



Gestão de rotas na Racentro S.A.

Mestrado em Gestão

Joana Rita Santos Simões

Leiria, março de 2019



Gestão de rotas na Racentro S.A.

Mestrado em Gestão

Joana Rita Santos Simões

Estágio realizado sob a orientação do Professor Doutor Carlos Manuel Gomes da Silva, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, março de 2019

Originalidade e Direitos de Autor

O presente relatório de estágio é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionada a Autora e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual a mesma foi realizado, a saber, Mestrado em Gestão, no ano letivo 2018/2019 da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Dedicatória

À minha família.

Agradecimentos

Ao longo do segundo ano do Mestrado Gestão foram várias as pessoas que contribuíram para a respetiva preparação e realização do estágio bem como para a redação deste documento. Deste modo, quero expressar a minha gratidão a todas as pessoas que me acompanharam ao longo deste meu percurso.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor Doutor Carlos Manuel Gomes da Silva pela sua disponibilidade desde o primeiro contacto. Fico muito grata pela sua atenção, compreensão e orientação prestada em todos os momentos, mesmo os de maior dificuldade. Sem a sua colaboração não teria sido possível alcançar muitas das metas pretendidas.

Um grande reconhecimento a todos os colaboradores da empresa Racentro S.A. que me integraram com uma hospitalidade inalcançável tornando assim possível a concretização do meu estágio curricular e respetivo relatório. Obrigada ao departamento de Logística, em especial ao Ivan Silva, à Joana Alberto e à Dra. Teresa Duarte, que se disponibilizaram desde o início para acompanhar o meu percurso e me apoiaram em todas as tarefas realizadas. Muito obrigada a todos pela confiança.

Aos meus queridos e amados pais, irmãs e avó que são um exemplo diário para mim pela sua força, determinação, dedicação e humildade. Ainda um obrigada muito especial ao Paulo Gaspar pelo apoio e pela resiliência demonstrada nestes últimos anos. Obrigada por todo o auxílio, coragem e pelo orgulho que me transmitiram diariamente. Estiveram sempre comigo. Sempre me ajudaram a sonhar mais alto e a lutar pelos meus objetivos e pelas minhas ambições. É a vocês a quem devo o meu sucesso e a minha felicidade.

Resumo

O presente trabalho apresenta e descreve o desenvolvimento de diversas atividades realizadas no decorrer do estágio curricular integrado no Mestrado em Gestão.

Inicialmente, é caracterizada a instituição de acolhimento, a Racentro S.A. que tem como principal função o fabrico e respetivo transporte de rações e cereais. De seguida, é realizada uma análise às atividades realizadas, assim como, uma análise crítica das mesmas e sugestões de melhoria.

Posteriormente, numa perspetiva teórica, efetua-se uma revisão da literatura do problema de planeamento de rotas e faz-se um estudo empírico sobre este tema.

A aplicação do *software VRP Solver*, desenvolvido por Erdoğan, (2017) e da heurística de Clarke & Wright, (1964), que permitem planear rotas, foram implementados na distribuição de ração e cereais em sacos, um dos dois tipos de distribuição que a empresa pratica. As soluções obtidas através destes fornecimentos foram comparadas com as soluções praticadas pela empresa. Os resultados sugerem que a aplicação do *software VRP Solver* permite definir rotas com soluções meritórias, tendo originando uma diminuição do número de viaturas utilizadas e das distâncias percorridas e, conseqüentemente, uma minimização dos custos totais de transporte.

As empresas são confrontadas diariamente com novas exigências por parte dos clientes. Este fenómeno requer que as empresas atuem cada vez com maior competitividade no mercado de trabalho. Uma otimização da gestão da frota e do planeamento de rotas acompanha a minimização dos custos de transporte. Neste seguimento, este relatório de estágio pretendeu estudar os benefícios de novas abordagens relacionadas com o planeamento de rotas de veículos na empresa Racentro S.A.

Palavras-chave: *Problema de rotas de veículos, Otimização da frota, Custos de transporte*

Abstract

The following essay portrays and describes the development of several activities undertaken during the curricular internship integrated in the Management master course.

Firstly, the chosen institution Racentro S.A. is characterised. Its main activity is manufacturing and distributing animal food and grains. Then, a critical analysis to the performed activities as well as improvement suggestions are described.

Thereafter, in a theoretical perspective, a literature revision concerning the Vehicle Rountig Problem is made and an empirical study on this topic.

The use of the VRP Solver software, developed by Erdoğan, (2017) as well as the Clarke & Wright's (1964), that allow planning routes, heuristic were implemented in the distribution of bagged animal food and grains, one of the company's distributing products. The attained solutions through these methods were compared with the solutions implemented in the company. The results suggest that the use of VRP Solver software allows to define routes with lower costs. This led to a reduction in the number of vehicles and distances, and consequently, a decrease in the total transportation costs.

On a daily basis companies are confronted with new customer demands. This occurrence generates more competition in job market. A better management of the vehicle fleet and route plans can contribute to a decrease in transportation costs. As a result, this internship report intends to study the benefits of new methods related to the vehicle routing problem in Racentro S.A.

Keywords: *Vehicle Rountig Problem, Fleet Optimisation, Transportation costs*

Índice

Originalidade e Direitos de Autor	iii
Dedicatória	iv
Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vi
Abstract	vii
Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xii
Lista de Siglas e Acrónimos	xiv
1. Introdução.....	1
2. Caracterização da Entidade de Acolhimento	3
2.1. Atividades desenvolvidas	8
2.1.1. Análise da rotatividade de motoristas	9
2.1.2. Gestão diária da frota	11
2.1.3. Redação das declarações de atividade.....	11
2.1.4. Análise comparativa de rotas	12
2.1.5. Análise do transporte de ração em sacos.....	13
2.1.6. Gestão de tempo efetivo da função de motorista	20
2.1.7. Outras atividades desenvolvidas	21
2.1.8. Contributos das atividades	21
3. Enquadramento teórico	23
3.1. Problema de rotas de veículos	23
3.2. Diferentes tipos de VRP	25
3.2.1. Problema de rotas com capacidade (CVRP)	25
3.2.2. Problema de rotas com dois tipos de clientes (VRPB).....	26
3.2.3. Problema de rotas com entregas e recolhas (VRPPD)	26
3.2.4. Problema de rotas com janelas temporais (VRPTW).....	27

3.2.5.	Problema de rotas com dois tipos de clientes e janelas temporais (VRPBTW)	27
3.2.6.	Problema de rotas com recolhas, entregas e janelas temporais (VRPPDTW)	28
3.2.7.	Problema de rotas dinâmico (DVRP)	28
3.2.8.	Problema de rotas com múltiplas viagens (MTVRP), múltiplos depósitos (MDVRP) e vários tipos de veículos (VRPMVT)	29
3.2.9.	Problema de rotas aberto (OVRP)	30
3.2.10.	Problema de rotas com múltiplos compartimentos (MCV)	30
3.3.	Métodos de resolução de VRP	31
3.4.	VRP Solver	36
4.	Planeamento de rotas na Racentro	43
4.1.	Aplicação do VRP Solver	45
4.1.1.	Resultados gerais	46
4.1.2.	Resultados diários	48
4.2.	Aplicação da heurística de Clarke & Wright	53
4.2.1.	Resultados gerais	54
4.2.2.	Resultados diários	54
4.3.	Comparação dos métodos e limitações	64
5.	Conclusão	67
	Bibliografia	69

Lista de Figuras

Figura 1- Logotipo do grupo Lusiaves	4
Figura 2- Sociedade Gestora de Participações Sociais do Grupo Lusiaves	5
Figura 3- Logotipo da entidade empresarial Racentro	5
Figura 4- Nova rota	13
Figura 5- Rota habitual.....	13
Figura 6- Quantidades de ração vendida em sacos no mês de setembro	14
Figura 7- Toneladas transportadas por distrito.....	15
Figura 8- Mapa dos clientes de ração em saco do mês de setembro	16
Figura 9- Cliente N° 2004101	17
Figura 10- Cliente N°2003911	17
Figura 11- Fornecimento por visita	19
Figura 12-Problema de rotas	24
Figura 13- Conceito de poupanças do método de Clarke e Wright	32
Figura 14- Rede logística	33
Figura 15- Rota formada por O-D-C-O.....	34
Figura 16-Rota formada por O-D-C-B-O.....	34
Figura 17-Rota formada por O-D-C-B-A-O.....	35
Figura 18- Programa VRP <i>Solver</i>	37
Figura 19- VRP <i>Solver</i>	39
Figura 20- Folha de cálculo das localidades.....	39
Figura 21- Folha de cálculo das distâncias.....	39
Figura 22- Folha de cálculo dos veículos	39
Figura 23- Folha de cálculo da solução	40
Figura 24- Visualização da solução em mapa	40
Figura 25- Distribuição geográfica do clientes de ração em sacos.....	44
Figura 26- Comparação dos quilómetros realizados pela empresa com os calculados pelo <i>software</i>	48
Figura 27- Poupança relativa aos quilómetros sugeridos pelo <i>software</i>	48
Figura 28- Rotas calculadas pelo VRP Solver no dia 16 de outubro.....	49

Figura 29- Rotas realizadas pela empresa no dia 16 de outubro.....	49
Figura 30- Rotas calculadas pelo VRP Solver no dia 17 de outubro	50
Figura 31- Rotas realizadas pela empresa no dia 17 de outubro.....	50
Figura 32- Rotas calculadas pelo VRP Solver no dia 19 de dezembro.....	51
Figura 33- Rotas realizadas pela empresa no dia 19 de dezembro	51
Figura 34- Rotas calculadas pelo VRP Solver no dia 11 de outubro	52
Figura 35- Rotas calculadas pela empresa no dia 11 de outubro	52
Figura 36- Rotas calculadas pelo VRP Solver no dia 9 de novembro	53
Figura 37- Rotas realizadas pela empresa no dia 9 de novembro	53

Lista de Tabelas

Tabela 1- Produtos fabricados na Racentro.....	6
Tabela 2- Características dos motoristas e da frota da Racentro S.A.	7
Tabela 3- Sugestões de combate à escassez de motoristas	10
Tabela 4- Distribuição mensal do número de visitas.....	18
Tabela 5- Fornecimento por visita.....	18
Tabela 6- Distribuição do fornecimento mensal	19
Tabela 7- Gestão da assiduidade de um motorista	20
Tabela 8- Matriz de distâncias (em km).....	33
Tabela 9- Matriz de poupanças	34
Tabela 10- Restrições do VRP <i>Solver</i>	41
Tabela 11- Algoritmo LNS	41
Tabela 12- Quilómetros efetuados pela empresa e os calculados pelo <i>software</i>	47
Tabela 13- Clientes do dia 16 de outubro.....	55
Tabela 14- Matriz de poupanças do dia 16 de outubro.....	55
Tabela 15- Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 16 de outubro.....	56
Tabela 16- Localizações dos clientes identificados para o dia 17 de outubro	56
Tabela 17- Matriz de poupanças do dia 17 de outubro.....	57
Tabela 18- Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 17 de outubro	57
Tabela 19- Clientes do dia 26 de outubro.....	58
Tabela 20- Matriz de poupanças do dia 26 de outubro.....	58
Tabela 21- Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 26 de outubro	59
Tabela 22- Clientes do dia 29 de outubro.....	59
Tabela 23- Matriz de poupanças do dia 29 de outubro.....	60
Tabela 24- Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 29 de outubro	60
Tabela 25- Clientes do dia 14 de novembro.....	61
Tabela 26- Matriz de poupanças do dia 14 de novembro.....	61
Tabela 27- Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 14 de novembro	62
Tabela 28- Localidades dos clientes do dia 18 de dezembro.....	62

Tabela 29- Matriz de poupanças do dia 18 de dezembro.....	63
Tabela 30- Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 18 de dezembro	63
Tabela 31- Quilómetros obtidos pela empresa, VRP Solver e heurística de Clarke & Wright.....	64

Lista de Siglas e Acrónimos

VRP	Problema de Rotas de Veículos (<i>Vehicle Rountig Problem</i>)
EMM	<i>Easy Map Maker</i>
TSP	Problema do caixeiro viajante (<i>Traveling salesman problem</i>)
CVRP	Problema de planeamento de rotas com capacidade (<i>Capacited Vehicle Rountig Problem</i>)
VRPB	Problema de planeamento de rotas com dois tipos de clientes (<i>Vehicle Rountig with backhauls</i>)
VRPTW	Problema de planeamento de rotas com janelas temporais (<i>Vehicle Rountig Problem with time Windows</i>)
VRPPD	Problema de planeamento de rotas com entregas e recolhas (<i>Vehicle Rountig Problem with Pickups and Deleveries</i>)
VRPBTW	Problema de planeamento de rotas com dois tipos de clientes e janelas temporais (<i>Vehicle Rountig Problem with Backhauls and Time Windows</i>)
VRPPDTW	Problema de planeamento de rotas com entregas e recolhas e janelas temporais (<i>Vehicle Rountig Problem with Pickups, Deliveries and Time Windows</i>)
DVRP	Problema de planeamento de rotas dinâmico (<i>Vehicle Rountig Problem dynamic</i>)
MTVRP	Problema de planeamento de rotas com múltiplas viagens (<i>Vehicle Rountig Problem with multiple tips</i>)
MDVRP	Problema de planeamento de rotas com múltiplos depósitos (<i>Multi-depot vehicle routing problem</i>)
VRPMVT	Problema de planeamento de rotas com vários tipos de veículos (<i>Multi-vehicles routing problem</i>)
OVP	Problema de planeamento de rotas aberto (<i>Open Vehicle Rountig Problem</i>)
MCV	Problema de planeamento de rotas com veículos com múltiplos compartimentos (<i>Multi - Compartment Vehicle Routing Problem</i>)

1. Introdução

“Os transportes não só são essenciais à competitividade da nossa economia como às nossas trocas comerciais, económicas e culturais.”

(Palacio, 2001, p.2)

O presente trabalho enquadra-se na opção de estágio do Mestrado em Gestão. No terceiro semestre do curso escolhi a opção de Estágio Curricular, não só para alargar os meus conhecimentos profissionais, como também para aplicar os saberes e competências adquiridos ao longo da minha formação académica. O contacto com a realidade empresarial e a confrontação com situações reais de trabalho são práticas usuais num estágio curricular, motivo este que impulsionou a minha escolha.

Ao longo dos anos, o sector dos transportes sofreu uma grande evolução. Atualmente assumem um papel preponderante na economia local e global e contribuem para o aumento da competitividade no mercado. A eficiência neste setor influencia de forma direta e indireta os restantes setores. Os transportes são considerados um elemento chave nas cadeias de abastecimentos que suportam a economia pois são responsáveis pela resposta à procura dos clientes, cada vez mais exigentes em termos de tempo, variedade e qualidade. Neste sentido, são um fator de competitividade pois têm como principal função a deslocação dos produtos a partir de um ponto de origem até ao ponto de consumo, respondendo assim às necessidades dos consumidores. A minimização dos custos totais é um dos objetivos essenciais do processo de transporte.

Para garantir a eficiência do processo de distribuição, é importante recorrer a uma otimização dos recursos utilizados no transporte e na gestão de frota. Neste sentido, os problemas de planeamento de rotas de veículos (VRP) são, usualmente, associados a processos de otimização de recursos utilizados no transporte. O VRP tem sido amplamente estudado e investigado. Dantzig & Ramser, (1959) e Clarke & Wright, (1964) apresentam-se como os pioneiros investigadores do VRP. Posteriormente, foram estudadas outras variantes do problema VRP (ver Fisher, 1995; Laporte, 1992): o VRP com capacidade, VRP com janelas temporais, VRP dinâmico e VRP com múltiplas viagens. No entanto, o estudo realizado em 1964 por Clarke & Wright continua a ser o pilar no estudo do problema do

planeamento de rotas de veículos. O objetivo principal do VRP é a determinação de uma rota que tenha início num depósito e passe por todos os clientes respondendo à sua procura e minimizando os custos de transporte.

Com o objetivo de otimizar a frota e, por consequência, as rotas, este relatório de estágio, pretende abordar a possibilidade de reduzir custos associados a todo o processo de distribuição na empresa Racentro S.A, nunca pondo em causa a entrega atempada aos diversos clientes.

O presente relatório está organizado em cinco capítulos. Após a Introdução, o segundo capítulo apresenta o local do estágio, uma breve caracterização da instituição e do grupo onde está inserida. São também enumerados os objetivos do estágio curricular e um resumo das várias atividades desenvolvidas, onde são salientadas algumas sugestões de melhoria e uma breve análise crítica.

No terceiro capítulo é abordado o enquadramento teórico bem como os conceitos relativos ao tema principal deste relatório: o problema de rotas de veículos. O quarto capítulo, contém um estudo empírico aplicada à empresa, onde se aplica o *software* VRP *Solver* de Erdoğan, (2017) e a heurística de Clarke & Wright (1964). No último capítulo apresentam-se as conclusões de todo o trabalho de pesquisa e desenvolvimento, salientando os contributos do mesmo, finalizando com algumas limitações do estudo e sugestões para futuras investigações.

2. Caracterização da Entidade de Acolhimento

Neste capítulo é descrito o estágio curricular realizado no Mestrado em Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, que decorreu desde 17 de setembro de 2018 a 11 de janeiro de 2019, contabilizando um total de 640 horas. É apresentado o local de estágio, com uma breve caracterização da empresa e do grupo a que pertence, os objetivos do mesmo, as atividades desenvolvidas e, por fim, uma análise às mesmas, bem como sugestões para os problemas detetados.

O estágio curricular foi realizado na Racentro S.A., empresa pertencente ao grupo Lusiaves. Este grupo empresarial está diretamente ligado à criação e produção avícola e tem como principais atividades a produção de milho, a produção de alimentos compostos para animais, o abate de aves, a transformação de produtos alimentares entre outras.

Fundada a 14 do mês de abril de 1986, a Lusiaves, cujo logótipo é apresentado na Figura 1, começou como apenas um pequeno centro de abate de frangos e evoluiu ao longo dos anos para uma notável rede de distribuição e comercialização de produtos alimentares. Com uma estrutura vertical bem definida, têm sido introduzidos fatores de competitividade, o que levou a empresa a ganhar uma grande vantagem a este nível. A produção de produtos de qualidade a preços competitivos, a permanente inovação, os sucessivos e constantes investimentos e desenvolvimento de formação contínua são fatores que dão origem à excelência do desempenho do grupo. Aliado a um crescimento sustentável e acompanhando os desejos e necessidades dos clientes são proporcionados melhores serviços e produtos que viabilizam a geração de valor e a criação de riqueza (Grupo Lusiaves, 2018a).

Até ao final de 2016, o grupo Lusiaves conseguiu valorizar 97% dos resíduos que produziu durante esse ano e conduzir 400 toneladas de cartão e plástico para reciclagem. Tal valorização, permite ainda contribuir para a preservação dos recursos naturais e, consequentemente, para a redução do impacto ambiental inerente à atividade. A qualidade e segurança alimentar foi sempre uma constante no crescimento, tanto a nível social como ambiental (Grupo Lusiaves, 2018a).



Figura 1- Logotipo do grupo Lusiaves

Atualmente, a Lusiaves conta com mais de 1500 postos de trabalho diretos gerando mais de 2000 postos de trabalho indiretos nos seus produtores. Com exportações para quatro continentes, com a utilização de mais de 20000 painéis voltaicos, com mais de 400 milhões de euros de faturação e com mais de 475 milhões de euros em investimento a empresa alcançou dois prémios “Fazemos bem” e um prémio empreendedor. Com um forte impacto alimentar, o grupo Lusiaves é um dos grupos económicos com uma das maiores frotas de veículos elétricos e híbridos a nível nacional (Grupo Lusiaves, 2018b).

Missão, visão e valores

O grupo Lusiaves S.A. tem como principal missão produzir e oferecer o melhor serviço aos seus clientes passando pela criação de produtos inovadores, com elevada qualidade. Tanto a preservação do meio ambiente como a presença de valores éticos, são imperativos deste grupo, que tem sempre aliado a responsabilidade social.

Noutra dimensão, a visão do grupo tem como principal desígnio tornar-se uma empresa de referência no setor avícola bem como ser reconhecida como uma empresa que aposta frequentemente no desenvolvimento e na inovação.

Os valores presentes neste grupo são diversos, passando pela ética onde a forma de pensar e agir remete à transparência bem como à qualidade, inovação e foco no cliente no qual o acompanhamento das necessidades dos clientes é realizado de modo a lhes proporcionar os melhores produtos e serviços (Grupo Lusiaves, 2018d).

Tanto a empresa Lusifrota como a Racentro detêm 100% de participações sociais do grupo Lusiaves, conforme visível na Figura 2.

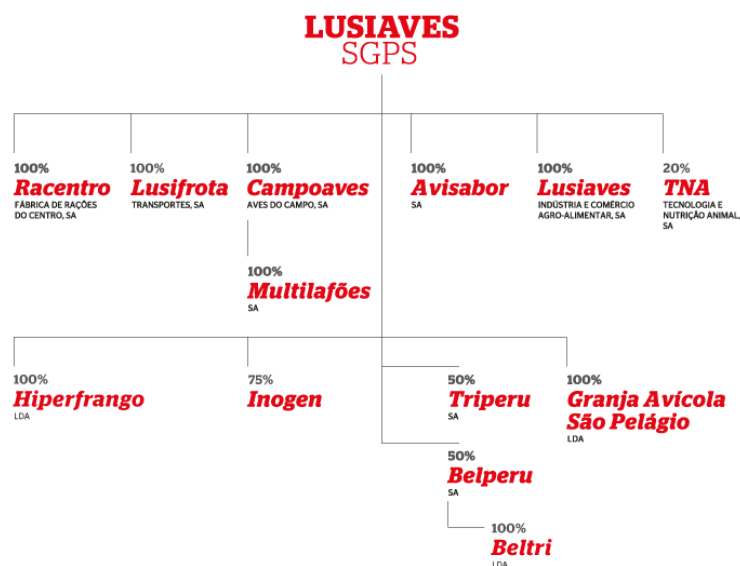


Figura 2- Sociedade Gestora de Participações Sociais do Grupo Lusiaves

Enquanto estrutura empresarial integrada no grupo Lusiaves, a Racentro S.A. cujo logotipo é visível na Figura 3, responsabiliza-se pela produção e distribuição de diversos tipos de rações e cereais, conforme Tabela 1. É uma empresa cujos objetivos e principais funções são a produção de ração animal e a sua distribuição, tanto dentro do grupo Lusiaves como para o exterior: o mercado livre.

O mercado livre tem como principais clientes comerciantes regionais, pequenos produtores e ainda clientes que compram ração para uso doméstico. A utilização de matérias primas criteriosamente selecionadas, permite ainda que a marca Racentro seja vista como um sinónimo de qualidade (Grupo Lusiaves, 2018c).



Figura 3- Logotipo da entidade empresarial Racentro

Tabela 1- Produtos fabricados na Racentro

-
- ração para galinhas;
 - ração para pintos;
 - ração para coelhos;
 - ração para frangos;
 - ração para porcos/porcas;
 - ração para codornizes;
 - ração para aves de caça;
 - ração para vitelos e leitões;
 - ração para cavalos;
 - milho/milho triturado, trigo e sêmea.
-

Esta instituição, em parceria com a Lusifrota, empresa que atua no sector do transporte de produtos alimentares, tem disponíveis 78 viaturas para a distribuição de ração e cereal das quais:

- 39 são viaturas cujo peso máximo transportado não pode ultrapassar as nove toneladas por eixo, o que corresponde a um peso máximo de transporte de 27 toneladas;
- 34 transportam quantidades inferiores a 27 toneladas;
- 5 viaturas são responsáveis pelo transporte de ração em sacos.

As 78 viaturas compreendem viaturas de semirreboque (trator com galera) e viaturas sem-fim (ideais para o transporte e descarga de produtos a granel).

Sendo uma unidade fabril cuja produção agroalimentar mensal é a mais elevada a nível nacional, a Racentro integra 95 motoristas para garantir a qualidade do serviço de entrega aos clientes. A Tabela 2 apresenta, sucintamente, algumas características dos motoristas disponíveis na empresa e da frota.

Tabela 2- Características dos motoristas e da frota da Racentro S.A.

Motoristas	Viaturas
<ul style="list-style-type: none">• o motorista de maior idade na empresa tem 66 anos e o mais novo 25;• a idade média dos condutores varia entre os 40 e os 54 anos;• apenas seis motoristas não possuem carta de semirreboque.	<ul style="list-style-type: none">• 31 transportam cereal (o peso máximo de transporte são vinte e sete toneladas);• 16 transportam ração (o peso máximo de transporte são vinte e sete toneladas);• 25 são viaturas mistas;• 5 viaturas estão encarregues do transporte de ração em sacos (carga geral) cujo o peso do transporte varia entre as 5,9 e as 30 ton.;• 1 viatura está responsável pelo transporte de gordura (cisterna);

A Racentro dispõe de duas formas diferentes de distribuição: a granel e em sacos. Para as duas formas de distribuição, a empresa fabrica e transporta o mesmo tipo de ração e cereais, visíveis na Tabela 1 acima ilustrada.

O planeamento de rotas difere consoante a forma de distribuição. O transporte a granel representa a grande maioria da percentagem da receita anual da empresa. O planeamento de rotas desta forma de distribuição é realizado no gabinete de logística. Este gabinete é composto por cinco elementos:

- um gestor de tráfego;
- duas pessoas responsáveis pela criação de cargas de ração e cereais;
- um gestor de frota;
- um responsável pela atribuição das cargas às viaturas.

Após serem criadas as cargas correspondentes às quantidades de ração e de cereal, solicitadas pelos clientes, o responsável pela atribuição das cargas a granel afeta os diversos clientes às viaturas disponíveis tendo em consideração as características de cada viatura (peso máximo) e de cada cliente (diferentes acessos, localizações e quantidade requerida).

Tal como no processo de distribuição a granel, o planeamento de rotas de distribuição em sacos também dispõe de uma pessoa responsável por, principalmente, identificar quais os clientes que são incorporados nas rotas. No entanto, este responsável não incorpora o gabinete de logística, mas sim o armazém de ração em sacos. Através do programa

*LogisPlan*¹, conforme as quantidades solicitadas pelos clientes e as localizações dos mesmos são definidas as rotas a realizar nos dias seguintes.

Adicionalmente, esta empresa permite também a aquisição e compra de ração e cereais por via de compra direta. Não obstante, estes clientes não requerem o transporte e distribuição. Os denominados “clientes de balcão” dirigem-se à fábrica e compram a quantidade de ração e cereais pretendidos em sacos, que transportam diretamente.

2.1. Atividades desenvolvidas

O estágio curricular na empresa Racentro S.A. teve como objetivo a aquisição e aprofundamento de conhecimentos, práticas e competências profissionais. O estágio desenvolvido possibilitou a aplicação de conhecimentos e competências adquiridos ao longo do ciclo de estudos.

Depois de um primeiro contacto e integração na empresa, onde fui apresentada aos colaboradores e tive a oportunidade de conhecer as instalações e o objetivo central da instituição, comecei a desenvolver o meu trabalho no departamento de logística. Neste departamento desenvolvi atividades no âmbito da gestão de stocks, do aprovisionamento de matérias primas, da gestão de frota e do planeamento de rotas. Foram-me ainda facultadas duas formações ao longo dos quatro meses de estágio. Uma referente à segurança no trabalho e outra relacionada com o novo sistema de condução presente nas novas viaturas Scania.

Relativamente à gestão de stocks e ao aprovisionamento de matérias primas, controlei, semanalmente, o nível de cereais disponíveis nos registos da empresa e identifiquei as viaturas e os dias disponíveis para o devido transporte e o respetivo aprovisionamento, respetivamente. A gestão de frota e o problema de rotas foram as áreas em que desenvolvi mais atividades. Relativamente à gestão de frota realizei as seguintes atividades:

- análise da rotatividade de motoristas;
- assegurar a entrega da carga diária ao motorista;
- gestão diária da frota;
- redação das “declarações de atividade”;
- análise e comparação de rotas;

¹ Programa criado pelo Administrador da empresa cujo objetivo é essencial para a alocação de cargas às viaturas, para a visualização e alteração da disponibilidade de cada motorista, para o conhecimento do nível de cereais, entre outros inúmeros benefícios diretamente ligados à empresa.

-
- gestão do tempo efetivo da função de motorista.

Em relação ao planeamento de rotas de veículos realizei uma análise e acompanhamento da entrega de ração em sacos, tendo em vista a sua rentabilidade.

Desenvolvi ainda outras atividades com carácter mais pontual, nomeadamente, a realização de contactos telefónicos ou pessoais com os motoristas, com o intuito de aumentar a rentabilidade da frota em dias excecionais (e.g. feriados e épocas festivas), a verificação da entrega de EPI's (equipamentos de proteção individual) e a realização de estudos pontuais a pedido do meu supervisor ou a pedido do gestor de tráfego.

2.1.1. Análise da rotatividade de motoristas

No contexto da empresa, por rotatividade entende-se como a diversidade da afetação diária dos motoristas às viaturas disponíveis na empresa.

Os custos associados à rotatividade e à substituição de motoristas são elevados. A crescente dificuldade de responsabilização de atos (e.g. gestão danosa da viatura e ocorrências não participadas) e de afetação de motoristas a viaturas são algumas das consequências identificadas a esta função presente na empresa.

Tal como referido anteriormente, a Racentro em parceria com a empresa Lusifrota, tem disponível um elevado número de viaturas diversas para responder à procura dos clientes. Neste seguimento, foi-me pedido que realizasse um estudo relativo à rotatividade de motoristas.

Para analisar a rotatividade na Racentro, utilizei informação proveniente do programa Logística Racentro/*Logisplan*, onde é possível identificar o motorista de cada viatura em cada momento de tempo. Através de uma folha de *Excel*, criei uma tabela na qual são identificadas todas as viaturas disponíveis na empresa e o seu motorista habitual. Diariamente, preenchi a folha e registei as viaturas que foram utilizadas e quais os motoristas responsáveis. Se um motorista tivesse utilizado uma viatura que não a sua habitual, procurava justificar esta alteração. Os motivos principais de uma afetação que não a habitual são, essencialmente técnicos e mecânicos, ou ainda motivos legais (obrigatoriedade de folgas, pedidos de férias ou baixas inesperadas). Esta atividade permitiu à empresa, e a mim própria, conhecer a dimensão da rotatividade existente e que rotações podiam ter sido evitadas.

Após dois meses da análise, foi visível que a empresa já tentava praticar uma afetação habitual entre motoristas e viaturas, que visava reduzir a rotatividade. A necessidade de atribuir folgas e férias são funções que influenciam o planeamento da frota e a sua eficiência uma vez que, a sua atribuição inadequada pode pôr em causa a distribuição e transporte atempado de ração. Esta atividade evidenciou também a falta de motoristas presentes na empresa visto que, diariamente, em média não são utilizadas quatro viaturas. Deste modo, a capacidade da empresa dar resposta à crescente procura existente torna-se problemática pois a frota não é utilizada na sua totalidade e a resposta aos clientes pode ser posta em causa.

De modo a otimizar a utilização da frota, a empresa deveria possuir mais motoristas. No entanto, a contratação de motoristas é um dos principais problemas presentes nas empresas de transportes. Um número reduzido de motoristas limita a capacidade da empresa acompanhar a crescente procura. Com 78 viaturas disponíveis e apenas 95 motoristas integrados na empresa, a frota não é rentabilizada, uma vez que cerca de 30 motoristas trabalham por turnos.

Assim, e apesar de não haver uma solução única para este problema, idealizei um conjunto de iniciativas que podem minimizar a escassez de motoristas. A Tabela 3, contém algumas sugestões para a divulgação, aquisição e manutenção de novos motoristas.

Tabela 3- Sugestões de combate à escassez de motoristas

Medidas	Implementações
<ul style="list-style-type: none"> realizar parcerias com escolas de condução; 	<ul style="list-style-type: none"> e.g. após a conclusão da carta de condução de viaturas de pesados assegurar emprego na empresa;
<ul style="list-style-type: none"> melhorar as condições de trabalho; 	<ul style="list-style-type: none"> e.g. acesso a serviços sociais e médicos, maiores períodos de descanso. Acompanhamento frequente de medidas de saúde e de desporto;
<ul style="list-style-type: none"> aumentar a participação de mulheres no mercado de trabalho; 	<ul style="list-style-type: none"> necessidade de criar uma política de recrutamento mais aberta e inclusiva de modo a atrair mulheres para a função de motorista;
<ul style="list-style-type: none"> aumentar a publicidade. 	<ul style="list-style-type: none"> envolver meios de comunicação e plataformas sociais com o objetivo de tornar mais vasto o conhecimento relativo a ofertas de emprego de motoristas de pesados.

As sugestões presentes na tabela acima estão relacionadas, principalmente, com as condições de trabalho e com a natureza do mesmo. No entanto, a individualidade de cada motorista condiciona a forma de como cada um atua numa empresa. Aspetos inerentes a cada motorista, relativamente à valorização salarial, à valorização médica ou à inserção num mercado de trabalho igualitário são valores que diferem de motorista para motorista.

2.1.2. Gestão diária da frota

A gestão da frota é uma das principais atividades da empresa Racentro. Esta função consiste na afetação diária de um motorista a uma viatura.

Neste seguimento, foi-me dada a autonomia para, através do programa *Logisplan*, identificar o motorista que deveria ser afetado a cada viatura. Apesar de grande parte das viaturas já terem um motorista habitual, existem cerca de 15 que são utilizadas para a realização de turnos. Para estas viaturas é necessário que seja feita uma afetação diária correspondente ao turno de cada motorista. Existem ainda viaturas que não têm afetado nenhum motorista habitual. Nestes casos, foi também necessário atribuir a cada motorista uma viatura, tendo sempre em atenção as habilitações de condução de cada um.

Diariamente, a pontualidade foi um aspeto importante que esteve presente nesta atividade, pois quanto mais breve fosse a atribuição dos motoristas às viaturas, mais rápida seria a atribuição de cargas às mesmas.

Na realização desta atividade notei algumas componentes que julgo serem benéficas para a gestão de frota e, futuramente, para a redação das declarações de atividade abordada na secção 2.1.3. O gestor de tráfego e o gabinete de logística deveriam ter acesso antecipado a informações pertinentes que influenciam o processo logístico e o respetivo transporte de ração. O conhecimento prévio das viaturas que necessitam de ir à oficina ou que se encontram avariadas, bem como os motoristas que necessitem obrigatoriamente de não conduzir, são informações que influenciam a gestão da frota e o bom funcionamento da atividade de transporte da empresa. Com a necessidade diária de atribuição de motoristas a viaturas, seria benéfico a empresa ter, para cada viatura, um motorista suplente, garantindo a simplicidade e eficácia deste processo.

2.1.3. Redação das declarações de atividade

Outra atividade iniciada a partir de meados de outubro foi a redação das declarações de atividade dos motoristas. Estes documentos consistem num documento de *Excel* no qual é

declarado o tempo em que um motorista não praticou a atividade de condução. Esta declaração foi redigida em três casos específicos: quando o motorista esteve de folga/baixa, quando usufruiu de dias de férias ou quando realizou trabalhos que não a condução. Nos primeiros dias, o gestor de tráfego identificava os motoristas e os respetivos dias que tinham de ser declarados, mas após algum tempo tive a autonomia para identificar quais os motoristas que precisavam de declarações, quais os dias a declarar e o motivo.

Tanto esta atividade como a atividade descrita na secção anterior dispõem de um peso importante para a gestão e eficiência da frota e, posteriormente, para a organização de todo o gabinete de logística.

2.1.4. Análise comparativa de rotas

A definição de uma rota está relacionada com os objetivos presentes numa empresa num determinado momento (e.g. a distância percorrida ser a menor ou a quantidade transportada ser a máxima possível). No entanto, existem limitações no momento do planeamento de rotas que devem ser respeitadas. A nível interno, o número de viaturas disponíveis, a capacidade de cada veículo e o número de colaboradores são fatores que devem ser considerados como fatores condicionantes do planeamento de rotas. Por outro lado, ao nível externo à empresa, os acessos aos clientes é também uma restrição que a empresa tem de ter em consideração. Na Racentro, o planeamento de rotas é uma função relevante e que condiciona a gestão da frota.

Foi-me solicitado que analisasse as rotas de duas viaturas em quatro dias específicos (dia 15, 16, 17 e 18 de outubro de 2018) com o objetivo de comparar as distâncias percorridas pelas viaturas.

Uma das viaturas visitou um cliente localizado em Vendas Novas e a outra viatura visitou dois clientes: um localizado em Mafra e outro em Rio Maior. Realizei um ensaio no qual comparei duas rotas: mesmos locais a serem visitados, mas por ordens diferentes. Num dia habitual, as duas viaturas partem de Corroios, vão carregar à Racentro, vão descarregar aos respetivos clientes, passam na Tagol (companhia de Oleaginosas) e retornam para o ponto de origem, Corroios. Na nova rota desenvolvida (sugerida pelo gestor de tráfego), as viaturas têm o mesmo ponto de origem, Corroios, mas vão diretos à Tagol. Posteriormente, passam na Racentro, onde carregam, e de seguida abastecem os respetivos clientes. Por fim, tal como na rota habitual regressam à origem. A única diferença é a ordem de visita à Tagol.

As Figura 4 e 5 apresentam as duas rotas realizadas por uma das viaturas. A rota habitual é exibida na Figura 4 a nova rota é apresentada na Figura 5.

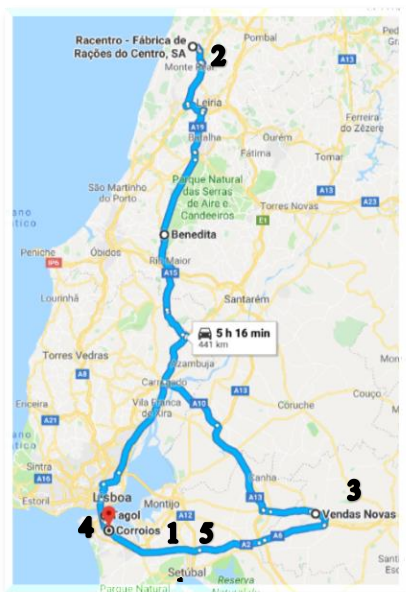


Figura 5- Rota habitual

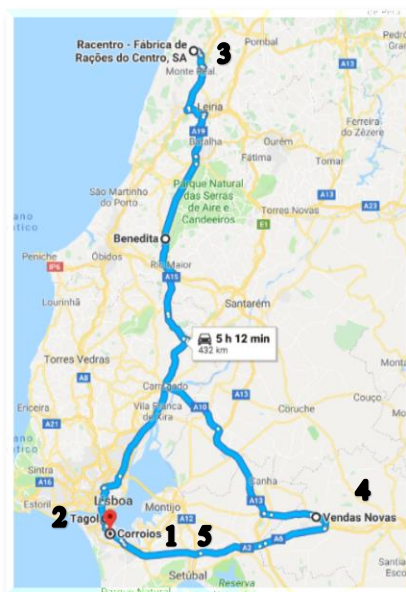


Figura 4- Nova rota

Fonte: Google Maps

Apesar de só serem exibidas duas imagens que demonstram uma poupança de nove quilómetros com a nova rota, no final da análise ao conjuntos dos quatro dias e, considerando as duas viaturas, foram reduzidos, em média, dez quilómetros. Este estudo foi apresentado à supervisora e ao gestor de tráfego e, após análise, a nova rota exibida na Figura 5 passou a ser a rota praticada pela empresa.

No caso acima exposto e analisado, os custos de transporte foram reduzidos com a utilização de uma nova rota. Deste modo, constatei que uma nova análise e abordagem ao planeamento e gestão de rotas pode ser importante na prossecução dos objetivos da empresa: satisfação dos clientes aliado a uma redução dos custos de transporte.

2.1.5. Análise do transporte de ração em sacos

A Racentro para além da distribuição de ração a granel, transporta ração em sacos para diversos clientes distribuídos pelo país. A pedido da empresa, realizei um estudo das vendas e do transporte de ração e cereais em sacos no mês de setembro. A Figura 6 ilustra os tipos de ração, em sacos, mais vendidos na empresa nesse mês. A denominação dos produtos identificados na Figura 6 está relacionada com a sua natureza.

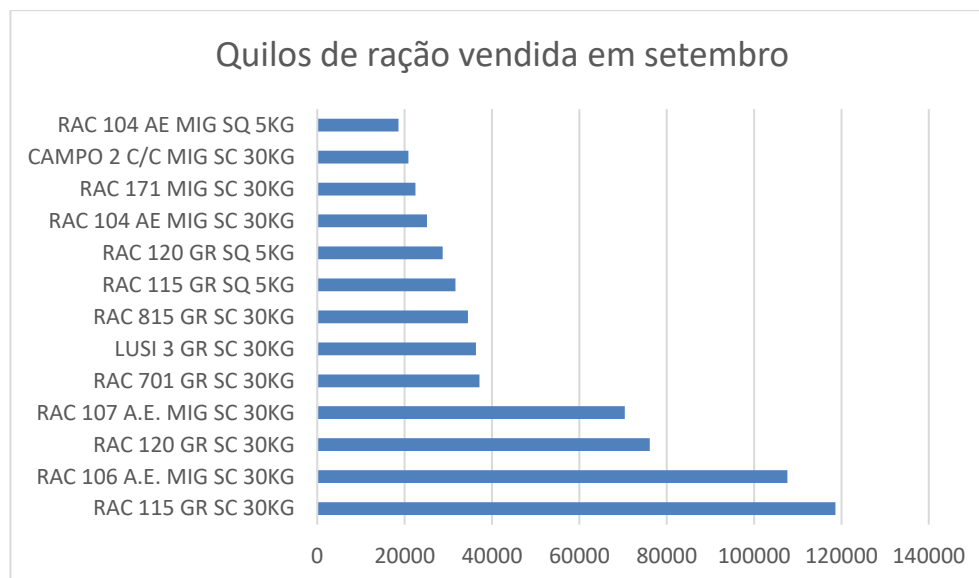


Figura 6- Quantidades de ração vendida em sacos no mês de setembro

O tipo de ração em sacos mais vendido no mês de setembro foi a RAC (ração) 115 GR (em grão) em SC 30 kg (saco de 30 kg). Esta ração 115 corresponde a um alimento para galinhas, tal como a ração 120. Por outro lado, a ração 106 e a ração 107 são destinadas a pintos. Na mesma figura é possível verificar que existe um tipo de ração com a denominação LUSI que se destina a frangos de procura industrial. A designação de ração para estes frangos pode ser de LUSI 0, LUSI 1, LUSI 2 ou LUSI 3, dependendo da idade (número de dias) do frango. A ração CAMPO 2 MIG (migalha) é a ração para frangos de campo. Os restantes tipos de produtos visíveis na figura são:

- ração para coelhos (RAC 701);
- ração para porcos (RAC 815);
- ração para codornizes (RAC 171).

É igualmente possível verificar que, para além da empresa transportar sacos de 30 e 25 quilos, transporta também saquetas de 5 quilos, denominadas por SQ 5 KG.

A Figura 7 ilustra os distritos para quais a empresa transportou mais ração em sacos no mês de setembro. É possível verificar que os distritos mais relevantes são Leiria Viseu e Coimbra.

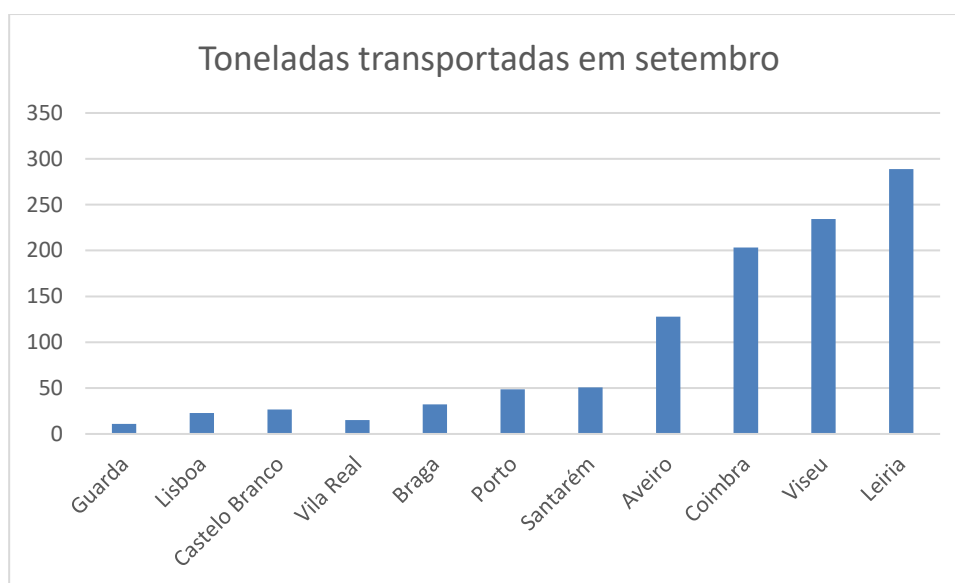


Figura 7- Toneladas transportadas por distrito

Para a Racentro o transporte e distribuição de ração em sacos corresponde a uma pequena percentagem da sua receita total. Neste sentido, para satisfazer as necessidades dos clientes que requisitam ração em sacos a empresa tem cinco viaturas disponíveis. Uma com capacidade máxima de 5,9 ton., duas que não podem exceder o transporte de 19,8 ton., uma com capacidade de 22 ton. e ainda uma viatura que pode transportar até 30 ton..

Com o intuito de conhecer melhor o mercado dos clientes referente à ração em sacos realizei um estudo no qual foi perceptível a dispersão/concentração dos clientes no território português. Através de informação incluída num ficheiro *Excel* que me foi facultado, criei um mapa *online* na plataforma *Easy Map Maker* (EMM) onde são visíveis os clientes de ração em sacos, consoante a sua quantidade adquirida. Esta análise é também referente ao mês de setembro do ano de 2018.

Deste modo, a Figura 8 expõe o mapa criado com a informação referente ao número do cliente, identificação, as unidades e as toneladas solicitadas. A localidade e o código postal são outras duas componentes presentes. A própria plataforma criou intervalos de pinos consoante as toneladas de cada cliente. O pino alusivo a cada cliente está identificado por uma cor:

- vermelho (quantidades entre 0,005 e 0,310 toneladas);
- azul (quantidades entre 0,360 e 1,080 toneladas);
- verde (quantidades entre 1,130 e 2,430 toneladas);

- amarelo (quantidades entre 2,520 e 4,430 toneladas);
- laranja (quantidades entre 4,770 e 8,760 toneladas);
- roxo (quantidades entre 9,030 e 12,845 toneladas);
- castanho (quantidades entre 14,100 e 42,112 toneladas).

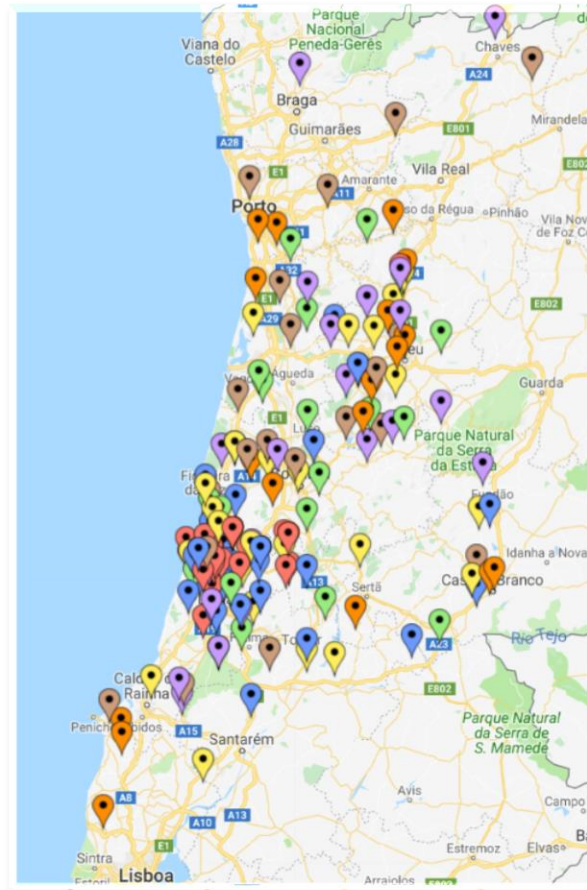


Figura 8- Mapa dos clientes de ração em saco do mês de setembro

Através das Figura 8 é perceptível que muitos clientes não encomendaram mais de 310 quilos no mês de setembro (aglomerado na zona de Leiria). Estes clientes, apesar de terem um consumo relativamente baixo estão situados num raio de 60 km do depósito, a Racentro, o que não acarreta custos elevados de transporte. É possível ainda verificar que existe uma grande concentração de clientes na zona de Leiria, Coimbra e Viseu. Castelo Branco e Aveiro, apesar de não evidenciarem uma concentração tão forte, possuem um número de clientes relativamente grande. A maior dispersão de clientes ocorre no norte de Portugal, onde são visíveis quatro pinos dispersos dos restantes. Numa análise mais detalhada, as Figuras 9 e a Figura 10 mostram casos particulares que merecem um atenção especial.

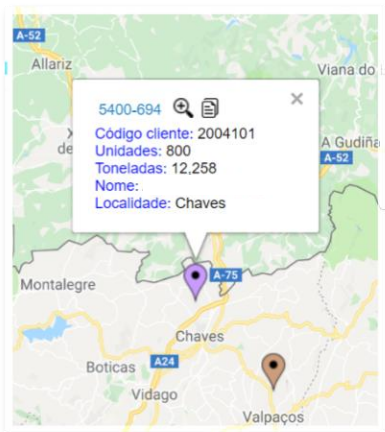


Figura 9- Cliente N° 2004101

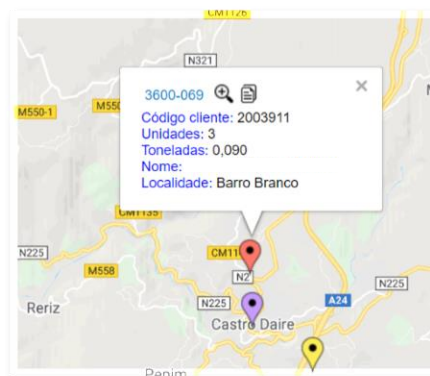


Figura 10- Cliente N°2003911

Na Figura 9 é visível que um cliente, situado em Chaves, tem um consumo mensal de cerca de doze toneladas. A distribuição de ração até este cliente, apesar de envolver mais custos de transporte, torna-se rentável na medida em que a quantidade procurada é elevada. Em contrapartida, a Figura 10 é um exemplo de um cliente que apenas tem como procura mensal 90 kg. Situado em Barro Branco, Castro Daire, a deslocação até este cliente acarreta elevados custos de transporte uma vez que havendo poucas quantidades expedidas é inviabilizada a obtenção de lucro.

Depois de exposta esta ocorrência à supervisora, o responsável pelo transporte de ração em sacos foi confrontado com a baixa quantidade de ração solicitada por este cliente. Verificou-o então que, efetivamente, a empresa não entrega esta quantidade de ração a este cliente, mas sim ao cliente visível no pino abaixo, situado em Castro Daire. De seguida, é o próprio cliente que se desloca desde Barro Branco a Castro Daire para ir levantar a sua encomenda.

Deste modo, e com o objetivo de reduzir custos sugeri a aplicação de duas restrições para aplicar no transporte de ração em sacos: 1) não transportar menos de oito sacos para cada cliente, de cada vez e 2) visitar um cliente no mínimo duas vezes por mês.

De facto, atualmente, a empresa pratica um transporte de no mínimo seis sacos para cada clientes. No entanto, na minha perspetiva e com base na seguinte informação, um aumento de seis para oito sacos mínimos transportados assegura a obtenção de maior lucro e reduz os custos de transporte associados.

A restrição 2), foi sugerida com base nas Tabelas 4, 5 e 6 e na Figura 11 expostas de seguida. Estas tabelas e figura são referentes à distribuição mensal do número de visitas, ao fornecimento em quilos por visita no mês de setembro e à distribuição do fornecimento mensal, respetivamente.

Tabela 4- Distribuição mensal do número de visitas

Nº Visitas ao cliente	% Clientes	% Acumulada
1	53,4	53,4
2	19,5	73,0
3	16,1	89,1
4	5,2	94,3
5	1,1	95,4
6	1,7	97,1
7	0,0	97,1
8	0,6	97,7
9	0,0	97,7
10	0,6	98,3
11	0,0	98,3
12	0,6	98,9
13	0,0	98,9
14	0,6	99,4
15	0,6	100,0

Com base na Tabela 4 é possível verificar que 73% dos clientes é visitado entre uma a duas vezes por mês, sendo 53,4% os clientes que apenas são visitados uma vez por mês e 19,5% os clientes que são visitados duas.

A Tabela 5 e a Figura 11 ilustram o fornecimento de ração/cereais pelo número de visitas ao cliente. No mês de setembro foram realizadas 367 entregas, com a distribuição (em quilos) apresentada na Figura 11. Assim, é possível verificar que em menos de 20% das visitas apenas foram fornecidos até 210 quilos.

Tabela 5- Fornecimento por visita

% acumulada	Fornecimento por visita
0-20	0-210
20-40	210-870
40-60	870-2100
60-80	2100-4010
80-100	>4010

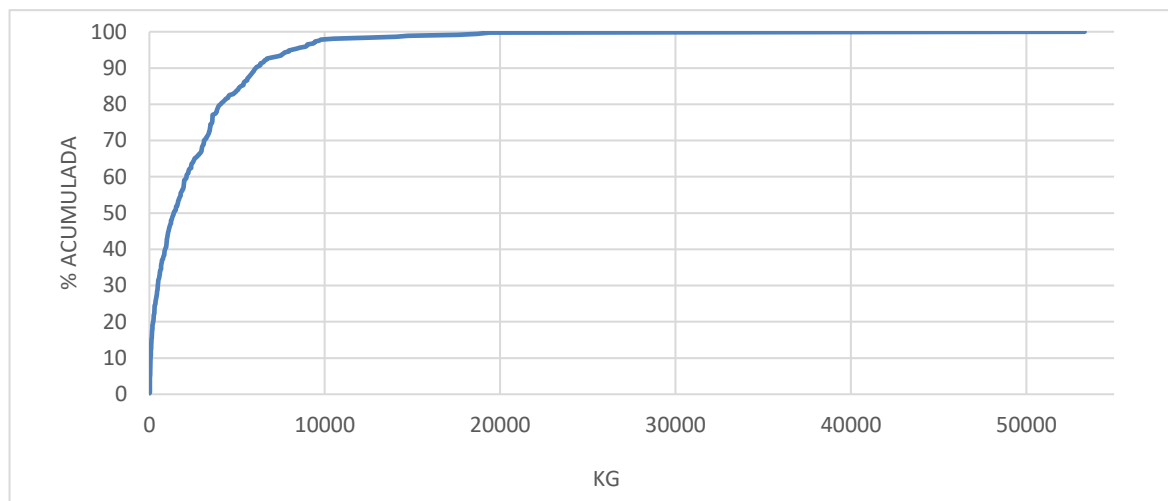


Figura 11- Fornecimento por visita

Mediante a Tabela 6 é possível verificar que quanto menor foi a quantidade de ração requerida maior foi a percentagem de clientes. Enquanto que 43,1% dos clientes adquiriram até 1000 quilos, apenas 1,1% dos clientes solicitaram mais de 40000 quilos.

Tabela 6- Distribuição do fornecimento mensal

Kg transportados no mês	% Clientes	% Acumulada
0-1000	43,1	43,1
1000-5000	28,7	71,8
5000-10000	14,9	86,8
10000-20000	7,5	94,3
20000-40000	4,6	98,9
>40000	1,1	100,0

Em suma, a sugestão de criar uma restrição de visitar um cliente no mínimo duas vezes por mês tem como objetivo aumentar as quantidades transportadas uma vez que foi observado que 43% dos clientes têm níveis de fornecimento de ração reduzidos, inferiores a 1000 quilos mensais (Tabela 6). De acordo com a informação recolhida na Tabela 5 entre 20 a 40% das visitas realizadas aos clientes foram transportados entre 210 a 870 quilos. Deste modo, e apesar da Tabela 4 ilustrar que mais de metade dos clientes apenas é visitado uma vez, a meu ver seria benéfico para a empresa deslocar-se no mínimo duas vezes até um cliente.

Assim, a implementação destas duas restrições permite uma redução dos custos de transporte associados. Apesar de existirem custos variáveis que não permitem prever o

impacto na atividade de distribuição, como os impostos ou o valor do combustível, os custos fixos na empresa podem ser reduzidos permitindo uma maior rentabilidade da frota.

2.1.6. Gestão de tempo efetivo da função de motorista

Com o objetivo de analisar a assiduidade na gestão da frota, a pedido do gestor de tráfego da Racentro, registei o tempo efetivo da função de motorista (hora de entrada e saída da empresa) das viaturas responsáveis pela entrega de ração em sacos. Esta análise foi feita no período de 24 do mês de setembro a 8 de outubro de 2018. Para além do registo da hora de entrada e de saída, analisei as horas em que cada motorista afetado à viatura tinha dado entrada e saída da empresa (através do leitor de impressões digitais localizado na entrada da empresa). Após comparação foi possível verificar que em média a diferença entre as horas de entrada das viaturas na empresa e as horas de saída dos motoristas afetados às viaturas foi de uma hora e quarenta minutos. A Tabela 7 ilustra a análise realizada a um motorista e à viatura utilizada.

Tabela 7- Gestão da assiduidade de um motorista

	Saída da viatura da Empresa	Entrada da viatura na Racentro	Entrada do motorista da viatura na empresa	Saída do motorista da viatura da Racentro	Diferenças registadas
24/09/2018	06:07	16:15	06:02	18:31	02:16
25/09/2018	06:07	18:34	06:00	20:06	01:32
26/09/2018	06:06	18:52	06:00	20:03	01:11
27/09/2018	06:06	19:53	06:01	20:26	00:33
28/09/2018	07:03	15:23	07:01	18:57	03:34
01/10/2018	06:07	20:17	06:01	20:40	00:23
02/10/2018	06:29	18:38	06:00	20:07	01:29
03/10/2018	06:07	18:53	06:01	20:21	01:28
04/10/2018	06:05	17:25	06:01	19:49	02:24
08/10/2018	06:03	17:45	05:58	19:37	01:52

Média da diferença de tempo = 01:40

O conhecimento da diferença de tempo registada é útil na medida em que novas alternativas são sugeridas com o objetivo reduzir o tempo em que um motorista não se encontra a conduzir, uma vez que todo o tempo é remunerado. Na maiorias das vezes, quando um motorista não está a desempenhar a sua função de condução está a ajudar na

carga de ração/cereais para o dia seguinte. Deste modo, a contratação de um ajudante de cargas e descargas (sugestão do gestor de tráfego) poderia atenuar esta diferença de tempo registada.

Apesar da Tabela 7 conter informação relativa a todos os dias em análise, não foi possível aceder às horas exatas de entrada e de saída das outras viaturas (cinco no total) e dos seus motoristas. Problemas técnicos intermitentes da plataforma *GPS* utilizada não permitiram a fidedignidade exigida para esta atividade. Este facto, fez com que não se avançasse com a análise uma vez que a falta de exatidão ía colocar em causa o estudo. No entanto, esta atividade e os dados provenientes da mesma foram analisados pelo gestor de tráfego da empresa e pela minha supervisora.

2.1.7. Outras atividades desenvolvidas

No decorrer do estágio realizei outras atividades de carácter pontual. De entre essas atividades destaco:

- a realização de contactos telefónicos ou pessoais com os motoristas, com o intuito de aumentar a rentabilidade da frota em dias excecionais (ex: feriados e épocas festivas). Em detalhe, a constante necessidade de melhorar a rentabilidade da frota requer que em dias “especiais”, os motoristas estejam a trabalhar e, assim tornem possível o transporte e posterior entrega de ração aos clientes. De modo a garantir o transporte em dias feriados ou em épocas festivas, como o Natal, realizei chamadas e contactos personalizados aos motoristas com o objetivo de explicar a importância do seu trabalho para a empresa relativamente a estes dias;
- a garantia da entrega de *EPI's* (equipamentos de proteção individual);
- a realização de estudos pontuais solicitados pelo meu supervisor, pelo gestor de tráfego e pelo gestor de frota. Um estudo que não foi referido anteriormente, consistiu na elaboração de uma folha de *Excel* na qual consta a informação dos fretes perdidos diariamente por cada viatura.

2.1.8. Contributos das atividades

Ao longo dos quatro meses de estágio, foi possível integrar a atividade numa empresa de transporte através da participação ativa em diversas atividades. A aplicação de conhecimentos adquiridos ao longo do meu ciclo de estudos foi uma constante ao longo

deste período. A partilha de conhecimentos, a aquisição de competências e a possibilidade de me testar diariamente foram situações presentes ao longo dos meses de estágio. Desde o primeiro dia, toda a instituição se mostrou, disponível para a colaboração e realização de todas as atividades.

A redução de custos foi um objetivo presente na resolução de todas as atividades. A análise aos custos de transporte associados à distribuição de ração foi o aspeto mais desenvolvido. A abordagem ao problema do planeamento de rotas de veículos foi outra questão central ao longo do estágio curricular uma vez que está diretamente ligado aos custos de transporte. Este aspeto será mais desenvolvido e estudado nos capítulos seguintes.

Sempre aliado ao objetivo central da empresa, a satisfação dos clientes a par da redução de custos apresentei algumas sugestões, conforme descrito na apresentação das atividades desenvolvidas.

3. Enquadramento teórico

Neste capítulo realiza-se um breve estudo sobre o Problema do Planeamento de Rotas- *Vehicle Routing Problem* (VRP) que serve de base ao desenvolvimento do capítulo 5 referente ao planeamento de rotas na Racentro S.A. A escolha deste tema surgiu no seio da empresa onde estagiei, uma vez que foi detetado como um problema de interesse no seguimento das atividades desenvolvidas.

Na visão de Powell & Topaloglu, (2002), a gestão da frota envolve o planeamento não só da mesma como de todos os equipamentos disponíveis para responder à procura dos clientes. Estes equipamentos têm de ter a capacidade de dar resposta às exigências dos consumidores. Kuhn & Sternbeck, (2013) reforçam a importância de um sistema de distribuição eficiente uma vez que representa cerca de 20% dos custos logísticos totais. A distribuição é uma das principais funções na logística envolvendo o fluxo de produtos de fábricas e dos centros de distribuição através da rede de transporte. Deste modo, o problema do planeamento de rotas é incorporado na gestão de frotas uma vez que, a resposta à procura dos clientes é um fator inerente ao planeamento das mesmas. Este problema, designado de VRP, é bastante estudado no contexto da gestão de distribuição.

Assim, este capítulo contém um breve introdução referente ao problema do planeamento de rotas de veículos. Posteriormente, são identificadas diversas variantes e procedimentos de resolução de VRP. Por fim, é explorado mais detalhadamente o estudo realizado por Erdoğan em (2017), base do trabalho empírico desenvolvido neste relatório. Problema de rotas de veículos

A construção de uma rota consiste na definição de caminhos nos quais são incorporados pontos dispersos, clientes (Carvalho, 2017).

O problema de rotas de veículos pretende encontrar o conjunto de rotas que simultaneamente minimiza o custo total e permite satisfazer a procura associada a cada cliente (Desaulniers, Lavigne, & Soumis, 1998; Laporte, 1992).

No planeamento de rotas assume-se, usualmente, que cada cliente deve ser visitado exatamente uma vez e por apenas um veículo. Adicionalmente, todas as rotas iniciam e terminam no mesmo depósito (ver Figura 12, adaptada de Carvalho, (2017)) (Laporte, 1992).

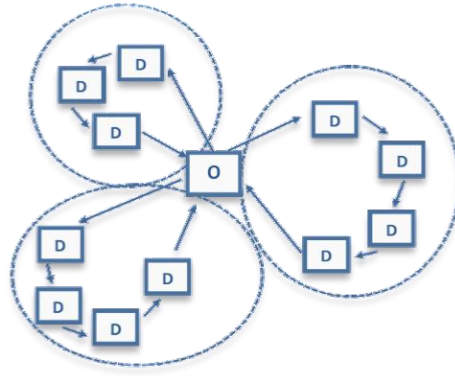


Figura 12-Problema de rotas

Outras restrições adicionais também podem, frequentemente, ser incluídas no planeamento de rotas:

- restrições de capacidade (CVRP, abordado na secção 3.2.2);
- limitações do número de cidades numa rota;
- restrições de tempo (DVRP, abordado na secção 3.2.8);
- janelas temporais (VRPTW, explorado na secção 3.2.3);
- relações de antecedência entre pares de cidades.

Na perspetiva de Yang, Mathur, & Ballou (2010), o VRP consiste na criação de rotas de entregas/recolhas de produtos onde os veículos partem apenas de um depósito e visitam um elevado número de pontos geograficamente dispersos. Frequentemente, em situações reais, um problema muito aplicável é o estocástico. De acordo com Gendreau, Laporte & Séguin, (1996) os problemas estocásticos surgem sempre que algum dos elementos do VRP, como a procura e os tempos de viagem, são aleatórios. Por outro lado, o problema determinístico assume que todas as variáveis são conhecidas. Estes problemas são consideravelmente distintos um do outro. As metodologias de solução do VRP estocástico são mais complexas.

No artigo de Laporte, (1992) é referenciado que muitos dos algoritmos heurísticos do VRP são provenientes de procedimentos associados ao TSP (problema do caixeiro viajante) - problema na génese do estudo do VRP. A heurística do vizinho mais próximo e da inserção mais próxima podem ser aplicados a variantes do VRP sem sofrerem muitas alterações. Contudo, ao aplicar estes procedimentos ao VRP é necessário garantir que apenas rotas viáveis são criadas.

O problema do caixeiro viajante consiste na definição de uma sequência de clientes a visitar numa rede. Cada cliente só pode ser visitado uma única vez e o caixeiro viajante deve regressar ao ponto de partida. A minimização dos custos totais (ou distâncias) é o objetivo principal deste problema.

Gendreau et al., (1996) abordaram várias variantes do problema do caixeiro viajante relacionadas, principalmente, com o modelo estocástico: o problema do caixeiro viajante com consumidores estocásticos e o problema do caixeiro viajante com tempos de viagens.

Este problema tem algumas características idênticas ao VRP, no entanto, tem subjacente apenas a utilização de um único veículo que visita um determinado número de clientes uma única vez (Carvalho, 2017).

3.1. Diferentes tipos de VRP

O problema de rotas de veículos engloba diversas variantes relacionadas com as características da cadeia de distribuição. Nesta seção, são descritas, sucintamente, algumas variantes do VRP:

- problema de rotas com capacidade (CVRP);
- problema de rotas com dois tipos de clientes (VRPB);
- problema de rotas com janelas temporais (VRPTW);
- problema de rotas com entregas e recolhas (VRPPD);
- problema de rotas com dois tipos de clientes e janelas temporais (VRPBTW);
- problema de rotas com recolhas, entregas e janelas temporais (VRPPDTW);
- problema de rotas dinâmico (DVRP);
- VRP com múltiplas viagens (MTVRP), múltiplos depósitos (MDVRP) e múltiplos veículos (VRPMVT);
- problema de rotas aberto (OVRP);
- problema de rotas com múltiplos compartimentos (MCV).

3.1.1. Problema de rotas com capacidade (CVRP)

Uma das variantes mais comuns do VRP é o problema de rotas com capacidade (CVRP). As procuras dos clientes são determinísticas e todos os clientes requerem determinadas entregas. Os veículos utilizados partem de um único depósito e têm uma capacidade limitada. Apenas restrições de capacidade são impostas (Toth & Vigo, 2002).

Neste problema pretende-se encontrar o custo mínimo das rotas onde as seguintes limitações devem ser respeitadas (Baldacci, Toth, & Vigo, 2010):

- cada rota tem de passar pela origem/depósito;
- cada cliente é visitado apenas uma vez;
- a soma das procuras dos clientes inseridos numa rota não pode exceder a capacidade máxima de carga da viatura.

Através da inclusão de mais restrições o CVRP apresenta diversas extensões. Um novo tipo de planeamento de rotas pode ser obtido apenas com a adição de uma nova restrição a este problema.

3.1.2. Problema de rotas com dois tipos de clientes (VRPB)

Segundo Toth & Vigo, (2002) este problema inclui os pontos de entrega onde os veículos entregam a quantidade pedida pelos clientes e os pontos de recolha onde os produtos são transportados de volta até o depósito. Este VRP inclui os clientes, que exigem uma determinada quantidade de produto entregue (tipo 1) e os clientes que exigem que uma determinada quantidade de produto seja recolhida (tipo 2). O VRPB consiste em encontrar um conjunto de circuitos com um custo mínimo, tal que:

- cada rota visita o depósito;
- cada cliente é visitado por precisamente uma rota;
- a procura total dos clientes visitados por uma rota não excede, separadamente, a capacidade máxima de cada veículo;
- em cada rota, os clientes com entregas precedem todos os clientes com recolhas.

O objetivo deste problema é minimizar o número de veículos e/ou a distância total de modo a responder às exigências de todos os clientes, sem violar a capacidade e as restrições. Tanto os clientes com recolhas, como os clientes com entregas devem ser, necessariamente, tidos em consideração no planeamento deste problema. Quando todos os clientes são do mesmo tipo (entregas ou recolhas) este problema reduz-se ao problema clássico de VRP (Thangiah, Potvin, & Sun, 1996).

3.1.3. Problema de rotas com entregas e recolhas (VRPPD)

Uma limitação que surge na aplicação do VRP é o facto de muitos clientes para além de desejarem que uma determinada quantidade seja entregue, requerem também que outra

quantidade seja recolhida no mesmo local e deslocada até ao depósito. Este problema é conhecido como VRP com entregas e recolhas (VRPPD) (Liong, Wan, Khairuddin, & Zirour, 2008).

Neste problema, a entrega e a recolha de produtos em cada cliente é realizado por apenas um único veículo e num determinado momento. Deste modo, o cliente só pode ser visitado uma única vez. É importante garantir que a quantidade de produtos que os clientes querem devolver não exceda a capacidade disponível do veículo uma vez que as quantidades recolhidas são entregues no mesmo depósito de onde foram expedidos os produtos solicitados pelos clientes.

Segundo Pisinger & Ropke, (2007) este problema pode ser dividido em dois problemas de capacidade de VRP (CVRP) independentes: um para entrega e outro para a recolha. Desde modo, alguns dos veículos disponíveis deviam ser destinados apenas para entregar produtos e outros para os recolher.

3.1.4. Problema de rotas com janelas temporais (VRPTW)

O problema de rotas de veículos com janelas temporais (VRPTW) é um problema importante presente em diversos sistemas de distribuição (Bräysy & Gendreau, 2005). Este problema é uma das extensões mais importantes do CVRP, pois envolve uma maior complexidade referente ao tempo de entrega permitido, ou seja, a existência de janelas temporais. Mais concretamente, o serviço ao cliente deve decorrer num período estabelecido, definido com início e fim (Desrochers, Desrosiers, & Solomon, 1992).

O objetivo deste problema é a otimização do uso da frota, nomeadamente, o número de paragens que um veículo faz para atender às necessidades dos clientes num intervalo de tempo previamente estabelecido (Liong et al., 2008).

3.1.5. Problema de rotas com dois tipos de clientes e janelas temporais (VRPBTW)

Uma variante do VRPB é o VRP com dois tipos de clientes e janelas temporais (VRPBTW). Neste problema, cada cliente deve ser atendido dentro de um espaço de tempo específico (janelas temporais). Os limites inferiores e superiores das janelas temporais definem a primeira e a última hora para o início do serviço no cliente. O veículo não está autorizado a iniciar o serviço depois do limite superior da janela temporal. Caso o veículo chegue a um cliente antes do limite inferior, este incorre num tempo de espera. Deste modo,

o tempo total do percurso de um veículo é a soma do tempo de viagem (que é proporcional à distância percorrida), do tempo de espera e do tempo de serviço (Thangiah et al., 1996).

Segundo Toth & Vigo, (2002) o VRPBTW é um caso de VRPB com a inclusão de janelas temporais. Assim, um dos objetivos deste problema consiste na definição de um conjunto de rotas onde o número de veículos é reduzido.

3.1.6. Problema de rotas com recolhas, entregas e janelas temporais (VRPPDTW)

Ropke & Pisinger, (2006) debruçaram-se, essencialmente, sobre a variante do VRP com problemas de recolhas, entregas e janelas temporais. Neste problema, duas janelas temporais são atribuídas a cada pedido: uma janela de tempo de recolha de produtos, que especifica quando as mercadorias podem ser recolhidas, e uma janela de tempo de entrega, que informa quando as mercadorias podem ser entregues. Os depósitos identificados neste problema não necessitam de ser os mesmos e diferentes veículos podem ter diferentes depósitos. Consequentemente, a cada veículo é atribuído um horário que indica a hora de quando o veículo deve sair da sua localização inicial e a hora da última chegada permitida na sua localização final. O objetivo deste problema é a minimização da soma ponderada destas três componentes:

- 1) a soma da distância percorrida pelos veículos;
- 2) a soma do tempo gasto por cada veículo;
- 3) o número de solicitações realizadas pelos clientes.

3.1.7. Problema de rotas dinâmico (DVRP)

Os avanços tecnológicos da informação e da comunicação permitem o processamento em tempo real do planeamento e gestão de rotas. Estes avanços têm influenciado as diversas vertentes do VRP, mais precisamente o carácter dinâmico associado a diversos fatores (Psaraftis, 1995):

- o planeamento de rotas eficiente de veículos torna-se cada vez mais importante na medida em que os mercados tendem a tornar-se cada vez mais competitivos;
- os cenários de distribuição em tempo real têm ganho cada vez mais impacto;
- o processamento de dados em tempo real é cada vez mais viável e acessível;
- os benefícios económicos obtidos através destes avanços poderão aumentar significativamente a eficiência dos sistemas logísticos.

Nesta variante do VRP, os pedidos dos clientes são revelados ao longo do tempo. Porém também podem ser conhecidos antecipadamente. A otimização do DVRP é utilizada nos dados já conhecidos dos clientes.

O plano de rotas só é reconfigurado quando um novo pedido ocorre, de modo a acomodar a novo solicitação. Este problema é designado de dinâmico precisamente porque a informação relativa aos pedidos dos clientes não é constante; alguns clientes são conhecidos antecipadamente e outros só são conhecidos ao longo do tempo. A grande diferença do VRP estático/clássico do VRP dinâmico está na existência de informações ao longo de todo o processo de otimização; no DVRP as informações podem ser alteradas ou adicionadas (Hanshar & Ombuki-Berman, 2007).

3.1.8. Problema de rotas com múltiplas viagens (MTVRP), múltiplos depósitos (MDVRP) e vários tipos de veículos (VRPMVT)

O problema de rotas com múltiplas viagens exige a determinação de um conjunto de viagens e a atribuição de cada viagem a um veículo, com o objetivo de minimizar os custos e satisfazer as seguintes condições (Cattaruzza, Feillet, & Absi, 2016):

- cada viagem começa e termina no depósito;
- cada cliente é visitado exatamente uma vez;
- a soma das procuras dos clientes em qualquer viagem não excede a capacidade de cada viatura;
- a soma das durações das viagens atribuídas ao mesmo veículo não excede o tempo limite até a viatura voltar ao depósito. Uma duração da viagem é a soma dos tempos de viagem nos arcos usados na viagem.

O problema MTVRP é uma extensão importante do conhecido problema de rotas de veículos uma vez que, neste modelo, os veículos podem realizar várias viagens num determinado período programado (Sen & Bülbül, 2008).

No estudo desenvolvido por Pisinger & Ropke (2007) é abordado o problema de rotas com múltiplos depósitos. Neste problema, cada cliente pode ver a sua procura respondida por um veículo afetado a qualquer um dos depósitos disponíveis. O modelo MDVRP é idêntico ao problema com apenas um depósito, exceto que, nesta versão, existe um conjunto de depósitos e de veículos utilizados para a obtenção da solução. Os veículos têm de ser atribuídos a um conjunto de viagens fixas e previamente calendarizadas, de modo a

minimizar o número de veículos utilizados e os custos associados (Desrosiers, Dumas, Solomon, & Soumis, 1995).

No artigo desenvolvido por Desaulniers et al., (1998) é considerado o problema de rotas com múltiplos depósitos e janelas temporais (MDVSPTW). Dado um conjunto de veículos localizados em vários depósitos e um conjunto de tarefas a serem realizadas dentro das suas janelas temporais definidas, o objetivo deste problema é definir um cronograma com a minimização dos custos inerentes a todas as tarefas.

O problema clássico de rotas de veículos com vários tipos de veículos (VRPMVT) é um problema cujo objetivo é determinar, simultaneamente, a composição e a rota de uma frota heterogénea de veículos para atender a um conjunto pré-especificado de clientes. Este problema, pode sofrer uma extensão quando são incluídas restrições de janelas temporais aos clientes e ao depósito. Deste modo, o VRPMVTW com múltiplos tipos de veículos e janelas temporais, pode ser uma generalização do modelo VRPMVT, mas também do modelo VRPTW (Liu & Shen, 1999).

3.1.9. Problema de rotas aberto (OVRP)

O problema do VRP aberto é muito semelhante ao problema de rotas com capacidade (CVRP). A diferença entre os dois problemas reside no facto de no OVRP os veículos não terem de voltar ao depósito. Assim, um OVRP pode ser resolvido como um CVRP assimétrico, definindo distâncias e tempos de viagem de cada cliente para o depósito até zero (Pisinger & Ropke, 2007).

O objetivo deste problema é minimizar a distância total percorrida pelos veículos.

3.1.10. Problema de rotas com múltiplos compartimentos (MCV)

Atualmente, o uso de veículos com múltiplos compartimentos (MCV) é uma alternativa vantajosa para muitas empresas. Este modelo permite o uso de diferentes segmentos de produtos (e.g. ração para frangos e para perus) no mesmo veículo. Deste modo, a entrega conjunta destes produtos é permitida e exequível devido à divisão da área da carga de um veículo em vários compartimentos (Ostermeier & Hübner, 2018).

3.2. Métodos de resolução de VRP

Segundo Liong et al., (2008) o VRP é considerado um problema NP – *Hard*, i.e. computacionalmente muito difícil. Na literatura de Min, Jayaraman, & Srivastava, (1998) esta designação surge devido aos problemas de afetação e de localização presentes nos problemas de rotas de veículos. Ao longo dos anos foram desenvolvidos estudos e métodos com o objetivo de encontrar a solução ótima dos modelos VRP. Dois tipos de métodos podem ser encontrados na literatura: exatos e aproximados.

Exatos- Estes métodos garantem a obtenção de uma solução ótima. No entanto, estes métodos podem requerer tempos de execução proibitivos (Carvalho, 2017). Estes métodos são menos flexíveis na resolução de variantes práticas dos problemas. De acordo com Laporte, (1992) os algoritmos exatos só têm capacidade de resolver problemas relativamente pequenos.

Aproximados- Neste tipo de métodos não existe a garantia de obtenção de uma solução ótima. Estes métodos podem ser divididos em duas classes: heurísticos e meta-heurísticos. Os métodos heurísticos produzem soluções boas em tempos computacionais razoáveis, mas o espaço de pesquisa pode ser reduzido. Por outro lado, os métodos meta heurísticos têm um espaço de pesquisa maior e deste modo, são obtidas soluções melhores, envolvendo, frequentemente, um tempo computacional mais alargado (Carvalho, 2017; Cordeau, Gendreau, Laporte, Potvin, & Semet, 2002).

Em comparação com as heurísticas clássicas, as meta-heurísticas realizam uma pesquisa muito mais completa, permitindo movimentos inferiores bem como novas recombinações de soluções para criar novas soluções (Cordeau et al., 2002). Na última década foram propostos muitos algoritmos meta-heurísticos. Pisinger & Ropke, (2007) foram os autores de uma das meta heurísticas mais populares: o método de *Adaptive Large Neighborhood Search-ALNS*). O ALNS é um método de pesquisa no qual vários algoritmos simples pretendem modificar a solução atual. Em cada iteração, um algoritmo é escolhido para modificar a solução atual e um algoritmo é selecionado com o intuito de reparar a solução. A nova solução é apenas aceite se satisfizer alguns critérios definidos pela estrutura de pesquisa aplicada no nível principal.

Segundo Bodin, Golden, Assad, & Bal, (1983) os métodos heurísticos podem dividir-se entre três tipos:

1) Procedimentos construtivos

Estes métodos visam construir gradualmente uma solução possível próxima do ótimo a partir de uma matriz de distância ou de tempo entre vários pontos. Em relação aos métodos heurísticos construtivos, destaca-se o método das poupanças, concebido por Clarke & Wright em 1964. Cordeau et al., (2002) designam esta heurística, como “clássica” uma vez que é das poucas suficientemente conhecidas (ver heurística “*sweep*” e heurística de Fisher e Jaikumar referenciada em Cordeau et al., (2002)). Este método clássico foi proposto com o propósito de resolver uma das variantes mais exploradas do VRP, o VRP com capacidade (CVRP).

O algoritmo de Clarke & Wright baseia-se em ganhos que, posteriormente, são representados em poupanças nas distâncias percorridas. Apesar de algumas limitações, a heurística de Clarke e Wright (1964) é atualmente uma das mais conhecidas e uma das mais utilizadas. Este método inicia com rotas de veículos contendo um depósito e um outro ponto, ou seja, são criadas tantas rotas quanto o número de clientes a visitar. Em cada etapa, duas rotas são unidas de acordo com a maior poupança que pode ser gerada (Laporte & Nobert, 1987). A junção de rotas baseia-se na poupança produzida por incluir dois clientes na mesma rota.

A poupança é calculada através da fórmula $d_{oi} + d_{oj} - d_{ij}$, sendo d_{oi} a distância entre a origem/depósito e o cliente i ; d_{oj} a distância entre a origem/depósito e o cliente j e d_{ij} a distância entre o cliente i e j . A Figura 13, adaptada de Carvalho, (2017) demonstra o conceito de poupança deste método.

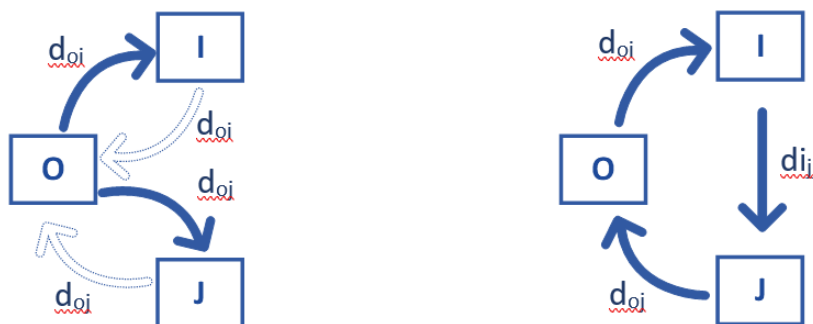


Figura 13- Conceito de poupanças do método de Clarke e Wright

Para juntar dois clientes numa mesma rota é necessário que: ambos pertençam a rotas diferentes e estejam adjacentes ao depósito nas rotas de partida.

A aplicação desta heurística baseia-se em quatro passos (Carvalho, 2017): o primeiro consiste em calcular a matriz de poupanças entre todos os pares de clientes, de seguida, são ordenadas as poupanças por ordem decrescente. Depois das poupanças calculadas, são incluídos numa mesma rota os clientes correspondentes à maior poupança considerada. Este passo é repetido até que todas as poupanças não negativas tenham sido consideradas.

O exemplo seguinte ilustrado, adaptado de Carvalho, (2017) está relacionado com uma solução da heurística de Clarke & Wright de um VRP simples, sem restrições, onde um único depósito é representado, de onde partem e regressam todos os veículos (Figura 14). As letras A, B, C e D correspondem a clientes.

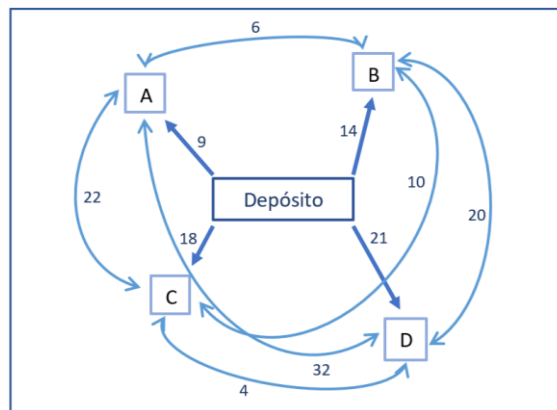


Figura 14- Rede logística

Na Tabela 8 está representada a matriz de distâncias, em quilómetros entre cada par de pontos de rede e na Tabela 9 a matriz de poupanças.

Tabela 8- Matriz de distâncias (em km)

	A	B	C	D
Depósito (0)	9	14	18	21
A		6	22	32
B			10	20
C				4

Tabela 9- Matriz de poupanças

Par	Poupança
CD	35 (18+21-4)
BC	22 (14+18-10)
AB	17 (9+14-6)
BD	15 (14+21-20)
AC	5 (9+18-22)
AD	-2 (9+21-32)

Iniciando o procedimento, considera-se a maior poupança, que corresponde a incluir o cliente C e o cliente D (35) numa mesma rota. Deste modo, estes dois clientes serão inseridos numa rota consoante a Figura 15. No total, serão percorridos 43 quilómetros pela rota O-D-C-O mais 46 de envios diretos (cliente A e B).



Figura 15- Rota formada por O-D-C-O

Se fosse um caso de planeamento de rotas com restrições de carga, teria de ser verificado se um viatura poderia abastecer o cliente D e o cliente C sem ultrapassar o limite de carga.

De seguida, seleciona-se a segunda maior poupança: BC. Como o cliente C já pertence a uma rota, o cliente B vai ser incluído na rota O-D-C-O (Figura 16).



Figura 16-Rota formada por O-D-C-B-O

Após esta iteração, há apenas um cliente abastecido por envio direto, o cliente A e três clientes inseridos numa rota: O-D-C-B-O. No total, são percorridos 67 quilómetros.

Por fim, a poupança de junção do par AB deve ser inserida na rota (Figura 17). Deste modo, o cliente A vai ser inserido na rota dos clientes D, C e B contabilizando num total de 50km.



Figura 17-Rota formada por O-D-C-B-A-O

As poupanças BD e AC não foram utilizadas pois violam um dos pressupostos da heurística: os clientes não pertencem a rotas diferentes.

Após esta união todos os clientes são abastecidos numa mesma rota, criando uma poupança de cerca de 60% ($124-50=74$ km), relativamente à solução inicial de definir quatro rotas de visita.

Segundo Cordeau et al., (2002) nenhuma das heurísticas clássicas se ajusta com precisão e flexibilidades aos problemas diários. No entanto, a heurística de Clarke e Wight tem como vantagem a rapidez e a simplicidade de implementação.

2) Procedimentos de melhoramento

Estes procedimentos têm o objetivo de escolher a melhor rota de um conjunto possível. Estas heurísticas pretendem encontrar uma solução através da troca de trajetos ou clientes nas rotas dos veículos. Deste modo, é encontrada uma solução nas rotas disponíveis (Bodin et al., 1983).

3) Procedimentos de duas fases (designação utilizada em Toth & Vigo, (2002)

Este procedimento é decomposto em dois problemas: o primeiro que corresponde à junção de clientes em rotas viáveis e o segundo que está diretamente relacionado com a construção da rota real (Toth & Vigo, 2002).

Estes métodos permitem obter resultados muito próximos do ótimo. O objetivo principal destes métodos é calcular uma solução inicial boa e depois aplicar métodos de melhoramentos para obter resultados melhores (Bodin et al., 1983).

Estas heurísticas podem ser divididas em duas classes: métodos de primeiro *cluster* (*cluster-first*) e métodos de segundo *cluster* (*cluster-second*). O primeiro tipo de métodos organiza os clientes ou pontos de rede em grupos viáveis. Posteriormente, é construída uma rota para cada um dos grupos. No método do segundo *cluster*, é construída uma única rota

que inclui todos os clientes. De seguida, a única rota é repartida em rotas (Toth & Vigo, 2002)

3.3. VRP Solver

Tendo em consideração a aplicação prática do VRP, apresentada no capítulo 4, decidiuse explorar o programa desenvolvido por Erdoğan (2017), referente ao VRP Solver.

Este artigo, tem como principal objetivo introduzir uma ferramenta baseada num *open source* do *Excel* que visa resolver várias variantes do VRP, como o VRP com capacidade (CVRP) e o VRP com janelas temporais (VRPTW). Através de um *interface* acessível e de fácil utilização, o VRP Solver apresenta-se como um *software* útil na medida em que conjuga diversos fatores com o intuito de calcular a rota mais lucrativa. Através do link <http://people.bath.ac.uk/ge277/index.php/vrp-spreadsheet-solver/> é possível fazer o *download* da folha de cálculo do VRP Solver.

São várias as restrições presentes neste *software* como a capacidade de cada veículo e o tempo de condução máxima. No entanto, estas restrições são consideradas *soft* e as suas violações são apenas identificadas na folha da solução ótima. A única restrição “forte” está relacionada com a obrigatoriedade de todos os clientes serem visitados. De modo a priorizar as soluções inexecutáveis com violações *soft*, o algoritmo utilizado, adaptado de Pisinger & Ropke, (2007), usa um método de escala quadrática para cada penalidade.

A folha de cálculo, em formato *Excel*, “VRP Spreadsheet Solver”, é uma plataforma unificada de código aberto que tem a habilidade de representar, resolver e visualizar os resultados de problemas de rotas de veículos. Ao conjugar o *Excel*, SIG público e uma meta-heurística é possível resolver problemas de rotas de veículos até 200 clientes.

O artigo de Erdoğan, (2017) baseia-se na possibilidade de o programa poder ser utilizado em todo mundo por pequenas e médias empresas de vários setores. O VRP Solver, ao conjugar diversas variantes do VRP, apresenta-se como um *software* relevante do ponto do vista prático. A utilização de serviços de internet (SIG) possibilita o cálculo de distâncias entre os clientes e o depósito bem como dos tempos de condução. A visualização dos clientes num mapa e, posteriormente das rotas, é uma particularidade que este programa dispõe.

O programa VRP Solver contém diversas folhas de cálculo correspondentes às localizações do depósito e dos clientes, às distâncias entre os clientes e o depósito, os

veículos utilizados nas rotas e, por fim, a solução e a visualização das rotas calculadas (Figura 18).

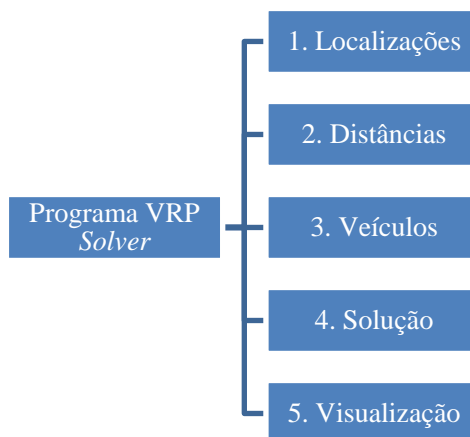


Figura 18- Programa VRP Solver

A folha inicial do *software*, a **VRP Solver Console** integra vários parâmetros relacionados com o tamanho do problema a ser resolvido. As características inerentes a um problema como o número de depósitos e clientes, o número e tipos de veículos, a largura das janelas temporais e a velocidade média, são particularidades que o utilizador pode especificar. Esta página, armazena e fornece informações para as restantes folhas de cálculo (ver Figura 19).

Na segunda folha de cálculo, visível na Figura 20, são enumerados os nomes e as localidades dos clientes a visitar. Nesta folha, denominada de **localidades**, é possível identificar a procura de cada cliente de modo que, no cálculo da solução, a procura seja calculada sem que a capacidade máxima dos veículos seja excedida. Seguidamente, o *software* utiliza um serviço de internet SIG para calcular as distâncias entre cada cliente e o depósito. Esta folha de cálculo, ilustrada na Figura 21, contém as distâncias e as durações das viagens entre cada dois pontos especificados na folha anterior, **1. Localizações**.

A Figura 22, que diz respeito à folha de cálculo número 3, exhibe a identificação dos veículos do *software*. Nesta é possível introduzir as características dos veículos, tais como a sua capacidade e a distância máxima que cada viatura pode realizar. A identificação de janelas temporais é outra característica que pode ser identificada nesta folha de cálculo.

A folha de cálculo da solução é visível na Figura 23. Esta folha inclui toda a informação anteriormente identificada. Utiliza a informação do número de veículos constante na folha **3. Veículos**, as localizações dos clientes identificados na folha **1. Localizações** para

determinar os tempos de serviços, as quantidades entregues e recolhidas (se for o caso) e as distâncias calculadas na folha **2. Distâncias** para calcular os tempos de partida e chegada bem como o custo de viajar de um dado cliente a um outro. Nesta folha é calculado o lucro líquido em vez do custo, de modo a acomodar as diversas variantes do VRP, que consideram lucros quando os clientes são visitados. Esta folha de cálculo contém vários recursos de formatação condicional de modo a poder identificar, visualmente, soluções não viáveis e facilitar a alteração manual de soluções. Se as soluções calculadas forem alteradas, o programa inclui um verificador de inviabilidade.

Por fim, a Figura 24 mostra o mapa criado consoante a solução exibida na folha **4. Solução**. Neste mapa, é possível visualizar as rotas calculadas pelo VRP *Solver*.

Sequence	Parameter	Value	Remarks
0.Optional - GIS License	Bing Maps Key	AtUIGLSL77FB-KfxLzvCRbprLH1EeUR	You can get a free trial key at https://www.bingmapsportal.com/
1.Locations	Number of depots	1	[1,20]
	Number of customers	15	[5,200]
2.Distances	Distance / duration computation	Bing Maps driving distances (km)	Recommendation: Use 'postcode, country' format for addresses
	Bing Maps route type	Fastest - Real Time Traffic	Recommendation: Use 'Fastest'
	Average vehicle speed	65	Not used for the 'Bing Maps driving distances' options
3.Vehicles	Number of vehicle types	5	Heterogeneous VRP if greater than 1
4.Solution	Vehicles must return to the depot?	Yes	Open VRP if no return
	Time window type	Soft	
	Backhauls?	No	If activated, delivery locations must be visited before pickup locations
5.Optional - Visualization	Visualization background	Bing Maps	
	Location labels	Location names	
6.Solver	Warm start?	Yes	
	Show progress on the status bar?	No	May slow down the optimization algorithm
	CPU time limit (seconds)	60	Recommendation: At least 60 seconds

Figura 19- VRP Solver

Location ID	Name	Address	Latitude (y)	Longitude (x)	Time window start	Time window end	Must be visited?	Service time	Pickup amount	Delivery amount	Profit
0	Racentro	Aroeira, Monte Redondo, PT	39,8956490	-8,8319902	00:00	23:59	Starting location	0:00	0	0	0
1	Customer 1	Castro Daire, Viseu, PT	40,9007111	-7,9313002	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	4080	0
2	Customer 2	Montemor-o-Velho, Coimbra, PT	40,1776695	-8,6809597	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	1050	0
3	Customer 3	Figueira da Foz, Coimbra, PT	40,1484413	-8,8588104	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	540	0
4	Customer 4	Candosa, Aveiro, PT	40,8292084	-8,5738001	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	3450	0
5	Customer 5	Ovar, Aveiro, PT	40,8596497	-8,6234398	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	3470	0
6	Customer 6	Vila Nova de Gaia, Porto, PT	41,1291313	-8,6136904	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	2220	0
7	Customer 7	Vale de Cambra, Aveiro, PT	40,8505630	-8,4124174	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	5055	0
8	Customer 8	Viseu, PT	40,6569519	-7,9146299	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	8600	0
9	Customer 9	Oliveira de Azeméis, Aveiro, PT	40,6303400	-8,6496300	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	5390	0
10	Customer 10	Barro Branco, Viseu, PT	40,9104000	-7,9340300	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	90	0
11	Customer 11	Lamelas, Viseu, PT	41,0825005	-7,8404698	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	2940	0
12	Customer 12	São Bartolomeu, Coimbra, PT	40,2086700	-8,4292100	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	4920	0
13	Customer 13	São Pedro do Sul, Viseu, PT	40,7626610	-8,0629301	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	2705	0
14	Customer 14	Marrazes, Leiria, PT	39,7635994	-8,8048697	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	600	0
15	Customer 15	Cadaval, Lisboa, PT	39,2397614	-9,1025019	00:00	23:59	Must be visited	0:00	0	4220	0

Figura 20- Folha de cálculo das localidades

From	To	Distance	Duration
Racentro	Racentro	0,00	0:00
Racentro	Customer 1	187,92	2:32
Racentro	Customer 2	49,88	0:38
Racentro	Customer 3	45,87	0:36
Racentro	Customer 4	127,57	1:37
Racentro	Customer 5	136,69	1:39
Racentro	Customer 6	163,85	2:03
Racentro	Customer 7	142,72	1:51
Racentro	Customer 8	157,83	2:14
Racentro	Customer 9	100,71	1:11
Racentro	Customer 10	189,83	2:35
Racentro	Customer 11	218,06	3:04
Racentro	Customer 12	71,55	1:04
Racentro	Customer 13	163,75	2:13
Racentro	Customer 14	19,99	0:21
Racentro	Customer 15	93,97	1:14
Customer 1	Racentro	186,93	2:23

Figura 21- Folha de cálculo das distâncias

Starting depot	Vehicle type	Capacity	Fixed cost per trip	Cost per unit distance	Distance limit	Work start time	Driving time limit	Working time limit	Return depot	Number of vehicles
Racentro	47-00-QS	5900	0,00	1,00	450,00	08:00	08:00	9:00	10:00 Racentro	1
	12-MN-08	19800	0,00	1,00	450,00	08:00	9:00	10:00 Racentro	1	
	10-74-ZI	19800	0,00	1,00	450,00	08:00	9:00	10:00 Racentro	1	
	40-49-IS	22000	0,00	1,00	450,00	08:00	9:00	10:00 Racentro	1	
	20-QG-90	30000	0,00	1,00	450,00	08:00	9:00	10:00 Racentro	1	

Figura 22- Folha de cálculo dos veículos

Total net profit: -1395,58								Warning: The data has changed since the last solver run / feasibility check.							
Vehicle: V1 (47-00-Q5) Stops: 3				Net profit: -333,78				Vehicle: V2 (12-MN-08) Stops: 5				Net profit: -319			
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load	Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	
0	Racetro	0,00	0:00		08:00	0:00	0	5690	0	Racetro	0,00	0:00		08:00	
1	Customer 6	163,85	2:03	10:03	10:03	2:03	0	3470	1	Customer 9	100,71	1:11	09:11	09:11	
2	Customer 5	198,70	2:37	10:37	10:37	2:37	0	0	2	Customer 4	133,57	1:47	09:47	09:47	
3	Racetro	333,78	4:14	12:14		4:14	0	0	3	Customer 7	154,05	2:23	10:23	10:23	
4									4	Customer 12	246,88	3:41	11:41	11:41	
5									5	Racetro	319,39	4:44	12:44		
6									6						
7									7						
8									8						
9									9						
10									10						
11									11						
12									12						
13									13						
14									14						
15									15						
16									16						

Figura 23- Folha de cálculo da solução

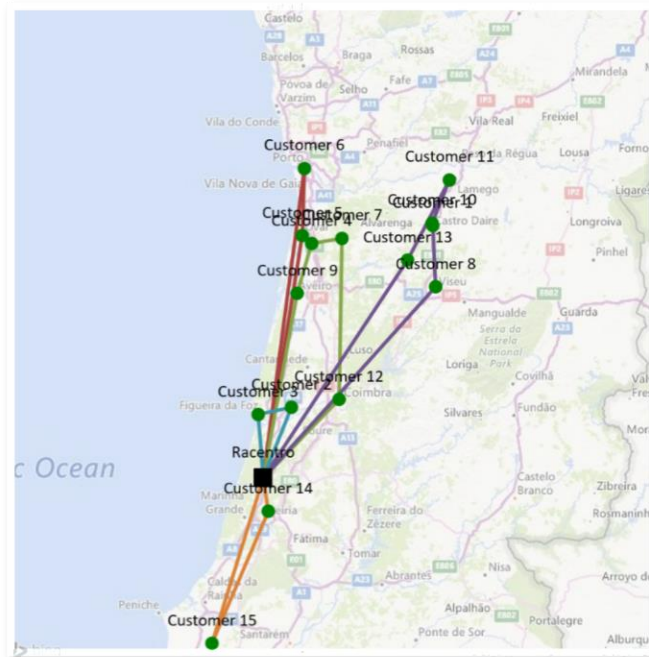


Figura 24- Visualização da solução em mapa

A formulação subjacente ao programa desenvolvido por Erdoğan, (2017) tem associado uma expressão que maximiza o lucro total adquirido, onde se deduzem os custos de viagem dos veículos, os custos custo fixos de usar veículos e as penalidades por seres violadas janelas temporais. Na Tabela 10 apresentam-se algumas restrições presentes no modelo utilizado pelo *software*.

Tabela 10- Restrições do VRP Solver

<ul style="list-style-type: none">• Imposição de uma única visita aos clientes e a garantia da conectividade entre o depósito de origem de um veículo e os clientes visitados pelo mesmo.
<ul style="list-style-type: none">• Restrições que providenciam que o veículo retorne ao depósito se for necessário e que garantam que cada veículo pode ser usado no máximo uma vez.
<ul style="list-style-type: none">• Limitações relacionadas com os requisitos dos clientes, inclusive características alusivas à entrega e recolha de produtos.
<ul style="list-style-type: none">• Restrições referentes às janelas temporais.
<ul style="list-style-type: none">• Restrições relacionadas com os veículos, nomeadamente a definição do início de tempo de trabalho para um dado veículo e a garantia de que o veículo retorne ao seu depósito
<ul style="list-style-type: none">• A violação da capacidade de cada veículo, a distância percorrida máxima e o tempo de trabalho máximo.

O algoritmo utilizado para resolver o modelo é uma variante do *Adaptive Large Neighborhood Search (ALNS)* de Pisinger & Ropke, (2007), devido à flexibilidade presente para acomodar diversas variantes do VRP. Este algoritmo diversifica a investigação removendo, aleatoriamente, os clientes da solução e intensificando a reinserção dos clientes na pesquisa local.

A Tabela 11, adaptada de Erdoğan, (2017), descreve o algoritmo LNS implementado no *VRP Solver*.

Tabela 11- Algoritmo LNS

1. Procedimento LNS (depósitos, clientes, distâncias, durações e veículos).
2. Construção de uma solução que vai incluindo os clientes nas rotas, escolhendo primeiro o cliente que maximiza o lucro em cada etapa.
3. Melhorar a solução incumbente.
4. Registrar a solução incumbente como a melhor solução conhecida.
5. Repetir o processo desde o ponto 2.
6. Destruir a solução incumbente removendo, aleatoriamente, clientes.
7. Reparar a solução incumbente heurísticamente adicionando clientes.
8. Melhorar a solução incumbente usando a pesquisa local.
9. Se a solução incumbente for melhor que a melhor solução conhecida, então deve se registrar a solução incumbente como a melhor solução conhecida.
10. Substituir a solução incumbente pela solução mais conhecida com probabilidade p até que o tempo decorrido seja maior que o tempo de CPU permitido.
11. Reconhecer a melhor solução encontrada.

No artigo de Erdoğan, (2017), foram demonstrados os benefícios do uso do *VRP Solver* em dois estudos de caso, um do setor de saúde e outro do setor de turismo. Foi, de igual modo analisado o desempenho do algoritmo que resolve o modelo de resolução utilizando um diverso conjunto de extensões do problema VRP. Este programa, devido à sua acessibilidade, facilidade de uso e flexibilidade pode ser utilizado por muitas empresas não só para minimizar os custos de transporte, mas também para reduzir emissões de CO², por exemplo. É neste contexto que se faz a aplicação deste programa na Racentro, que é descrita no capítulo seguinte.

4. Planeamento de rotas na Racentro

Fazendo a ligação com o capítulo anterior, verifica-se que com o elevado número de clientes dispersos no território português e uma diversidade na frota, a Racentro sente a necessidade de pesquisar novas abordagens para planejar as rotas e otimizar o seu processo logístico. A dificuldade constante em afetar clientes a rotas, em não exceder a capacidade máxima de cada veículo e em conseguir garantir que são entregues as quantidades solicitadas por cada cliente, são características do problema de planeamento de rotas na empresa.

Após a revisão da literatura é evidente que alguns problemas do VRP estão presentes na empresa, em especial o VRP com capacidade (CVRP). O problema do VRP com capacidade, adiciona uma restrição ao modelo inicial: as viaturas têm uma capacidade de peso limitada. Esta extensão é um problema existente na Racentro. Independentemente da forma de distribuição é importante garantir que o limite máximo de peso transportado por cada veículo não é excedido. O problema VRP com janelas temporais, apesar de ser uma importante variante do CVRP, não é facilmente identificado na empresa. Os motoristas apesar de terem de cumprir as rotas estabelecidas e visitar os clientes identificados, não têm um hora de chegada nem de partida rigorosa. Apenas é exigido que cumpram o serviço com a maior brevidade possível, aliado sempre à qualidade imposta pelos clientes.

O problema clássico de rotas de veículos com vários tipos de veículos (VRPMT) é um problema referido na literatura e também identificável na empresa, uma vez que a frota da mesma é heterogénea.

O uso de veículos com múltiplos compartimentos é outra característica presente na empresa, na medida em que é proporcionado o transporte de diferentes tipos de produtos (e.g. ração para frangos e para perus) no mesmo veículo. Deste modo, a entrega conjunta destes produtos é executável devido à divisão da área da carga de um veículo em vários compartimentos.

Nesta medida, surgiu o interesse em aplicar o VRP *Solver* na empresa dado que o seu principal objetivo visa resolver várias variantes do VRP.

A necessidade de utilizar um VRP com múltiplos compartimentos e um elevado número de clientes de ração a granel (mais de 800 locais de descarga) inviabilizou a aplicação deste

programa para este tipo de distribuição. Assim, este *software* apenas foi aplicado à distribuição de ração em sacos.

Na empresa, este planeamento de rotas é realizado por apenas uma pessoa que não recorre a nenhum programa especializado ou ajuda computacional. Genericamente, após verificação dos clientes que necessitam de adquirir ração para os dias seguintes (através do programa *LogisPlan* Racentro) são criadas as rotas consoantes as suas localizações e as quantidades solicitadas pelos mesmos.

Também se considerou a aplicação da heurística de Clarke & Wright (1964) com o objetivo de ilustrar se procedimentos simples, como a heurística, têm vantagens relativamente a procedimentos mais sofisticados como os incluídos no *VRP Solver*. Deste modo, neste capítulo, faz-se também a comparação das soluções obtidas através da aplicação da heurística e do *VRP Solver* com as soluções da empresa.

Foram recolhidas informações diárias referentes às características do transporte de ração em sacos, nomeadamente, a quantidade e tipo de ração transportada e os respetivos clientes. A Figura 25 ilustra, para o mês de setembro, as localizações do clientes identificados nesta aplicação. Apesar de ser referente ao mês de setembro, representa adequadamente a distribuição geográfica dos clientes no território português.

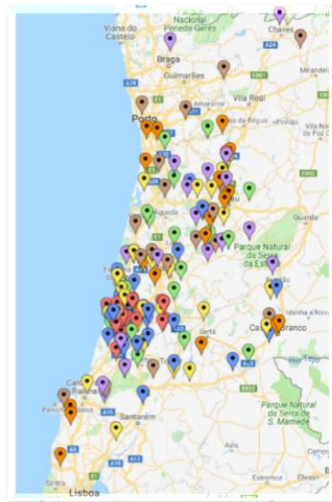


Figura 25- Distribuição geográfica do clientes de ração em sacos

4.1. Aplicação do *VRP Solver*

O *software VRP Solver* foi aplicado a 46 dias não consecutivos, escolhidos consoante a aplicabilidade do programa (e.g. número mínimo de clientes) e a possibilidade de recolha de informação a partir do programa *Logisplan*. De facto, frequentemente ocorreram problemas técnicos no programa *Logisplan* o que não permitiu uma análise consecutiva.

Foi também considerado um determinado conjunto de pressupostos no momento da aplicação do *software VRP Solver* à empresa, nomeadamente:

- a distância máxima de cada viatura foi estabelecida nos 450 km;
- a velocidade média de cada veículo foi estipulada nos 65 km/h;
- o tipo de janelas temporais foi considerado *soft*;
- a existência de *backhauls* foi negativa;
- o tempo limite da CPU foi estabelecida nos 60 segundos;
- foi considerado apenas um depósito, Racentro;
- o custo de fixo de viagem foi identificado como 0 e o custo por unidade de distância como 1;
- o tempo limite de condução estabelecido foi de nove horas e o tempo limite de trabalho foi de dez horas;
- a solução obtida pelo *software* não foi alterada uma vez que foi calculada consoante os pressupostos acima descritos.

Após esta aplicação, foram comparados os resultados obtidos pelo programa com os realizados pela empresa, conforme apresentado na secção seguinte. De modo a haver uma comparabilidade lógica e credível, com recurso ao *Google Maps*, foram recriadas as rotas calculadas pelo *software* e pela empresa.

Nesta secção são incluídos os resultados gerais referentes à comparação das rotas realizadas pela empresa e as sugeridas pelo programa *VRP Solver*. Posteriormente, em detalhe, são analisados os dias que originaram uma maior poupança dos quilómetros calculados pelo programa comparativamente com os realizadas na empresa.

4.1.1. Resultados gerais

Na Tabela 12 e na Figura 26 é possível visualizar os quilómetros realizados, por dia, tanto pelo programa VRP *Solver* como pela empresa. A Figura 27 ilustra a evolução das poupanças nos dias analisados.

Numa abordagem mais genérica é possível verificar que na maioria dos dias em análise houve uma poupança positiva. Em média houve uma poupança diária de 12%. O valor de poupança mais elevado registado diz respeito aos dias 3 e 16 do mês de outubro, com uma poupança de 38%. Seguem-se os dias 17 de outubro, 26 de dezembro e 21 de dezembro que apresentaram poupanças de 34%, 28% e 25%, respetivamente.

Em relação ao número de viaturas requeridas é visível que o *software*, em média, utilizou menos uma viatura do que a empresa. Realço que sempre que uma viatura realizou dois fretes, foram consideradas duas viaturas, cada uma correspondente ao frete realizado.

Contudo e apesar de pouco expressivos, são identificados dias em que a solução do *software* foi pior do que a praticada pela empresa. O valor mais baixo foi de -2%, registado nos dias 9 e 22 de novembro e 20 de dezembro. No dia 12 de outubro houve um valor negativo, mas de -1%. Os dias 19 de outubro, 22 de outubro, 7 de novembro e 18 de dezembro apresentam um valor nulo, 0.

Após o estudo geral aos resultados obtidos, foi realizada uma nova análise aos dias em que houve o cálculo de uma poupança negativa com o objetivo de melhorar as soluções obtidas. O tempo limite da CPU foi aumentado de 60 segundos para cinco minutos (300 segundos). Todavia, o resultado manteve-se inalterado.

Na secção seguinte, são analisados em detalhe, os dias em que houve maiores discrepâncias.

Tabela 12- Quilómetros efetuados pela empresa e os calculados pelo *software*

Dia	Data	Racentro		VRP Solver		Poupança dos km's	Diferença de viaturas
		KM's	Viaturas utilizadas	KM's	Viaturas utilizadas		
1	1 de outubro	1843	5	1555	5	16%	0
2	2 de outubro	1452	6	1379	4	5%	2
3	3 de outubro	1618	5	1003	3	38%	2
4	8 de outubro	1495	6	1433	5	4%	1
5	9 de outubro	1357	5	1261	4	7%	1
6	10 de outubro	1413	6	1165	5	18%	1
7	11 de outubro	1420	7	1139	5	20%	2
8	12 de outubro	1263	5	1276	4	-1%	1
9	15 de outubro	1122	4	965	3	14%	1
10	16 de outubro	1398	5	871	3	38%	2
11	17 de outubro	1320	5	871	3	34%	2
12	18 de outubro	1163	5	1041	4	10%	1
13	19 de outubro	1273	4	1279	4	0%	0
14	22 de outubro	1433	5	1430	4	0%	1
15	23 de outubro	874	5	885	3	-1%	2
17	25 de outubro	1515	6	1302	4	14%	2
18	26 de outubro	1052	4	944	3	10%	1
19	29 de outubro	1230	5	1214	4	1%	1
20	7 de novembro	1163	5	1158	4	0%	1
21	9 de novembro	1029	4	1048	4	-2%	0
22	13 de novembro	1023	6	831	4	19%	2
23	14 de novembro	1325	4	1102	3	17%	1
24	15 de novembro	1548	6	1379	4	11%	2
25	16 de novembro	970	4	822	3	15%	1
26	21 de novembro	1040	5	888	4	15%	1
27	22 de novembro	667	4	683	3	-2%	1
29	27 de novembro	1124	4	1084	3	4%	1
30	29 de novembro	1516	5	1329	4	12%	1
31	4 de dezembro	1237	5	997	3	19%	2
32	5 de dezembro	1323	4	1115	4	16%	0
33	6 de dezembro	1176	7	1130	5	4%	2
34	7 de dezembro	1260	5	1102	3	13%	2
35	10 de dezembro	1359	5	1333	4	2%	1
36	11 de dezembro	953	5	814	3	15%	2
37	12 de dezembro	969	5	789	3	19%	2
38	13 de dezembro	1124	4	1050	4	7%	0
39	14 de dezembro	1299	6	1170	5	10%	1
40	17 de dezembro	911	4	710	2	22%	2
41	18 de dezembro	942	4	945	3	0%	1
42	19 de dezembro	1510	6	1176	5	22%	1

43	20 de dezembro	1093	6	1113	4	-2%	2
44	21 de dezembro	999	5	749	4	25%	1
45	26 de dezembro	1376	6	987	3	28%	3
46	27 de dezembro	1480	5	1415	4	4%	1
Total		54657	222	47932	165	-	-
Média		1242,2	5,0	1089,4	3,8	12%	1,3

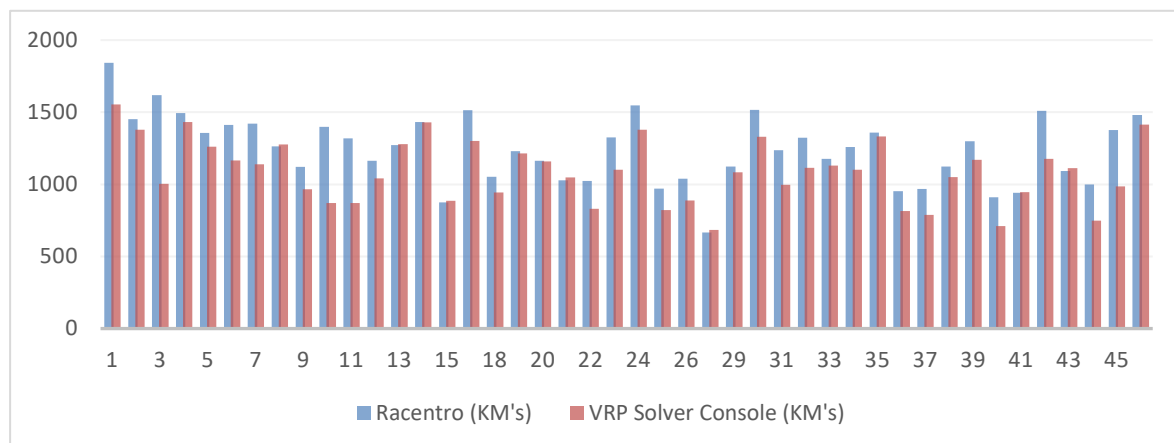


Figura 26- Comparação dos quilómetros realizados pela empresa com os calculados pelo *software*

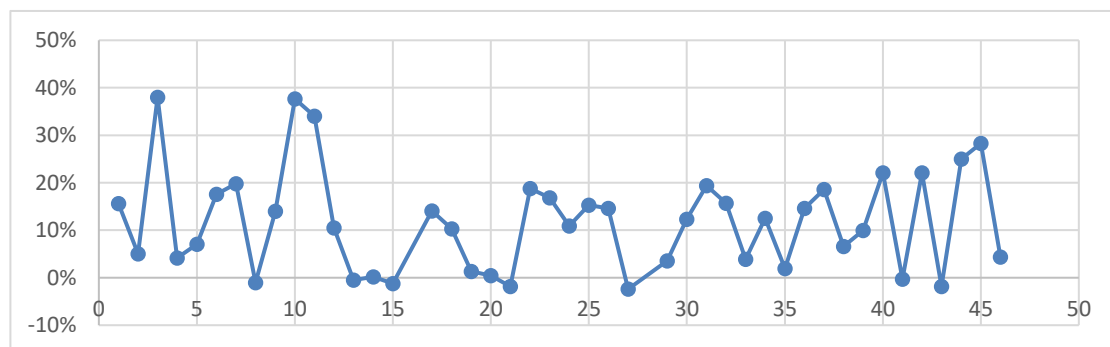


Figura 27- Poupança relativa aos quilómetros sugeridos pelo *software*

4.1.2. Resultados diários

Nesta secção são analisados os dias que contribuíram, especialmente, para o cálculo da poupança média diária visualizada na Tabela 12. É igualmente analisado um dos dias que evidenciou uma poupança negativa. Assim, são estudados os dias, 11, 16 e 17 de outubro, 9 de novembro e 19 de dezembro.

Dia 16 de outubro

Ao analisar a Tabela 12 e a Figura 27, é possível identificar uma grande poupança de 38% e 35%, respetivamente, e relativa aos dias 3, 16 e 17 de outubro. Deste modo, é pertinente verificar as soluções propostas.

A partir da Figura 28 é possível visualizar as rotas calculadas através do VRP Solver para o dia 16 de outubro e na Figura 29 as rotas realizadas pela empresa.

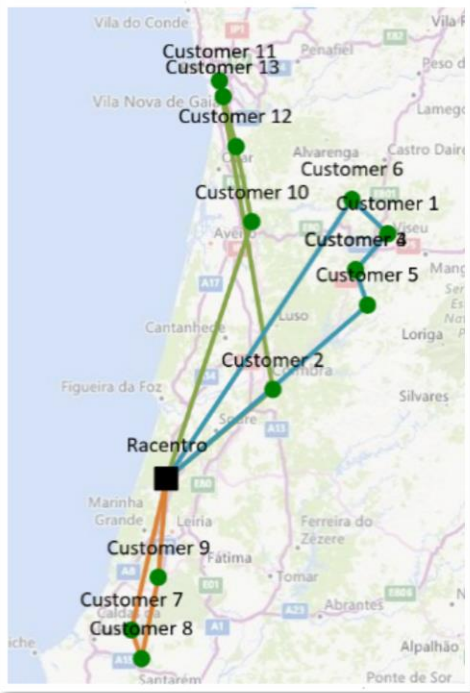


Figura 28- Rotas calculadas pelo VRP Solver no dia 16 de outubro

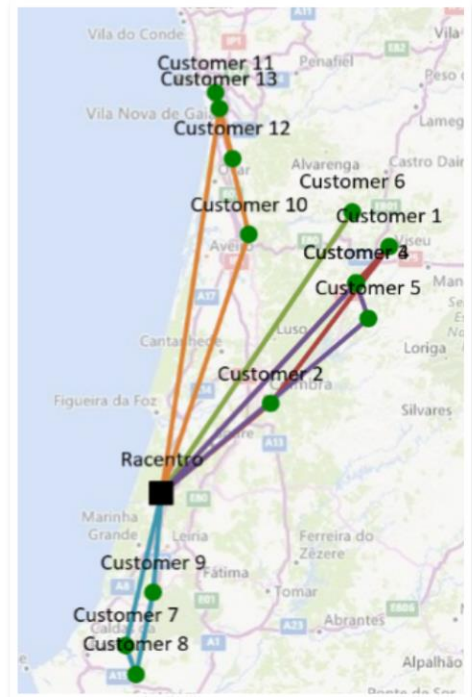


Figura 29- Rotas realizadas pela empresa no dia 16 de outubro

Pode ser observado que o VRP Solver utilizou menos viaturas que a empresa, o que contribuiu para a obtenção de uma maior poupança. A empresa utilizou as cinco viaturas disponíveis enquanto o *software* apenas utilizou três, o que originou uma redução de 527 quilómetros em relação aos realizados pela empresa. No dia 3 de outubro o caso é idêntico pois a empresa também utilizou cinco viaturas e o *software* apenas três.

Dia 17 de outubro

No dia 17 de outubro o *software* (ver Figura 30) utilizou menos uma viatura que a empresa. Esta viatura não utilizada, na análise da empresa, realizava dois fretes. Um frete consistia na rota desde o depósito, aos clientes e o seu retorno ao mesmo depósito. Dois fretes realizados, significa que uma viatura após sair do depósito e realizar a rota estipulada teve de regressar ao ponto de origem e realizar uma nova entrega. Um novo frete equivale à utilização de uma outra viatura com nas mesmas características.

O *software*, neste dia, ao não utilizar uma viatura que realizava dois fretes reduziu a distância em 449 quilómetros e calculou uma poupança de 34%. Enquanto que, no total das quatro viaturas utilizadas pela empresa (cinco contando dois fretes, ilustrado na Figura 31) foram realizados 1320 quilómetros, o programa utilizou apenas 871.

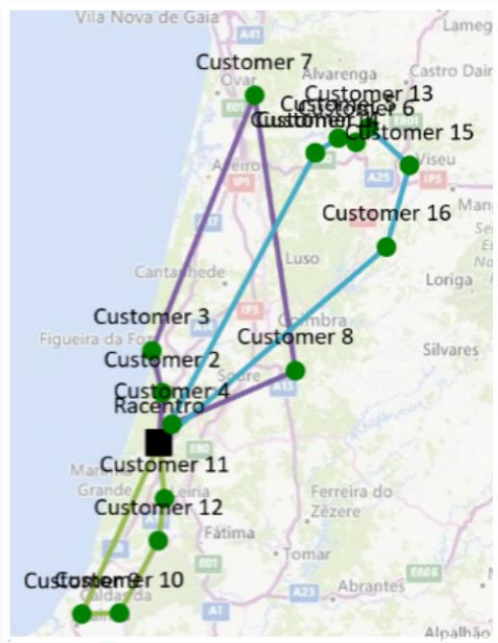


Figura 30- Rotas calculadas pelo VRP Solver no dia 17 de outubro

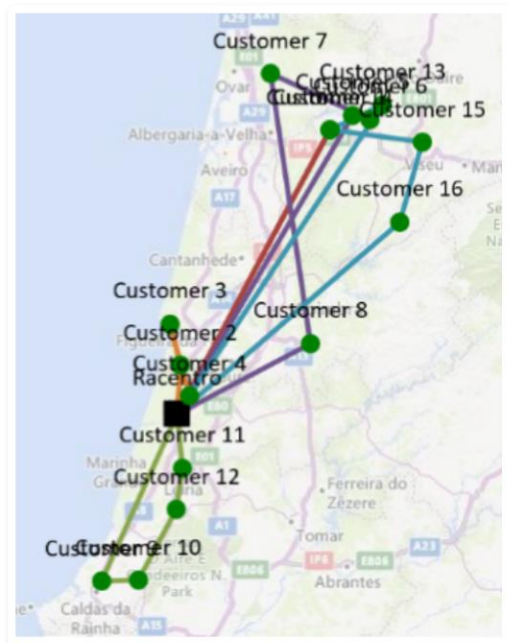


Figura 31- Rotas realizadas pela empresa no dia 17 de outubro

Dia 19 de dezembro

No dia 19 de dezembro, a utilização do *software* obteve uma poupança de 22%. Contudo, neste caso, o VRP Solver utilizou todas as viaturas disponíveis, cinco. A diferença reside no facto de a empresa ter utilizado uma viatura para realizar dois fretes. Tal como no caso anterior, foi contabilizada mais uma viatura. A Figura 32 representa as rotas calculadas pelo VRP Solver a Figura 33 as rotas realizadas pela empresa.

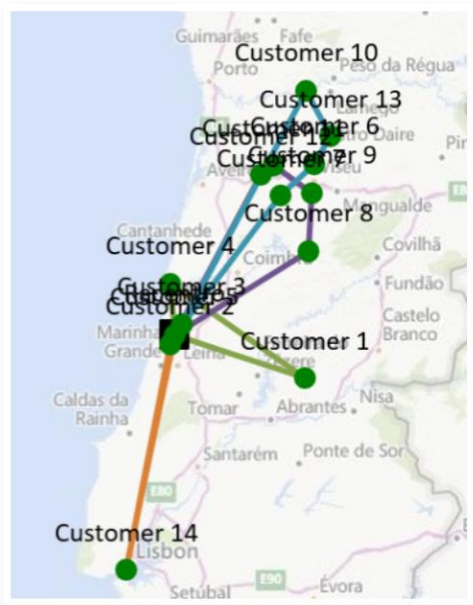


Figura 32- Rotas calculadas pelo VRP Solver no dia 19 de dezembro

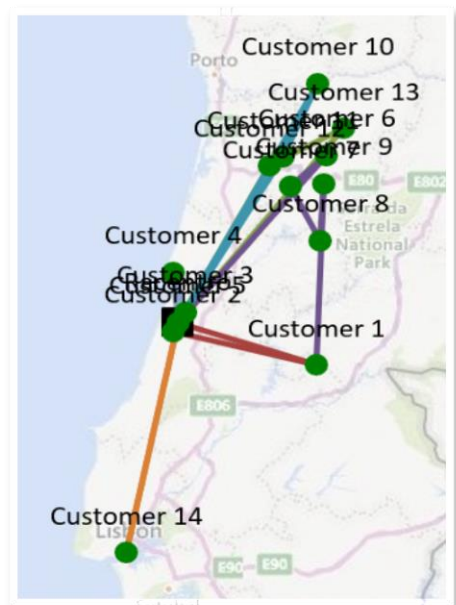


Figura 33- Rotas realizadas pela empresa no dia 19 de dezembro

Dia 11 de outubro

O dia 11 de outubro também merece ser analisado uma vez que a empresa utilizou, as cinco viaturas disponíveis, com duas a realizarem dois fretes, contabilizando um total de sete viaturas. Porém, o *software* ao só utilizar um frete por viatura, obteve uma poupança de 20%. As Figuras 34 e 35 exibem as rotas calculadas pelo VRP Solver e as rotas praticadas pela empresa, respetivamente.

O *software* VRP Solver ao criar rotas utilizando apenas um frete por viatura afeta o planeamento de rotas quando comparado com a empresa que realiza, habitualmente, mais que um. Ao relacionar os quilómetros realizados pela empresa com os do programa, foi perceptível que existe um aumento significativo dos mesmos. Assim, neste dia, verificou-se uma poupança de 281 quilómetros quando são subtraídos os quilómetros do *software* aos da Racentro.

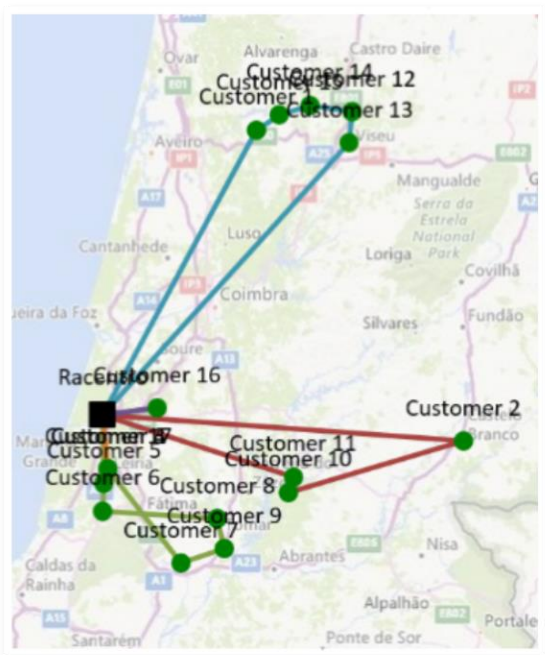


Figura 34- Rotas calculadas pelo VRP Solver no dia 11 de outubro

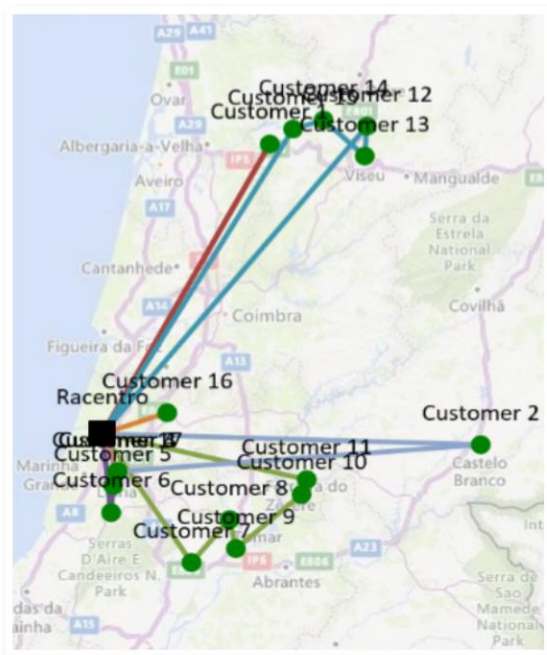


Figura 35- Rotas calculadas pela empresa no dia 11 de outubro

Deste modo, através da análise dos dias acima detalhados foi visível que a utilização de apenas um frete por viatura é produtivo para o planeamento de rotas. A maioria das poupanças positivas obtidas pelo VRP Solver têm esta característica.

Por outro lado, tanto no dia 1 de outubro, como nos dias 5 e 13 de dezembro o *software* calculou uma poupança de 16%, 16% e 7%, respetivamente. Comparando a rota realizada pela empresa com a rota sugerida pelo programa, é possível verificar que as únicas alterações visíveis estão relacionadas com a afetação dos clientes a cada rota.

Contudo, a Tabela 12, também exhibe poupanças negativas o que revela que os quilómetros sugeridos pelo programa são superiores aos realizados pela empresa. Apesar dos valores serem pouco expressivos, houve o registo de cinco dias com valores negativos. Os valores mais baixos são registados nos dias 9 e 22 de novembro e 20 de dezembro com uma poupança negativa de 2%.

Dia 9 de novembro

Através da Figura 36, alusiva às rotas calculadas pelo VRP Solver, e da Figura 37, relativa às rotas realizadas pela Racentro, é possível visualizar que as diferenças entre as rotas reside nos clientes afetados uma vez que o número de viaturas utilizado foi o mesmo. Apesar de ambos os clientes 1 e 2 estarem incluídos na mesma rota que a empresa e o VRP Solver calcularam, os restantes clientes estão identificados em rotas diferentes. Os restantes dias que expõem valores negativos apresentam comportamentos idênticos em relação a este dia, 9 de novembro.

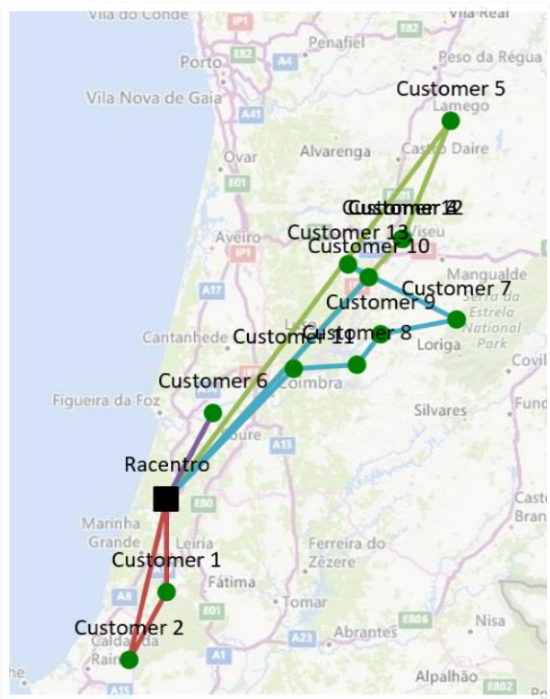


Figura 36- Rotas calculadas pelo VRP Solver no dia 9 de novembro

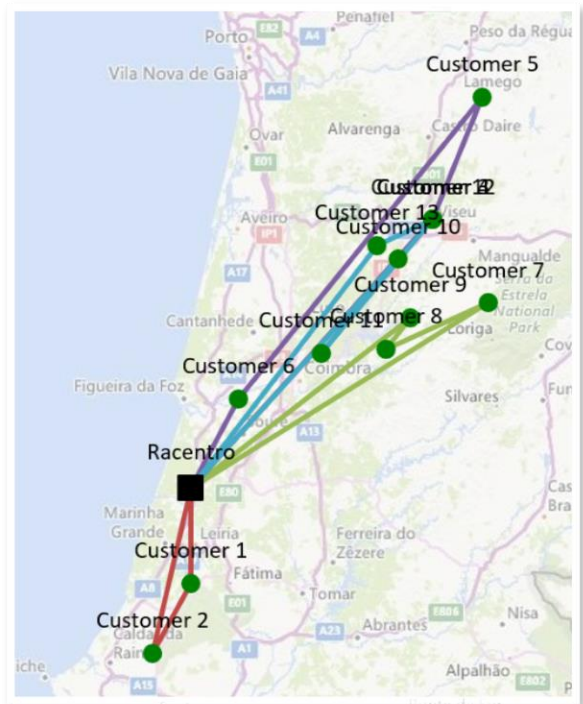


Figura 37- Rotas realizadas pela empresa no dia 9 de novembro

4.2. Aplicação da heurística de Clarke & Wright

Numa fase inicial, comecei por abordar o problema de rotas na Racentro com recurso à heurística de Clarke & Wright (1964). Devido às características inerentes a cada tipo de distribuição foquei-me na distribuição de ração e cereais em sacos.

Apliquei a heurística com os seguintes pressupostos:

- utilizar um planeamento de rotas de entregas com restrições de carga;
- usar primeiro as viaturas com maior peso de transporte possível de modo a evitar custos de não-utilização.

A escolha dos dias aplicados à heurística foram aleatórios. A heurística foi então aplicada aos dias 16,17, 26 e 29 de outubro, 14 de novembro e 18 de dezembro. A aplicação da mesma foi implementada depois das rotas terem sido realizadas pela empresa. De seguida são comparados os resultados.

4.2.1. Resultados gerais

Com base em seis dias analisados, verificou-se que a aplicação da heurística de Clarke & Wright permitiu uma poupança média diária de 14,4%. Em cinco dias, houve o registo de poupanças positivas, nomeadamente, de 38%, 34%, 12%, 4,6% e 1,6%. Porém, no dia 18 de dezembro, a solução sugerida pela heurística foi inferior à praticada pela empresa originando uma poupança negativa de -3,8%.

No final dos seis dias analisados, a empresa utilizou, em média, 4,5 viaturas ao invés da heurística que apenas requereu 3,6.

4.2.2. Resultados diários

Nesta secção são analisados detalhadamente os seis dias em que foram implementados a heurística, respetivamente os dias 16, 17, 26 e 29 de outubro, 14 de novembro e 18 de dezembro.

Dia 16 de outubro

Para o dia 16 de outubro estavam identificados 13 clientes, com as respetivas localizações, visíveis na Tabela 13. A Tabela 14, mostra um pequeno segmento da matriz das poupanças calculadas através da fórmula $d_{oi}+d_{oj}-d_{ij}$, conforme identificada na secção 3.3.

Tabela 13- Clientes do dia 16 de outubro

Localidade	Unidades	Quantidades
Mortágua	100	3000
Ceira	60	1800
Santa Ovaia De Baixo	80	2400
Santa Ovaia De Baixo	120	3600
Carregal Do Sal	120	3600
São Pedro Do Sul	300	9000
Benedita	293	8790
Rio Maior	120	3600
Pedreiras	114	2025
Albergaria-a-Velha	562	6390
Vila Nova de Gaia	46	1380
Santa Maria da Feira	170	2850
Canelas	546	5130

Tabela 14- Matriz de poupanças do dia 16 de outubro

Par	Poupança de junção na mesma rota
Vila Nova de Gaia- Canelas	314
Mortágua-São Pedro do Sul	297
Santa Ovaia de Baixo- Santa Ovaia de Baixo	279
Canelas-Santa Maria da Feira	277
Santa Maria da Feira-Vila Nova de Gaia	276
Mortágua- Santa Ovaia de Baixo	272
Mortágua- Santa Ovaia de Baixo	272

A Tabela 15 ilustra as rotas calculadas pela heurística bem como as realizadas pela empresa.

Através desta tabela é possível constatar que a empresa utilizou as cinco viaturas disponíveis, ao inverso da heurística que só utilizou três. No total a heurística e a empresa calcularam 871 e 1398 quilómetros, respetivamente. Comparando os quilómetros requeridos pela heurística com os realizados pela empresa, existe uma poupança de 38%.

Tabela 15- Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 16 de outubro

	Rotas realizadas pela empresa	Rotas calculadas pela heurística
• Rota 1	Racentro- Vila Nova de Gaia- Canelas- Santa Maria da Feira- Albergaria-a- Velha- Racentro	Racentro- Vila Nova de Gaia- Canelas- Santa Maria da Feira- Albergaria-a- Velha- Ceira- Racentro
• Rota 2	Racentro- São Pedro do Sul- Racentro	Racentro- Mortágua- São Pedro do Sul- Santa Ovaia de Baixo- Santa Ovaia de Baixo- Carregal do Sal- Racentro
• Rota 3	Racentro- Benedita- Rio Maior- Pedreiras- Racentro	Racentro- Benedita- Rio Maior- Pedreiras- Racentro
• Rota 4	Racentro- Santa Ovaia de Baixo- Santa Ovaia de Baixo- Carregal do Sal- Racentro	-
• Rota 5	Racentro-Mortágua- Ceira- Racentro	-
Quilómetros	1398	871

Dia 17 de outubro

No dia 17 de outubro, as localizações dos clientes são ilustrados na Tabela 16. Tal como no caso acima transcrito, um segmento da matriz de poupanças é visível na Tabela 17.

Tabela 16- Localizações dos clientes identificados para o dia 17 de outubro

Localidade	Unidades	Quantidades
Reigoso	195	5850
Marinha Das Ondas	44	1320
Figueira da Foz	28	840
Guia	10	300
Oliveira De Frades	146	3545
Vouzela	92	2760
Santiago De Riba-Ul	174	5220
Miranda Do Corvo	188	5640
Coto	175	3000
Benedita	99	2970
Casal Fetal	363	10890
Tojal De Cima	17	510
São Pedro Do Sul	86	2580
Reigoso	90	2700
Santa Ovaia De Baixo	120	600
Carregal do Sal	90	2700

Tabela 17- Matriz de poupanças do dia 17 de outubro

Par	Poupança de junção na mesma rota
São Pedro do Sul- Vouzela	311
Oliveira de Frades-Vouzela	298
São Pedro do Sul- Santa Ovaia de Baixo	297
Oliveira de Frades- São Pedro do Sul	296
Vouzela- Santa Ovaia de Baixo	282
Oliveira de Frades-Reigoso	277
Reigoso-Santa Ovaia de Baixo	276

A Tabela 18 ilustra as rotas realizadas pela empresa e as rotas calculadas pela heurística de Clarke & Wright.

Tabela 18- Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 17 de outubro

	Rotas realizadas pela empresa	Rotas calculadas pela heurística
• Rota 1	Racentro- São Pedro do Sul- Reigoso- Santa Ovaia de Baixo- Carregal do Sal- Racentro	Racentro- São Pedro do Sul- Vouzela- Oliveira de Frades-Santa Ovaia de Baixo-Reigoso-Reigoso-Carregal do Sal- Racentro
• Rota 2	Racentro- Oliveira dos Frades- Vouzela- Santiago de Riba-Miranda do Corvo - Racentro	Racentro- Santiago de Riba- Miranda do Corvo- Marinha das Ondas- Figueira da Foz-Guia-Racentro
• Rota 3	Racentro- Coto-Benedita-Casal Fetal- Tojal de Cima- Racentro	Racentro- Coto-Benedita-Casal Fetal- Tojal de Cima- Racentro
• Rota 4	Racentro- Marinha das Ondas- Figueira da Foz- Guia-Racentro	-
• Rota 5	Racentro-Reigoso- Racentro	-
Quilómetros	1320	871

No dia 17 de outubro a empresa utilizou uma viatura para realizar dois fretes. Na Tabela 18 os dois fretes estão identificados como rotas distintas. Deste modo, é possível verificar que heurística não utilizou duas viaturas. No entanto, a viatura inutilizada pela heurística era a viatura que no cálculo de rotas da empresa realizava dois fretes.

Comparando os dois métodos de resolução, a heurística apresenta uma poupança de 34%.

Dia 26 de outubro

Para o dia 26 de outubro estavam identificados 10 clientes. As respectivas localizações e quantidades solicitadas são ilustradas na Tabela 19. Um segmento da matriz de poupanças é visível na Tabela 20.

Tabela 19- Clientes do dia 26 de outubro

Localidade	Unidades	Quantidades
Pilado	43	1290
Linhaceira	189	2170
Azinhaga	166	2455
Rojão Grande	40	850
Seia	168	3340
Carapinha	95	2625
Benedita	293	8790
Mortágua	200	6000
São Pedro Do Sul	181	2930
Custilhão	451	10280

Tabela 20- Matriz de poupanças do dia 26 de outubro

Par	Poupança de junção na mesma rota
São Pedro do Sul- Custilhão	336
Seia-Custilhão	280
Seia- São Pedro do Sul	270
Seia-Carapinha	252
Rojão Grande- Seia	242
Rojão Grande- Custilhão	242
Rojão Grande- São Pedro do Sul	238
Seia-Benedita	236
Carapinha- Custilhão	236

Após a aplicação da heurística foram calculadas três rotas. A Tabela 21 ilustra as rotas realizadas pela empresa e as calculadas pela heurística.

Deste modo, enquanto a empresa realizou 1052 quilômetros a solução da heurística requeria apenas 919 quilômetros (Tabela 21). Assim através da heurística de Clarke & Wright existe uma poupança de 12 % quando comparada com a empresa.

Tabela 21- Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 26 de outubro

	Rotas realizadas pela empresa	Rotas calculadas pela heurística
• Rota 1	Racentro-Pilado- Linhaceira- Azinhaga- Racentro	Racentro- São Pedro do Sul- Custilhão- Seia- Racentro
• Rota 2	Racentro- Rojão Grande- Carapinha- Seia-Racentro	Racentro- Rojão Grande- Carapinha- Mortágua-Racentro
• Rota 3	Racentro- Benedita- Racentro	Racentro- Linhaceira- Azinhaga- Pilado- Benedita-Racentro
• Rota 4	Racentro- Mortágua- São Pedro do Sul- Custilhão-Racentro	-
Quilómetros	1052	919

Dia 29 de outubro

No dia 29 de outubro havia 15 clientes distribuídos por 4 rotas. Uma das viaturas realizava duas rotas (dois fretes). As localidades e quantidades referentes à procura dos clientes é visível na Tabela 22.

Tabela 22- Clientes do dia 29 de outubro

Localidade	Unidades	Quantidades
Arazede	35	1050
Pombal	56	1680
Caceira De Cima	18	540
Tojeiro	70	2100
Bouça (Colmeias)	10	300
Bom Sucesso	232	6960
Lordosa	200	2250
São João Do Campo	114	2170
Pindo	33	990
Olival (VNG)	33	990
Vila Nova de Gaia	34	1020
Candosa	105	3150
Cruz São Domingos	214	4345
Calvão	527	10060
Andorinha	538	9890

A Tabela 23 demonstra as primeiras 12 maiores poupanças de junção de rotas. Posteriormente, e tendo em consideração os pressupostos acima identificados, procedeu-se à iteração e inclusão dos clientes em rotas.

Tabela 23- Matriz de poupanças do dia 29 de outubro

Par	Poupança de junção na mesma rota
Olival- VNG	332
Lordosa- Pindo	312
Olival- Cruz de São Domingues	292
VNG- Cruz de São Domingues	288
Lordosa- Cruz de São Domingues	260
Lordosa- Candosa	241
Pindo- Cruz de São Domingues	240
Pindo- Candosa	230
Lordosa- VNG	223
Lordosa- Olival	209
Pindo- VNG	206
Pindo- Olival	197

Com o objetivo de comparar as rotas, a Tabela 24 mostra as rotas realizadas pela empresa e as rotas calculadas pela heurística.

Tabela 24-Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 29 de outubro

	Rotas realizadas pela empresa	Rotas calculadas pela heurística
• Rota 1	Racentro-Calvão-Andorinha Racentro	Racentro- Olival- Vila Nova de Gaia- Cruz de São Domingos- Bom Sucesso Racentro
• Rota 2	Racentro- Vila Nova de Gaia- Olival- Candosa- Cruz de São Domingos- Racentro	Racentro- Calvão- Andorinha- Racentro
• Rota 3	Racentro- Lordosa- São João do Campo-Pindo- Racentro	Racentro- Lordosa- Pindo- Candosa- São João do Campo-Racentro
• Rota 4	Racentro-Bom Sucesso- Racentro	Racentro- Arazede- Pombal- Caceira de Cima- Tojeiro- Bouça- Racentro
• Rota 5	Racentro-Arazede-Pombal-Caceira de Cima-Tojeiro-Bouça- Racentro	-
Quilómetros	1230	1173

A empresa no dia 29 de outubro utilizou 4 viaturas, contudo, um das viatura realizou dois fretes. Por outro lado, a heurística utilizou, de igual modo, as quatro viaturas, mas com apenas um frete cada. O total de quilómetros propostos pela heurística e pela empresa foi de 1173 e 1230, respetivamente, originando um poupança de 4,6 % em relação à empresa e uma redução de 57 km (Tabela 24).

Dia 14 de novembro

As Tabelas 25 e 26 ilustram, as localizações dos clientes no dia 14 de novembro e um segmento da matriz de poupanças, respetivamente.

Tabela 25- Clientes do dia 14 de novembro

Localidade	Unidades	Quantidades
Oliveira De Frades	145	2950
Reigoso	233	6990
Viseu	952	16085
São Pedro Do Sul	319	4320
Miranda Do Corvo	187	1360
Lamelas	127	3810
Cinfães	140	2700
Moita	18	540
Cadaval	335	7550
Aveiras De Baixo	120	3000

Tabela 26- Matriz de poupanças do dia 14 de novembro

Par	Poupança de junção na mesma rota
Lamelas- Cinfães	384
Cinfães- Moita	355
Lamelas- Moita	354
São Pedro do Sul- Lamelas	324
São Pedro do Sul- Cinfães	324
São Pedro do Sul- Moita	320
Viseu-Lamelas	305
Viseu- Moita	305
Viseu- Cinfães	304
Oliveira- Lamelas	292

Tal como nos exemplos acima, após ser calculada a matriz, foi seleccionada a maior poupança e incorporada numa rota. No final da aplicação foram definidas quatro rotas distintas, visíveis na Tabela 27.

Tabela 27- Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 14 de novembro

	Rotas realizadas pela empresa	Rotas calculadas pela heurística
• Rota 1	Racentro- Oliveira de Frades- Reigoso- Racentro	Racentro- Lamelas- Cinfães- Moita- São Pedro do Sul- Racentro
• Rota 2	Racentro- Viseu- São Pedro Do Sul- Racentro	Racentro- Viseu- Miranda do Corvo- Racentro
• Rota 3	Racentro- Miranda do Corvo- Lamelas- Cinfães-Moita- Racentro	Racentro- Oliveira de Frades- Reigoso- Racentro
• Rota 4	Racentro- Cadaval- Aveiras de Baixo- Racentro	Racentro- Cadaval- Aveiras de Baixo- Racentro
Quilómetros	1325	1304

Após a aplicação da heurística de Clarke & Wright verificou-se uma poupança de 1,6% comparado com a empresa e uma redução de 21 quilómetros (Tabela 27).

Dia 18 de dezembro

No dia 18 de dezembro, as localidades dos clientes identificados são visíveis na Tabela 28. A Tabela 29 inclui um segmento da matriz de poupanças. As rotas realizadas pela empresa e as rotas calculadas pela heurística são visíveis na Tabela 30.

Tabela 28- Localidades dos clientes do dia 18 de dezembro

Localidade	Unidades	Quantidades
Pedreiras	208	3385
Benedita	310	9300
Carnide	47	785
Confraria	80	1525
Bouça	13	390
Pombal	125	3750
Andorinha	387	11250
Queirã	167	5110
Vouzela	111	1930
Ribafeita	150	4500
Castro Daire	10	300
Penalva do Castelo	38	1140
Lamelas	99	2470
Ribolhos	26	780

Tabela 29- Matriz de poupanças do dia 18 de dezembro

Par	Poupança de junção na mesma rota
Lamelas- Castro Daire	420
Castro Daire-Ribolhos	407
Lamelas- Ribolhos	405
Ribafeita- Ribolhos	377
Ribafeita- Castro Daire	375
Ribafeita-Lamelas	375
Queirã-Penalva do Castelo	356
Queirã-Ribafeita	354

Tabela 30- Rotas realizadas pela empresa e rotas calculadas pela heurística no dia 18 de dezembro

	Rotas realizadas pela empresa	Rotas calculadas pela heurística
• Rota 1	Racentro- Pedreiras-Benedita-Racentro	Racentro- Lamelas- Castro Daire- Ribolhos- Ribafeita- Racentro
• Rota 2	Racentro-Carnide- Confraria- Bouça- Pombal- Racentro -	Racentro- Andorinha- Queirã- Penalva do Castelo-Vouzela- -Racentro
• Rota 3	Racentro- Andorinha- Queirã-Vouzela- -Racentro	Racentro- Pedreiras-Benedita- Carnide- Racentro
• Rota 4	Racentro- Lamelas- Castro Daire- Ribolhos- Ribafeita-Penalva do Castelo- Racentro	Racentro- Confraria- Bouça- Pombal- Racentro -
Quilómetros	942	979

No dia 18 de dezembro, a empresa apesentou melhores resultados do que a aplicação da heurística. Enquanto a empresa realizou 942 quilómetros a heurística requere 979, originando um valor negativo de 3,8%.

Com base nestes seis dias, verificou-se que a aplicação da heurística de Clarke & Wright permitiu uma poupança média de 14,4%. Assim, esta aplicação, do ponto de vista prático e teórico seria de interesse para os objetivos da empresa. Contudo, o tempo requerido para aplicar manualmente esta metodologia foi elevado e o processo minucioso.

Seria de interesse para a empresa ter a heurística implementada num *software* de planeamento de rotas.

A Tabela 31 resume as soluções obtidas pelas três formas (empresa, VRP *Solver* e heurística de Clarke & Wright).

Tabela 31- Quilómetros obtidos pela empresa, VRP Solver e heurística de Clarke & Wright

	Empresa	VRP Solver	Heurística de Clarke & Wright
Dia 16 de outubro	1398	871	871
Dia 17 de outubro	1320	871	871
Dia 26 de outubro	1052	944	919
Dia 29 de outubro	1230	1214	1172
Dia 14 de novembro	1325	1102	1304
Dia 18 de dezembro	942	945	979
Quilómetros	7267	5076	6116

Nos dias 26 e 29 de outubro é possível verificar que a heurística de Clarke & Wright calculou rotas com um número de quilómetros mais reduzido do que o VRP Solver. Por outro lado, no dia 14 de novembro e 18 de dezembro, o *software* contabilizou menos quilómetros quando comparados com os da heurística.

Analisando comparativamente o *software* VRP Solver com a heurística de Clarke & Wright é possível verificar que nos dias 26 e 29 de outubro houve um valor negativo de -2,6% e -3,5%, respetivamente. Porém, noutra perspetiva, nos dias 14 de novembro e 18 de dezembro a aplicação do VRP Solver permitiu uma poupança de 15,5% e 3,5%, respetivamente. Em média, o *software* VRP Solver obteve uma poupança de 3,23% comparativamente com a heurística de Clarke & Wright.

4.3. Comparação dos métodos e limitações

Com base nos dados analisados nas secções anteriores, os benefícios provenientes do *software* VRP Solver para o sector dos transportes são elevados dado a flexibilidade e facilidade de utilização em relação ao planeamento de rotas. Para a Racentro, este programa permitiu auxiliar a redução dos custos de transporte uma vez que estes foram reduzidos através da diminuição da distância percorrida por cada viatura. Apesar da existência de dias em que houve poupanças negativas, o VRP Solver calculou uma poupança média diária de 14%. Este valor, aliado à utilização de menos viaturas e a uma redução dos quilómetros percorridos incentiva o uso deste programa na empresa.

A aplicação da heurística de Clarke & Wright permitiu uma poupança de 14,4%, quando comparado com a empresa. Apesar da amostra ser reduzida, este valor ilustra que este procedimento mais simples também permite vantagens no planeamento de rotas de

veículos. Quando analisados e comparados os quilómetros calculados pelo *VRP Solver* e a heurística, é possível verificar a existência de uma poupança de 3,23%, revelando que o procedimento mais sofisticado, o *VRP Solver*, tem, no entanto, vantagens relativamente a um procedimento mais simples, a heurística de Clarke & Wright.

Contudo, assinalo alguns aspetos do *software VRP Solver* que, na minha perspetiva, não considero características fortemente vantajosas para a empresa em causa:

- o *software* só calcula um solução: o *VRP Solver* ao possuir a particularidade de só apresentar um solução, reduz a possibilidade de serem exibidas outras soluções melhores;
- o *software* não acomoda o VRP com múltiplos compartimentos (MCV) o que não permitiu a sua aplicação aos em ambos os tipos de distribuição.

Outra característica que assinalo como pouco vantajosa a este *software* é a precisão requerida aquando da identificação das localidades dos clientes. Na folha 1 do programa, relativa às localidades, foi necessário recorrer à identificação não só do distrito e localidade como da região. Não obstante, e apesar de ser utilizado o mapa *BING*, a localização ID de cada cliente não correspondia com a realidade. Foi necessário confirmar todas as localizações manualmente e, conseqüentemente, foi exigido mais tempo e maior detalhe na aplicação.

Este programa, permitiu bons resultados para a distribuição de ração em sacos. No entanto a sua utilização foi inviável para a distribuição a granel uma vez que o *software* tem um limite de 200 localidades, número inferior ao requerido para aplicar na empresa. Assim, e uma vez que a maioria das viaturas disponíveis para a distribuição de ração a granel necessita de divisões nos compartimentos para transportar diversos tipos de ração a aplicação deste programa é limitada.

Depois de ter aplicado este *software*, apresentei-o ao administrador da empresa, à minha supervisora e ao gestor de tráfego. Posteriormente, expus os seus resultados e a sua funcionalidade. Este *software* ficou na posse da empresa para futura aplicação.

Com a necessidade constante de evoluir e de responder eficazmente aos clientes, é necessário adotar novas estratégias que potencializem os recursos da empresa. O planeamento e gestão de rotas são um elemento essencial em todo o processo de distribuição e transporte. Deste modo, a aplicação deste *software* apresenta-se como uma potencial

solução/melhoria para o problema atual na empresa, relacionado com o problema no planeamento de rotas.

5. Conclusão

O desenvolvimento do estágio curricular teve um grande impacto na medida em que permitiu o contacto com práticas profissionais relacionadas com a logística.

O desenvolvimento de diversas atividades na Racentro permitiram a aquisição de conhecimentos e experiências que considero essenciais para o decorrer da minha vida profissional e académica. O contacto com diversas pessoas e diversas funções na empresa foi fundamental para a aprendizagem operacional de uma cadeia de distribuição. A convivência direta com motoristas e responsáveis pelo planeamento de rotas permitiu ter uma ideia concreta das dificuldades presentes na empresa, mas também das qualidades da logística no mundo empresarial.

Tendo em conta o problema em estudo, o planeamento de rotas, foi aplicado um *software* que acomoda várias variantes e extensões do VRP, *VRP Solver*, e um procedimento mais simples, a heurística de Clarke & Wright. Ambos os modelos foram implementados com o objetivo de tentar reduzir os custos associados às rotas na empresa. O *software VRP Solver* acrescentou contributos relevantes para o planeamento de rotas na empresa. Após comparação dos resultados obtidos pelo programa com os da empresa foi calculada uma poupança com um valor significativo, 14%. Este resultado origina uma redução dos custos de transportes e também a uma melhor utilização da frota.

Os resultados provenientes da aplicação da heurística de Clarke & Wright permitiram ilustrar que este procedimento, apesar de simplificado, também possui vantagens em termos de custos. Porém, quando comparadas as duas metodologias, o *software VRP Solver* obteve uma poupança de 3,23%.

Com a realização deste trabalho foi possível verificar a complexidade adjacente ao planeamento de rotas e a vasta extensão de restrições que podem ser requeridas. Foi igualmente perceptível a necessidade existente das empresas adotarem novas abordagens e estratégias com o objetivo de reduzir custos de transporte. A aplicação do *software VRP Solver* revelou-se uma ferramenta de apoio ao planeamento de rotas da empresa Racentro com benefícios relevantes. Neste sentido e conforme as conclusões positivas desta aplicação, a empresa poderá passar a utilizar esta ferramenta de apoio à decisão.

Como limitações enfatizo as dificuldades na obtenção de informação pertinente na empresa.

Tendo em conta o número vasto de extensões incluídas no *software* VRP *Solver* teria sido benéfico, para a empresa, se o *software* também permitisse incluir o problema com viaturas com múltiplos compartimentos e um aumento do número máximo de clientes a visitar. Deste modo, a implementação deste programa também teria sido aplicado ao restante tipo de distribuição.

Bibliografia

- Baldacci, R., Toth, P., & Vigo, D. (2010). Exact algorithms for routing problems under vehicle capacity constraints. *Annals of Operations Research*, 175(1), 213–245. <https://doi.org/10.1007/s10479-009-0650-0>
- Bodin, L., Golden, B., Assad, A., & Bal, A. . (1983). Routing end Scheduling of Vehicles and Crews: the state of the art. *Computer & Operations Research*, 10(2), 63–211.
- Bräysy, O., & Gendreau, M. (2005). Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part I: Route Construction and Local Search Algorithms. *Transportation Science*, 39(1), 104–118. <https://doi.org/10.1287/trsc.1030.0056>
- Carvalho, J. C. de (ed.). (2017). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. (M. Robalo, Ed.) (2ª edição). Lisboa: Edições Sílabo, Lda.
- Cattaruzza, D., Feillet, D., & Absi, N. (2016). Vehicle routing problems with multiple trips. *Journal of Operations & Research*, 14(3), 223–259. <https://doi.org/10.1007/s10288-016-0306-2>
- Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12, 568–582.
- Comissão Europeia COM (2001) 370. (2001). Livro Branco- A Política Europeia de Transportes no Horizonte 2010: a hora das Opções. Bruxelas.
- Cordeau, J. F., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J. Y., & Semet, F. (2002). A guide to vehicle routing heuristics. *Journal of the Operational Research Society*, 53(5), 512–522. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601319>
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 8, 80–91.
- Desaulniers, G., Lavigne, J., & Soumis, F. (1998). Multi-depot vehicle scheduling problems with time windows and waiting costs. *European Journal of Operational Research*, 111(3), 479–494. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00363-9](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00363-9)
- Desrochers, M., Desrosiers, J., & Solomon, M. (1992). A New Optimization Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Operations Research*, 40(2), 342–

354. <https://doi.org/10.4324/9780203522141>

Desrosiers, J., Dumas, Y., Solomon, M. M., & Soumis, F. (1995). Time Constrained Routing and Scheduling. *Operations Research and Management Science*, 8(C), 35–139. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(05\)80106-9](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(05)80106-9)

Erdoğan, G. (2017). An open source Spreadsheet Solver for Vehicle Routing Problems. *Computers and Operations Research*, 84, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.02.022>

Fisher, M. (1995). Vehicle routing. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, 8, 1–33. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(05\)80105-7](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(05)80105-7)

Gendreau, M., Laporte, G., & Séguin, R. (1996). Stochastic Vehicle Routing. *European Journal of Operational Research*, 88, 3–12.

Grupo Lusiaves. (2018a). História e Atividades. Retrieved November 11, 2018, from <http://www.grupolusiaves.pt/pt/pagina/1/historia/>

Grupo Lusiaves. (2018b). Os nossos números. Retrieved November 20, 2018, from <http://www.grupolusiaves.pt/pt/pagina/3/os-nossos-numeros/>

Grupo Lusiaves. (2018c). Racentro. Retrieved September 11, 2018, from <http://www.grupolusiaves.pt/pt/pagina/7/racentro>

Grupo Lusiaves. (2018d). Visão, Missão e Valores. Retrieved November 11, 2018, from <http://www.grupolusiaves.pt/pt/pagina/2/visao-missao-e-valores/>

Hanshar, F. T., & Ombuki-Berman, B. M. (2007). Dynamic vehicle routing using genetic algorithms. *Applied Intelligence*, 27(1), 89–99. <https://doi.org/10.1007/s10489-006-0033-z>

Kuhn, H., & Sternbeck, M. G. (2013). Integrative retail logistics : An exploratory study. *Operations Research and Management Science*, 2, 2–18. <https://doi.org/10.1007/s12063-012-0075-9>

Laporte, G. (1992). The traveling salesman problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59(2), 345–358. [https://doi.org/10.1897/1551-5028\(1999\)018<0357:AIEOTP>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1897/1551-5028(1999)018<0357:AIEOTP>2.3.CO;2)

-
- Laporte, G., & Nobert, Y. (1987). Exact algorithms for the vehicle routing problem. *Annals of Discrete Mathematics*, 31, 147–184.
- Liong, C. Y., Wan, R. I., Khairuddin, O., & Zirour, M. (2008). Vehicle routing problem: models and solutions. *Journal of Quality Measurement and Analysis*, 4(1), 205–218.
- Liu, F.-H., & Shen, S.-S. (1999). A method for vehicle routing problem with multiple vehicle types and time windows. *Department of Industrial Engineering and Management*, 23(4), 526–536. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.122.5175&rep=rep1&type=pdf>
- Min, H., Jayaraman, V., & Srivastava, R. (1998). Combined location-routing problems: A synthesis and future research direction. *European Journal of Operational Research*, 108, 1–15.
- Ostermeier, M., & Hübner, A. (2018). Vehicle selection for a multi-compartment vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 269(2), 682–694. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.01.059>
- Pisinger, D., & Ropke, S. (2007). A general heuristic for vehicle routing problems. *Computers & Operations Research*, 34(4), 2403–2435. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.09.012>
- Powell, W. B., & Topaloglu, H. (2002). Fleet Management. *Applications of Stochastic Programming*.
- Psaraftis, H. N. (1995). Dynamic Vehicle Routing Problems : Status and Prospect. *Annals of Operations Research*, 61, 143–164.
- Ropke, S., & Pisinger, D. (2006). An Adaptive Large Neighborhood Search Heuristic for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows. *Transportation Science*, 40, 455–472. <https://doi.org/10.1287/trsc.1050.0135>
- Sen, A., & Bülbül, K. (2008). A Survey On Multi Trip Vehicle Routing Problem. VI. *International Logistics and Supply Chain Congress 2008*. <https://doi.org/10.1038/bjc.2012.154>
- Thangiah, S. R., Potvin, J. Y., & Sun, T. (1996). Heuristic approaches to vehicle routing

with backhauls and time windows. *International Journal of Computers and Operations Research*, 23(11), 1043–1057. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(96\)00018-4](https://doi.org/10.1016/0305-0548(96)00018-4)

Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The vehicle routing problem*. Philadelphia: SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications,.

Yang, W.-H., Mathur, K., & Ballou, R. H. (2010). Stochastic Vehicle Routing Problem with restocking. *Transportation Science*, 34(1), 99–109.