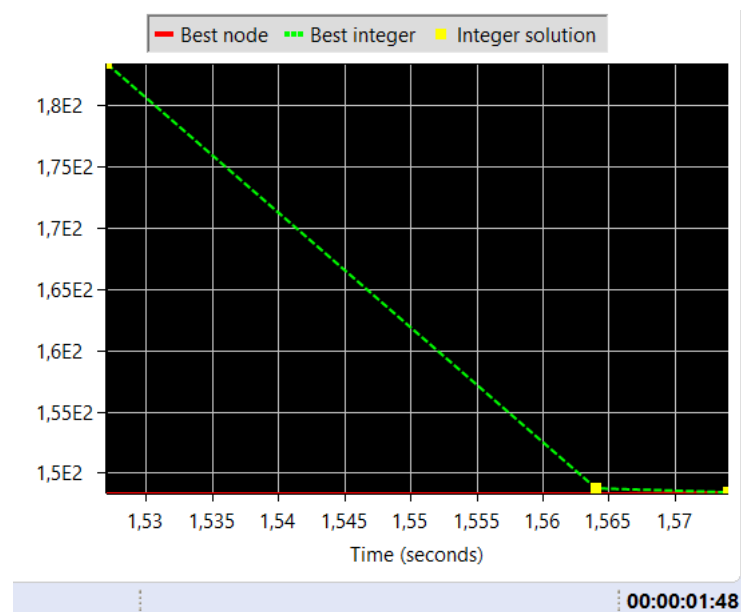


Figura 11 - Tempo de resolução do modelo de setorização (clientes CP e GV).

As estatísticas do modelo podem ser verificadas na tabela 4:

Tabela 4 - Tabela de estatísticas modelo setorização.

Estatística	Valor
Limitações	76
Variáveis	421
Binárias	420
Outras	1
Coefficientes diferentes de zero	1275
Objetivo	148370844
Titular	148370844
Nós	0
Iterações	59
Objetivo médio	189465676

Podem ser consultados os dados computacionais do modelo na tabela 5:

Tabela 5 - Tabela de dados computacionais do modelo de setorização.

Node	Nodes Left	Objective	lnf	Best Integer	Cuts/Best Bound	ItCnt	Gap
0+	0			266,9974	0,0000		100%
0+	0			198,7279	0,0000		100%
0+	0			191,4928	0,0000		100%
0+	0			188,4677	0,0000		100%
0+	0			183,4476	0,0000		100%
0+	0	148,3599	4	183,4476	148,3599	56	19,13%
0+	+			148,7554	148,3599		0,27%

0	0	<i>Integral</i>	0	148,3708	<i>Cuts: 8</i>	59	0,00%
0	0	<i>Cutoff</i>		148,3708	148,3708	59	0,00%

Na tabela 4 está patente o valor do *gap* final que é exatamente 0,00%. O *gap* é a diferença entre a melhor solução encontrada e o valor que limita a melhor solução possível. Desta forma, para o cálculo do *gap* é usada a fórmula seguinte:

$$gap = \frac{\mathbf{Best\ integer} - \mathbf{Best\ Bound}}{\mathbf{Best\ integer}} \times 100\% \quad (27)$$

Um *gap* de 0% indica que o modelo obteve a solução ótima.

Após apresentação dos resultados de processamento do modelo, temos as soluções das variáveis de decisão. Para estas, o modelo de setorização utiliza a tabela de distâncias de cada cliente à sede da OPENLINE, e pode ser consultada no Anexo E. Esta tabela será importante na elaboração da matriz para o cálculo do modelo de roteamento. O modelo de roteamento utiliza ainda a matriz de distâncias (Anexo F), na qual se observam as distâncias de todos os clientes compreendidos no conjunto “V” entre si (ou seja, a distância do cliente 1 a cada um dos restantes clientes, a distância do cliente 2 a cada um dos restantes clientes e assim sucessivamente).

Por último, é possível analisar os resultados das variáveis de decisão. Recordando que μ é o nível médio de atividade, para o caso da OPENLINE o modelo de setorização apresenta um valor de cerca de 70,857. Este modelo faculta também como solução a tabela de setorização, que compreende os sessenta clientes nas colunas e as sete equipas de técnicos nas linhas. Esta tabela resulta da solução binária atribuída pelo modelo, em que “1” significa que o técnico tem de fazer manutenção na instalação e “0” caso contrário. Com a tabela de setorização, esquematizam-se em mapa as regiões para cada veículo. Desta forma, obtemos que:

1. O **veículo 1** terá de efetuar manutenção nas instalações 1, 10, 11, 15, 31 33 e 35;

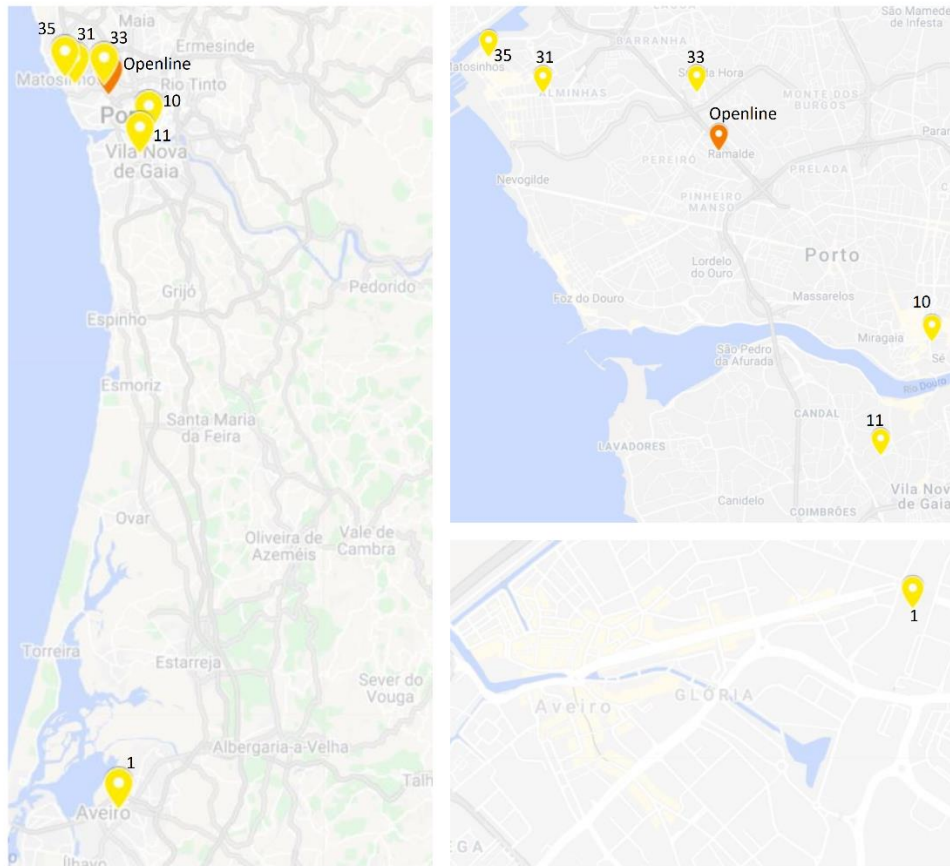


Figura 12 - Lista de instalações para o veículo 1, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

2. O veículo 2 terá de efetuar manutenção nas instalações 2, 8, 16, 17, 19, 20, 23, 56 e 57;

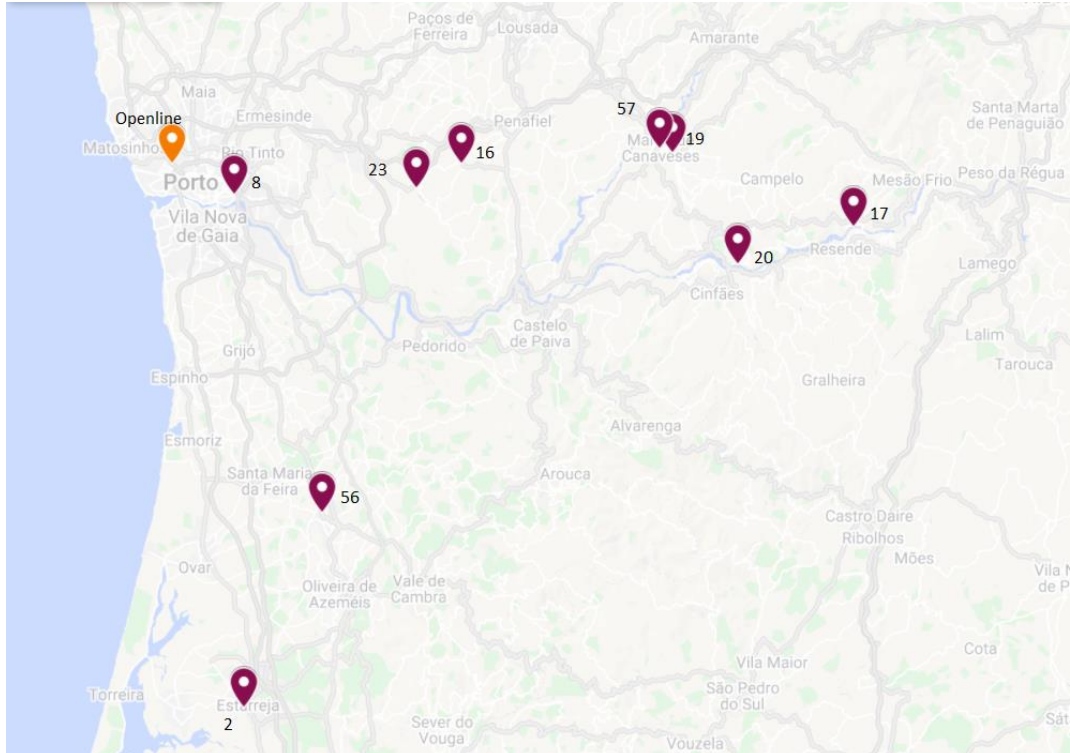


Figura 13 - Lista de instalações para o veículo 2, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

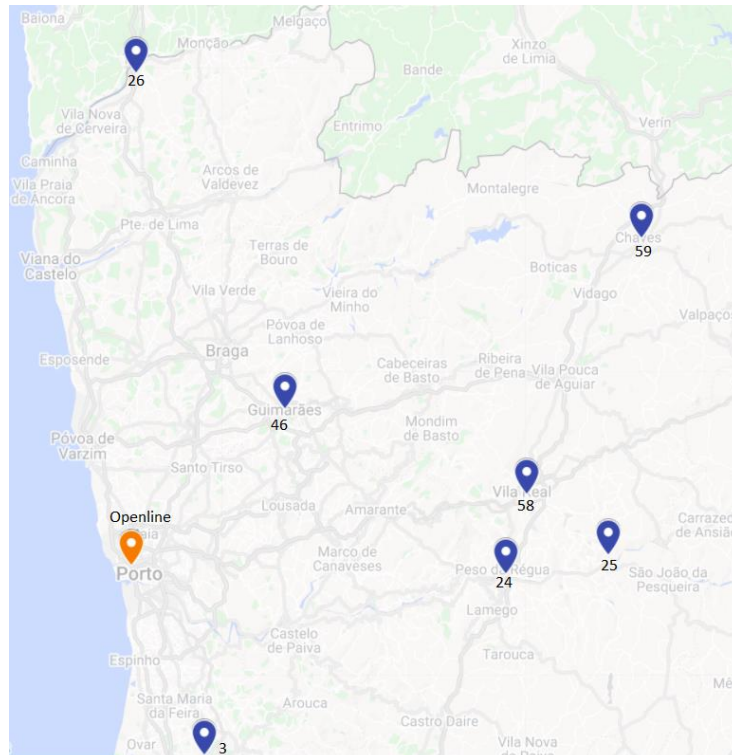
3. O veículo 3 terá de efetuar manutenção nas instalações 3, 24, 25, 26, 46, 58 e 59;

Figura 14 - Lista de instalações para o veículo 3, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

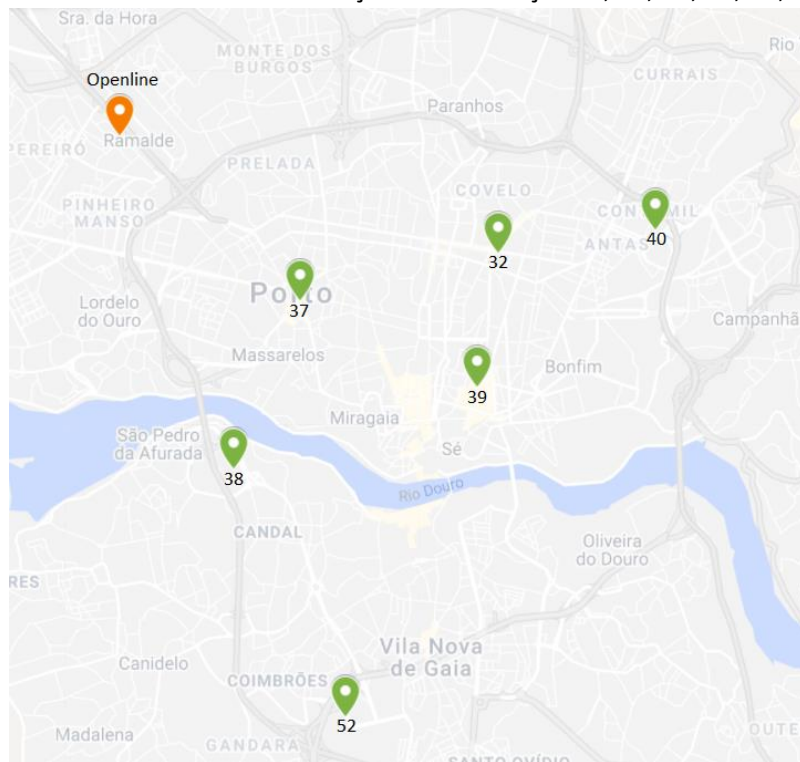
4. O veículo 4 terá de efetuar manutenção nas instalações 4, 32, 37, 38, 39, 40 e 52;

Figura 15 - Lista de instalações para o veículo 4, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

5. O veículo 5 terá de efetuar manutenção nas instalações 5, 12, 14, 27, 28, 43, 50, 51, 55 e 60;

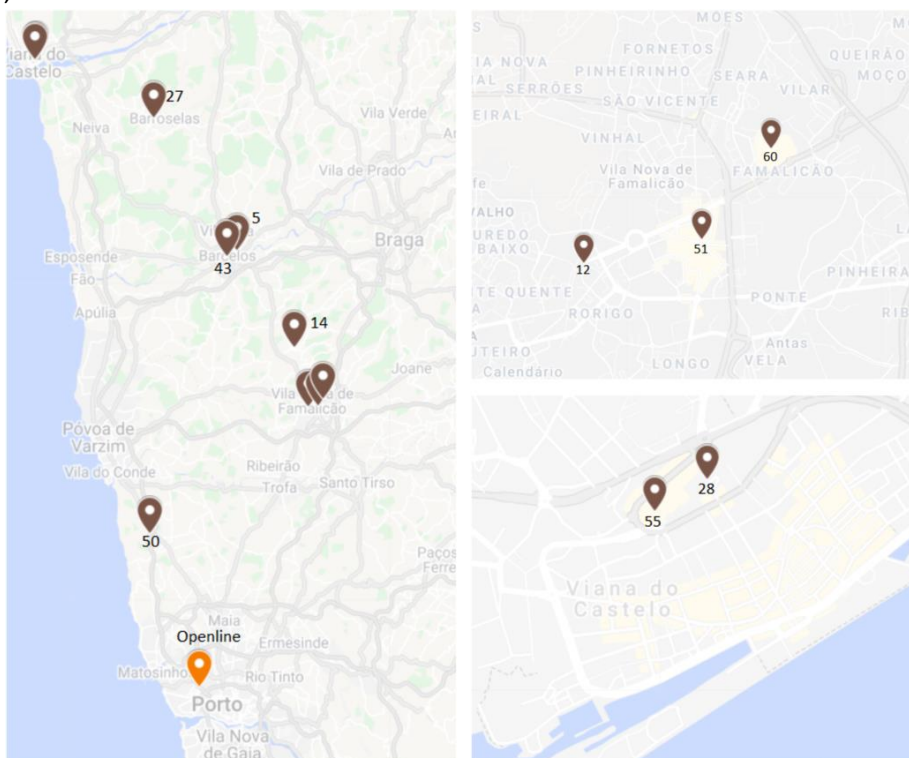


Figura 16 - Lista de instalações para o veículo 5, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

6. O veículo 6 terá de efetuar manutenção nas instalações 6, 13, 42, 44, 45, 47, 48, 49 e 54;

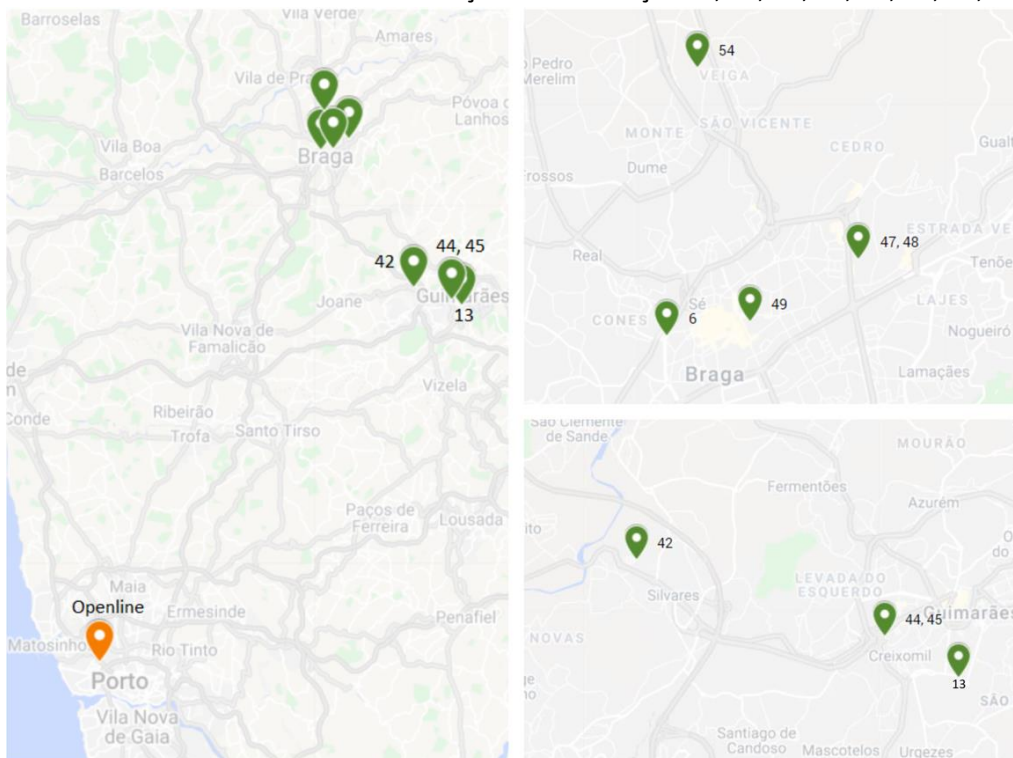


Figura 17 - Lista de instalações para o veículo 6, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

7. O veículo 7 terá de efetuar manutenção nas instalações 7, 9, 18, 21, 22, 29, 30, 34, 36, 41 e 53.

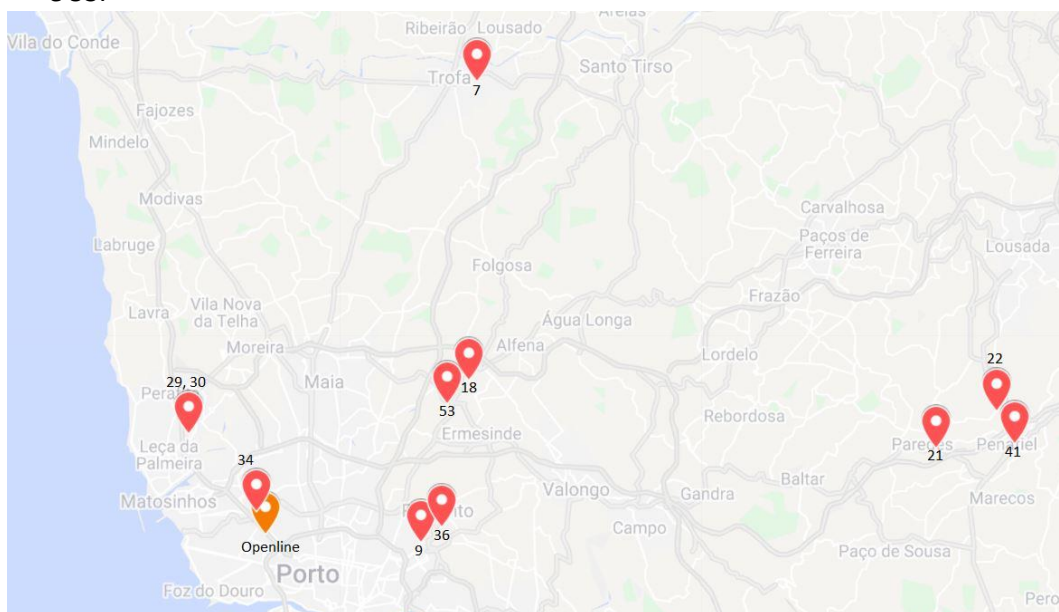


Figura 18 - Lista de instalações para o veículo 7, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

Em suma, podemos esquematizar da seguinte forma a quantidade de instalações para cada veículo:

Tabela 6 - Tabela de quantidade de instalações por veículo (clientes CP e GrandVision).

Veículo	Quantidade de instalações
1	7
2	9
3	7
4	7
5	10
6	9
7	11

Fonte: Elaboração própria.

4.1.2. Discussão resultados modelo VRPTW – Clientes CP e GV

Resolvido o modelo de setorização, aplica-se o modelo VRPTW. Será este modelo a fornecer as rotas de manutenção para cada técnico, em função da divisão previamente efetuada pelo modelo de setorização.

O modelo VRPTW irá devolver para cada veículo os seguintes resultados:

- Ordem da sequência de instalações a visitar;

- Percurso com sequência e distância a cada setor.

A partir da matriz de distâncias para as instalações do **veículo 1** resultam as seguintes rotas:

Tabela 7 - Tabela de rotas para o veículo 1.

Rota	Instalações
1	0-31-1-0
2	0-33-15-11-0
3	0-35-10-0

Da tabela 7, podemos elaborar em mapa as rotas de manutenção para o veículo 1:

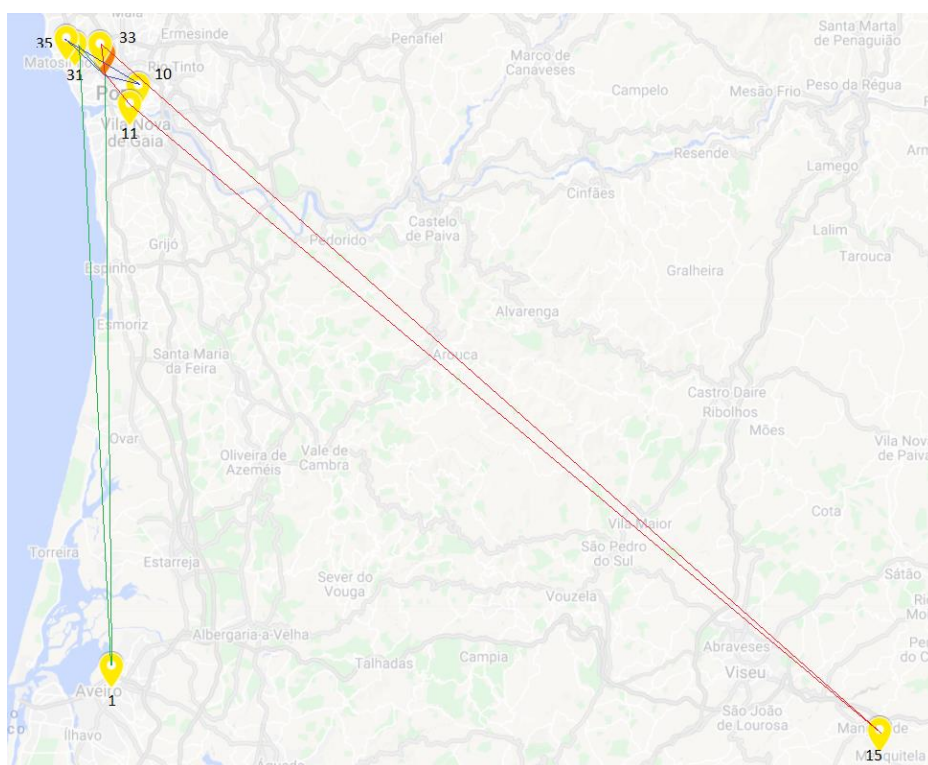


Figura 19 - Ilustração das rotas para o veículo 1. (Fonte: Elaboração própria)

A partir das rotas, podemos estimar o tempo médio de manutenção para cada uma:

Tabela 8 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 1.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	7 horas	± 1 hora e 51 minutos	8 horas e 51 minutos
2	6 horas	± 3 horas e 19 minutos	9 horas e 19 minutos
3	7 horas	± 45 minutos	7 horas e 45 minutos
4	8 horas	± 30 minutos	8 horas e 30 minutos

O veículo 1 possui uma taxa de ocupação semanal de cerca de 86,67%. Salienta-se que as rota 1, rota 2 e rota 3 não se encontram conformes, apresentando um tempo de execução superior

a oito horas. Para solucionar estas não conformidades, a solução seria adicionar novas rotas, que seriam:

Tabela 9 - Tabela de rotas adicionais para o veículo 1.

Rota	Percurso	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
5	0-1-0	5 horas	± 1 hora e 36 minutos	6 horas e 36 minutos
6	0-15-0	4 horas	± 2 horas e 58 minutos	6 horas e 58 minutos

A manutenção da instalação 10 poderá ser concluída na rota 1 pela remoção da instalação 1.

O mesmo processo é aplicado ao **veículo 2**, resultando nas seguintes rotas de manutenção:

Tabela 10 - Tabela de rotas para o veículo 2.

Rota	Instalações
1	0-57-19-17-20-0
2	0-8-0
3	0-8-0
4	0-56-2-16-23-0

A partir da tabela 10 esquematizam-se em mapa as rotas de manutenção para o veículo 2, figura 20:

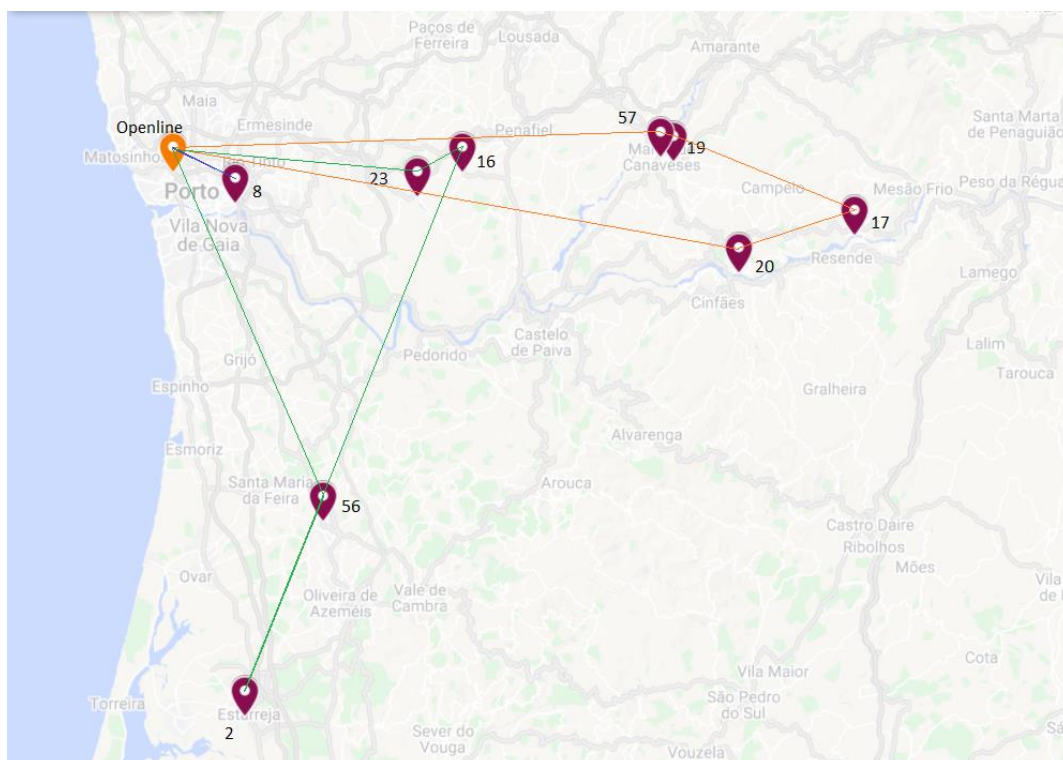


Figura 20 - Ilustração das rotas para o veículo 2. (Fonte: Elaboração própria)

Com base nas rotas, estima-se o tempo médio de manutenção para cada uma:

Tabela 11 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 2.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	5 horas	± 2 horas e 16 minutos	7 horas e 16 minutos
2	7 horas	±26 minutos	7 horas e 26 minutos
3	7 horas	±26 minutos	7 horas e 26 minutos
4	4 horas	±2 horas e 26 minutos	6 horas e 26 minutos

Para o veículo 2, existe uma taxa de ocupação de 73,92%. Podemos observar que as rotas “2” e “3” para este veículo são congêneres uma vez que a duração da instalação 8 (estação de Campanhã) dura aproximadamente dois dias de trabalho.

Destaca-se ainda que todas as rotas de manutenção cumprem o limite horário de 8 horas.

Posteriormente, o modelo é aplicado ao **veículo 3**. O veículo 3 ficará encarregue das rotas de manutenção:

Tabela 12 - Tabela de rotas para o veículo 3.

Rota	Instalações
1	0-24-0
2	0-26-3-46-0
3	0-58-25-59-0

Tendo em conta a tabela 12, desenham-se em mapa as rotas de manutenção para o veículo 3, figura 21:

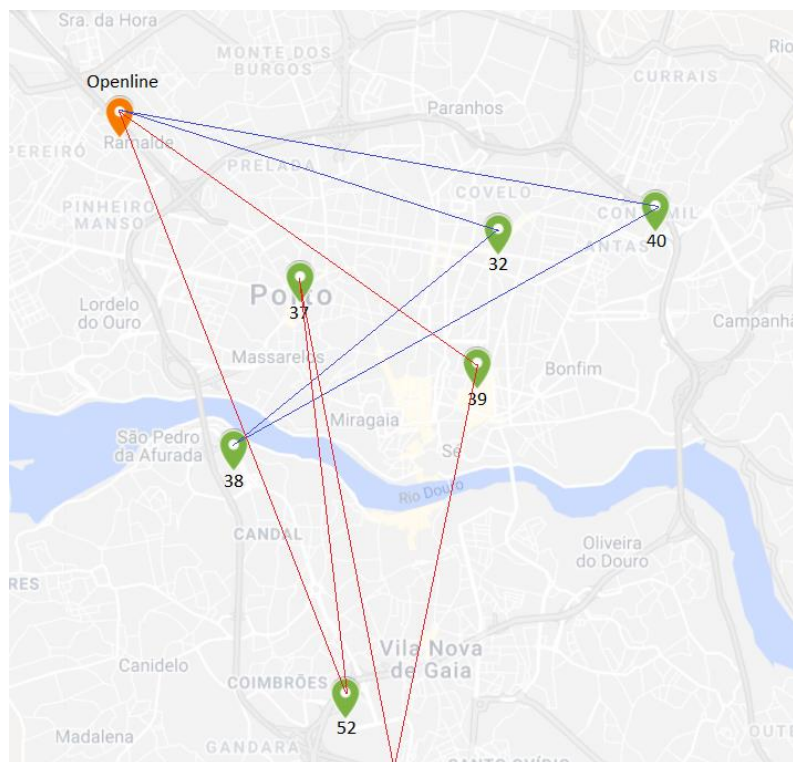


Figura 22 - Ilustração das rotas para o veículo 4. (Fonte: Elaboração própria)

Uma vez mais, considerando as rotas, é presumido o tempo médio de manutenção para cada uma:

Tabela 15 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 4.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	1+1+4=6 horas	±45 minutos	6 horas e 45 minutos
2	1+2+1+3=7 horas	±1 hora e 43 minutos	8 horas e 43 minutos

O veículo 4 possui uma taxa de ocupação de cerca de 41,17%. Para este veículo, evidencia-se o facto de o modelo de roteamento ter colocado duas instalações de *shopping* na mesma rota de manutenção. Por questões de qualidade de manutenção e restrição de horário, em contexto real de trabalho, estas duas instalações teriam de ser efetuadas em dias separados. Portanto, uma terceira rota a iniciar numa destas instalações de *shopping* seria necessária.

Focamos agora o **veículo 5**. Para este veículo, as rotas de manutenção são as seguintes:

Tabela 16 - Tabela de rotas para o veículo 5.

Rota	Instalações
1	0-55-28-0
2	0-12-60-51-14-27-0
3	0-50-5-43-0

Da tabela 15, elaboramos as rotas de manutenção:

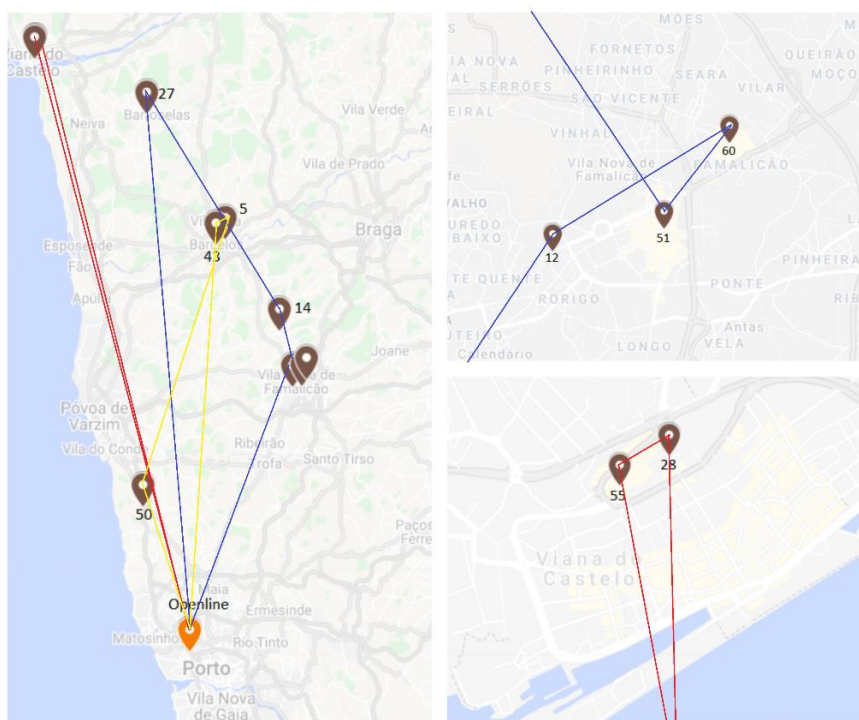


Figura 23 - Ilustração das rotas para o veículo 5. (Fonte: Elaboração própria)

Estima-se então o tempo médio de manutenção para cada uma:

Tabela 17 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 5.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	7 horas	±1 hora e 34 minutos	8 horas e 34 minutos
2	6 horas	±2 horas e 24 minutos	8 horas e 24 minutos
3	4 horas	±1 hora e 31 minutos	5 horas e 31 minutos

Para este veículo, verifica-se que existe um erro na rota 2, pois não está a iniciar numa instalação de *shopping*. Para corrigir esta anomalia, as rotas propostas seriam as seguintes:

Tabela 18- Correção de rotas para o veículo 5.

Rota	Percurso	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	0-55-28-0	7 horas	±1 hora e 34 minutos	8 horas e 34 minutos
2	0-60-51-12-14-0	4 horas	±1 hora e 27 minutos	5 horas e 27 minutos
3	0-50-5-43-27-0	6 horas	±2 horas e 15 minutos	8 horas e 15 minutos

Com estas alterações, é assegurado o início de cada manutenção numa instalação de *shopping*, bem como uma melhor distribuição da carga horária de trabalho pelas rotas. O veículo 5 apresenta com estes dois contratos uma taxa ocupacional de cerca de 55,67%, permitindo margem para a intervenção noutros clientes.

Seguidamente, o processo é aplicado ao **veículo 6**:

Tabela 19 - Tabela de rotas para o veículo 6.

Rota	Instalações
1	0-47-6-0
2	0-44-45-0
3	0-48-54-49-0
4	0-42-13-0

Da tabela 19, identificam-se as rotas de manutenção:

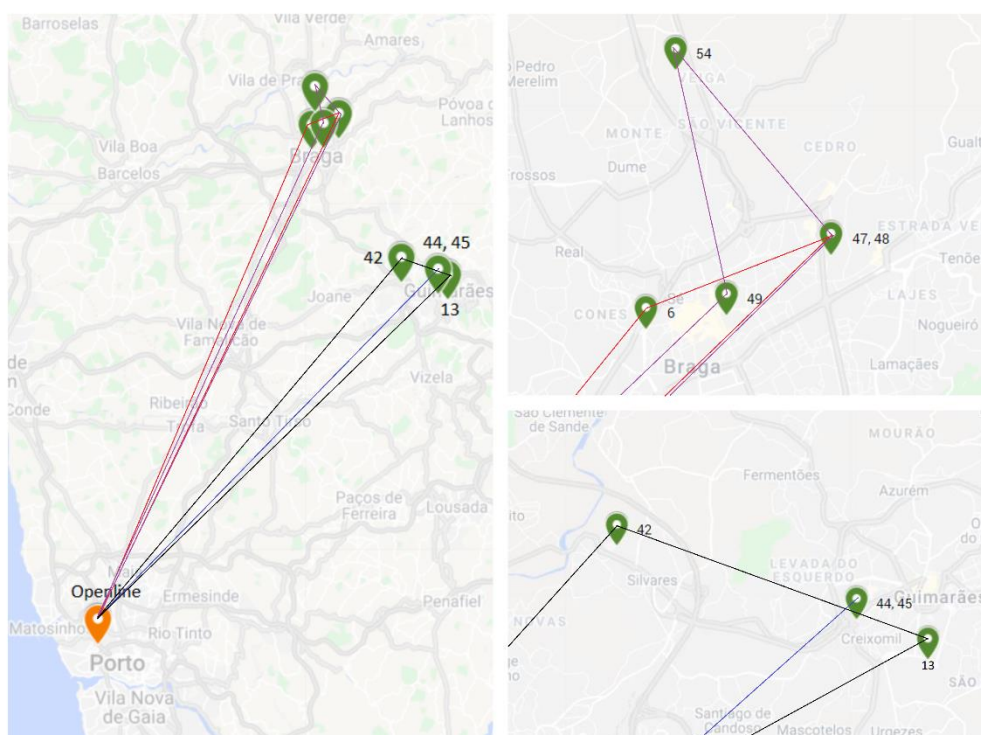


Figura 24 – Ilustração de rotas para o veículo 6. (Fonte: Elaboração própria)

Partindo das rotas, podemos estimar o tempo médio de manutenção para cada uma:

Tabela 20 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 6.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	3 horas	±1 hora e 22 minutos	4 horas e 22 minutos
2	2 horas	±1 hora e 15 minutos	3 horas e 15 minutos
3	3 horas	±1 hora e 32 minutos	4 horas e 32 minutos
4	3 horas	±1 hora e 28 minutos	4 horas e 28 minutos

Da análise das rotas obtidas para o veículo 6, verificamos que existem erros na alocação das instalações, pois há rotas com mais de uma instalação de *shopping* por dia. Esta anomalia sucede, pois, este é o setor com mais instalações de *shopping* para efetuar (seis no total). De forma a corrigir as rotas para este veículo, propõem-se as seguintes alterações:

Tabela 21 - Correção de rotas para o veículo 6.

Rota	Percurso	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	0-47-48-6-0	4 horas	±1 hora e 22 minutos	5 horas e 22 minutos
2	0-44-45-0	2 horas	±1 hora e 15 minutos	3 horas e 15 minutos
3	0-54-49-0	3 horas	±1 hora e 32 minutos	4 horas e 32 minutos
4	0-42-13-0	3 horas	±1 hora e 28 minutos	4 horas e 28 minutos

Para este caso, visto que as instalações 44 e 45 são no mesmo *shopping*, tal como acontece com a 47 e a 48, por regime excecional há possibilidade de fazer coincidir estas manutenções no mesmo dia (havendo autorização do cliente para uma das lojas ser realizada das oito às nove horas e, a segunda loja das nove às dez horas). Esta solução permite ainda evitar duas deslocações ao mesmo local, garantindo uma poupança de recursos.

Salienta-se ainda que este veículo possui apenas uma taxa de 44,04% de ocupação com estes dois contratos, podendo otimizar a restante semana de trabalho com corretivas e manutenções de outros clientes.

Para concluir o procedimento para estes clientes, o processo é aplicado ao **veículo 7**

Tabela 22 - Tabela de rotas para o veículo 7.

Rota	Instalações
1	0-29-30-0
2	0-36-53-18-7-0
3	0-34-9-0
4	0-22-21-41-0

As rotas de manutenção da figura 25 foram obtidas da tabela 23:

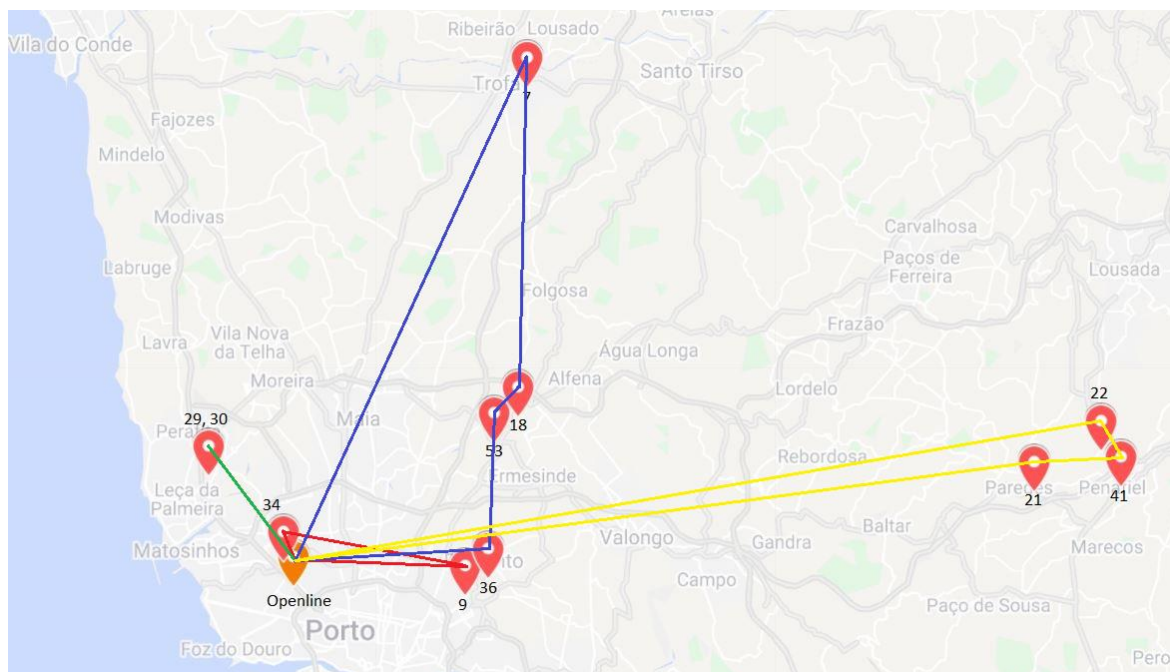


Figura 25 - Ilustração de rotas para o veículo 7.

Estima-se então o tempo médio de manutenção para cada uma, ver tabela 23:

Tabela 23 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do veículo 7.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	2 horas	±19 minutos	2 horas e 19 minutos
2	5 horas	±1 hora e 37 minutos	6 horas e 37 minutos
3	7 horas	±25 minutos	7 horas e 25 minutos
4	7 horas	±1 hora e 17 minutos	8 horas e 17 minutos

Para este veículo, verifica-se que ocorre também sobreposição de instalações de *shopping* no mesmo dia, com especial realce para a rota 3 nas instalações 36 e 53. Tal como acontece no veículo 6, na rota 2 as instalações de *shopping* 29 e 30 podem (excecionalmente) ser efetuadas no mesmo dia pois pertencem ao mesmo *shopping* e cliente. Assim, a correção das rotas do veículo 7 seria a seguinte (tabela 24):

Tabela 24 - Correção de rotas para o veículo 7.

Rota	Percurso	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	0-29-30-21-0	4 horas	±1 hora e 1 minuto	5 horas e 1 minuto
2	0-36-17-7-0	4 horas	±1 hora e 12 minutos	5 horas e 12 minutos
3	0-34-9-0	7 horas	±25 minutos	7 horas e 25 minutos

4	0-53-22-41-0	6 horas	±1 hora e 1 minuto	7 horas e 1 minuto
---	--------------	---------	--------------------	--------------------

Com estas alterações, é assegurada uma instalação de *shopping* para cada um dos dias de trabalho do veículo, bem como uma melhor distribuição da carga horária. Resulta então que, para estes dois contratos, o veículo 7 tem uma taxa de ocupação semanal de cerca de 61,63%, permitindo alguma margem para a verificação de outros clientes.

4.1.3. Resultados do modelo de Setorização – Cliente BP

Nesta subsecção o foco está exclusivamente nos resultados da aplicação do modelo à base de dados dos clientes BP (Anexo A).

Ao aplicar o modelo à base de dados do cliente BP, o modelo teve um tempo de execução de um segundo e setenta e oito centésimos (ver figura 26).

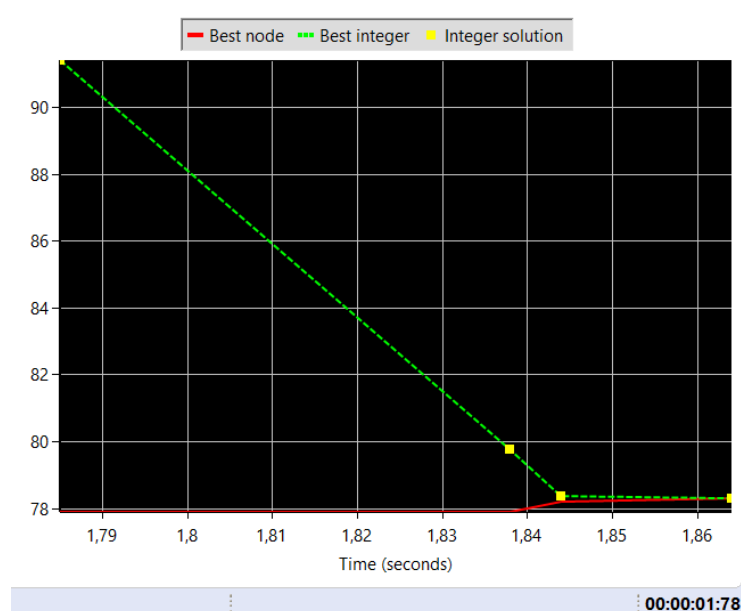


Figura 26 - Tempo de resolução do modelo de setorização (clientes BP).

As estatísticas do modelo podem ser verificadas na tabela 25:

Tabela 25 - Tabela de estatísticas modelo setorização (cliente BP).

Estatística	Valor
Limitações	80
Variáveis	497
Binárias	496
Outras	1
Coeficientes diferentes de zero	1473
Objetivo	78302746
Titular	78302746
Nós	0
Iterações	36
Objetivo médio	98315628

Podem ser consultados os dados computacionais do modelo na tabela abaixo:

Tabela 26 - Tabela de dados computacionais do modelo de setorização (cliente BP).

<i>Node</i>	<i>Nodes Left</i>	<i>Objective</i>	<i>lInf</i>	<i>Best Integer</i>	<i>Cuts/Best Bound</i>	<i>ItCnt</i>	<i>Gap</i>
0+	0			189,3601	0,0000		100,00%
0+	0			92,6827	0,0000		100,00%
0+	0			91,4137	0,0000		100,00%
0	0	77,9006	8	91,4137	77,9006	29	14,78%
0+	0			79,7555	77,9006		2,33%
0	0		10	79,7555	Cuts: 10	33	1,96%
0	0			78,3558	78,1937		0,21%
0	0	78,2903	4	78,3558	Cuts: 12	36	0,08%
0+	0			78,3388	78,2903		0,06%
0+	0			78,3027	78,2903		0,02%
0	0	Cutoff		78,3027		36	0,00%

Da tabela 26, podemos averiguar o valor do *gap* final para este cliente. À semelhança do modelo para os clientes CP e GV, obteve-se também um *gap* de 0%, que significa que foi obtida a solução ótima.

Após apresentação dos resultados de processamento do modelo, temos os resultados das variáveis de decisão. Aqui, o modelo de setorização utiliza a tabela de distâncias de cada posto de abastecimento à sede da OPENLINE e pode ser consultada no Anexo G. Esta tabela será importante na elaboração da matriz para o cálculo do modelo de roteamento. Este modelo utiliza ainda a matriz de distâncias (Anexo H), na qual se observam as distâncias de todos os postos do cliente BP compreendidos no conjunto “V” entre si (ou seja, a distância do cliente 1 a cada um dos restantes clientes, a distância do cliente 2 a cada um dos restantes clientes e assim sucessivamente).

Por último, é possível analisar os resultados das variáveis de decisão. Recordando que μ é o nível médio de atividade, para o caso da OPENLINE o modelo apresenta um valor de cerca de 62,000. Este modelo faculta também como solução a tabela de setorização, que compreende os sessenta e dois postos de abastecimento nas colunas. Ao invés do modelo anterior no qual existiam sete veículos para atribuir trabalho, neste caso as linhas representam o número de semanas em que foi estipulado realizar as manutenções dos postos (oito semanas no cenário em estudo). A tabela de setorização resulta da solução binária atribuída pelo modelo, em que “1” significa que o técnico tem de fazer manutenção na instalação e “0” caso contrário. Com base nesta tabela, esquematisa-se em mapa as regiões para cada setor. Desta forma obtém-se que:

1. O **setor 1** engloba os postos de abastecimento 61, 71, 75, 95, 101, 102 e 122;

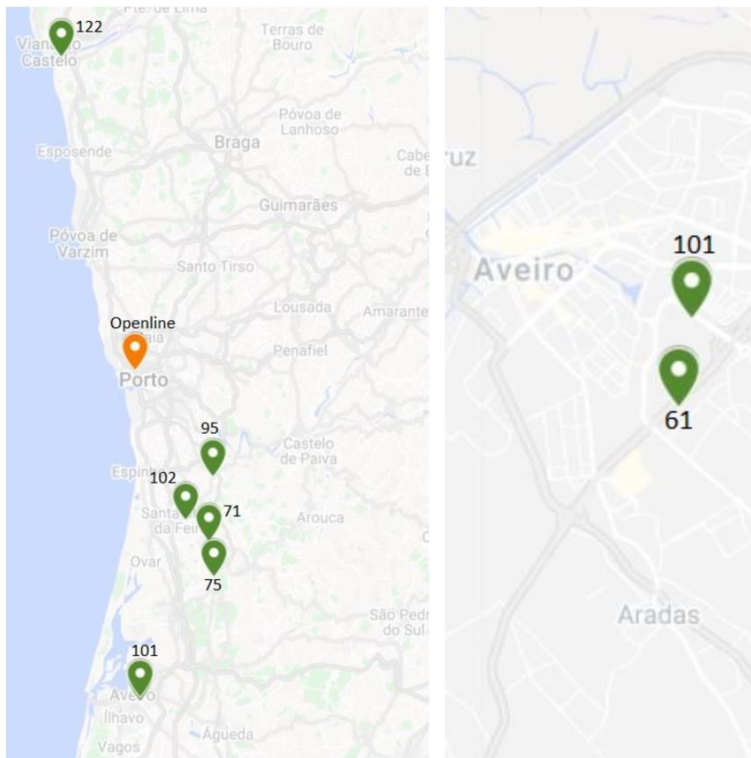


Figura 27 - Lista de instalações para o setor 1 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

2. O setor 2 abarca os postos de abastecimento 62, 85, 86, 96, 98, 103 e 111;

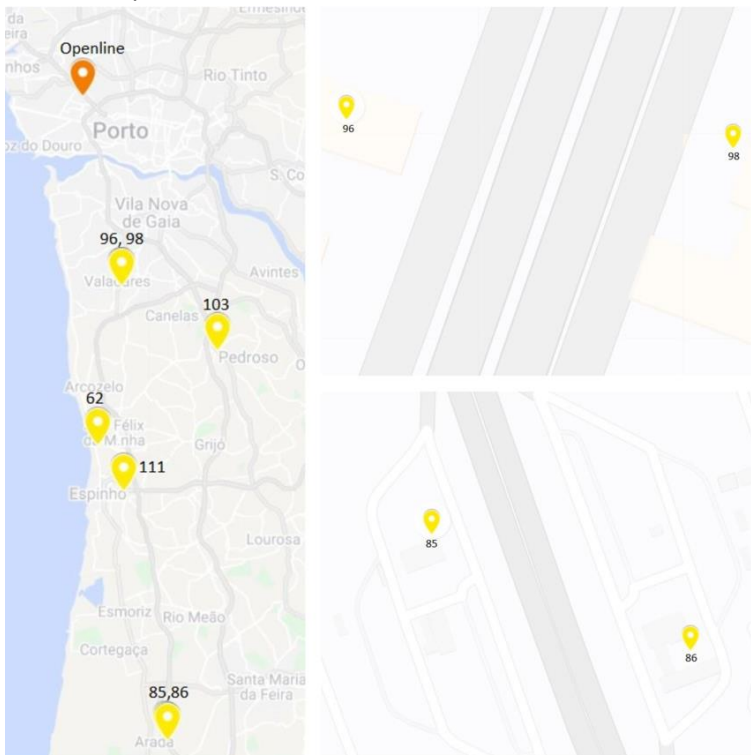


Figura 28 - Lista de instalações para o setor 2 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

3. O **setor 3** abrange os postos de abastecimento 63, 79, 82, 83, 88, 104, 106, 107, 113 e 117;

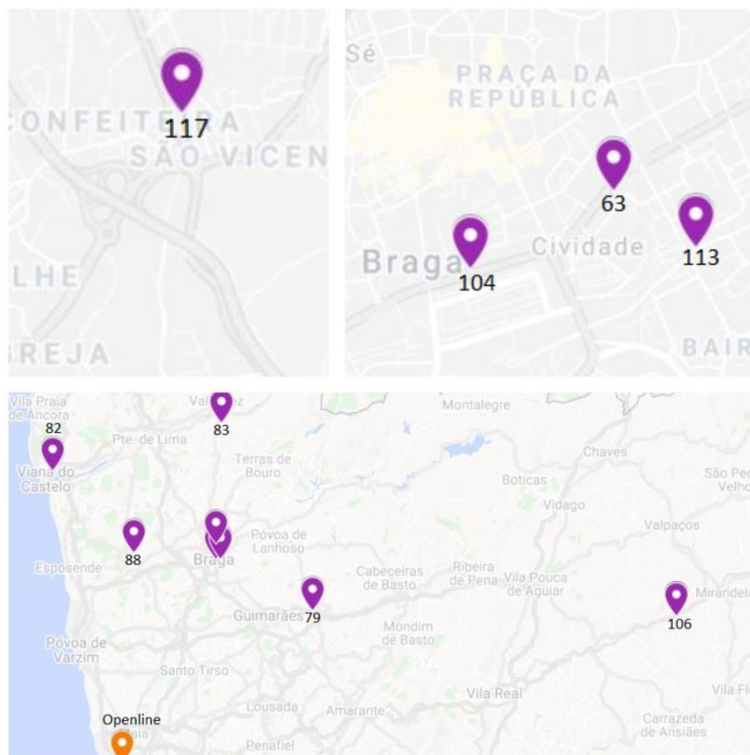


Figura 29 - Lista de instalações para o setor 3 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

4. O **setor 4** compreende os postos de abastecimento 64, 81, 99, 108 e 119;



Figura 30 - Lista de instalações para o setor 4 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

5. O setor 5 inclui os postos de abastecimento 65, 69, 87, 89, 90, 93, 105 e 120;

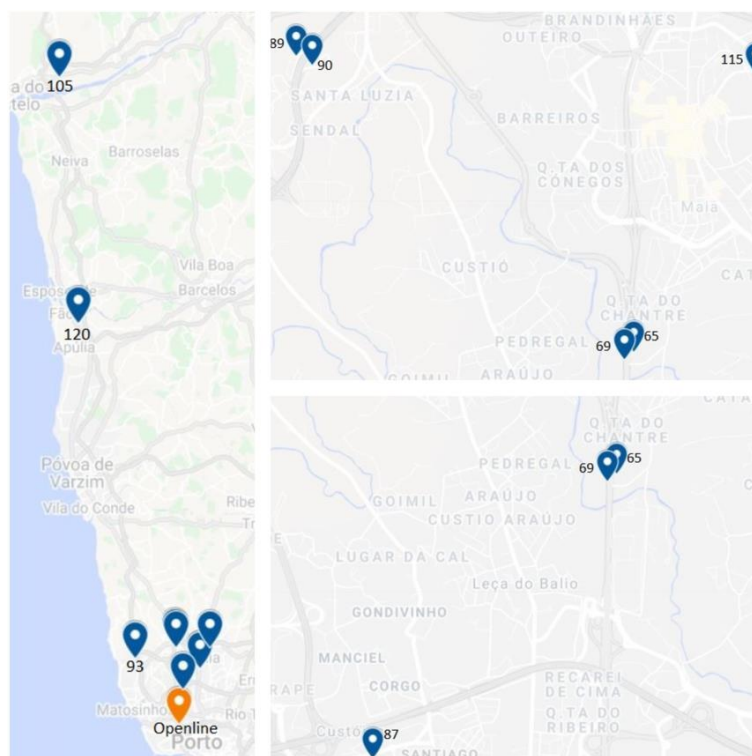


Figura 31 - Lista de instalações para o setor 5 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

6. O setor 6 integra os postos de abastecimento 66, 70, 91, 94, 97, 109, 110 e 112;

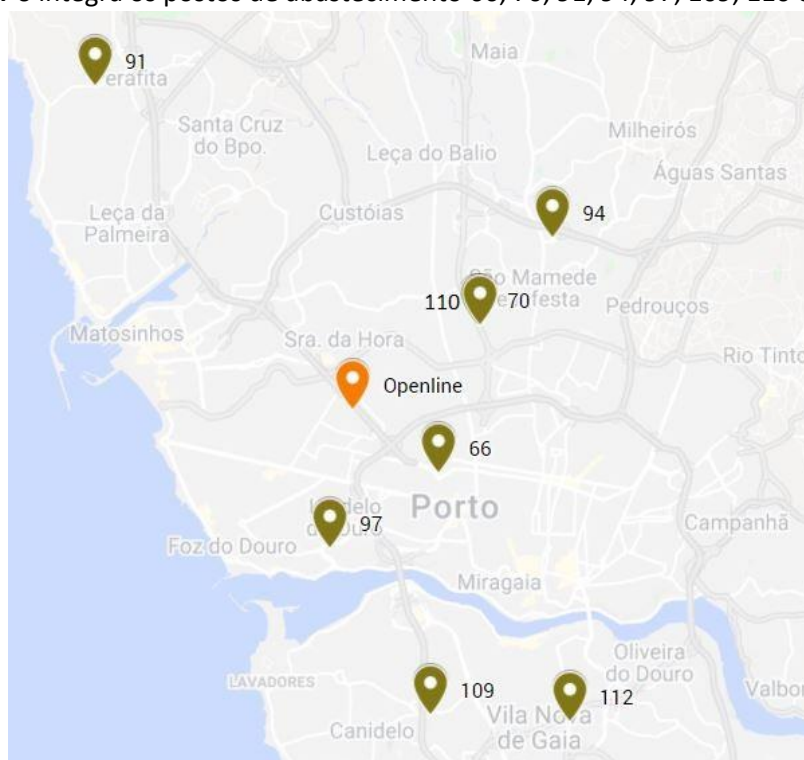


Figura 32 - Lista de instalações para o setor 6 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

7. O setor 7 contém os postos de abastecimento 67, 80, 92, 100, 114, 116 e 118;

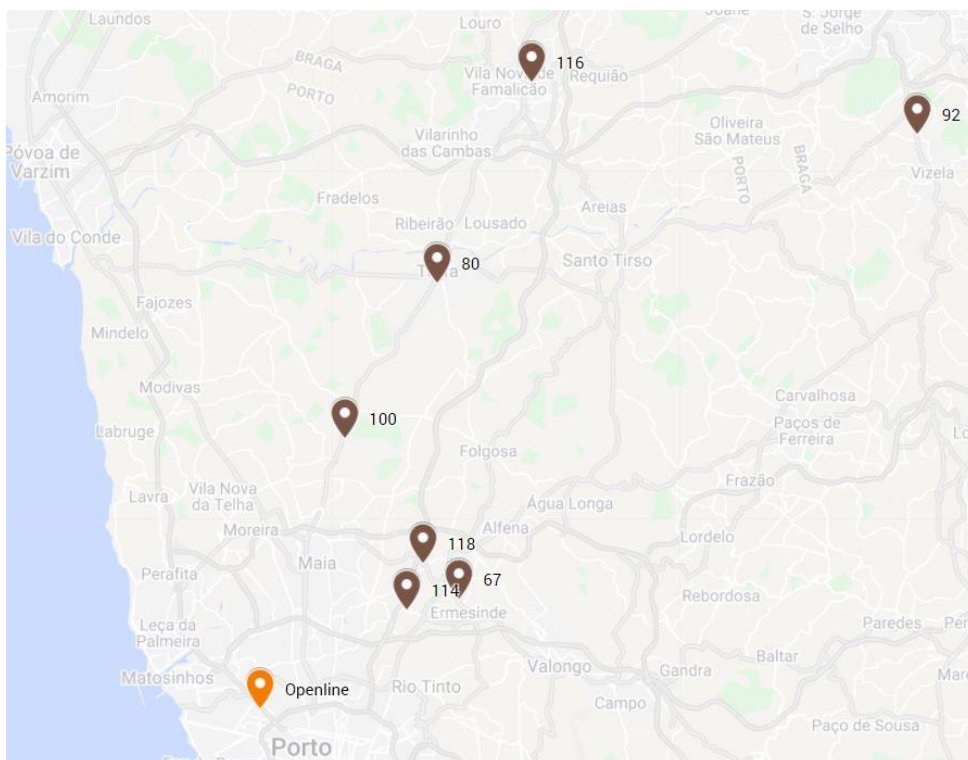


Figura 33 - Lista de instalações para o setor 7 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

8. E, finalmente, o setor 8 reúne os postos de abastecimento 68, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 84 e 121.

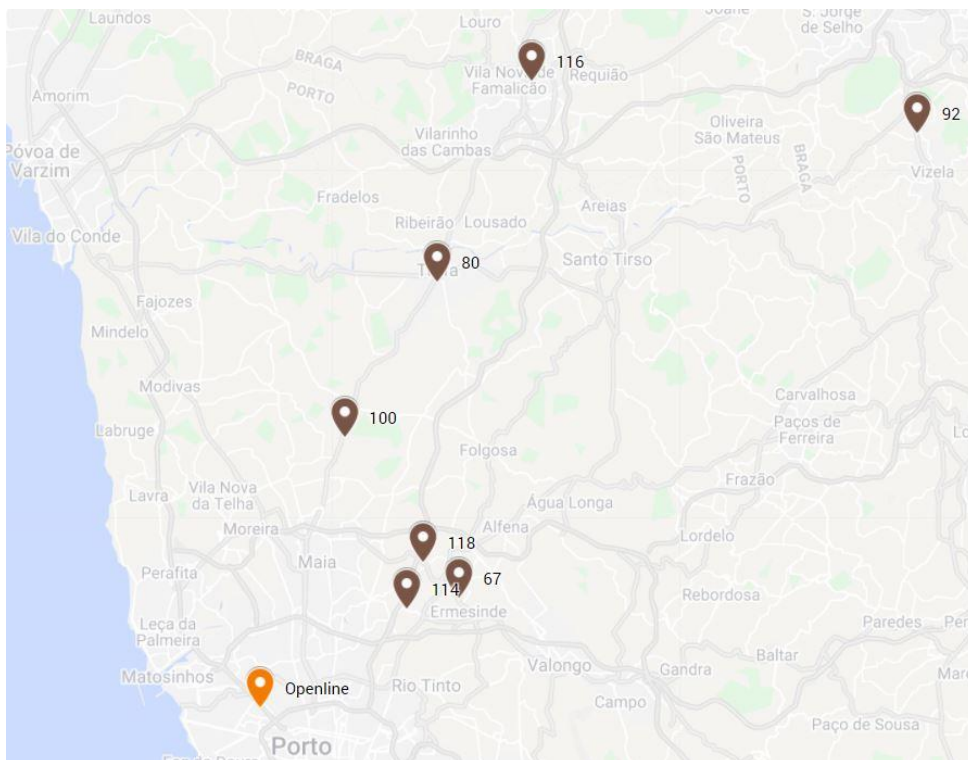


Figura 34 - Lista de instalações para o setor 8 do cliente BP, em mapa (sede OPENLINE assinalada a laranja).

4.1.4. Discussão de resultados modelo roteamento – Cliente BP

Após a execução do modelo de setorização, executa-se o modelo VRPTW. Será este modelo a fornecer as rotas de manutenção para a equipa da BP, em função da divisão previamente efetuada pelo modelo de setorização.

O modelo VRPTW irá devolver para a equipa da BP os seguintes resultados:

- Ordem da sequência de instalações a visitar;
- Matriz de distâncias das instalações.

A equipa da BP além das manutenções preventivas aos postos, tem de efetuar também pedidos corretivos que vão aparecendo ao longo do tempo. Desta forma, apesar de uma ocupação semanal de 100% da equipa (alocação de manutenções preventivas para os cinco dias úteis da semana) aparentar ser favorável, é benéfico reservar pelo menos um dia por semana (ou mais) para a verificação de pedidos corretivos.

Desta forma, o modelo VRPTW foi estudado para uma alocação de preventivas no espaço de oito semanas (um setor equivale a uma semana), na qual se tenta obter um planeamento preventivo para os quatro dias da semana com um dia para pedidos corretivos.

As rotas obtidas para este setor foram as seguintes:

Tabela 27 - Tabela de rotas para o setor 1 do veículo manutenção BP.

Rota	Instalações
1	0-101-0
2	0-71-95-0
3	0-102-71-0
4	0-61-122-0

Da tabela 27, podem-se elaborar em mapa as rotas de manutenção para o setor 1:

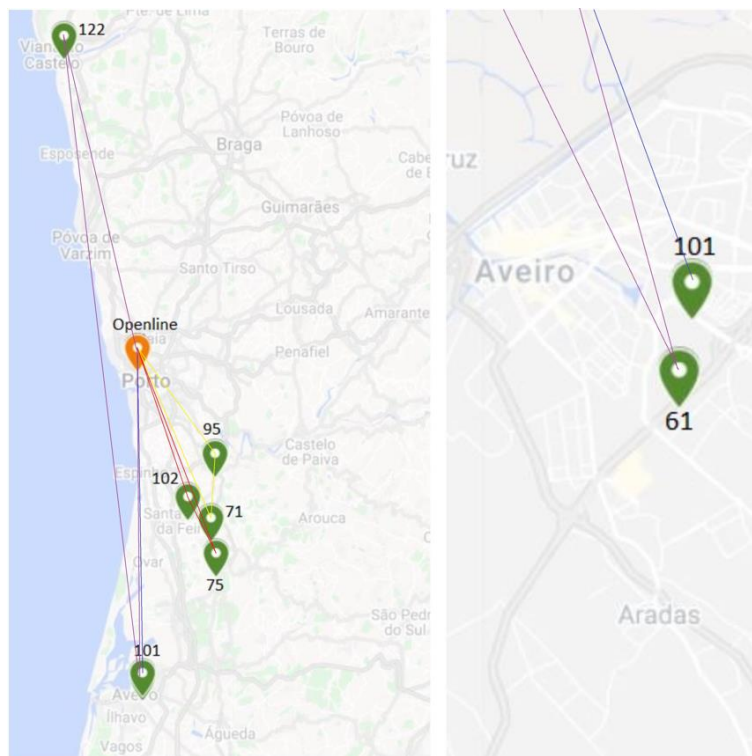


Figura 35 - Ilustração de rotas para o setor 1 do veículo manutenção BP.

Das rotas na figura acima estima-se o tempo médio de manutenção para cada uma:

Tabela 28 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 1 do veículo de manutenção BP.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	6 horas	±1 hora e 37 minutos	7 horas e 37 minutos
2	7 horas	±1 hora e 13 minutos	8 horas e 13 minutos
3	6 horas	±1 hora e 19 minutos	7 horas e 19 minutos
4	6 horas	±2 horas e 59 minutos	9 horas

Para este setor (semana 1), apenas a rota 4 apresenta um tempo de manutenção superior às oito horas de trabalho diárias. Neste caso, a solução seria colocar o posto 122 numa nova rota a criar (rota 5). Este setor possui uma taxa de ocupação de equipa de cerca de 80,38%, permitindo assim alguma tolerância para verificação de pedidos corretivos.

O mesmo processo é aplicado ao **setor 2**, tabela 29.

Tabela 29 - Tabela de rotas para o setor 2 do veículo manutenção BP.

Rota	Instalações
1	0-85-96-0
2	0-86-98-0
3	0-62-111-103-0

Da tabela 29, obtêm-se em mapa as rotas de manutenção para o setor 2:

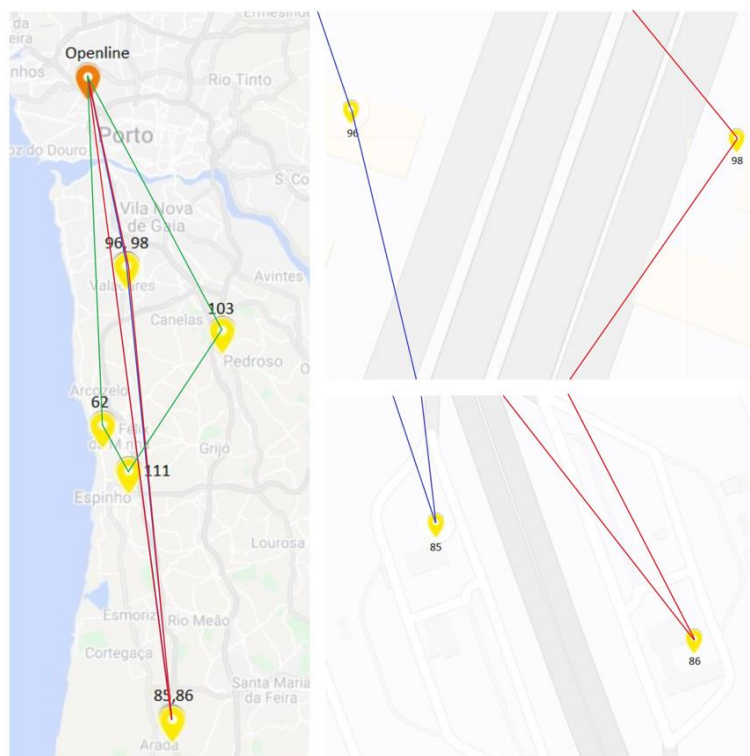


Figura 36 - Ilustração de rotas para o setor 2 do veículo manutenção BP.

Estima-se então o tempo médio de manutenção para cada uma das rotas:

Tabela 30 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 2 do veículo de manutenção BP.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	7 horas	±1 hora e 3 minutos	8 horas e 3 minutos
2	7 horas	±1 hora e 3 minutos	8 horas e 3 minutos
3	7 horas	±1 hora	8 horas

Neste setor 2 (semana 2), todas as rotas se encontram conformes com um tempo aproximado de oito horas. Esta semana apresenta uma ocupação total de 60% pelo que existe folga para a verificação de pedidos corretivos.

Seguidamente, o processo é aplicado ao **setor 3**, tabela 31.

Tabela 31 - Tabela de rotas para o setor 3 do veículo manutenção BP.

Rota	Instalações
1	0-88-63-113-0
2	0-107-0
3	0-79-106-0
4	0-104-117-0

5

0-83-82-0

As rotas de manutenção para o setor 3 estão presentes na figura 37.

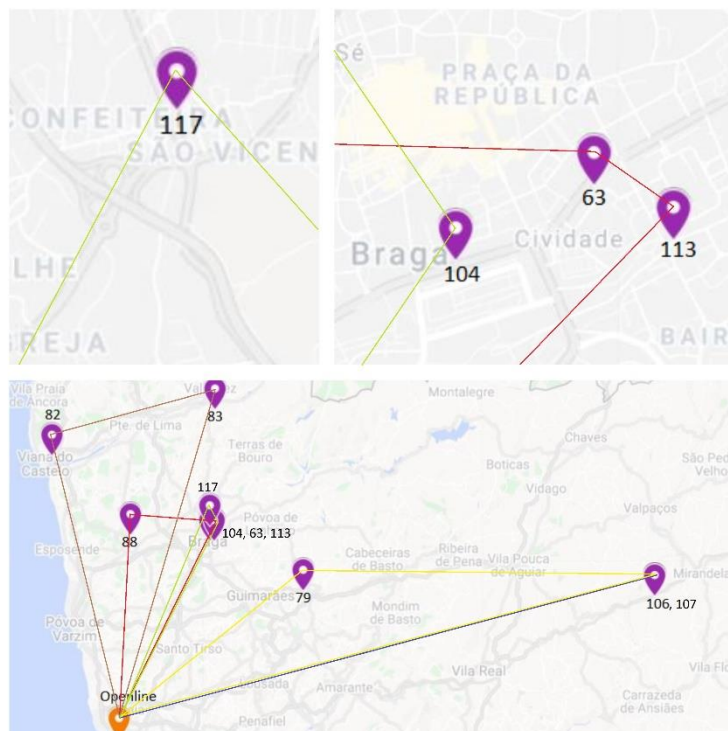


Figura 37 - Ilustração de rotas para o setor 3 do veículo manutenção BP.

Da figura 37 temos que o tempo médio de manutenção para cada rota do sector 3 é apresentado na tabela 32:

Tabela 32 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 3 do veículo de manutenção BP.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	6 horas	±1 hora e 51 minutos	7 horas e 51 minutos
2	4 horas	±2 horas e 54 minutos	6 horas e 54 minutos
3	5 horas	±3 horas e 28 minutos	8 horas e 28 minutos
4	7 horas	±1 hora e 27 minutos	8 horas e 27 minutos
5	6 horas	±2 horas e 15 minutos	8 horas e 15 minutos

Neste setor 3 (semana 3), a taxa de ocupação da equipa é aproximadamente 99,79% apenas com manutenções preventivas. Apesar de para algumas rotas o tempo de execução ultrapassar as oito horas de trabalho diárias, dependendo das condições de trânsito e da realização de algum tempo laboral extra, todas as manutenções conseguem ser executadas. É apenas de salientar que nesta semana existe tempo praticamente nulo para verificação de pedidos corretivos.

Posteriormente, o modelo é aplicado ao **setor 4** (tabela 33):

Tabela 33 - Tabela de rotas para o setor 4 do veículo manutenção BP.

Rota	Instalações
1	0-64-119-0
2	0-81-99-0
3	0-108-0

No mapa abaixo estão representadas as rotas de manutenção para o setor 4:

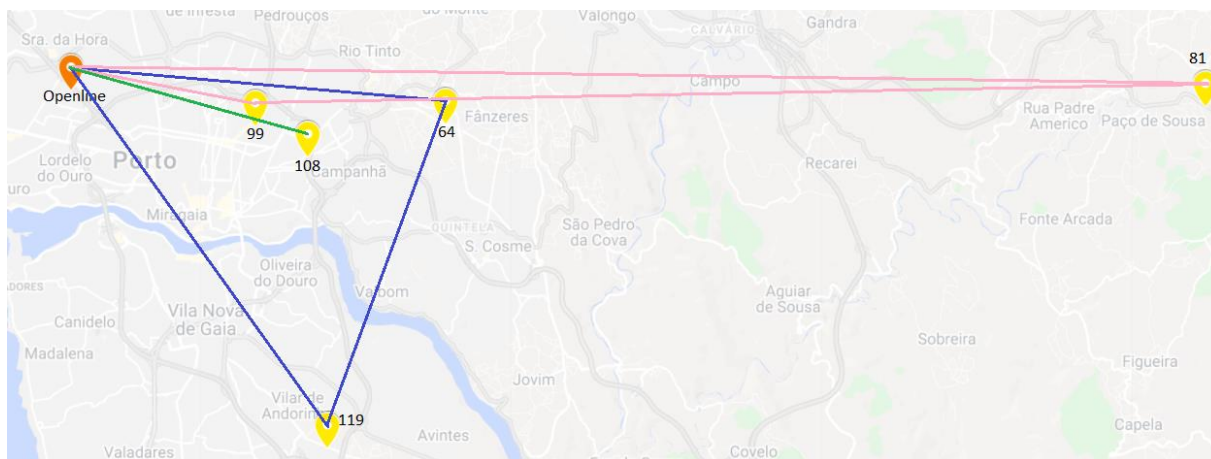


Figura 38 - Ilustração de rotas para o setor 4 do veículo manutenção BP.

Na tabela 34 apresenta-se o tempo médio de manutenção de cada uma das rotas:

Tabela 34 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 4 do veículo de manutenção BP.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	5 horas	±45 minutos	5 horas e 45 minutos
2	7 horas	±1 hora e 12 minutos	8 horas e 12 minutos
3	7 horas	±21 minutos	7 horas e 21 minutos

Neste setor (semana 4) temos uma taxa de ocupação de cerca 53,25%, com todas as rotas a estarem dentro do tempo aceitável de manutenção. Esta semana dispõe de tempo adicional para verificar intervenções corretivas.

Sucessivamente, o mesmo processo é aplicado ao **setor 5** (tabela 35).

Tabela 35 - Tabela de rotas para o setor 5 do veículo manutenção BP.

Rota	Instalações
1	0-120-105-65-0
2	0-69-90-89-0
3	0-87-93-0

Tendo por base a tabela 35, desenham-se em mapa (figura 39) as rotas de manutenção:

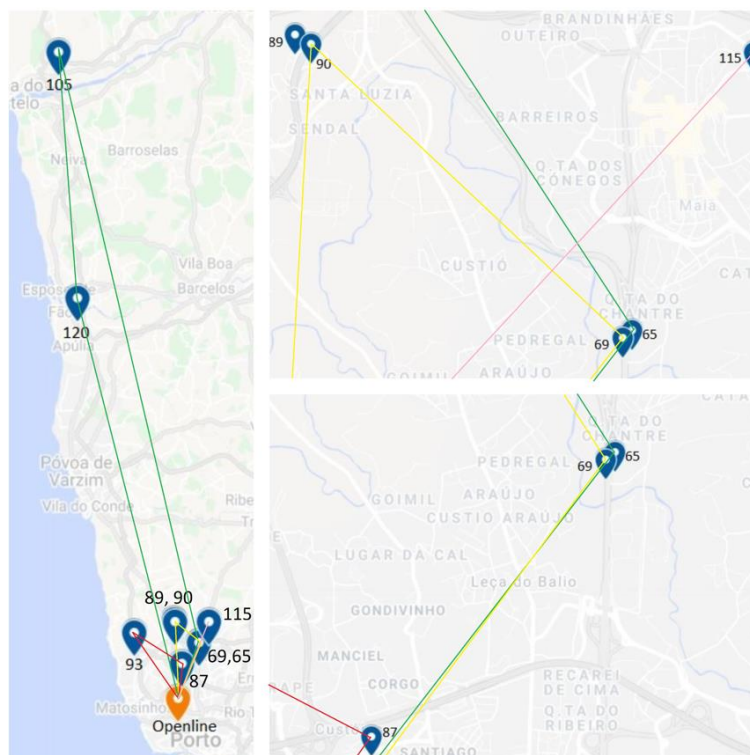


Figura 39 - Ilustração de rotas para o setor 5 do veículo manutenção BP.

A partir das rotas, calcula-se o tempo médio de manutenção para as rotas na tabela 36:

Tabela 36 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 5 do veículo de manutenção BP.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	5 horas	±1 hora e 42 minutos	6 horas e 42 minutos
2	9 horas	±33 minutos	9 horas e 33 minutos
3	8 horas	±21 minutos	8 horas e 21 minutos
4	5 horas	±14 minutos	5 horas e 14 minutos

Neste setor (semana 5), podemos salientar que a rota 2 possui um tempo de manutenção elevado, não podendo ser executada em apenas uma rota. Para este caso, a solução passaria por realizar a manutenção do posto 69 (Via Norte – Oeste) no quinto dia da semana (visto que os postos 89 e 90 são adjacentes). Este setor possui uma taxa de ocupação de equipa de cerca de 74,58% permitindo assim alguma folga para pedidos corretivos.

Aplica-se agora o processo ao **setor 6** (tabela 37):

Tabela 37 - Tabela de rotas para o setor 6 do veículo manutenção BP.

Rota	Instalações

1	0-112-97-0
2	0-91-66-0
3	0-70-94-0
4	0-119-110-0

Da tabela 37, podemos elaborar em mapa as rotas de manutenção para o setor 6 (figura 40):

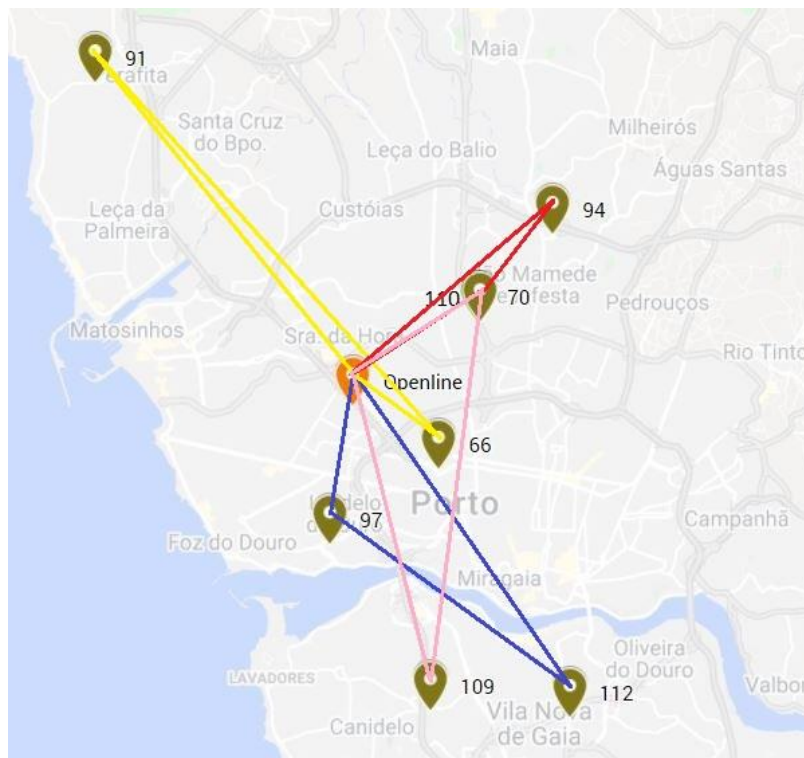


Figura 40 - Ilustração de rotas para o setor 6 do veículo manutenção BP.

A partir das rotas apresentadas para o setor 5, estima-se o tempo médio de manutenção para cada uma (tabela 38):

Tabela 38 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 6 do veículo de manutenção BP.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	7 horas	±36 minutos	7 horas e 37 minutos
2	7 horas	±32 minutos	7 horas e 32 minutos
3	4 horas	±20 minutos	4 horas e 20 minutos
4	7 horas	±23 minutos	7 horas e 23 minutos

Neste setor (semana 6) todas as rotas estão conformes, apresentando uma ocupação de equipa de cerca de 67,17%. Este setor possui também folga para intervenções corretivas.

Em seguida, o modelo é aplicado ao **setor 7** (tabela 39):

Tabela 39 - Tabela de rotas para o setor 7 do veículo manutenção BP.

Rota	Instalações
1	0-92-116-80-0
2	0-114-67-100-0
3	0-118-0

Quando retratadas em mapa, as rotas de manutenção para o setor 7 são as seguintes:

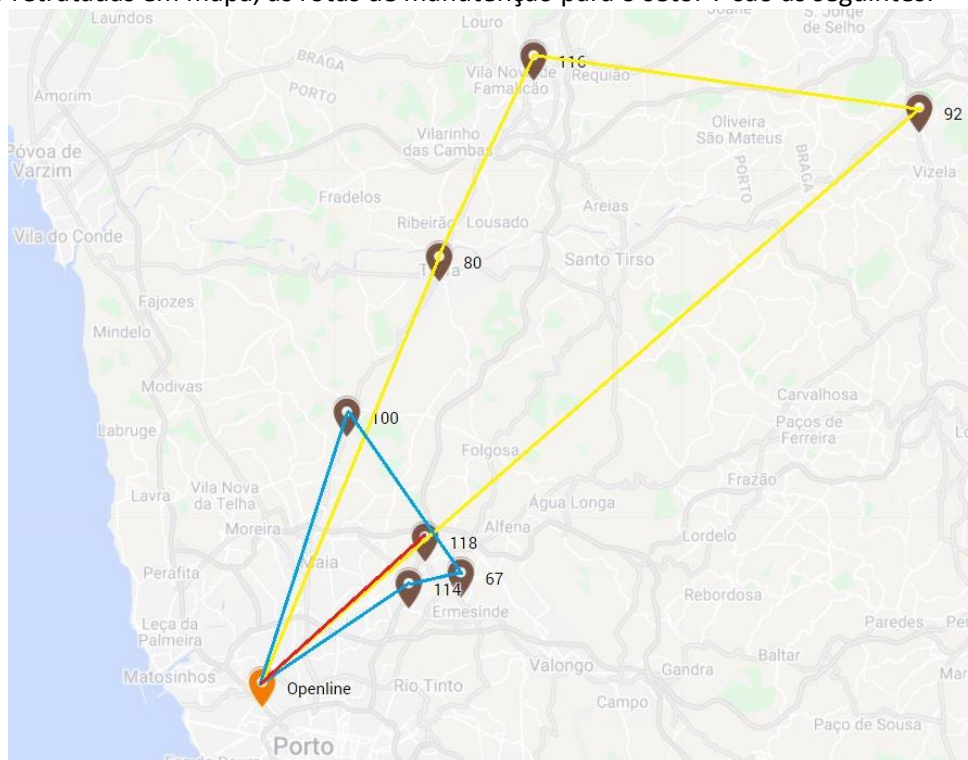


Figura 41 - Ilustração de rotas para o setor 7 do veículo manutenção BP.

O tempo médio de manutenção para cada rota pode ser consultado na tabela 40.

Tabela 40 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 7 do veículo de manutenção BP.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	6 horas	±1 hora e 44 minutos	7 horas e 44 minutos
2	8 horas	±1 hora	9 horas
3	2 horas	±37 minutos	2 horas e 37 minutos

Neste setor (semana 7), apenas a rota 2 se encontra não conforme. Para este caso a solução passaria por adicionar um dos postos da rota 2 na rota 3, ou, adicionar um dos postos numa rota 5. Este setor possui uma taxa de ocupação de equipa de cerca 48,38%, permitindo também margem para intervenções corretivas.

Para concluir, o modelo é aplicado ao **setor 8** (tabela 41):

Tabela 41 - Tabela de rotas para o setor 8 do veículo manutenção BP.

Rota	Instalações
1	0-72-76-0
2	0-84-73-78-0
3	0-68-121-0
4	0-74-77-0

As rotas de manutenção para o setor 8 encontram-se na figura 42:

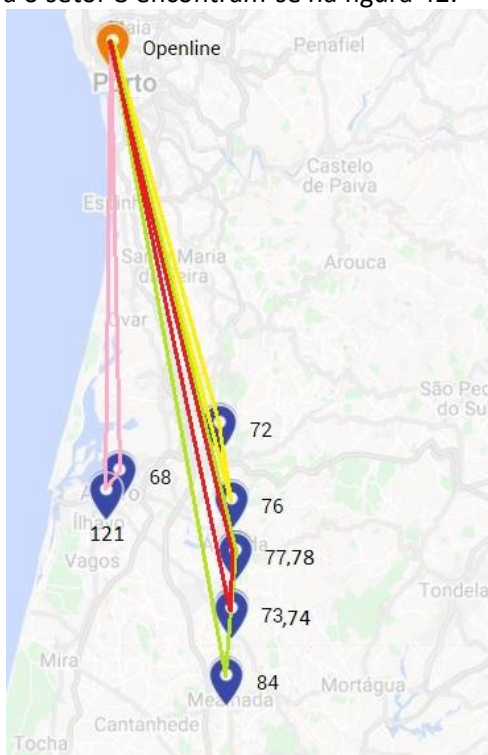


Figura 42 - Ilustração de rotas para o setor 8 do veículo manutenção BP.

A partir das rotas, podemos estimar o tempo médio de manutenção para cada uma (tabela 42):

Tabela 42 - Tabela de tempos de manutenção estimado para as rotas do setor 8 do veículo de manutenção BP.

Rota	Tempo em Manutenção (h)	Tempo em viagens (h)	Total (h)
1	4 horas	±1 hora e 49 minutos	5 horas e 49 minutos
2	6 horas	±2 horas e 15 minutos	8 horas e 15 minutos
3	5 horas	±1 hora e 46 minutos	6 horas e 46 minutos
4	7 horas	±2 horas e 5 minutos	9 horas e 5 minutos

Para este setor (semana 8) apenas a rota 4 se encontra não conforme. Para esta situação, a solução passaria por colocar um dos postos numa nova rota 5 e usar o restante tempo para a

verificação de pedidos corretivos. De salientar que este setor possui uma taxa de ocupação de equipa de cerca 74,49%.

5. CONCLUSÃO

Neste capítulo é apresentada uma síntese de todo o trabalho realizado, onde se refere o cumprimento do objetivo do projeto de dissertação, bem como os problemas identificados e as ações propostas para eliminar esses mesmos problemas. Posteriormente, apresentam-se os resultados obtidos através dos modelos matemáticos aplicados e os ganhos que daí advêm para a organização em estudo. Finalmente, expõem-se as limitações sentidas no decorrer da elaboração do trabalho, culminando com uma breve sugestão para trabalhos futuros.

5.1. Conclusões finais

O projeto de dissertação desenvolvido em contexto real de trabalho na empresa OPENLINE FACILITY SA tinha como finalidade desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão na elaboração de rotas de manutenção. A necessidade de estudar este tema surgiu no início do estágio profissional quando o planeamento das rotas das equipas ficou a meu cargo. A otimização das rotas de manutenção permite não só melhorar a distribuição da carga horária de trabalho, mas também libertar recursos técnicos e sobretudo reduzir os significativos e crescentes custos associados ao consumo de combustível.

Para a elaboração deste estudo foram selecionados três clientes da responsabilidade da OPENLINE FACILITY SA, que possuíam maior quantidade e dispersão de instalações. Os clientes eleitos para este efeito foram:

- a BP que representa o maior cliente da carteira da OPENLINE FACILITY SA, com postos de combustível a nível nacional que exigem manutenção especializada, cuja duração pode ir de uma hora a um dia de trabalho;
- a GRANDVISION, o cliente com mais restrições de horário da carteira da OPENLINE FACILITY SA pois tem o maior número de instalações de *shopping* a nível nacional;
- e, para finalizar, a CP que apresenta um vasto leque de estações em zonas coincidentes com os dois contratos anteriores.

De forma a poder cumprir o propósito desta dissertação, foi necessário um estudo aprofundado prévio sobre alguns modelos VRP, quais os seus constituintes, quais os seus objetivos genéricos, quais os modelos já abordados e quais as formas de resolução sugeridas. Para resolver este problema recorreu-se ao *software* Microsoft Excel (criação de base de dados) e ao *software* IBM ILOG CPLEX (compilador do modelo e *solver*).

Da aplicação dos modelos aos clientes CP e GV, foi constatada uma ocupação média das equipas na ordem dos 60,93%. De notar que para estes clientes dez das vinte e quatro rotas apresentaram erros, nomeadamente imperfeições nas durações das rotas e sobreposição de instalações de *shopping*. Não obstante, a emenda destas rotas mostrou-se de fácil retificação.

Com a aplicação dos dois modelos ao cliente BP, foi obtida uma taxa de ocupação de equipa média semanal de 69,00%. Neste cliente, foram atingidas trinta rotas, das quais apenas quatro apresentaram não conformidades a nível de duração.

Da comparação entre os dois casos em estudo, contratos CP e GV com restrições temporais e contrato BP sem restrição temporal, é possível evidenciar que as maiores imprecisões acontecem quando existe uma grande quantidade de instalações com limite temporal.

É importante mencionar que a tolerância τ influencia diretamente a setorização das instalações. Quanto menor o valor da tolerância, melhor será o equilíbrio entre os territórios obtidos, contudo, caso esta tolerância tenha um valor muito baixo, tal pode originar territórios não compactáveis e impossíveis de conectar.

Salienta-se ainda que as soluções destes modelos não podem ser imediatamente aplicadas em contexto real na OPENLINE devido à falta de alguns dados essenciais na base de dados da empresa.

Desta forma, a aplicação dos modelos na plataforma Infraspeak está em desenvolvimento, com a atualização dos dados dos clientes, nomeadamente:

- Morada;
- Código postal;
- Coordenadas;
- Tempo médio de manutenção.

Detalhes do Edifício

Geral Propriedades Utilizadores Associados

Informações Gerais

Nome

Código Local

Morada

Código Postal

Cidade

Latitude

Longitude

Cliente

Contactos

Observações

Associar a Google Maps

Associar um link de Google Maps Places ajuda a localizar melhor o seu edifício.
Se já sabe o seu Google Places ID pode adicioná-lo no campo abaixo ou pode procurar o seu place ID, usando o botão "Procurar o meu ID". [Procurar o meu ID](#)

Figura 43 - Pró-forma de registo de novo edifício na plataforma Infraspeak.

Posto isto, com os dados devidamente atualizados, será então possível a extração destes dados em formato Excel que vai assim permitir criar uma base de dados com todos os clientes da carteira da OPENLINE FACILITY SA e, posteriormente, conceber rotas de manutenção para todos os clientes.

Considera-se que o algoritmo desenvolvido no âmbito desta dissertação é útil na elaboração de rotas de manutenção visto que o planeamento de rotas quando executado por um operador pode durar várias horas e, com a aplicação dos modelos de setorização e roteamento é possível obter estas em minutos. Desta forma, consegue-se não só uma melhor alocação dos recursos disponíveis da empresa, bem como desocupação dos gestores de manutenção. Verifica-se assim melhor aproveitamento horário das manutenções a executar e poupança nos custos de combustível nas deslocações.

Em suma, e recuperando a questão base da presente dissertação, com base nos resultados obtidos nos modelos aplicados aos três clientes selecionados, conclui-se que o modelo VRPTW pode ser um bom auxiliar no planeamento de gestão de contratos na OPENLINE ao incrementar a eficiência na execução de rotas de manutenção.

5.2. Limitações e investigação futura

Apesar de os modelos utilizados serem vantajosos no planeamento de rotas de manutenção, este apresenta algumas limitações. Assim, há melhorias que podem ser desde já apontadas e devidamente exploradas em trabalhos académicos futuros.

O principal aprimoramento que pode ser feito no modelo VRPTW utilizado é quanto ao facto deste poder incluir a carga de produto a transportar, caso seja do interesse aplicar esta formulação a veículos de transporte carga/mercadoria e não de manutenção.

A nível de limitações, é de salientar que apesar da maioria dos casos o modelo VRPTW devolver soluções concebíveis e aplicáveis em contexto real, é sempre necessária uma avaliação final por parte do utilizador a fim de verificar se as rotas estão conformes ou se necessitam de alterações manuais.

Uma outra desvantagem identificada ao longo deste estudo está relacionada com a quantidade de instalações por setor que o modelo VRPTW consegue processar. Atualmente o modelo consegue resolver instâncias com cerca de quinze instalações a devolver solução no máximo até cinco minutos. Contudo, ao adicionar mais instalações por setor, a solução torna-se computacionalmente exigente, o que leva a que este algoritmo ultrapasse as duas horas de processamento para devolver uma possível solução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chen, X., Thomas, B. W., & Hewitt, M. (2016). The technician routing problem with experience-based service times. *Omega (United Kingdom)*, *61*, 49–61.
<https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.07.006>
- Derbel, H., Jarboui, B., & Siarry, P. (2020). Green Transportation and New Advances in Vehicle Routing Problems. In *Green Transportation and New Advances in Vehicle Routing Problems*.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-45312-1>
- DGEG. (2021). *Estatísticas rápidas dos combustíveis fósseis: Vol. n.º 194*.
<https://www.dgeg.gov.pt/media/ekepgy1u/dgeg-arc-2021-09.pdf>
- Doppstadt, C., Koberstein, A., & Vigo, D. (2020). The Hybrid Electric Vehicle — Traveling Salesman Problem with time windows. *European Journal of Operational Research*, *284*(2), 675–692.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.12.031>
- Jbili, S., Chelbi, A., Radhoui, M., & Kessentini, M. (2018). Integrated strategy of Vehicle Routing and Maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, *170*, 202–214.
<https://doi.org/10.1016/j.res.2017.09.030>
- Kalcsics, J., Nickel, S., & Schröder, M. (2005). Towards a unified territorial design approach — Applications, algorithms and GIS integration. *Top*, *13*(1), 1–56.
<https://doi.org/10.1007/bf02578982>
- Kallehauge B., Larsen J., Madsen O.B., Solomon M.M. (2005) Vehicle Routing Problem with Time Windows. In: Desaulniers G., Desrosiers J., Solomon M.M. (eds) Column Generation. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/0-387-25486-2_3
- Kara, I. (2017). ScienceDirect ScienceDirect New integer programming formulation for multiple traveling repairmen problem. *Transportation Research Procedia*, *22*, 355–361.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.03.042>
- Kitjacharoenchai, P., Min, B. C., & Lee, S. (2020). Two echelon vehicle routing problem with drones in last mile delivery. *International Journal of Production Economics*, *225*(December 2019), 107598. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107598>
- Leelertkij, T., Parthanadee, P., & Buddhakulsomsiri, J. (2021). *Vehicle Routing Problem with Transshipment : Mathematical Model and Algorithm. 2021*.
- López-santana, E., Akhavan-tabatabaei, R., & Dieulle, L. (2016). On the combined maintenance and routing optimization problem. *Reliability Engineering and System Safety*, *145*, 199–214.
<https://doi.org/10.1016/j.res.2015.09.016>
- Moghdani, R., Salimifard, K., Demir, E., & Benyettou, A. (2021). The green vehicle routing problem: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, *279*, 123691.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123691>
- Moussa, H. (2021). *Using Recursive K- Means and Dijkstra Algorithm to Solve*. 1–5.
<https://arxiv.org/pdf/2102.00567>
- Nurprihatin, F., & Lestari, A. (2020). Waste collection vehicle routing problem model with multiple trips, time windows, split delivery, heterogeneous fleet and intermediate facility. *Engineering Journal*, *24*(5), 55–64. <https://doi.org/10.4186/ej.2020.24.5.55>
- Osaba, E., Yang, X.-S., & Del Ser, J. (2020). *Is the Vehicle Routing Problem Dead? An Overview Through Bioinspired Perspective and a Prospect of Opportunities*. Springer Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-15-1842-3_3

- Pekár, J., Brezina, I., Kultán, J., Ushakova, I., & Dorokhov, O. (2020). Computer tools for solving the traveling salesman problem. *Development Management*, 18(1), 25–39. [https://doi.org/10.21511/dm.18\(1\).2020.03](https://doi.org/10.21511/dm.18(1).2020.03)
- Pelletier, S., Jabali, O., & Laporte, G. (2019). The electric vehicle routing problem with energy consumption uncertainty. *Transportation Research Part B: Methodological*, 126, 225–255. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.06.006>
- Pina-Pardo, J. C., Silva, D. F., & Smith, A. E. (2021). The traveling salesman problem with release dates and drone resupply. *Computers and Operations Research*, 129, 105170. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.105170>
- Rashidnejad, M., Ebrahimnejad, S., & Safari, J. (2018). A bi-objective model of preventive maintenance planning in distributed systems considering vehicle routing problem. *Computers and Industrial Engineering*, 120(November 2017), 360–381. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.05.001>
- Rodrigues, A. M., & Ferreira, J. S. (2015). *Sectors and Routes in Solid Waste Collection*. 353–375. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20328-7_20
- Sebastião, H. I. R. da G. (2012). *ANÁLISE EVOLUTIVA DO SECTOR DOS TRANSPORTES Projecto de Mestrado em Gestão*.
- Wang, J., Yao, S., Sheng, J., & Yang, H. (2019). Minimizing total carbon emissions in an integrated machine scheduling and vehicle routing problem. *Journal of Cleaner Production*, 229, 1004–1017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.344>
- Wang, S., Liu, M., & Chu, F. (2020). Approximate and exact algorithms for an energy minimization traveling salesman problem. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119433. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119433>
- Wang, Z., & Sheu, J. (2019). Vehicle routing problem with drones. *Transportation Research Part B*, 122, 350–364. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.03.005>
- Wu, T., He, L., & Yu, H. (2020). Online traveling salesman problem with time cost and non-zealous server. *Journal of Combinatorial Optimization*. <https://doi.org/10.1007/s10878-020-00585-1>
- Zhen, L., Li, M., Laporte, G., & Wang, W. (2019). A vehicle routing problem arising in unmanned aerial monitoring. *Computers and Operations Research*, 105, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.01.001>

ANEXO A – LISTA DE INSTALAÇÕES DO CLIENTE BP

Posto	Periodicidade
Aveiro (Este)	Semestral
Granja	Semestral
Braga – João XXI	Semestral
Gondomar	Semestral
Via Norte (Este)	Semestral
Porto – Rua 5 de Outubro	Semestral
Ermesinde	Semestral
Aveiro (Oeste)	Semestral
Via Norte (Oeste)	Semestral
Via Norte – Amieira (Oeste)	Semestral
S. João da Madeira	Semestral
Albergaria-a-Velha	Semestral
Malaposta (Oeste)	Semestral
Malaposta (Este)	Semestral
Oliveira Azeméis A. Bernardo	Semestral
Águeda – E.N. 1	Semestral
Aguada de Baixo (Este)	Semestral
Aguada de Baixo (Oeste)	Semestral
Fafe	Semestral
Trofa	Semestral
Irivo	Semestral
Viana do Castelo	Semestral
Ponte da Barca	Semestral
Mealhada – Comba	Semestral
A29 Ovar (Este)	Semestral
A29 Ovar (Oeste)	Semestral
Matosinhos – Custóias	Semestral
Barcelos – Vila Boa	Semestral

A41 Moreira – Maia (Sul)	Semestral
A41 Moreira – Maia (Norte)	Semestral
Matosinhos – Perafita	Semestral
Vizela - Norte	Semestral
Matosinhos – Perafita Nó A28	Semestral
S. Mamede de Infesta	Semestral
S. Maria da Feira – Gião	Semestral
Valadares (Este)	Quadrimestral
Porto – Fluvial	Quadrimestral
Valadares (Oeste)	Quadrimestral
Porto – Combatentes	Quadrimestral
Espinhosa – R. A. N. Silva	Quadrimestral
Aveiro – Forca	Quadrimestral
S. Maria da Feira	Quadrimestral
Carvalhos – P. A.	Quadrimestral
Braga – Imaculada Conceição	Quadrimestral
Portuzelo	Quadrimestral
IP4 Franco (Norte)	Quadrimestral
IP4 Franco (Sul)	Quadrimestral
Porto – S. Roque da Lameira	Quadrimestral
Vila Nova de Gaia – Fojo	Trimestral
Via Norte – Amieira (Este)	Trimestral
Espinho	Trimestral
Vila Nova de Gaia – Avenida da República	Trimestral
Braga – Avenida 31 de Janeiro	Trimestral
Águas Santas	Trimestral
Maia – Avenida D. Manuel II	Trimestral
Famalicão – Avenida Brasil	Trimestral
Braga – Palmeira	Trimestral
Maia – Ardegães	Trimestral

Vila Nova de Gaia – Vila D’Este	Semestral
Esposende – Fão	Semestral
Ílhavo	Semestral
Darque	Semestral

ANEXO B – LISTA DE INSTALAÇÕES DO CLIENTE CP

Estação	Periodicidade
Aveiro	Trimestral
Estarreja	Trimestral
Oliveira de Azeméis	Trimestral
Ovar	Trimestral
Barcelos	Trimestral
Braga	Trimestral
Trofa	Trimestral
Campanhã	Trimestral
Contumil	Trimestral
São Bento	Trimestral
Coimbra	Trimestral
Coimbra B	Trimestral
Santa Comba Dão	Trimestral
Mealhada	Trimestral
Covilhã	Trimestral
Vila Nova de Gaia	Trimestral
Alfarelos	Trimestral
Figueira da Foz	Trimestral
Fundão	Trimestral
Miranda do Corvo	Trimestral
Pampilhosa	Trimestral
Guarda	Trimestral
Famalicão	Trimestral
Guimarães	Trimestral
Nine	Trimestral
Mangualde	Trimestral
Celorico da Beira	Trimestral
Nelas	Trimestral
Leiria	Trimestral

Cete	Trimestral
Ermida	Trimestral
Marco de Canaveses	Trimestral
Mosteiró	Trimestral
Paredes	Trimestral
Penafiel	Trimestral
Recarei	Trimestral
Régua	Trimestral
Pinhão	Trimestral
Valença	Trimestral
Barroselas	Trimestral
Viana do Castelo	Trimestral
Vilar Formoso	Trimestral

ANEXO C – LISTA DE INSTALAÇÕES DO CLIENTE GRANDVISION

Loja	Periodicidade
GO Mar Shopping	Mensal
Mar Shopping	Mensal
Matosinhos Avenida	Mensal
Marquês	Mensal
Norte Shopping	Mensal
GO Norte Shopping	Mensal
Matosinhos	Mensal
Parque Nascente	Mensal
Boavista	Mensal
Arrábida Shopping	Mensal
Santa Catarina	Mensal
Alameda	Mensal
Penafiel	Mensal
Espaço Guimarães	Mensal
Barcelos	Mensal
Guimarães Shopping	Mensal
SO Guimarães Shopping	Mensal
Guimarães	Mensal
Braga Parque	Mensal
GO Braga Parque	Mensal
Braga	Mensal
VDC Porto <i>Fashion Outlet</i>	Mensal
Famalicão	Mensal
Gaia Shopping	Mensal
Maia Shopping	Mensal
Nova Arcada	Mensal
Aveiro Shopping <i>Center</i>	Mensal
Fórum Aveiro	Mensal
Aveiro Glicínias	Mensal

Viana do Castelo	Mensal
São João da Madeira 8ª Avenida	Mensal
Marco Shopping	Mensal
Dolce Vita Douro	Mensal
Chaves	Mensal
Auchan Famalicão	Mensal

ANEXO D – TABELA BASE DE DADOS

Nº Inst.	Instalação	Local	W	T. Manutenção (h)	Shopping
0	OPENLINE	Porto	0	0	0
1	Aveiro	Aveiro	4	5	0
2	Estarreja	Estarreja	4	0,5	0
3	Oliveira de Azeméis	Oliveira de Azeméis	4	0,5	0
4	Ovar	Ovar	4	1	0
5	Barcelos	Barcelos	4	0,5	0
6	Braga	Braga	4	2	0
7	Trofa	Trofa	4	1	0
8	Campanhã	Porto	4	16	0
9	Contumil	Porto	4	8	0
10	São Bento	Porto	4	32	0
11	Gaia	Vila Nova de Gaia	4	4	0
12	Famalicão	Famalicão	4	1	0
13	Guimarães	Guimarães	4	2	0
14	Nine	Vila Nova de Famalicão	4	1	0
15	Mangualde	Mangualde	4	1,5	0
16	Cete	Paredes	4	0,5	0
17	Ermida	Baião	4	0,5	0
18	Ermesinde	Valongo	4	1,5	0
19	Marco Canaveses	Marco Canaveses	4	1	0
20	Mosteiro	Baião	4	1,5	0
21	Paredes	Paredes	4	1,5	0
22	Penafiel	Penafiel	4	2,5	0
23	Recarei	Sobreira	4	1	0
24	Régua	Régua	4	6	0
25	Pinhão	Alijo	4	1	0
26	Valença	Valença	4	1	0

27	Barroelas	Viana do Castelo	4	1,5	0
28	Viana do Castelo	Viana do Castelo	4	6	0
29	Mar Shopping	Matosinhos	1 2	1	1
30	Mar Shopping	Matosinhos	1 2	1	1
31	Matosinhos Avenida	Matosinhos	1 2	1,5	0
32	Marques	Porto	1 2	3	0
33	Norte Shopping	Senhora da Hora	1 2	1	1
34	Norte Shopping	Senhora da Hora	1 2	1	1
35	Matosinhos	Matosinhos	1 2	1,5	0
36	Parque Nascente	Rio Tinto	1 2	1	1
37	Boavista	Porto	1 2	1,5	0
38	Arrábida Shopping	Vila Nova de Gaia	1 2	1	1
39	Santa Catarina	Porto	1 2	3	0
40	Alameda	Porto	1 2	1	1
41	Penafiel	Penafiel	1 2	1,5	0
42	Espaço Guimarães	Guimarães	1 2	1	1
43	Barcelos	Barcelos	1 2	2	0
44	Guimarães Shopping	Guimarães	1 2	1	1
45	Guimarães Shopping	Guimarães	1 2	1	1

46	Guimarães	Guimarães	1 2	2	0
47	Braga Parque	Braga	1 2	1	1
48	Braga Parque	Braga	1 2	1	1
49	Braga	Braga	1 2	1,5	0
50	Vila do Conde Fashion Outlet	Vila do Conde	1 2	1	1
51	Famalicão	Famalicão	1 2	1	0
52	Gaia Shopping	Vila Nova de Gaia	1 2	1	1
53	Maia Shopping	Maia	1 2	1	1
54	Nova Arcada	Braga	1 2	1	1
55	Viana do Castelo	Viana do Castelo	1 2	1	1
56	São João da Madeira	São João da Madeira	1 2	1	1
57	Marco Shopping	Marco Canaveses	1 2	1	1
58	Dolce Vita Douro	Vila Real	1 2	1	1
59	Chaves	Chaves	1 2	1,5	0
60	Jumbo Famalicão	Famalicão	1 2	1	1
61	Aveiro (Este)	Aveiro	2	2,5	0
62	Granja	Porto	2	2	0
63	Braga - João XXI	Braga	2	2,5	0
64	Gondomar	Porto	2	2	0
65	Via Norte (Este)	Porto	2	1	0
66	Porto - Rua 5 de Outubro	Porto	2	3,5	0

67	Ermesinde	Porto	2	2,5	0
68	Aveiro (Oeste)	Aveiro	2	1,5	0
69	Via Norte (Oeste)	Porto	2	2	0
70	Via Norte - Amieira (Oeste)	Porto	2	2	0
71	S. João da Madeira	Aveiro	2	2,5	0
72	Albergaria-a-Velha	Aveiro	2	2	0
73	Malaposta (Oeste)	Aveiro	2	1,5	0
74	Malaposta (Este)	Aveiro	2	4	0
75	Oliveira Azeméis A. Bernardo	Aveiro	2	1,5	0
76	Águeda - E. N. 1	Aveiro	2	2	0
77	Aguada de Baixo (Este)	Aveiro	2	2,5	0
78	Aguada de Baixo (Oeste)	Aveiro	2	2	0
79	Fafe	Braga	2	2,5	0
80	Trofa	Porto	2	2	0
81	Irivo	Porto	2	2,5	0
82	Viana do Castelo	Viana do Castelo	2	2,5	0
83	Ponte da Barca	Viana do Castelo	2	3	0
84	Mealhada - Comba	Aveiro	2	1,5	0
85	A29 Ovar (Este)	Aveiro	2	3,5	0
86	A29 Ovar (Oeste)	Aveiro	2	4	0
87	Matosinhos - Custóias	Porto	2	4,5	0
88	Barcelos - Vila Boa	Braga	2	2	0
89	A41 Moreira - Maia (Sul)	Porto	2	4	0
90	A41 Moreira - Maia (Norte)	Porto	2	3	0
91	Matosinhos - Perafita	Porto	2	2	0
92	Vizela - Norte	Braga	2	1	0
93	Matosinhos - Perafita Nó A28	Porto	2	2,5	0
94	S. Mamede de Infesta	Porto	2	2	0
95	S. Maria da Feira - Gião	Aveiro	2	4	0
96	Valadares (Este)	Porto	3	3	0

97	Porto - Fluvial	Porto	3	3	0
98	Valadares (Oeste)	Porto	3	3	0
99	Porto - Combatentes	Porto	3	4	0
100	Espinhosa - R. A. N. Silva	Porto	3	2	0
101	Aveiro - Forca	Aveiro	3	6	0
102	S. Maria da Feira	Aveiro	3	4	0
103	Carvalhos - P. A.	Porto	3	2	0
104	Braga - Imaculada Conceição	Braga	3	3	0
105	Portuzelo	Viana do Castelo	3	1,5	0
106	IP4 Franco (Norte)	Bragança	3	2	0
107	IP4 Franco (Sul)	Bragança	3	4	0
108	Porto - S. Roque da Lameira	Porto	3	7	0
109	V. N. Gaia - Fojo	Porto	4	2,5	0
110	Via Norte - Amieira (Este)	Porto	4	3	0
111	Espinho	Aveiro	4	3	0
112	V. N. Gaia - Av. República	Porto	4	3,5	0
113	Braga - Av. 31 Janeiro	Braga	4	1	0
114	Águas Santas	Porto	4	3	0
115	Maia - Av. D. Manuel II	Porto	4	5	0
116	Famalicão - Av. Brasil	Braga	4	3	0
117	Braga - Palmeira	Braga	4	4	0
118	Maia - Ardegães	Porto	4	2	0
119	VNG - Vila D'Este	Porto	2	3	0
120	Esposende - Fão	Braga	2	2	0
121	Ílhavo	Aveiro	2	2,5	0
122	Darque	Viana do Castelo	2	3	0

ANEXO E – TABELA DIST_TO_OPENLINE (CLIENTES CP E GV)

1..n (size 60)	Value
1	0.529159863123384
2	0.428018289364235
3	0.991371438384283
4	0.310499040328632
5	0.366339751262888
6	0.433222540189402
7	0.194258496526179
8	0.068578139787068
9	0.0758550373106769
10	0.0489415296642363
11	0.0533109196282853
12	0.262578656318333
13	0.442761424139679
14	0.301483912343812
15	1.06586491336733
16	0.296255930473648
17	0.701178339234408
18	0.106116275079503
19	0.513660770112533
20	0.586343021968722
21	0.327683056452671
22	0.358693130771792
23	0.252712958946707
24	0.867253824363368
25	1.10557341380876
26	0.852368638246366
27	0.476370886165407
28	0.552863244539904
29	0.0518997428117826

30	0.0518997428117826
31	0.034092417336899
32	0.0479839634060999
33	0.00914484158529773
34	0.00914484158529773
35	0.045041233857116
36	0.0834617852151719
37	0.0271390788358242
38	0.034137927678181
39	0.0501521891317164
40	0.0668696145077122
41	0.366302384893553
42	0.412830754439963
43	0.359766344102183
44	0.436824607258275
45	0.436824607258275
46	0.447293233827795
47	0.45613811287585
48	0.45613811287585
49	0.442244636406542
50	0.139445876296786
51	0.268732921320893
52	0.0611035460821396
53	0.100675817196694
54	0.462540877436334
55	0.553091566849609
56	0.324960348702473
57	0.501291214432046
58	0.92452177504917
59	1.31077047674177
60	0.276139952201366

ANEXO F – MATRIZ DISTÂNCIAS (CLIENTES CP E GV)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0.125726	1.495718	0.221666	0.893611	0.927772	0.700041	0.507973	0.529808	0.501629	0.485928	0.770067	0.864234	0.817140	0.882193
2	0.125726	0	1.376655	0.120052	0.786118	0.809345	0.588861	0.397554	0.418051	0.394636	0.380416	0.655970	0.739754	0.704560	0.821854
3	1.495718	1.376655	0	1.275998	0.642549	0.567984	0.801769	0.993492	0.970418	1.004888	1.022229	0.731302	0.664756	0.689891	1.068771
4	0.221666	0.120052	1.275998	0	0.672706	0.708088	0.478484	0.286306	0.308200	0.280408	0.265115	0.548623	0.656216	0.595488	0.900433
5	0.893611	0.786118	0.642549	0.672706	0	0.174960	0.208477	0.388664	0.368958	0.392325	0.407702	0.153461	0.330902	0.103568	1.274027
6	0.927772	0.809345	0.567984	0.708088	0.174960	0	0.239194	0.427388	0.404011	0.440587	0.458235	0.171232	0.180163	0.144591	1.174436
7	0.700041	0.588861	0.801769	0.478484	0.208477	0.239194	0	0.192695	0.170312	0.203119	0.220493	0.070568	0.271789	0.117735	1.088002
8	0.507973	0.397554	0.993492	0.286306	0.388664	0.427388	0.192695	0	0.023646	0.024715	0.038816	0.263165	0.409336	0.309232	0.999125
9	0.529808	0.418051	0.970418	0.308200	0.368958	0.404011	0.170312	0.023646	0	0.043707	0.060293	0.240612	0.386701	0.287374	1.001471
10	0.501629	0.394636	1.004888	0.280408	0.392325	0.440587	0.203119	0.024715	0.043707	0	0.017795	0.273614	0.429964	0.317629	1.016955
11	0.485928	0.380416	1.022229	0.265115	0.407702	0.458235	0.220493	0.038816	0.060293	0.017795	0	0.290927	0.447071	0.334486	1.016437
12	0.770067	0.655970	0.731302	0.548623	0.153461	0.171232	0.070568	0.263165	0.240612	0.273614	0.290927	0	0.237070	0.052061	1.123453
13	0.864234	0.739754	0.664756	0.656216	0.330902	0.180163	0.271789	0.409336	0.386701	0.429964	0.447071	0.237070	0	0.251886	1.002658
14	0.817140	0.704560	0.689891	0.595488	0.103568	0.144591	0.117735	0.309232	0.287374	0.317629	0.334486	0.052061	0.251886	0	1.170692
15	0.882193	0.831854	1.068771	0.900433	1.274027	1.174436	1.088002	0.999125	1.001471	1.016955	1.016437	1.123453	1.002658	1.170692	0
16	0.601252	0.475697	0.929336	0.404991	0.444627	0.384368	0.254293	0.233216	0.220495	0.257870	0.269031	0.291636	0.269827	0.341260	0.834207
17	0.840689	0.517783	1.036192	0.715009	0.776524	0.642912	0.633509	0.625740	0.625348	0.659912	0.668818	0.642991	0.462975	0.680013	0.570680
18	0.580247	0.466633	0.918523	0.358898	0.323931	0.351819	0.120232	0.075812	0.052260	0.092250	0.109949	0.189840	0.339415	0.237932	1.014106
19	0.736524	0.614122	0.932445	0.575190	0.591130	0.472647	0.439497	0.450515	0.437969	0.475103	0.485658	0.452088	0.298973	0.491774	0.703697
20	0.727914	0.611818	1.021419	0.594163	0.697528	0.582157	0.536496	0.519708	0.510831	0.543504	0.551499	0.555076	0.408001	0.596879	0.594820
21	0.643444	0.517783	0.986424	0.448508	0.437919	0.361438	0.260155	0.267718	0.252792	0.292422	0.304806	0.287498	0.233338	0.334476	0.836259
22	0.670073	0.544346	0.882617	0.478308	0.448074	0.359101	0.280010	0.299650	0.284214	0.324330	0.336961	0.300748	0.217872	0.345364	0.826772
23	0.564488	0.439562	0.951604	0.362657	0.437154	0.396279	0.236743	0.187813	0.176911	0.212283	0.222620	0.239292	0.200510	0.335366	0.853724
24	1.000049	0.890875	1.073905	0.884055	0.908118	0.758756	0.784888	0.802963	0.791431	0.827358	0.836946	0.785709	0.580830	0.817472	0.572524
25	1.224487	1.120306	1.182007	1.120458	1.1188475	0.958598	1.013233	1.042033	1.029868	1.066526	1.076471	1.007386	0.787947	1.034485	0.641207
26	1.381364	1.275316	0.347601	1.1611904	0.489256	0.518983	0.693637	0.877919	0.858113	0.881105	0.896087	0.629120	0.683379	0.577570	1.685836
27	1.004576	0.903839	0.605374	0.786869	0.143079	0.283938	0.344887	0.510736	0.493471	0.510089	0.523592	0.295708	0.458330	0.246616	1.417040
28	1.068676	0.977892	0.667995	0.858347	0.272994	0.423202	0.456555	0.598900	0.585100	0.593375	0.604267	0.418447	0.536815	0.373486	1.541477
29	0.567505	0.471365	0.971419	0.352307	0.336720	0.422961	0.189713	0.117851	0.119518	0.100508	0.104800	0.252154	0.453711	0.284137	1.116797
30	0.567505	0.471365	0.971419	0.352307	0.336720	0.422961	0.189713	0.117851	0.119518	0.100508	0.104800	0.252154	0.453711	0.284137	1.116797
31	0.538915	0.442911	0.996045	0.323754	0.363584	0.443895	0.207444	0.102515	0.109494	0.081612	0.082137	0.272675	0.465321	0.307307	1.098048
32	0.519415	0.411427	0.986256	0.298003	0.374982	0.421935	0.184489	0.021848	0.030038	0.018665	0.026330	0.255000	0.413270	0.299237	1.020954
33	0.537599	0.436903	0.984882	0.319223	0.358482	0.427887	0.189282	0.075260	0.080347	0.056995	0.062305	0.256974	0.440876	0.295015	1.073569
34	0.537599	0.436903	0.984882	0.319223	0.358482	0.427887	0.189282	0.075260	0.080347	0.056995	0.062305	0.256974	0.440876	0.295015	1.073569
35	0.544864	0.450350	0.995242	0.330898	0.368085	0.445406	0.210404	0.113570	0.119990	0.092787	0.093100	0.274337	0.470977	0.307450	1.019166
36	0.536055	0.423428	0.963194	0.314563	0.364494	0.396427	0.164008	0.032264	0.009208	0.052015	0.069640	0.234061	0.377506	0.281413	0.998358
37	0.514024	0.409586	0.997988	0.293687	0.379658	0.436023	0.197113	0.042672	0.054591	0.021818	0.029546	0.267039	0.434427	0.308993	1.038727
38	0.498118	0.395110	1.015556	0.278371	0.395883	0.453761	0.214828	0.050357	0.067331	0.026575	0.020644	0.284701	0.450810	0.326385	1.036993
39	0.506716	0.399074	0.998954	0.285354	0.387516	0.434421	0.197196	0.019948	0.037379	0.006517	0.024221	0.267724	0.423472	0.312029	1.015945
40	0.523222	0.412619	0.978431	0.301555	0.373703	0.412547	0.177479	0.015254	0.010991	0.032765	0.049675	0.247968	0.397405	0.293978	1.006038
41	0.664475	0.538781	0.894822	0.475625	0.462988	0.373755	0.293375	0.305900	0.291300	0.330614	0.342716	0.315331	0.230130	0.360202	0.811747
42	0.857547	0.734414	0.653705	0.644935	0.280857	0.136105	0.232747	0.385729	0.362462	0.404774	0.422292	0.191303	0.050155	0.202644	1.039609
43	0.887763	0.781121	0.652598	0.667132	0.012072	0.186093	0.206892	0.383926	0.364617	0.386896	0.402028	0.154782	0.339528	0.106494	1.277102
44	0.864150	0.739946	0.660152	0.654956	0.3191142	0.168815	0.263397	0.404915	0.382100	0.425180	0.442403	0.226903	0.011835	0.240680	1.012376
45	0.864150	0.739946	0.660152	0.654956	0.3191142	0.168815	0.263397	0.404915	0.382100	0.425180	0.442403	0.226903	0.011835	0.240680	1.012376
46	0.872111	0.747734	0.656554	0.663584	0.327119	0.173679	0.271828	0.414940	0.392184	0.435328	0.452515	0.237238	0.009165	0.250175	1.010979
47	0.943805	0.824189	0.552498	0.725124	0.204038	0.029948	0.261888	0.447057	0.423524	0.461280	0.479016	0.195803	0.166026	0.172837	1.166393
48	0.943805	0.824189	0.552498	0.725124	0.204038	0.029948	0.261888	0.447057	0.423524	0.461280	0.479016	0.195803	0.166026	0.172837	1.166393
49	0.933560	0.814567	0.562218	0.714321	0.187887	0.013086	0.248023	0.434814	0.411353	0.448514	0.466210	0.180972	0.172385	0.156364	1.169600
50	0.660237	0.564600	0.896606	0.445600	0.255200	0.367471	0.162631	0.193447	0.185672	0.182084	0.191950	0.205586	0.433426	0.223074	1.185030
51	0.773088	0.658267	0.726747	0.551819	0.157741	0.164533	0.075253	0.267007	0.244203	0.278225	0.295662	0.010267	0.226805	0.054677	1.117630
52	0.475023	0.370034	1.033389	0.254355	0.418591	0.469278	0.231643	0.047393	0.069991	0.028698	0.0111798	0.302089	0.456593	0.345660	1.013188
53	0.581646	0.468817	0.918209	0.360131	0.320341	0.352073	0.1184112	0.075354	0.052238	0.090039	0.107827	0.188513	0.343492	0.235866	1.021356
54	0.958985	0.840627	0.536817	0.739204	0.184299	0.031289	0.268896	0.458035	0.434711	0.470905	0.488512	0.200058	0.197690	0.169394	1.197219
55	1.068630	0.977998	0.669597	0.858431	0.274201	0.424707	0.457354	0.599283	0.585534	0.593687	0.604538	0.419453	0.598223	0.374587	1.542424
56	0.286538	0.1608114	1.226406	0.126990	0.658287	0.661922	0.452032	0.276316	0.292348	0.281574	0.272004	0.518094	0.581371	0.568808	0.792018
57	0.729803	0.606964	0.929066	0.566176	0.579846	0.463101	0.427075	0.483310	0.425628	0.462915	0.473575	0.440179	0.290625	0.480200	0.712362
58	1.117183	1.002712	0.982431	0.982955	0.906976	0.743861	0.814264	0.864697	0.849988	0.889413	0.901180	0.802297	0.576570	0.826109	0.710752
59	1.604584	1.484007	0.906108	1.443986	1.1582718	0.984561	1.151437	1.264205	1.244420	1.287761	1.302988	1.119183	0.879671	1.1134113	1.189397
60															

	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	0.601252	0.340688	0.580247	0.736524	0.727914	0.643444	0.670073	0.564488	1.000049	1.224487	1.381364	1.004576	1.068676	0.567505	0.567505
	0.475697	0.727637	0.466633	0.614122	0.611818	0.517783	0.544346	0.439562	0.890875	1.120306	1.275316	0.903839	0.977892	0.471365	0.471365
	0.929336	1.036192	0.918523	0.933445	1.031419	0.896424	0.882617	0.951604	1.073905	1.182007	0.347601	0.605374	0.667995	0.971419	0.971419
	0.404991	0.715009	0.358898	0.575190	0.594163	0.448508	0.478308	0.362657	0.884055	1.120458	1.161190	0.786869	0.858347	0.352307	0.352307
	0.444627	0.776524	0.323931	0.591131	0.697528	0.437919	0.448074	0.437154	0.908118	1.118847	0.489256	0.143079	0.272994	0.336720	0.336720
	0.384368	0.642912	0.351819	0.472647	0.582157	0.361438	0.359101	0.396279	0.758756	0.958599	0.518983	0.283938	0.423202	0.422961	0.422961
	0.254293	0.633509	0.120232	0.439497	0.536299	0.260155	0.280010	0.236743	0.784888	1.013233	0.693637	0.344867	0.456555	0.189713	0.189713
	0.233216	0.635740	0.075812	0.450515	0.519708	0.267718	0.299650	0.187813	0.802963	1.042033	0.877919	0.510736	0.598900	0.117851	0.117851
	0.220495	0.625348	0.052260	0.437969	0.510831	0.252792	0.284214	0.176911	0.791431	1.029868	0.858113	0.493471	0.585100	0.119518	0.119518
	0.257870	0.659912	0.092250	0.475103	0.543504	0.292422	0.324330	0.212283	0.827358	1.066526	0.881105	0.510089	0.593375	0.100508	0.100508
	0.269031	0.668318	0.109949	0.485658	0.551499	0.304806	0.336961	0.222620	0.836946	1.076471	0.896087	0.523592	0.604267	0.104800	0.104800
	0.291636	0.642991	0.189840	0.452086	0.555076	0.287496	0.300748	0.283925	0.785709	1.007386	0.629120	0.295708	0.418447	0.252154	0.252154
	0.269827	0.462975	0.339415	0.298973	0.408001	0.233338	0.217872	0.300510	0.580830	0.787947	0.683379	0.458330	0.596815	0.452711	0.452711
	0.341260	0.680013	0.237932	0.491774	0.596879	0.334476	0.345364	0.335366	0.817472	1.034485	0.577570	0.246616	0.373488	0.284137	0.284137
	0.834207	0.570680	1.014106	0.703697	0.594820	0.836259	0.826772	0.853724	0.572524	0.641207	1.685836	1.417040	1.541477	1.116797	1.116797
	0	0.406091	0.205046	0.217511	0.295248	0.043569	0.074800	0.448071	0.571047	0.809379	0.899122	0.587299	0.707801	0.335182	0.335182
	0.406091	0	0.610405	0.194330	0.122033	0.381704	0.355995	0.448474	0.171075	0.411268	1.133575	0.913670	1.049159	0.741267	0.741267
	0.205046	0.610405	0	0.418948	0.500178	0.230348	0.259656	0.168335	0.773145	1.009552	0.812057	0.453342	0.552263	0.133375	0.133375
	0.217511	0.194330	0.418948	0	0.109522	0.188809	0.161868	0.263039	0.354251	0.591912	0.982298	0.731218	0.864060	0.551206	0.551206
	0.295248	0.122033	0.500178	0.109522	0	0.277353	0.256498	0.334363	0.293039	0.532970	1.091018	0.838519	0.970085	0.628535	0.628535
	0.043569	0.381704	0.230348	0.188809	0.277353	0	0.032623	0.089699	0.542848	0.779355	0.879432	0.580992	0.705929	0.363114	0.363114
	0.074800	0.355995	0.259656	0.161868	0.256498	0.032623	0	0.121976	0.514624	0.750021	0.878080	0.590799	0.718513	0.392365	0.392365
	0.048071	0.448474	0.168335	0.263039	0.334363	0.089699	0.121976	0	0.615172	0.854243	0.904125	0.578197	0.693290	0.294186	0.294186
	0.571047	0.171075	0.773145	0.354251	0.293039	0.542848	0.514624	0.615172	0	0.240422	1.217984	1.039120	1.177333	0.905442	0.905442
	0.809379	0.411268	1.009552	0.591912	0.532970	0.779355	0.750021	0.854243	0.240422	0	1.376192	1.242443	1.381689	1.142469	1.142469
	0.899122	1.133575	0.812057	0.982298	1.091018	0.879432	0.878080	0.904125	1.217984	1.376192	0	0.383549	0.381599	0.817197	0.817197
	0.587299	0.913670	0.453342	0.731218	0.838519	0.580992	0.590799	0.578197	1.039120	1.242443	0.383549	0	0.139265	0.437400	0.437400
	0.707801	1.049159	0.552263	0.864060	0.970085	0.705929	0.718513	0.693290	1.177333	1.381689	0.381599	0.139265	0	0.506816	0.506816
	0.335182	0.741267	0.133375	0.551206	0.628535	0.363114	0.392365	0.294186	0.905442	1.142469	0.817197	0.437400	0.506816	0	0
	0.335182	0.741267	0.133375	0.551206	0.628535	0.363114	0.392365	0.294186	0.905442	1.142469	0.817197	0.437400	0.506816	0	0
	0.329474	0.734791	0.134417	0.546702	0.620249	0.360040	0.390718	0.286397	0.900522	1.138579	0.845320	0.465889	0.535116	0.028627	0.028627
	0.249763	0.652864	0.074512	0.467274	0.538605	0.282644	0.314154	0.205434	0.820429	1.059105	0.863992	0.494288	0.579919	0.096139	0.096139
	0.300089	0.705497	0.106347	0.517299	0.591178	0.330688	0.361433	0.257167	0.871134	1.109175	0.844065	0.467673	0.543751	0.043512	0.043512
	0.300089	0.705497	0.106347	0.517299	0.591178	0.330688	0.361433	0.257167	0.871134	1.109175	0.844065	0.467673	0.543751	0.043512	0.043512
	0.339586	0.745114	0.142808	0.556673	0.630818	0.369686	0.400192	0.296812	0.910606	1.148496	0.840820	0.460538	0.527542	0.024091	0.024091
	0.212828	0.618115	0.044673	0.430201	0.504065	0.244515	0.275797	0.169857	0.783863	1.022113	0.853454	0.490393	0.583778	0.125201	0.125201
	0.274170	0.677837	0.095020	0.491670	0.562167	0.307236	0.338752	0.229536	0.844655	1.083449	0.867569	0.494298	0.574809	0.078731	0.078731
	0.283545	0.685369	0.111496	0.500771	0.568719	0.317974	0.349821	0.237918	0.852943	1.092158	0.883272	0.508804	0.586837	0.084734	0.084734
	0.253019	0.655687	0.088756	0.470375	0.539596	0.287167	0.318988	0.207738	0.822898	1.061941	0.876447	0.506152	0.590567	0.100966	0.100966
	0.230136	0.634462	0.061414	0.447647	0.519473	0.262996	0.294541	0.185994	0.800880	1.039497	0.862958	0.496491	0.585995	0.112712	0.112712
	0.076134	0.344315	0.268881	0.150733	0.242926	0.038680	0.015058	0.124172	0.504464	0.740732	0.892737	0.605749	0.733257	0.401751	0.401751
	0.275683	0.507860	0.312789	0.336879	0.446399	0.244467	0.235239	0.299439	0.629589	0.838001	0.649087	0.409636	0.547754	0.419230	0.419230
	0.446400	0.782747	0.320497	0.596469	0.702410	0.440846	0.451808	0.437637	0.915619	1.127371	0.494237	0.140929	0.267685	0.328968	0.328968
	0.272123	0.474159	0.334169	0.308691	0.417894	0.236754	0.222706	0.301259	0.592610	0.799742	0.673939	0.446534	0.584996	0.446645	0.446645
	0.272123	0.474159	0.334169	0.308691	0.417894	0.236754	0.222706	0.301259	0.592610	0.799742	0.673939	0.446534	0.584996	0.446645	0.446645
	0.278449	0.469978	0.344450	0.307341	0.416248	0.242214	0.226964	0.308662	0.586228	0.791916	0.674957	0.453177	0.591863	0.457316	0.457316
	0.389003	0.628466	0.371265	0.463125	0.572561	0.363200	0.358171	0.404343	0.739715	0.936082	0.522194	0.307796	0.446853	0.447957	0.447957
	0.389003	0.628466	0.371265	0.463125	0.572561	0.363200	0.358171	0.404343	0.739715	0.936082	0.522194	0.307796	0.446853	0.447957	0.447957
	0.384819	0.635361	0.359106	0.467064	0.576583	0.360602	0.357090	0.398276	0.749388	0.947902	0.521463	0.294966	0.434192	0.433035	0.433035
	0.374433	0.775304	0.173052	0.581538	0.669098	0.393740	0.419714	0.340847	0.933507	1.166136	0.727424	0.345813	0.413957	0.093292	0.093292
	0.286887	0.634541	0.192924	0.444065	0.547548	0.281431	0.293862	0.280752	0.776554	0.997791	0.629501	0.300515	0.424816	0.259790	0.259790
	0.273775	0.671685	0.120402	0.489762	0.553785	0.310382	0.342637	0.226885	0.840249	1.079992	0.906836	0.533847	0.613426	0.111594	0.111594
	0.212709	0.617995	0.007702	0.426436	0.507857	0.237786	0.266965	0.176022	0.780611	1.016915	0.808872	0.448693	0.546495	0.126276	0.126276
	0.413766	0.660241	0.382565	0.494218	0.603699	0.389690	0.386078	0.426711	0.771091	0.966197	0.492734	0.279401	0.418058	0.450835	0.450835
	0.708706	1.050420	0.552824	0.865242	0.971226	0.706926	0.719571	0.694093	1.178715	1.383174	0.382789	0.140769	0.001775	0.506965	0.506965
	0.315329	0.590405	0.334378	0.460098	0.470455	0.357138	0.383353	0.280876	0.758580	0.994172	1.145655	0.785753	0.874688	0.375084	0.375084
	0.205218	0.206888	0.406380	0.012629	0.119297	0.176206	0.149251	0.250959	0.366791	0.604293	0.973997	0.720192	0.852720	0.538691	0.538691
	0.632279	0.276867	0.823753	0.418896	0.391233	0.597227	0.565855	0.679440	0.146652	0.217067	1.161638	1.027798	1.167057	0.957058	0.957058
	1.051712	0.781740	1.204662	0.870997	0.881300	1.009484	0.977158	1.099126	0.660778	0.554373	1.205020	1.235712	1.363367	1.329137	1.329137
	0.288261	0.632081	0.199289	0.442160	0.546179	0.281643	0.293262	0.283373	0.773118	0.993631	0.625276	0.299625	0.425251	0.267464	0.267464

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
0.538915	0.519415	0.537599	0.537599	0.544864	0.536055	0.514024	0.498118	0.506716	0.523222	0.664475	0.357547	0.387763	0.364150	0.364150
0.442911	0.411427	0.436903	0.436903	0.450350	0.423428	0.409586	0.395110	0.399074	0.412619	0.538781	0.734414	0.781121	0.739946	0.739946
0.996045	0.986256	0.984882	0.984882	0.995242	0.963194	0.997988	1.015556	0.998954	0.978431	0.394822	0.653705	0.652596	0.660152	0.660152
0.323754	0.298003	0.319223	0.319223	0.330888	0.314563	0.293687	0.278371	0.285354	0.301555	0.475625	0.644935	0.667132	0.654956	0.654956
0.363584	0.374982	0.358482	0.358482	0.360805	0.364494	0.379658	0.395883	0.387516	0.373703	0.462988	0.280857	0.012072	0.319114	0.319114
0.443895	0.421935	0.427887	0.427887	0.445406	0.396427	0.436023	0.453761	0.434421	0.412547	0.373755	0.136105	0.186093	0.168815	0.168815
0.207444	0.184489	0.189282	0.189282	0.210404	0.164008	0.197113	0.214828	0.197196	0.177479	0.293375	0.232747	0.206692	0.263397	0.263397
0.102515	0.021848	0.075260	0.075260	0.113570	0.032264	0.042672	0.050357	0.019948	0.015254	0.305900	0.385729	0.383928	0.404915	0.404915
0.109494	0.030038	0.080347	0.080347	0.119990	0.009308	0.054591	0.067331	0.037379	0.010991	0.291300	0.362462	0.364617	0.382100	0.382100
0.081612	0.018665	0.056995	0.056995	0.092787	0.053015	0.021818	0.025675	0.006517	0.032765	0.330614	0.404774	0.386896	0.425180	0.425180
0.082137	0.036330	0.062305	0.062305	0.093100	0.069640	0.029546	0.020644	0.024221	0.049675	0.342716	0.422292	0.402026	0.442403	0.442403
0.272675	0.255000	0.256974	0.256974	0.274337	0.234061	0.267039	0.284701	0.267724	0.247968	0.315331	0.191303	0.154782	0.226903	0.226903
0.465331	0.413270	0.440876	0.440876	0.470977	0.377506	0.434427	0.450810	0.423472	0.397405	0.230130	0.050155	0.339528	0.011835	0.011835
0.307307	0.299237	0.295015	0.295015	0.307450	0.281413	0.308993	0.326385	0.312029	0.293978	0.360202	0.202644	0.106494	0.240680	0.240680
1.098048	1.020954	1.073569	1.073569	1.109168	0.998358	1.038727	1.036993	1.015945	1.006038	0.811747	1.039609	1.277102	1.012376	1.012376
0.329474	0.249763	0.300089	0.300089	0.339586	0.212828	0.274170	0.283545	0.253019	0.230136	0.076134	0.275683	0.446400	0.272123	0.272123
0.734791	0.652864	0.705497	0.705497	0.745114	0.618115	0.677837	0.685369	0.655687	0.634462	0.344215	0.507860	0.782747	0.474159	0.474159
0.134417	0.074512	0.106347	0.106347	0.142808	0.044673	0.095020	0.111496	0.085756	0.061414	0.268881	0.312789	0.320497	0.334169	0.334169
0.546702	0.467274	0.517299	0.517299	0.556673	0.430201	0.491670	0.500771	0.470375	0.447647	0.150733	0.336879	0.596469	0.308691	0.308691
0.620249	0.538605	0.591178	0.591178	0.630818	0.504065	0.562167	0.568719	0.539596	0.519473	0.242926	0.446399	0.702410	0.417894	0.417894
0.360040	0.282644	0.330688	0.330688	0.369686	0.244515	0.307236	0.317974	0.287167	0.262996	0.038680	0.244467	0.440846	0.236754	0.236754
0.390718	0.314154	0.361433	0.361433	0.400192	0.275797	0.338752	0.349821	0.318988	0.294541	0.015058	0.235239	0.451808	0.222706	0.222706
0.286397	0.205434	0.257167	0.257167	0.296813	0.169857	0.229536	0.237918	0.207738	0.185994	0.124172	0.299439	0.437637	0.301259	0.301259
0.900522	0.820429	0.871134	0.871134	0.910606	0.783863	0.844655	0.852943	0.822898	0.800880	0.504466	0.629589	0.915619	0.592610	0.592610
1.138579	1.059105	1.109175	1.109175	1.148496	1.022113	1.083449	1.092158	1.061941	1.039497	0.740732	0.838001	1.127371	0.799742	0.799742
0.845320	0.863992	0.844065	0.844065	0.840820	0.853454	0.867569	0.883272	0.876447	0.862958	0.892737	0.649087	0.494237	0.673939	0.673939
0.465889	0.494288	0.467673	0.467673	0.460538	0.490393	0.494296	0.508804	0.506152	0.496491	0.605749	0.409636	0.140929	0.446534	0.446534
0.535116	0.579919	0.543751	0.543751	0.527542	0.583778	0.574809	0.586837	0.590567	0.585995	0.733257	0.547754	0.267685	0.584996	0.584996
0.028627	0.096139	0.043512	0.043512	0.024091	0.125201	0.078731	0.084734	0.100966	0.112712	0.401751	0.419230	0.328968	0.446645	0.446645
0	0.082075	0.029403	0.029403	0.011174	0.116713	0.060289	0.061501	0.083624	0.100831	0.398707	0.433018	0.356090	0.458818	0.458818
0.082075	0	0.053996	0.053996	0.092972	0.038916	0.024598	0.038040	0.012792	0.019668	0.321103	0.387293	0.369756	0.408276	0.408276
0.029403	0.053996	0	0	0.039650	0.087383	0.035226	0.043281	0.057623	0.072077	0.369349	0.410163	0.351780	0.434732	0.434732
0.029403	0.053996	0	0	0.039650	0.087383	0.035226	0.043281	0.057623	0.072077	0.369349	0.410163	0.351780	0.434732	0.434732
0.011174	0.092972	0.039650	0.039650	0	0.127001	0.071437	0.072455	0.094764	0.111546	0.408364	0.437833	0.353029	0.464259	0.464259
0.116713	0.038916	0.087383	0.087383	0.127001	0	0.063312	0.076505	0.046684	0.020284	0.283077	0.353503	0.360409	0.372949	0.372949
0.060289	0.024598	0.035226	0.035226	0.071437	0.063312	0	0.017739	0.023344	0.042422	0.345687	0.407039	0.373739	0.429109	0.429109
0.061501	0.038040	0.043281	0.043281	0.072455	0.076505	0.017739	0	0.030344	0.056411	0.356208	0.424012	0.389764	0.445652	0.445652
0.083624	0.012792	0.057623	0.057623	0.094764	0.046684	0.023344	0.030844	0	0.026403	0.325434	0.398257	0.382212	0.418675	0.418675
0.100831	0.019668	0.072077	0.072077	0.111546	0.020284	0.042422	0.056411	0.026403	0	0.301445	0.372806	0.369059	0.392729	0.392729
0.398707	0.321103	0.369349	0.369349	0.408364	0.283077	0.345687	0.356208	0.325434	0.301445	0	0.248998	0.466664	0.235364	0.235364
0.433018	0.387293	0.410163	0.410163	0.437833	0.353503	0.407039	0.424012	0.398257	0.372806	0.248998	0	0.289411	0.038490	0.038490
0.356090	0.369756	0.351780	0.351780	0.353029	0.360409	0.373739	0.389764	0.382212	0.369059	0.466664	0.289411	0	0.327771	0.327771
0.458818	0.408276	0.434732	0.434732	0.464259	0.372949	0.429109	0.445652	0.418675	0.392729	0.235364	0.038490	0.327771	0	0
0.458818	0.408276	0.434732	0.434732	0.464259	0.372949	0.429109	0.445652	0.418675	0.392729	0.235364	0.038490	0.327771	0	0
0.469405	0.418489	0.445247	0.445247	0.474881	0.383018	0.439419	0.455916	0.428827	0.402840	0.239260	0.047552	0.335955	0.010735	0.010735
0.468129	0.442686	0.451129	0.451129	0.470058	0.415650	0.457727	0.475459	0.455019	0.432420	0.372493	0.127074	0.215329	0.155353	0.155353
0.468129	0.442686	0.451129	0.451129	0.470058	0.415650	0.457727	0.475459	0.455019	0.432420	0.372493	0.127074	0.215329	0.155353	0.155353
0.453583	0.429885	0.437071	0.437071	0.455307	0.403626	0.444445	0.462184	0.442301	0.420067	0.371613	0.130186	0.199067	0.161268	0.161268
0.121868	0.172445	0.130301	0.130301	0.115377	0.187571	0.162990	0.173575	0.181370	0.183163	0.431008	0.392020	0.246128	0.424559	0.424559
0.279767	0.259575	0.263354	0.263354	0.281719	0.237389	0.272339	0.290045	0.272244	0.251870	0.308535	0.181066	0.159762	0.216636	0.216636
0.087320	0.047343	0.070235	0.070235	0.097974	0.079115	0.039553	0.027024	0.034968	0.059543	0.348045	0.432350	0.412845	0.452065	0.452065
0.128129	0.071853	0.100446	0.100446	0.136292	0.045596	0.091141	0.108021	0.083615	0.060479	0.276290	0.315991	0.316664	0.338040	0.338040
0.472354	0.452244	0.457021	0.457021	0.473541	0.427204	0.465944	0.483673	0.464776	0.443143	0.400574	0.157615	0.196036	0.186924	0.186924
0.535250	0.580270	0.543977	0.543977	0.527649	0.584244	0.575087	0.587075	0.590896	0.586402	0.734309	0.549141	0.268840	0.586402	0.586402
0.349070	0.294792	0.334068	0.334068	0.358821	0.295398	0.300990	0.290926	0.284164	0.289927	0.378034	0.578622	0.654844	0.582090	0.582090
0.534293	0.454974	0.504890	0.504890	0.544243	0.417829	0.479389	0.488857	0.488156	0.435340	0.138106	0.327568	0.585082	0.300127	0.300127
0.956320	0.879867	0.927113	0.927113	0.965599	0.841631	0.904461	0.915028	0.884270	0.860222	0.558844	0.626724	0.915997	0.588264	0.588264
1.337280	1.273746	1.310527	1.310527	1.344221	1.235188	1.297282	1.311659	1.281643	1.255398	0.976175	0.921410	1.169810	0.888351	0.888351
0.287369	0.266498	0.270816	0.270816	0.289362	0.243831	0.279504	0.297219	0.279144	0.258541	0.308016	0.174554	0.159205	0.210443	0.210443

	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
0.8721114	0.943805	0.943805	0.933560	0.660237	0.772038	0.475023	0.581646	0.958985	1.068630	0.286538	0.729803	1.111383	1.604584	0.779303819125763	
0.747734	0.824189	0.824189	0.814567	0.564600	0.658267	0.370034	0.468317	0.840627	0.977998	0.1608114	0.606964	1.002712	1.484007	0.664144495505212	
0.655684	0.552498	0.552498	0.562218	0.896608	0.728747	1.033389	0.918209	0.536817	0.669597	1.226406	0.929066	0.982431	0.906108	0.719947421617027	
0.663584	0.725124	0.725124	0.714321	0.445600	0.551819	0.254355	0.360131	0.739204	0.858431	0.126990	0.566176	0.982955	1.442986	0.558120568864026	
0.327119	0.204038	0.204038	0.187887	0.255200	0.157741	0.418591	0.320341	0.184299	0.274201	0.658287	0.579846	0.906976	1.158271	0.156611574207913	
0.173679	0.029948	0.029948	0.013086	0.367471	0.164533	0.469278	0.352073	0.031289	0.424707	0.661922	0.462101	0.743867	0.984561	0.15708689179082	
0.274126	0.261888	0.261888	0.248022	0.162631	0.075253	0.231643	0.1184112	0.268896	0.457354	0.452032	0.427075	0.814264	1.151437	0.0823917357027908	
0.414940	0.447057	0.447057	0.434814	0.193447	0.267007	0.047393	0.075354	0.458035	0.599283	0.276316	0.438310	0.864697	1.264205	0.272649435714504	
0.392184	0.423524	0.423524	0.411353	0.185672	0.244203	0.069991	0.052238	0.434711	0.585539	0.292349	0.425628	0.849988	1.244420	0.250751320836388	
0.435328	0.461280	0.461280	0.448514	0.183084	0.278225	0.028698	0.090038	0.470905	0.593687	0.281574	0.462915	0.889413	1.287761	0.285156157531929	
0.452515	0.479016	0.479016	0.466210	0.191950	0.295662	0.0111798	0.107827	0.488512	0.604538	0.272004	0.473575	0.901180	1.302988	0.302632179370367	
0.237238	0.195803	0.195803	0.180972	0.205588	0.010267	0.302089	0.188513	0.200056	0.419453	0.518094	0.440179	0.802297	1.1119183	0.0171013266659822	
0.009165	0.166026	0.166026	0.166026	0.172385	0.433428	0.226805	0.456593	0.343492	0.197690	0.598223	0.581371	0.290625	0.576570	0.879671	0.220739874083203
0.250175	0.172837	0.172837	0.156364	0.223074	0.054677	0.345660	0.235866	0.169294	0.374587	0.568808	0.480200	0.826109	1.1134113	0.05205720264925254	
1.010979	1.166393	1.166393	1.166600	1.185030	1.117630	1.013138	1.021356	1.197219	1.542424	0.792018	0.712362	0.710752	1.189397	1.11790236207324	
0.278449	0.389003	0.389003	0.384819	0.374433	0.286887	0.273775	0.212709	0.413766	0.708706	0.315329	0.205218	0.632279	1.0517128	0.88261718487101	
0.469978	0.628468	0.628468	0.635361	0.775304	0.634541	0.671685	0.617995	0.660241	1.050420	0.590405	0.206888	0.276867	0.781767	0.632081752774902	
0.344450	0.371265	0.371265	0.359106	0.173052	0.192924	0.120402	0.007702	0.382555	0.552824	0.334378	0.406380	0.823753	1.204662	0.199289769703913	
0.307341	0.463125	0.463125	0.467064	0.581538	0.444065	0.489762	0.426438	0.494218	0.855242	0.460098	0.012629	0.418896	0.370997	0.44216044554057	
0.416248	0.572561	0.572561	0.576583	0.669098	0.547548	0.553785	0.507855	0.603699	0.971226	0.470455	0.119297	0.391233	0.881300	0.54617980024544	
0.242214	0.363200	0.363200	0.360602	0.393740	0.281431	0.310382	0.237786	0.389690	0.706926	0.357138	0.176206	0.597227	1.009484	0.28164351943635	
0.226964	0.358171	0.358171	0.357090	0.419714	0.292862	0.342687	0.266965	0.386078	0.719571	0.383538	0.149251	0.565855	0.977158	0.29262625208115	
0.308662	0.404343	0.404343	0.398276	0.340847	0.280752	0.226885	0.176022	0.426711	0.694093	0.280876	0.250959	0.679440	1.099126	0.282373552632249	
0.586228	0.729715	0.729715	0.749388	0.933507	0.776554	0.840249	0.780611	0.771091	1.1787152	0.758580	0.366791	0.146652	0.660778	0.772118157335845	
0.791916	0.936082	0.936082	0.947902	1.1661366	0.997791	1.079992	1.0169158	0.966197	1.383174	0.994172	0.604293	0.217067	0.554373	0.9926125888986	
0.674957	0.522194	0.522194	0.521463	0.727424	0.629501	0.906836	0.808872	0.492724	0.382789	1.145655	0.972997	1.1616387	1.205020	0.625276133558959	
0.453177	0.307796	0.307796	0.294966	0.345813	0.300515	0.533847	0.448693	0.279401	0.140769	0.875753	0.720192	1.027798	1.235712	0.299625904067101	
0.591863	0.446853	0.446853	0.434192	0.412957	0.424816	0.613426	0.546498	0.418058	0.001775	0.874688	0.852720	1.167057	1.363367	0.425251083135895	
0.457316	0.447957	0.447957	0.433035	0.093292	0.259790	0.115943	0.126276	0.450835	0.506965	0.375084	0.538691	0.957058	1.329137	0.267464192422916	
0.457316	0.447957	0.447957	0.433035	0.093292	0.259790	0.115943	0.126276	0.450835	0.506965	0.375084	0.538691	0.957058	1.329137	0.267464192422916	
0.469405	0.468129	0.468129	0.453583	0.121868	0.279767	0.087320	0.128139	0.472354	0.535250	0.349070	0.534293	0.956320	1.337280	0.287369267333242	
0.418489	0.442686	0.442686	0.429885	0.172445	0.259575	0.047343	0.071853	0.452244	0.580270	0.294792	0.454974	0.879867	1.273746	0.266498135782534	
0.445247	0.451129	0.451129	0.437071	0.130301	0.263354	0.070235	0.100446	0.457021	0.543977	0.334068	0.504890	0.927113	1.310527	0.270816851024438	
0.474881	0.470058	0.470058	0.455307	0.115377	0.281719	0.097974	0.136292	0.473541	0.527649	0.358821	0.544243	0.965599	1.344221	0.28936297452433	
0.382018	0.415650	0.415650	0.403626	0.187571	0.237389	0.079115	0.045596	0.427204	0.584244	0.295298	0.417829	0.841631	1.235188	0.243831158526564	
0.439419	0.457727	0.457727	0.444445	0.162990	0.272339	0.039553	0.091141	0.465944	0.575087	0.300990	0.479388	0.904461	1.297282	0.279504231847068	
0.459516	0.475459	0.475459	0.462184	0.173575	0.290045	0.027024	0.108021	0.483673	0.587075	0.290926	0.488587	0.915028	1.311659	0.297219972759944	
0.428827	0.455019	0.455019	0.442301	0.181370	0.272244	0.034968	0.083615	0.464776	0.590896	0.284164	0.458156	0.884270	1.281643	0.279144483376195	
0.402840	0.432420	0.432420	0.420067	0.182163	0.251870	0.059543	0.060479	0.442143	0.586402	0.289927	0.435340	0.860222	1.255398	0.258541462072919	
0.239260	0.372493	0.372493	0.371613	0.431008	0.308535	0.348045	0.276290	0.400574	0.734309	0.378034	0.138106	0.558844	0.976175	0.308016616405353	
0.047552	0.127074	0.127074	0.130186	0.392020	0.181066	0.432350	0.315991	0.157615	0.549141	0.578622	0.327568	0.626724	0.921410	0.174554412882219	
0.335955	0.215329	0.215329	0.199067	0.246128	0.159762	0.412845	0.316664	0.196036	0.268840	0.654884	0.585082	0.915897	1.1698106	0.159205931171576	
0.010735	0.155353	0.155353	0.161268	0.424558	0.216636	0.452065	0.338040	0.186924	0.586402	0.582090	0.300127	0.588264	0.888351	0.210443609425798	
0.010735	0.155353	0.155353	0.161268	0.424558	0.216636	0.452065	0.338040	0.186924	0.586402	0.582090	0.300127	0.588264	0.888351	0.210443609425798	
0	0.158622	0.158622	0.165524	0.435244	0.226971	0.462130	0.348380	0.190357	0.593285	0.589538	0.299108	0.579942	0.877658	0.220717054711075	
0.158622	0	0	0.016976	0.395096	0.188373	0.489969	0.371998	0.031785	0.448396	0.674548	0.454106	0.720670	0.954879	0.180760835209032	
0.158622	0	0	0.016976	0.395096	0.188373	0.489969	0.371998	0.031785	0.448396	0.674548	0.454106	0.720670	0.954879	0.180760835209032	
0.165524	0.016976	0.016976	0	0.378937	0.173879	0.477213	0.359593	0.029087	0.435712	0.666096	0.457733	0.732901	0.971481	0.166334629744279	
0.435244	0.395096	0.395096	0.378937	0	0.215122	0.200462	0.165474	0.392319	0.4141415	0.463928	0.568911	0.971660	1.312896	0.222574145923304	
0.226971	0.188373	0.188373	0.173879	0.215122	0	0.306798	0.191985	0.193864	0.425849	0.518973	0.432220	0.792443	1.101779	0.00770211068454751	
0.462130	0.489969	0.489969	0.477213	0.200462	0.306798	0	0.1185168	0.499582	0.613679	0.263902	0.477762	0.906054	1.310602	0.313757894338673	
0.348380	0.371998	0.371998	0.359593	0.165474	0.191985	0.118516	0	0.382690	0.547040	0.338217	0.413863	0.830786	1.210183	0.198515467612232	
0.190357	0.031785	0.031785	0.029087	0.392319	0.193864	0.499582	0.382690	0	0.419627	0.693147	0.485071	0.750462	0.974319	0.18655272249144	
0.593285	0.448396	0.448396	0.435712	0.4141415	0.425849	0.613679	0.547040	0.419627	0	0.875029	0.853893	1.168567	1.3651164	0.426310746371114	
0.589538	0.674548	0.674548	0.666096	0.463928	0.518973	0.263902	0.338217	0.693147	0.875029	0	0.452084	0.860830	1.331085	0.524122405055157	
0.299108	0.454106	0.454106	0.457733	0.568911	0.432220	0.477762	0.413863	0.485071	0.853893	0.452084	0	0.430222	0.879087	0.430392632797895	
0.579942	0.720670	0.720670	0.732901	0.971481	0.792443	0.906054	0.830786	0.750462	1.168567	0.860830	0.430222	0	0.516398	0.787787580871353	
0.877658	0.954879	0.954879	0.971481	1.312896	1.10177										

ANEXO G – TABELA DIST_TO_OPENLINE (CLIENTE BP)

1..n (size 62)	Value
1	0.541067368175706
2	0.145039603236484
3	0.442181719061345
4	0.106333313074897
5	0.0514652517826454
6	0.0199304469159065
7	0.108626665929191
8	0.541094475374771
9	0.0514668566411599
10	0.0295141773759251
11	0.322099193795713
12	0.513078919841848
13	0.743929702204021
14	0.744459366077097
15	0.378990104277998
16	0.612425430913068
17	0.675232469492619
18	0.675431013114314
19	0.542387986069488
20	0.185186950852704
21	0.321175080703282
22	0.561404554890975
23	0.666368285852102
24	0.825805829642126
25	0.271238088716251
26	0.272175000541506
27	0.0290967797691181
28	0.385409339738512
29	0.0586345279588175
30	0.0586272436174906
31	0.0725682321838087
32	0.397862959168314
33	0.0728714339342819
34	0.0489086631141443
35	0.266686866473809
36	0.0818674663544585
37	0.0215593172499275
38	0.0814943756523568
39	0.0528614989910052
40	0.111283920079068
41	0.535309576086835
42	0.266693395290141
43	0.129351277231669

44	0.436076034246193
45	0.550409019128011
46	1.37432736869947
47	1.37413022470745
48	0.0683929944539233
49	0.0492207507023528
50	0.0289440198720172
51	0.165933880968105
52	0.0651269605228097
53	0.442513524834098
54	0.0831387130564885
55	0.0719026172236243
56	0.274947981570433
57	0.46071752811206
58	0.0991375145515754
59	0.112444747359191
60	0.349856623314654
61	0.566855913555539
62	0.53490790437371

ANEXO H – MATRIZ DISTÂNCIAS CLIENTE BP

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0.396189	0.943338	0.542340	0.587039	0.531525	0.589479	0.000030	0.587039	0.554475	0.302085	0.176415	0.256903	0.257630	0.261150
2	0.396189	0	0.566846	0.163653	0.191270	0.135584	0.207729	0.396216	0.191270	0.159050	0.202991	0.376486	0.602737	0.603343	0.253177
3	0.943338	0.566846	0	0.402369	0.390939	0.441448	0.359524	0.943360	0.390937	0.417232	0.658698	0.859285	1.095811	1.093931	0.715150
4	0.542340	0.163653	0.402369	0	0.098413	0.088598	0.049083	0.542364	0.098410	0.082306	0.277368	0.479808	0.715997	0.716448	0.336641
5	0.587039	0.191270	0.390939	0.098413	0	0.055713	0.077248	0.587066	0.000003	0.032804	0.352931	0.549504	0.782827	0.783333	0.411211
6	0.531525	0.135584	0.441448	0.088598	0.055713	0	0.097311	0.531552	0.055713	0.024421	0.305302	0.498311	0.730274	0.730794	0.362705
7	0.589479	0.207729	0.359524	0.049083	0.077248	0.097311	0	0.589503	0.077244	0.079221	0.326314	0.528870	0.765079	0.765529	0.385574
8	0.000030	0.396216	0.943360	0.542364	0.587066	0.531552	0.589503	0	0.587066	0.554502	0.302100	0.176409	0.256874	0.257600	0.261162
9	0.587039	0.191270	0.390937	0.098410	0.000003	0.055713	0.077244	0.587066	0	0.032804	0.352929	0.549503	0.782826	0.783332	0.411319
10	0.554475	0.159050	0.417232	0.082306	0.032804	0.024421	0.079221	0.554502	0.032804	0	0.321788	0.517306	0.750303	0.750812	0.379881
11	0.302085	0.202991	0.658698	0.277368	0.352931	0.305302	0.326314	0.302100	0.352929	0.321788	0	0.203306	0.439778	0.440200	0.059278
12	0.176415	0.376486	0.859285	0.479808	0.549504	0.498211	0.528870	0.176409	0.549503	0.517306	0.203306	0	0.236476	0.236902	0.144804
13	0.256903	0.602737	1.095811	0.715997	0.782827	0.730274	0.765079	0.256874	0.782826	0.750303	0.439776	0.236476	0	0.000747	0.381082
14	0.257630	0.603343	1.093931	0.716448	0.783333	0.730794	0.765079	0.257600	0.783332	0.750812	0.440200	0.236902	0.000747	0	0.381493
15	0.261150	0.253177	0.715150	0.336641	0.411211	0.362705	0.385574	0.261162	0.411319	0.379881	0.059278	0.144804	0.381082	0.381493	0
16	0.190244	0.474091	0.956351	0.579962	0.649507	0.597962	0.629011	0.190233	0.649508	0.617226	0.303062	0.100279	0.137335	0.137710	0.244116
17	0.218144	0.535888	1.020253	0.644251	0.712988	0.661066	0.693311	0.218188	0.712987	0.680613	0.367455	0.164453	0.073393	0.073718	0.308527
18	0.218558	0.535912	1.020312	0.644388	0.713166	0.661256	0.693446	0.218532	0.713165	0.680794	0.367576	0.164593	0.073354	0.073675	0.308640
19	0.938904	0.623407	0.249179	0.459449	0.499466	0.532599	0.435523	0.938921	0.499463	0.512969	0.636888	0.815220	1.032491	1.032632	0.682969
20	0.707639	0.317451	0.257437	0.170238	0.123765	0.186126	0.121165	0.707664	0.317450	0.279881	0.059278	0.144804	0.381082	0.381493	0.506288
21	0.621473	0.343277	0.388533	0.215113	0.301903	0.303711	0.225237	0.621489	0.301900	0.295241	0.319390	0.500315	0.725209	0.725464	0.365389
22	1.090706	0.702790	0.435342	0.608803	0.526051	0.575976	0.563080	1.090735	0.526052	0.557612	0.378939	0.107427	1.305032	1.305572	0.927367
23	1.185187	0.800640	0.246291	0.642991	0.615184	0.669220	0.596704	1.185210	0.615183	0.644812	0.904341	1.105415	1.339867	1.340217	0.961126
24	0.318301	0.623407	0.249179	0.459449	0.499466	0.532599	0.435523	0.318320	0.459463	0.512969	0.636888	0.815220	1.032491	1.032632	0.682969
25	0.275840	0.128044	0.669873	0.267186	0.314110	0.259412	0.313804	0.275865	0.314110	0.281316	0.115995	0.251212	0.474796	0.475355	0.145575
26	0.259143	0.129171	0.670027	0.267444	0.314889	0.260253	0.314889	0.259143	0.314889	0.282091	0.114133	0.249766	0.473633	0.474190	0.143764
27	0.598335	0.173677	0.415786	0.108315	0.025779	0.040663	0.097260	0.598362	0.025781	0.072798	0.345574	0.538970	0.770773	0.771295	0.403174
28	0.925643	0.529607	0.207672	0.399843	0.328826	0.394124	0.350960	0.925670	0.328826	0.371271	0.677210	0.879321	1.115129	1.115591	0.736484
29	0.599695	0.203803	0.292813	0.123697	0.025303	0.070010	0.100470	0.599720	0.025306	0.051794	0.373463	0.568066	0.800278	0.800796	0.421453
30	0.599648	0.203525	0.292815	0.123687	0.025293	0.070001	0.100466	0.599675	0.025296	0.051784	0.373453	0.568057	0.800266	0.800787	0.421406
31	0.594221	0.204109	0.433451	0.163788	0.076011	0.091964	0.153259	0.594249	0.076014	0.087120	0.392192	0.578962	0.806884	0.807438	0.448113
32	0.424944	0.486679	0.185907	0.319638	0.354166	0.388824	0.291865	0.424963	0.354163	0.368558	0.526297	0.717385	0.945539	0.945810	0.577790
33	0.598558	0.207442	0.426759	0.166137	0.071843	0.091826	0.149007	0.598613	0.071846	0.085218	0.393812	0.581632	0.810098	0.810648	0.450028
34	0.568511	0.174523	0.398412	0.073404	0.026155	0.043134	0.061215	0.568536	0.026153	0.019890	0.328437	0.526232	0.760263	0.760759	0.387071
35	0.313150	0.140521	0.631698	0.236473	0.301842	0.251179	0.285324	0.313170	0.301841	0.269703	0.063212	0.247667	0.481942	0.482426	0.113713
36	0.462148	0.067097	0.501456	0.110864	0.124898	0.069588	0.143990	0.462174	0.124898	0.092355	0.243770	0.431553	0.662062	0.662592	0.299362
37	0.525175	0.124496	0.462628	0.111773	0.072577	0.025139	0.122391	0.525202	0.072579	0.046344	0.306650	0.495144	0.725015	0.725582	0.362775
38	0.462237	0.067095	0.501668	0.111406	0.124752	0.069384	0.144310	0.462213	0.124752	0.092243	0.244384	0.432005	0.662440	0.662970	0.299928
39	0.535245	0.144197	0.422603	0.053748	0.060742	0.034883	0.068574	0.535270	0.060740	0.032190	0.292551	0.490368	0.724574	0.725067	0.351146
40	0.644592	0.249917	0.332865	0.126990	0.060090	0.115068	0.084172	0.644618	0.060089	0.090998	0.399772	0.599724	0.834587	0.835072	0.458855
41	0.005855	0.390416	0.937499	0.536485	0.581242	0.525735	0.583623	0.005879	0.581242	0.548673	0.296608	0.173655	0.260224	0.260947	0.256059
42	0.313125	0.140517	0.631720	0.236490	0.301852	0.251187	0.285341	0.313146	0.301851	0.269712	0.063222	0.247658	0.481929	0.482413	0.113712
43	0.440112	0.076841	0.506685	0.103321	0.160031	0.111828	0.149403	0.440137	0.160030	0.123325	0.193677	0.389700	0.623873	0.624364	0.251568
44	0.928927	0.561469	0.007851	0.398490	0.384785	0.435553	0.354319	0.928949	0.384783	0.411349	0.655125	0.856002	1.090521	1.090874	0.711752
45	1.084633	0.693514	0.398683	0.591621	0.512523	0.564033	0.544888	1.084662	0.512524	0.544632	0.864573	1.061938	1.294239	1.294763	0.923362
46	1.564540	1.401890	1.118741	1.272052	1.343090	1.359085	1.267908	1.564541	1.343087	1.345884	1.307985	1.392242	1.516917	1.516667	1.322268
47	1.564113	1.401621	1.118757	1.271839	1.342915	1.358881	1.267723	1.564114	1.342911	1.345691	1.307627	1.391799	1.516398	1.516147	1.321883
48	0.529835	0.143036	0.423824	0.039805	0.074296	0.049605	0.065016	0.529860	0.074294	0.048961	0.281060	0.480270	0.715281	0.715611	0.339941
49	0.494401	0.098451	0.474932	0.098486	0.092820	0.037143	0.122127	0.494428	0.092820	0.060788	0.273977	0.463872	0.694802	0.695330	0.330381
50	0.554539	0.159059	0.417548	0.082989	0.032663	0.024260	0.079830	0.554566	0.032663	0.000688	0.322150	0.517585	0.750540	0.751049	0.380223
51	0.376822	0.024192	0.579552	0.177887	0.210284	0.154953	0.220052	0.376848	0.210284	0.177664	0.179457	0.352649	0.579797	0.580346	0.229070
52	0.494523	0.103549	0.463484	0.073761	0.095924	0.046664	0.105295	0.494549	0.095924	0.063520	0.259072	0.453787	0.686902	0.687408	0.316814
53	0.942279	0.566524	0.004382	0.402677	0.391324	0.441583	0.359086	0.942301	0.391322	0.417453	0.657106	0.857512	1.091675	1.092022	0.713451
54	0.581987	0.193724	0.373690	0.054872	0.051671	0.073624	0.026465	0.582012	0.051667	0.053624	0.328207	0.529247	0.764783	0.765254	0.387413
55	0.604853	0.209735	0.370461	0.100982	0.020482	0.074727	0.069971	0.604879	0.020480	0.050710	0.365269	0.563539	0.797649	0.798145	0.424036
56	0.789596	0.404112	0.167659	0.247489	0.223572	0.275170	0.200187	0.789620	0.223571	0.250832	0.518016	0.721252	0.957635	0.958046	0.576555
57	0.966725	0.587885	0.026623	0.425790	0.409311	0.460810	0.381124	0.966747	0.409309	0.436517	0.683526	0.884493	1.119048	1.119403	0.740215
58	0.600299	0.212983	0.354346	0.066456	0.059963	0.091529	0.022307	0.600324	0.059960	0.069931	0.343102	0.544909	0.780774	0.781236	0.402373
59	0.464733	0.094004	0.482533	0.079228	0.128325	0.093661	0.124808	0.464757	0.128324	0.107549	0.214608	0.412575			

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.190344	0.218144	0.218558	0.938904	0.707639	0.621473	1.090706	1.185187	0.318301	0.275840	0.275413	0.569835	0.925643	0.599655	0.599648
0.474091	0.535688	0.535912	0.623407	0.317451	0.343277	0.702790	0.800640	0.683383	0.128044	0.129171	0.173677	0.529607	0.203533	0.203525
0.956351	1.020251	1.020312	0.249179	0.257437	0.388533	0.435342	0.246291	1.180055	0.669873	0.670027	0.415786	0.207672	0.392813	0.392815
0.579962	0.644251	0.644382	0.459449	0.170238	0.215113	0.603803	0.642991	0.300891	0.267186	0.267444	0.103315	0.399843	0.123697	0.123687
0.649507	0.712938	0.713166	0.499466	0.132765	0.301903	0.526051	0.615134	0.865790	0.314110	0.314889	0.025779	0.338626	0.025303	0.025293
0.597962	0.661066	0.661256	0.532599	0.186126	0.303711	0.575976	0.669220	0.312669	0.259412	0.260253	0.040663	0.394124	0.070010	0.070001
0.629011	0.693311	0.693446	0.435323	0.121165	0.225237	0.563080	0.596704	0.849971	0.313804	0.314157	0.097260	0.350960	0.100470	0.100462
0.190323	0.218118	0.218532	0.938921	0.707664	0.621489	1.090735	1.185210	0.318270	0.275865	0.275438	0.569862	0.925670	0.599682	0.599675
0.649506	0.712937	0.713165	0.499463	0.132763	0.301900	0.526052	0.615133	0.865790	0.314110	0.314889	0.025781	0.338628	0.025308	0.025298
0.617226	0.680613	0.680794	0.512969	0.161714	0.295241	0.557612	0.644812	0.832149	0.281316	0.282091	0.027298	0.371271	0.051794	0.051784
0.303062	0.367455	0.367576	0.636888	0.447082	0.319390	0.878939	0.904341	0.525377	0.115895	0.114133	0.345574	0.677210	0.373463	0.373453
0.100279	0.164453	0.164593	0.815220	0.649898	0.500315	1.074273	1.105415	0.322146	0.251212	0.249766	0.538970	0.879321	0.568066	0.568057
0.137335	0.073393	0.073354	1.033491	0.886180	0.725209	1.305032	1.339867	0.088564	0.474796	0.473633	0.770773	1.115124	0.300278	0.300269
0.137710	0.073718	0.073675	1.033682	0.886627	0.725464	1.305572	1.340217	0.086250	0.475355	0.474190	0.771295	1.115591	0.300796	0.300787
0.244116	0.308527	0.308640	0.682969	0.506288	0.385389	0.937367	0.961126	0.466925	0.145575	0.143764	0.403174	0.736484	0.431415	0.431406
0	0.064411	0.064524	0.901653	0.749981	0.590471	1.173795	1.202626	0.223711	0.347208	0.345878	0.638600	0.979561	0.667816	0.667807
0.064411	0	0.000437	0.961478	0.814313	0.652209	1.236629	1.266542	0.159957	0.408153	0.406894	0.701666	1.043762	0.730997	0.730988
0.064524	0.000437	0	0.961431	0.814444	0.652202	1.236829	1.266602	0.159919	0.408386	0.407126	0.701858	1.043906	0.731185	0.731176
0.901653	0.961478	0.961431	0	0.392986	0.317787	0.684502	0.407963	1.118762	0.689819	0.689308	0.524572	0.450084	0.513252	0.513250
0.749981	0.814313	0.814444	0.392986	0	0.284648	0.454737	0.483522	0.971126	0.431858	0.432341	0.158379	0.231177	0.135913	0.135914
0.590471	0.652209	0.652202	0.317787	0.284648	0	0.729304	0.629996	0.811454	0.382049	0.381276	0.318809	0.487129	0.325680	0.325672
1.173795	1.236629	1.236829	0.684502	0.454737	0.729304	0	0.420752	1.386160	0.830777	0.831858	0.535214	0.248212	0.506280	0.506289
1.202626	1.266542	1.266602	0.407963	0.483522	0.629996	0.420752	0	1.426333	0.910141	0.910420	0.638087	0.319327	0.611507	0.611512
0.223711	0.159957	0.159919	1.118762	0.971126	0.811454	1.386160	1.426333	0	0.555383	0.554308	0.853021	1.199477	0.882668	0.882659
0.347208	0.408153	0.408386	0.689819	0.431858	0.382049	0.830777	0.910141	0.555383	0	0.001826	0.299126	0.652231	0.328991	0.328982
0.345878	0.406894	0.407126	0.689308	0.432341	0.381276	0.831858	0.910420	0.554308	0.001826	0	0.300017	0.652940	0.329873	0.329865
0.638600	0.701666	0.701858	0.524572	0.158379	0.231180	0.535314	0.638087	0.853021	0.299126	0.300017	0	0.356388	0.029902	0.029894
0.979561	1.043762	1.043906	0.450084	0.231177	0.487129	0.248213	0.319327	1.199477	0.652231	0.652940	0.356388	0	0.326842	0.326849
0.667816	0.730997	0.731185	0.513252	0.135913	0.325680	0.506380	0.611507	0.882668	0.328991	0.329873	0.029902	0.326842	0	0.000010
0.667807	0.730988	0.731176	0.513250	0.135914	0.325672	0.506389	0.611512	0.882659	0.328982	0.329865	0.029894	0.326849	0.000010	0
0.677448	0.739482	0.739699	0.565921	0.181032	0.377548	0.498971	0.642246	0.887390	0.332147	0.333281	0.060408	0.243721	0.054714	0.054720
0.809938	0.872337	0.872344	0.145506	0.249669	0.221558	0.595364	0.414005	1.031944	0.564266	0.563965	0.379385	0.348819	0.367747	0.367744
0.680297	0.742476	0.742690	0.559735	0.174405	0.373702	0.495389	0.635825	0.890820	0.335476	0.336584	0.058118	0.337955	0.049557	0.049563
0.626368	0.690039	0.690210	0.493508	0.143885	0.281747	0.550559	0.627369	0.843627	0.294137	0.294824	0.037099	0.358151	0.050882	0.050872
0.347739	0.411418	0.411587	0.633735	0.406321	0.321250	0.827047	0.875319	0.565925	0.067306	0.065954	0.291826	0.633580	0.320674	0.320665
0.530725	0.593429	0.593630	0.570282	0.250515	0.309062	0.643202	0.733890	0.743994	0.189939	0.190811	0.109233	0.463523	0.139067	0.139059
0.594178	0.656721	0.656926	0.557615	0.206005	0.326488	0.580034	0.687716	0.806521	0.251467	0.252456	0.050605	0.406712	0.079870	0.079863
0.531154	0.593839	0.594040	0.570836	0.250591	0.309841	0.642796	0.733988	0.744340	0.190205	0.191084	0.108942	0.463372	0.138789	0.138781
0.590524	0.654239	0.654408	0.502561	0.173600	0.268857	0.586400	0.656465	0.808078	0.260099	0.260715	0.060457	0.392819	0.083414	0.083404
0.699980	0.763893	0.764054	0.457446	0.075579	0.297937	0.482007	0.555126	0.918367	0.370214	0.370887	0.083473	0.282229	0.060455	0.060458
0.190688	0.220109	0.220519	0.933388	0.701791	0.615998	1.085170	1.179334	0.322557	0.269988	0.269560	0.564069	0.919850	0.593893	0.593886
0.347728	0.411406	0.411575	0.633763	0.406337	0.321279	0.827056	0.875340	0.565911	0.067278	0.065925	0.291834	0.633595	0.320683	0.320673
0.489825	0.553511	0.553681	0.548616	0.268240	0.267020	0.685911	0.745871	0.707506	0.164402	0.164754	0.151920	0.492573	0.179862	0.179853
0.953257	1.017214	1.017276	0.254652	0.251179	0.387416	0.429873	0.249415	1.176681	0.665193	0.665363	0.409555	0.200801	0.386384	0.386386
1.161819	1.225068	1.225256	0.647831	0.433065	0.703017	0.039583	0.382158	1.376195	0.821143	0.822154	0.523482	0.217861	0.494074	0.494083
1.431558	1.466012	1.465721	0.883396	1.262679	1.062134	1.541809	1.161725	1.579653	1.408892	1.407568	1.365052	1.326194	1.362632	1.362626
1.431078	1.465512	1.465220	0.883352	1.262563	1.061893	1.541882	1.161896	1.579114	1.408562	1.407237	1.364869	1.326204	1.362465	1.362459
0.580516	0.644411	0.644573	0.494728	0.177828	0.254505	0.598349	0.659012	0.799014	0.254122	0.254637	0.076258	0.400824	0.097971	0.097960
0.563204	0.626026	0.626223	0.555071	0.221378	0.308434	0.610619	0.704863	0.776823	0.222776	0.223658	0.076365	0.431258	0.106215	0.106206
0.617495	0.680871	0.681053	0.513508	0.161904	0.295927	0.557292	0.644960	0.833366	0.281447	0.282226	0.026691	0.371187	0.051394	0.051384
0.450516	0.512333	0.512552	0.626854	0.333294	0.339251	0.725413	0.815508	0.660792	0.105504	0.106522	0.194108	0.548908	0.224009	0.224001
0.553709	0.617117	0.617298	0.532908	0.214612	0.280341	0.620970	0.697310	0.769910	0.219767	0.220437	0.086516	0.432569	0.114650	0.114640
0.954467	1.018336	1.018393	0.244817	0.257950	0.385680	0.439698	0.248267	1.178162	0.669013	0.669155	0.416244	0.211642	0.393478	0.393479
0.629524	0.693620	0.693771	0.459539	0.125657	0.250232	0.554569	0.607274	0.849074	0.306232	0.306730	0.070305	0.350403	0.075868	0.075860
0.663695	0.727393	0.727564	0.481946	0.113293	0.294832	0.514019	0.595073	0.881015	0.331019	0.331738	0.045752	0.321220	0.032892	0.032886
0.820581	0.884981	0.885086	0.329652	0.089858	0.303507	0.427925	0.396914	1.043381	0.513987	0.514332	0.248234	0.183621	0.225210	0.225212
0.981781	1.045744	1.045806	0.266242	0.275547	0.415138	0.419995	0.220923	1.205492	0.692705	0.692895	0.433807	0.201175	0.409933	0.409936
0.645154	0.709348	0.709493	0.443362	0.107490	0.245562	0.542811	0.588210	0.865316	0.324473	0.324935	0.082808	0.334413	0.081250	0.081243
0.512791	0.576626	0.576790	0.529407	0.243685	0.255642	0.664341	0.721363	0.731134	0.188999	0.189362	0.132510	0.468607	0.159343	0.159334
0.962281	1.025035	1.025237	0.578114	0.262980	0.547191	0.211646	0.456005	1.174531	0.619202	0.620272	0.324063	0.147761	0.295433	0.295443
0.208933	0.227962	0.228392	0.972217	0.735969	0.654923	1.112699	1.214874	0.311332	0.304804	0.304487	0.595771	0.952022	0.625490	0.625483
1.147253	1.210140	1.210338	0.664411	0.428108										

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
0.594221	0.824944	0.598585	0.568511	0.313150	0.462148	0.520175	0.462287	0.535245	0.644592	0.005855	0.313125	0.440112	0.938927	1.084633	1.564540
0.204109	0.486679	0.207442	0.174523	0.140521	0.067097	0.124496	0.067095	0.144197	0.249917	0.390416	0.140517	0.076341	0.561469	0.693514	1.401890
0.433451	0.185907	0.426759	0.398412	0.631698	0.501456	0.462628	0.501668	0.423603	0.332865	0.937499	0.631720	0.506685	0.007581	0.398883	1.118741
0.168718	0.319638	0.166137	0.073404	0.236473	0.110864	0.111773	0.111406	0.053748	0.126990	0.536485	0.236490	0.103321	0.398490	0.591621	1.272052
0.076011	0.354166	0.071843	0.026155	0.301842	0.124898	0.072577	0.124752	0.060742	0.060090	0.581242	0.301852	0.160031	0.384785	0.512523	1.343090
0.091964	0.388824	0.091826	0.043134	0.251179	0.069588	0.025139	0.069380	0.034883	0.115068	0.525735	0.251187	0.111828	0.435553	0.564033	1.359085
0.153259	0.291865	0.149007	0.061215	0.285324	0.143980	0.122391	0.144310	0.068574	0.084172	0.583623	0.285341	0.149403	0.354319	0.544888	1.267908
0.594249	0.824963	0.598613	0.568536	0.313170	0.462174	0.520202	0.462313	0.535270	0.644618	0.005879	0.313146	0.440137	0.938949	1.084662	1.564541
0.076014	0.354163	0.071846	0.026153	0.301841	0.124898	0.072579	0.124752	0.060740	0.060089	0.581242	0.301851	0.160030	0.384784	0.512524	1.343087
0.087120	0.368558	0.085218	0.019850	0.269703	0.092355	0.046344	0.092243	0.033190	0.090998	0.548873	0.269712	0.128325	0.411349	0.544632	1.348884
0.392192	0.526297	0.393812	0.328437	0.063212	0.243770	0.306650	0.244384	0.292551	0.399772	0.296608	0.063222	0.193677	0.655125	0.864573	1.307985
0.578962	0.717285	0.581632	0.526232	0.247667	0.431553	0.495144	0.432005	0.490266	0.599724	0.173655	0.247658	0.389700	0.856002	1.061938	1.392242
0.806884	0.945535	0.810098	0.760263	0.481942	0.662062	0.725015	0.662440	0.724574	0.834587	0.260224	0.481929	0.623873	1.090521	1.294239	1.516917
0.807438	0.945810	0.810648	0.760759	0.482428	0.662592	0.725552	0.662970	0.725067	0.835072	0.260947	0.482413	0.624364	1.090874	1.294763	1.516667
0.448113	0.577790	0.450028	0.387071	0.113713	0.299362	0.362775	0.299928	0.351146	0.458855	0.256059	0.113712	0.251568	0.711752	0.923362	1.322268
0.677448	0.809938	0.680291	0.626368	0.347739	0.530725	0.594178	0.531154	0.590524	0.699980	0.190688	0.347728	0.489825	0.953257	1.161819	1.431558
0.739482	0.872337	0.742476	0.690039	0.411418	0.593429	0.656721	0.593839	0.654239	0.763893	0.220109	0.411406	0.553511	1.017214	1.225068	1.466012
0.739699	0.872344	0.742690	0.690210	0.411587	0.593630	0.656926	0.594040	0.654408	0.764054	0.220519	0.411575	0.553681	1.017276	1.225256	1.465721
0.565921	0.145506	0.559735	0.493508	0.633735	0.570282	0.557615	0.570836	0.502561	0.457446	0.933388	0.633763	0.548816	0.254652	0.647831	0.883396
0.181032	0.249669	0.174405	0.143885	0.406321	0.250515	0.206005	0.250591	0.173600	0.075579	0.701791	0.406337	0.268240	0.251179	0.433065	1.262679
0.377548	0.224588	0.373702	0.281747	0.321250	0.309062	0.326488	0.309841	0.268857	0.297937	0.615998	0.321279	0.267020	0.387416	0.703017	1.062134
0.498971	0.595364	0.495389	0.550559	0.827047	0.643202	0.580034	0.642796	0.586403	0.482007	1.035170	0.827056	0.685911	0.429873	0.039583	1.541809
0.642246	0.414005	0.638825	0.627369	0.875319	0.733890	0.687716	0.733988	0.656465	0.555126	1.179334	0.875340	0.745871	0.249415	0.382158	1.161725
0.887390	1.031944	0.890820	0.843627	0.565925	0.743994	0.806521	0.744340	0.808078	0.918367	0.322557	0.565911	0.707506	1.176968	1.376195	1.579653
0.332147	0.564268	0.338476	0.294137	0.067308	0.189929	0.251467	0.192025	0.260098	0.370214	0.269988	0.067278	0.164402	0.665193	0.821143	1.408892
0.333281	0.563965	0.336584	0.294824	0.065954	0.190811	0.252456	0.191084	0.260715	0.370887	0.269560	0.065925	0.164754	0.665363	0.822154	1.407568
0.064048	0.379385	0.058111	0.037099	0.291826	0.109233	0.050605	0.108942	0.060457	0.083473	0.564069	0.291834	0.159220	0.409555	0.523482	1.365052
0.343721	0.348819	0.337955	0.358151	0.633580	0.463523	0.406712	0.463372	0.392819	0.282229	0.919850	0.633595	0.552573	0.200801	0.217861	1.326194
0.054714	0.267747	0.049557	0.050882	0.320674	0.139067	0.079870	0.138789	0.083414	0.060455	0.593893	0.320683	0.179862	0.386384	0.494074	1.362632
0.054720	0.267744	0.049563	0.050872	0.320665	0.139059	0.079863	0.138781	0.083404	0.060456	0.593886	0.320673	0.179853	0.386386	0.494083	1.362626
0	0.420473	0.006696	0.096481	0.334867	0.148754	0.085560	0.148195	0.119634	0.108974	0.588578	0.334871	0.201020	0.426687	0.490850	1.417346
0.420473	0	0.414311	0	0.093357	0.336967	0.150797	0.087253	0.150267	0.118091	0.102606	0.592929	0.336972	0.201967	0.419998	0.486835
0.006696	0.414311	0	0.093357	0.336967	0.150797	0.087253	0.150267	0.118091	0.102606	0.592929	0.336972	0.201967	0.419998	0.486835	1.412040
0.096481	0.348954	0.093357	0	0.278638	0.107429	0.066139	0.107428	0.035938	0.076117	0.562690	0.278649	0.136543	0.392553	0.526335	1.329008
0.334867	0.513501	0.336967	0.278638	0	0.186171	0.249787	0.186707	0.242821	0.352646	0.307366	0.000029	0.142093	0.627547	0.814319	1.341621
0.148754	0.430245	0.150797	0.107429	0.186171	0	0.063694	0.000859	0.077895	0.182978	0.456349	0.186175	0.059392	0.495932	0.632255	1.371177
0.085560	0.413696	0.087253	0.066139	0.249787	0.063694	0	0.063202	0.058767	0.132591	0.514428	0.249792	0.116097	0.456590	0.569727	1.383345
0.148195	0.430748	0.150267	0.107428	0.186707	0.000859	0.063202	0	0.078088	0.182199	0.456490	0.186715	0.060219	0.496126	0.631895	1.371953
0.119634	0.359861	0.118091	0.035938	0.242821	0.077895	0.058767	0.078088	0	0.110623	0.529410	0.242833	0.100731	0.418055	0.572274	1.324592
0.108974	0.312155	0.102606	0.076117	0.352646	0.182978	0.132591	0.182919	0.110623	0	0.638774	0.352659	0.210870	0.326524	0.465582	1.315502
0.588578	0.819255	0.592929	0.562690	0.307366	0.456349	0.514428	0.456490	0.529410	0.638774	0	0.307342	0.434257	0.933085	1.079032	1.560732
0.334871	0.513527	0.336972	0.278649	0.000029	0.186175	0.249792	0.186715	0.242833	0.352659	0.307342	0	0.142109	0.627564	0.814329	1.341650
0.201020	0.414091	0.201967	0.136543	0.142098	0.059392	0.116097	0.060219	0.100731	0.210870	0.434257	0.142109	0	0.501811	0.672534	1.327253
0.426687	0.187395	0.419998	0.392553	0.627547	0.495932	0.456590	0.496136	0.418055	0.326524	0.933085	0.627564	0.501811	0	0.393409	1.125476
0.490850	0.562118	0.486835	0.536335	0.814319	0.632255	0.569727	0.631895	0.572274	0.465582	1.079032	0.814329	0.672534	0.393409	0	1.502791
1.417346	1.016057	1.412040	1.329008	1.341621	1.371177	1.383345	1.371953	1.324592	1.315502	1.560732	1.341650	1.327253	1.125476	1.502791	0
1.417199	1.015966	1.411875	1.328821	1.341290	1.370938	1.383138	1.371714	1.324385	1.315355	1.560306	1.341318	1.326993	1.125489	1.502968	0.000736
0.135675	0.353075	0.134063	0.048416	0.233188	0.079050	0.072054	0.079407	0.016070	0.119483	0.523988	0.233201	0.091760	0.418478	0.583519	1.311820
0.118263	0.412957	0.119826	0.077496	0.217716	0.032872	0.032890	0.032576	0.053573	0.151786	0.488613	0.217722	0.083336	0.469207	0.599467	1.368875
0.086465	0.369079	0.084581	0.020303	0.269991	0.092406	0.045950	0.092287	0.033779	0.091040	0.548738	0.270001	0.128661	0.411608	0.544353	1.346539
0.227178	0.492388	0.230305	0.191928	0.116712	0.085404	0.145984	0.085579	0.159727	0.267898	0.371016	0.116707	0.078382	0.574371	0.715639	1.394315
0.137629	0.392170	0.137982	0.074418	0.206201	0.038752	0.055972	0.039127	0.041018	0.150449	0.488694	0.206210	0.065405	0.458048	0.608151	1.341344
0.434495	0.182123	0.427801	0.398519	0.630476	0.501259	0.462893	0.501479	0.423434	0.333440	0.936442	0.630498	0.505976	0.010931	0.403053	1.114692
0.127491	0.315296	0.123489	0.034939	0.283200	0.127777	0.098326	0.127982	0.049916	0.072565	0.576139	0.283214	0.143095	0.368155	0.538014	1.294364
0.087605	0.326495	0.082403	0.037390	0.215981	0.142910	0.092880	0.142826	0.073173	0.040341	0.599043	0.215992	0.173883	0.364303	0.499329	1.329741
0.267396	0.196577	0.260702	0.232439	0.482855	0.337672	0.295636	0.337812	0.259940	0.165206	0.783740	0.482874	0.349584	0.161342	0.400158	1.210678
0.448630	0.211510	0.442010	0.417935	0.655602	0.522066	0.481428	0.522251	0.444171	0.350500	0.960880	0.655623	0.529090	0.028536	0.382601	1.128379
0.135279	0.298728	0.130576	0.050233	0.299718	0.147118	0.115752	0.147325	0.069260	0.062307						

47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1.5641132	0.529835	0.494401	0.554539	0.376822	0.494523	0.942279	0.581987	0.604853	0.789596	0.966725	0.600299	0.464733	0.880929
1.4016219	0.143036	0.098451	0.159059	0.024192	0.103549	0.566524	0.193724	0.209735	0.404112	0.587885	0.212983	0.094004	0.491258
1.1187574	0.423824	0.474932	0.417548	0.579552	0.463484	0.004382	0.373690	0.370461	0.167659	0.026623	0.354346	0.482533	0.348181
1.2718391	0.039805	0.093486	0.082989	0.177887	0.073761	0.402677	0.054872	0.100982	0.247489	0.425790	0.066456	0.079228	0.402777
1.3429151	0.074296	0.092820	0.032663	0.210284	0.095924	0.391324	0.051671	0.020482	0.223572	0.409311	0.059963	0.138325	0.315928
1.3588811	0.049605	0.037143	0.024260	0.154953	0.046664	0.441583	0.073624	0.074727	0.275170	0.460810	0.091529	0.093661	0.364715
1.267723	0.065016	0.122137	0.079830	0.220052	0.105295	0.359086	0.026465	0.069971	0.200187	0.381134	0.022307	0.124808	0.359338
1.5641140	0.529860	0.494428	0.554566	0.376848	0.494549	0.942301	0.582012	0.604879	0.789620	0.966747	0.600324	0.464757	0.880958
1.3429117	0.074294	0.092820	0.032663	0.210284	0.095924	0.391322	0.051667	0.020480	0.223571	0.409309	0.059960	0.138324	0.315929
1.3456911	0.048961	0.060788	0.000688	0.177664	0.063520	0.417453	0.053624	0.050710	0.250832	0.436517	0.069931	0.107549	0.346960
1.307627	0.281060	0.273977	0.322150	0.179457	0.259072	0.657106	0.328207	0.385269	0.518016	0.683526	0.343102	0.214608	0.668712
1.3917991	0.480270	0.463872	0.517585	0.352649	0.453787	0.857512	0.529247	0.563539	0.721252	0.884493	0.544909	0.412575	0.862870
1.5163981	0.715128	0.694802	0.750540	0.579797	0.686902	1.091675	0.764783	0.797649	0.957635	1.119048	0.780774	0.647264	1.093386
1.5161474	0.715611	0.695330	0.751049	0.580346	0.687408	1.092022	0.765284	0.798145	0.958046	1.119402	0.781236	0.647748	1.093925
1.321882	0.339941	0.330381	0.380223	0.229070	0.316814	0.713451	0.387413	0.424038	0.576552	0.740215	0.402373	0.273102	0.726826
1.4310781	0.580516	0.563204	0.617495	0.450516	0.553709	0.954467	0.629524	0.663695	0.820581	0.981781	0.645154	0.512791	0.962281
1.4655121	0.644411	0.626026	0.680871	0.512333	0.617117	1.018336	0.693620	0.727393	0.884981	1.045744	0.709248	0.576626	1.025035
1.465220	0.644573	0.626223	0.681053	0.512552	0.617298	1.018393	0.693771	0.727564	0.885086	1.045806	0.709493	0.576790	1.025237
0.883352	0.494728	0.555071	0.513508	0.626854	0.532908	0.244817	0.459539	0.481946	0.329652	0.266242	0.443362	0.529407	0.578114
1.262563	0.177828	0.221378	0.161904	0.333294	0.214612	0.257950	0.125657	0.113293	0.089858	0.275547	0.107490	0.243685	0.262980
1.061892	0.254505	0.308434	0.295927	0.339251	0.280341	0.385860	0.250232	0.294832	0.303507	0.415138	0.245562	0.255642	0.547191
1.5418821	0.598349	0.610619	0.557292	0.725413	0.620970	0.439698	0.554569	0.514019	0.427925	0.419995	0.548211	0.664341	0.211646
1.1618964	0.659012	0.704863	0.644960	0.815508	0.697310	0.248267	0.607274	0.595073	0.396914	0.220923	0.588210	0.721363	0.456005
1.5791141	0.799014	0.776823	0.833366	0.660792	0.769910	1.178162	0.849074	0.881015	1.043381	1.205492	0.865316	0.731134	1.174581
1.4085621	0.254122	0.222776	0.281447	0.105504	0.219767	0.669013	0.306232	0.331019	0.513987	0.692705	0.324473	0.188999	0.619202
1.4072371	0.254637	0.223658	0.282228	0.106522	0.220437	0.669155	0.306730	0.331738	0.514332	0.692895	0.324935	0.189362	0.620272
1.364869	0.076258	0.076365	0.026691	0.194108	0.086516	0.416244	0.070805	0.045752	0.248234	0.433807	0.082806	0.132510	0.324063
1.326204	0.400824	0.431258	0.371187	0.548908	0.432569	0.211642	0.350403	0.321220	0.183621	0.201175	0.334413	0.468607	0.147761
1.3624651	0.097971	0.106215	0.051294	0.224009	0.114650	0.393478	0.075868	0.032892	0.225210	0.409933	0.081250	0.159343	0.295433
1.362459	0.097960	0.106206	0.051384	0.224001	0.114640	0.393479	0.075860	0.032886	0.225212	0.409936	0.081243	0.159334	0.295443
1.4171796	0.135675	0.118363	0.086465	0.227178	0.137629	0.434495	0.127491	0.087605	0.267396	0.448680	0.135279	0.184961	0.287711
1.0159661	0.353075	0.412957	0.369079	0.492388	0.392170	0.182123	0.315396	0.336495	0.196577	0.211510	0.298728	0.393247	0.458742
1.4118750	0.134063	0.119836	0.084581	0.230305	0.137982	0.427801	0.123489	0.082403	0.260702	0.442010	0.130576	0.185273	0.283962
1.3288211	0.048416	0.077496	0.020303	0.191928	0.074418	0.398519	0.034939	0.037390	0.232439	0.417935	0.050233	0.114000	0.340980
1.3412901	0.233188	0.217716	0.269991	0.116712	0.206201	0.630476	0.283200	0.315981	0.482855	0.655602	0.299718	0.165321	0.615890
1.3709381	0.079050	0.032872	0.092406	0.085404	0.038752	0.501259	0.127777	0.142910	0.337672	0.522066	0.147118	0.056238	0.431609
1.3831381	0.072054	0.032890	0.045950	0.145984	0.055972	0.462893	0.098326	0.092880	0.295636	0.481428	0.115752	0.102212	0.368392
1.3717141	0.079407	0.032576	0.092287	0.085579	0.039127	0.501479	0.127982	0.142826	0.337812	0.522251	0.147325	0.057088	0.431196
1.3243851	0.016070	0.053573	0.033779	0.159727	0.041018	0.423434	0.049916	0.073173	0.259940	0.444171	0.069260	0.078062	0.376586
1.3153551	0.119483	0.151786	0.091040	0.267898	0.150449	0.333440	0.072565	0.040341	0.165206	0.350500	0.062307	0.187324	0.276006
1.5603061	0.523988	0.488613	0.548738	0.371016	0.488694	0.936442	0.576139	0.599043	0.783740	0.960880	0.594448	0.458878	0.875341
1.3413181	0.233201	0.217722	0.270001	0.116707	0.206210	0.630498	0.283214	0.315992	0.482874	0.655623	0.299734	0.165334	0.615898
1.326993	0.091760	0.083336	0.128661	0.078383	0.065405	0.505976	0.143095	0.173883	0.349584	0.529090	0.160756	0.024625	0.475257
1.1254891	0.418478	0.469207	0.411608	0.574371	0.458048	0.010931	0.368155	0.364303	0.161342	0.028536	0.348814	0.477605	0.340857
1.5028681	0.583519	0.599467	0.544353	0.715639	0.608151	0.403053	0.538014	0.499329	0.400158	0.382601	0.525267	0.650336	0.203829
0.000738	1.311820	1.328875	1.346539	1.394315	1.341344	1.114692	1.294364	1.329741	1.210678	1.128379	1.283136	1.317519	1.460489
0	1.311608	1.368652	1.346346	1.394035	1.341118	1.114707	1.294179	1.329574	1.210605	1.128411	1.282960	1.317272	1.460467
1.311608	0	0.060489	0.049574	0.156522	0.040311	0.423490	0.052178	0.084333	0.262104	0.445004	0.070875	0.067882	0.389185
1.368652	0.060489	0	0.060756	0.117963	0.028592	0.474911	0.102359	0.111490	0.309669	0.494886	0.121486	0.070958	0.399077
1.346346	0.049574	0.060756	0	0.177735	0.063797	0.417727	0.054197	0.050733	0.251059	0.436751	0.070431	0.107951	0.346611
1.394035	0.156522	0.117963	0.177735	0	0.118711	0.579073	0.208288	0.228047	0.418616	0.601149	0.227299	0.099718	0.513802
1.341118	0.040311	0.028592	0.063797	0.118711	0	0.463219	0.090181	0.111549	0.300625	0.484379	0.109434	0.047332	0.410080
1.1147074	0.423490	0.474911	0.417727	0.579073	0.463219	0	0.373517	0.370852	0.168270	0.029787	0.354174	0.481868	0.351777
1.2941791	0.052178	0.102359	0.054197	0.208288	0.090181	0.373517	0	0.047944	0.210479	0.394327	0.019343	0.118721	0.347977
1.3295741	0.084333	0.111490	0.050733	0.228047	0.111549	0.370852	0.047944	0	0.203092	0.388837	0.049358	0.151123	0.305158
1.2106051	0.262104	0.309669	0.251059	0.418616	0.300625	0.168270	0.210479	0.203092	0	0.185791	0.191345	0.324995	0.265854
1.1284110	0.445004	0.494886	0.436757	0.601149	0.484379	0.029787	0.394327	0.388837	0.185791	0	0.375006	0.504811	0.345500
1.2829601	0.070875	0.121486	0.070431	0.227299	0.109434	0.354174	0.019343	0.049358	0.191345	0.375006	0	0.136219	0.338057
1.3172721	0.067882	0.070958	0.107951	0.099718	0.047332	0.481868	0.118721	0.151123	0.324995	0.504811	0.136219	0	0.454188
1.4604671	0.389185	0.399077	0.346611	0.513802	0.410080	0.351777	0.347977	0.305158	0.265854	0.345500	0.338057	0.454188	0
1.5965071	0.558157	0.520872	0.581204	0.403872	0.522154	0.972752	0.610335	0.631816	0.818781	0.996924	0.628831	0.493785	0.903717
1.5257671	0.571525	0.584114	0.530592	0.699116	0.594292	0.419829	0.527686	0.487193	0.402574	0.401138	0.515926	0.637573	0.185316

61	62
0.034016	1.06513319948219
0.422445	0.676564942806494
0.972743	0.415498506212654
0.571882	0.581917053384462
0.613665	0.499299060291411
0.558014	0.549275788387217
0.618594	0.536203854488703
0.034006	1.0651621340066
0.613665	0.499200206234913
0.581265	0.530909829933576
0.335551	0.852163368791359
0.206670	1.04768586775792
0.257619	1.27864623604728
0.258363	1.2791835050478
0.295146	0.910619991731455
0.208933	1.14725384983761
0.227962	1.2101400905323
0.228392	1.21033834714932
0.972217	0.664411880971979
0.735969	0.428108141182951
0.654923	0.703389281203241
1.112699	0.0268869492409028
1.214874	0.414428694255741
0.311332	1.3598972390346
0.304804	0.804518244852253
0.304487	0.805588360299861
0.595771	0.50871598584298
0.952022	0.224240085039906
0.625490	0.4797275644346
0.625483	0.479736871162858
0.617981	0.472874535544229
0.857399	0.572375648213575
0.622544	0.469218850645553
0.595796	0.5237648695943
0.344823	0.800401828306653
0.488922	0.616729620259791
0.545763	0.553631063693202
0.489024	0.616329481394237
0.563031	0.55961939072748
0.671759	0.45512398876117
0.039132	1.05958275693373
0.344798	0.800410577473168
0.469200	0.659193748538609
0.969234	0.409810430045853
1.107537	0.0360981209248599
1.596938	1.52570511941509
1.596507	1.52576791625633
0.558157	0.571525575338035
0.520872	0.584114959418218
0.581304	0.530592504586503
0.403872	0.699116109285744
0.522154	0.59429215782677
0.972752	0.419829387337301
0.610335	0.527686637116159
0.631816	0.487193877124336
0.818781	0.402574370061492
0.996924	0.401138169351575
0.628831	0.515926147233239
0.493785	0.637573743728324
0.903717	0.185316108707531
0	1.08732048055948
1.087330	0