



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO

GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**OTIMIZAÇÃO DO PLANEAMENTO DE ROTAS
NA CADEIA DE ABASTECIMENTO
DE UMA EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO**

FRANCISCO FAVILA VIEIRA PLANAS RAPOSO

OUTUBRO – 2022



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO

GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**OTIMIZAÇÃO DO PLANEAMENTO DE ROTAS
NA CADEIA DE ABASTECIMENTO
DE UMA EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO**

FRANCISCO FAVILA VIEIRA PLANAS RAPOSO

ORIENTAÇÃO:

PROFESSORA DOUTORA ANA PAULA FERREIRA DIAS BARBOSA PÓVOA

OUTUBRO – 2022

Resumo

A Gestão da Logística e a Gestão da Cadeia de Abastecimento (GCA) assumem-se cada vez mais como pilares fundamentais no mundo empresarial, sendo notória a importância dada pelas empresas (até mesmo as PMEs) a estas áreas. Verifica-se que uma boa gestão das atividades relacionadas pode ter um impacto direto na redução de custos e desperdícios, permitindo um maior equilíbrio entre a oferta e a procura, uma melhor gestão de *stocks*, para além de uma gestão mais eficiente dos transportes e da comunicação dentro da empresa.

É na área dos transportes que o presente trabalho se foca, tendo sido desenvolvido no âmbito de um estágio numa empresa, com vista à obtenção do grau de Mestre em Gestão e Estratégia Industrial (ISEG, Lisboa). O presente trabalho explora não só uma componente de investigação teórica, mas também a experiência prática adquirida no departamento de distribuição.

A empresa atua na área de distribuição alimentar e não alimentar, ou seja, compra, vende e distribui um sortido de produtos de alta qualidade. Consegue cobrir todo o território nacional, contando com o apoio de sete plataformas logísticas. Desta forma, é necessário existir uma grande coordenação, flexibilidade e agilidade da cadeia, para que o nível de serviço satisfaça ao máximo as necessidades do cliente.

Neste contexto, o principal objetivo do presente trabalho é propor uma redução de custos e um aumento da eficiência da logística de transportes, melhorando o planeamento de rotas, atualmente realizado com base num *software* de roteamento. Pretende-se também avaliar a forma como o processo de distribuição é feito pelo sistema, fazendo o controlo do nível de automatismo do planeamento. O propósito é melhorar a configuração utilizada e, conseqüentemente, todo o processo de planeamento que permitirá reduzir o número de veículos utilizados, os quilómetros percorridos e otimizar a carga transportada, cumprindo o máximo de janelas horárias estipuladas pelos clientes.

Palavras-Chave: Gestão da Cadeia de Abastecimento, Gestão Logística, *Software* de Roteamento, Nível de Automatismo, Janelas Horárias.

Abstract

Logistics and Supply Chain Management are increasingly becoming fundamental pillars in the business world, and the importance given by companies (even SMEs) to these areas is notorious. It can be seen that the good management of related activities can have a direct impact on reducing costs and waste, allowing a better balance between supply and demand, better stock management, in addition to more efficient management of transport and communication within the company.

The present work is focused on the transport area and was developed within the scope of an internship in a company, within the Master's degree in Management and Industrial Strategy (ISEG, Lisbon). The present work explores not only a theoretical research component, but also the practical experience in the distribution department.

The company operates in the food and non-food distribution area; it buys, sells and distributes a range of high-quality products. This company manages to cover the entire Portuguese national territory, with the support of seven logistics platforms. In this way, there must be a great coordination, flexibility and agility of the chain to ensure that the level of service meets customer's needs to the maximum.

In this context, the main goal of this work is to propose a cost reduction and an increase in the efficiency of transport logistics, improving the route planning, currently done based on routing software. We also intend to evaluate the way in which the distribution process is carried out by the system, checking the level of automation of the planning. The purpose is to improve the configuration used and, consequently, the entire planning process, which will enable to reduce the number of vehicles used, the number of kilometres travelled, as well as the optimisation of the load transported, complying with the maximum number of time windows stipulated by the customers.

Keywords: Supply Chain Management, Logistics Management, Routing Software, Level of Automation, Time Windows.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Presidente do Conselho de Administração, por me dar a conhecer a empresa através da rede social LinkedIn e, assim, permitir a realização do meu estágio de Trabalho Final de Mestrado (TFM).

De seguida, gostaria de deixar uma reconhecida palavra a toda a direção e aos diversos departamentos pelo acolhimento prestado e pelos ensinamentos transmitidos sobre a atividade da empresa. Esse conhecimento foi sem dúvida enriquecedor para o relatório final.

Ao departamento de distribuição, deixo um especial agradecimento por toda a disponibilidade para me esclarecer qualquer dúvida e pela companhia ao longo dos meses de estágio. Em especial ao planeador por me ajudar em tudo o que está relacionado com o planeamento e qualquer especificidade associada, e ao gestor de frota por me dar a conhecer todos os detalhes legais relacionados com os motoristas e a frota. Quanto aos motoristas, uma palavra amiga por me ajudarem a identificar as preocupações de quem está no terreno e os problemas reais que enfrentam.

Em especial ao meu orientador de estágio, um dos gestores de distribuição, dirijo um reconhecido agradecimento por todo o apoio incansável e o conhecimento transmitido, bem como por procurar desenvolver/debater as ideias que apareciam e explicar qualquer assunto ao detalhe. Em termos práticos, ajudou-me a conhecer melhor as necessidades e os problemas da distribuição, a decidir o tema, a utilizar o software, a fazer planeamento e a trabalhar a base de dados para poder ter o acesso a toda a informação necessária.

O meu maior agradecimento é dirigido à minha orientadora Professora Doutora Ana Barbosa Póvoa, por me ter acolhido desde o primeiro dia e assegurado que tinha orientador, por sempre ter acreditado em mim e por resolver a minha ansiedade. Foi sem dúvida a melhor pessoa para me orientar, sempre tranquilizadora, simplificando os problemas que me surgiam.

Aqui deixo também uma palavra a todos os meus amigos que me apoiaram neste percurso de mestrado, em particular aos colegas de mestrado Dinis, Cátia, Margarida, Duarte, José, Francisco, João e Maria pelo trajeto que fizemos juntos. Apesar da pandemia, conseguimos tornar as reuniões *online* de trabalhos e estudo em amizades que levo para a vida.

Por fim, gostaria de agradecer à minha família, em especial aos meus pais e irmã, por todo o apoio, o incentivo e a preocupação em saber o ponto de situação do TFM, e à minha namorada Beatriz, por ser suporte em tudo, demonstrando que o caminho é sempre possível.

Lista de siglas e acrónimos

AMB – Produtos Ambiente

BAT – Batatas

CA – Cadeia de Abastecimento

CON – Produtos Congelados

CVRP – *Capacitated Vehicle Routing Problem*

DET – Detergentes

DVRP – *Dynamic Vehicle Routing Problem*

FRL – Frutas e Legumes

GCA – Gestão da Cadeia de Abastecimento

HVRP – *Heterogeneous Vehicle Routing Problem*

ILS – *Iterated Local Search*

KPI – *Key Performance Indicator*

MAT – Matérias Primas

MS – Margem Sul

NA – Não Alimentar

NAL – Produtos Não Alimentares

REF – Produtos Refrigerados

TFM – Trabalho Final de Mestrado

TSP – *Travelling Salesman Problem*

VRP – *Vehicle Routing Problem*

VRPTW – *Vehicle Routing Problem with Time Windows*

Índice

Resumo	I
Abstract	II
Agradecimentos	III
Acrónimos	IV
Índice	V
Índice de tabelas	VIII
Índice de figuras	VIII
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Objetivos e contribuições esperadas	1
1.3 Metodologia	2
1.4 Estrutura do relatório	3
Capítulo 2 – Revisão de Literatura	5
2.1 Cadeia de Abastecimento	5
2.2 Logística	6
2.3 Otimização de sistemas logísticos	7
2.4 Planeamento de rotas	8
2.4.1 Variantes de VRP	8
2.4.2 Métodos de resolução de VRP	9
2.4.3 O problema em estudo e os seus métodos de resolução	10
Capítulo 3 – A empresa A e o problema a estudar	12
3.1 Empresa A e Grupo G	12
3.2 Departamento de distribuição	12
3.3 Problema a estudar	13
Capítulo 4 – Empresa A AS-IS – descrição do processo de planeamento	16
4.1 AS-IS – configuração atual do <i>software S</i>	16

4.2 Problemas/falhas no planeamento feito no <i>software S</i>	20
4.3 Critérios como oportunidade de melhoria	24
4.3.1 Correção da informação na base de dados	24
4.3.2 Diminuição dos ajustes manuais e número de infrações	24
4.3.3 Melhoria da configuração: <i>tags</i> , regras, prioridades, infrações Erro! Marcador não definido.	
4.3.4 Melhoria dos indicadores	25
Capítulo 5 – Empresa A TO-BE – descrição do processo de planeamento	26
5.1 TO-BE – Sistema otimizado com a nova configuração	26
5.1.1 Atualização das <i>tags</i>	26
5.1.2 Revisão das regras.....	27
5.1.3 Escolha do perfil de otimização mais adequado	29
5.1.4 Constituição da nova sequência de prioridades	30
5.1.5 Construção do conjunto das infrações	31
5.2 Implementação de melhorias: simulação do novo planeamento no <i>software S</i>	32
5.2.1 Exemplo da simulação do Grupo	33
5.2.2 Primeiro exemplo da simulação da Comercial	34
5.2.3 Segundo exemplo da simulação da Comercial	35
5.3 Avaliar a eficácia do método e medir o desempenho	37
5.4 Discussão global	40
Capítulo 6 – Conclusão final e trabalho futuro	43
Referências bibliográficas	45
Anexos	50
Anexo 1 – Tipologias e características dos veículos	50
Anexo 2 – Informação geral de uma simulação-exemplo	50
Anexo 3 – <i>Tags</i> AS-IS.....	50
Anexo 4 – Perfil de otimização AS-IS	50

Anexo 5 – Prioridades AS-IS	50
Anexo 6 – Indicadores na situação AS-IS	51
Anexo 7 – Geometrias desenvolvidas TO-BE.....	52
Anexo 8 – Regras criadas TO-BE	53
Anexo 9 – Perfil de otimização TO-BE.....	53
Anexo 10 – Prioridades TO-BE.....	53
Anexo 11 – Infrações TO-BE.....	54
Anexo 12 – Simulação de Grupo 03-03 (R 26514 e original R 25400).....	54
Anexo 13 – Simulação de Comercial 14-02 (R 26388 e original R 25251).....	55
Anexo 14 – Simulação de Comercial 15-03 (R 25557 e original R 25546).....	56
Anexo 15 – Indicadores na situação TO-BE	57
Anexo 16 – Simulação de Comercial 08-02 (R 26380 e original R 25205).....	58
Anexo 17 – Simulação de Grupo 16-03 (R 26612 e original R 25550).....	58

Índice de tabelas

Tabela I – Modelo concetual	3
Tabela II – Regras da situação AS-IS.....	18
Tabela III – Problemas identificados e propostas de solução	21
Tabela IV – Regras da situação TO-BE	29
Tabela V – Comparação dos indicadores.....	38

Índice de figuras

Figura 1 – Disposição gráfica do <i>software S</i>.....	17
Figura 2 – Modelo de otimização AS-IS.....	19
Figura 3 – Modelo de otimização TO-BE.....	29
Figura 4 – R 25400 AS-IS – rota Castro Verde	33
Figura 5 – R 26514 TO-BE – rota Castro Verde	34
Figura 6 – R 25251 AS-IS – rota Av. Marginal ente Carcavelos e Cascais.....	34
Figura 7 – R 26388 TO-BE – rota Av. Marginal entre Carcavelos e Cascais.....	34
Figura 8 – R 25546 AS-IS – rota Av. Marginal entre Lisboa e Algés.....	35
Figura 9 – R 25557 TO-BE – rota Av. Marginal entre Lisboa e Algés	35
Figura 10 – R 25546 AS-IS – rota Colares/Sintra/Cascais	36
Figura 11 – R 25557 TO-BE – rota Colares/Sintra/Cascais	36

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Contextualização

A mudança de pensamento estratégico das empresas e as novas abordagens levaram a um crescente interesse das organizações pela área da CA, mais concretamente pela gestão logística e a atividade de distribuição associada. Sendo a logística uma atividade determinante no equilíbrio financeiro das empresas, importa investir nesta atividade de forma a garantir o sucesso das empresas e suas CA (Dridi *et al.*, 2020).

No entanto, os problemas na logística de transportes são recorrentes, sendo a otimização dos processos associados um objetivo a atingir. Em particular a logística de *last mile* é um problema desafiante dado que, por um lado, nas cidades há demasiado tráfego rodoviário e nas zonas mais rurais as infraestruturas são fracas e de difícil acesso (Li *et al.*, 2022). Por outro lado, os clientes têm aumentado a sua exigência no sentido de uma redução dos tempos de entrega (Janjevic & Winkenbach, 2020).

Uma forma de atingir essa otimização é através da otimização das rotas de distribuição, com base nos chamados problemas *Vehicle Routing Problem* (VRP).

É nesta área que se foca o presente trabalho, que foi desenvolvido numa empresa de distribuição que pretendia melhorar todo o seu planeamento de distribuição. O planeamento das rotas nesta empresa é realizado através de um *software* e é com o objetivo de obter uma melhor customização do mesmo que o presente trabalho se desenvolve.

Por motivos de confidencialidade, ao longo deste documento a empresa alvo do estudo irá ser denominada como empresa A, a qual pertence ao Grupo G. A empresa A utiliza um *software* designado S que é desenvolvido pela empresa B.

Para além disso, a empresa A tem várias plataformas, embora a análise seja feita só para a plataforma principal designada P. De maneira a fazer toda a sua distribuição, a empresa A subcontrata a grande maioria da sua frota a uma entidade que se passa a denominar empresa C.

1.2 Objetivos e contribuições esperadas

A Otimização do Planeamento de Rotas na Cadeia de Abastecimento da empresa A é, pois, o foco do presente TFM. As seguintes questões de investigação foram, portanto, definidas:

- Que melhorias no processo de distribuição podem levar à otimização do planeamento de rotas?

- Como é que a distribuição se vai adaptar às novas rotas delineadas?

Para responder a estas questões analisou-se o processo de planeamento de rotas, considerando o cumprimento das janelas horárias, o número de veículos necessários, a otimização do peso dos veículos e a rentabilização das equipas de distribuição. Fez-se posteriormente uma avaliação do planeamento de rotas otimizado face ao existente.

O objetivo deste trabalho é melhorar o sistema de distribuição da empresa A, tornando-o mais eficiente e eficaz, entregando a quantidade certa, no local certo e no tempo certo e reduzindo os custos operacionais.

A redução do custo total e a melhoria do automatismo do planeamento assumem-se como duas metas cruciais que definem a qualidade do novo planeamento, sem descurar o nível de serviço ao cliente a atingir.

1.3 Metodologia

Tendo em conta que o presente trabalho se desenvolve num contexto empresarial e analisando um caso real, a metodologia explorada é a *Action Research* (Investigação-Ação), pois apoia a resolução de problemas reais das organizações, desenvolvendo soluções com uma abordagem participativa/colaborativa, o que origina implicações em todos os envolvidos e na própria organização (Coghlan, 2011; Coghlan & Brannick, 2014).

A fim de perceber o problema, utilizou-se a observação direta, considerando todas as etapas do planeamento. Identificaram-se os dados a introduzir no sistema utilizado para o planeamento das rotas, analisaram-se as rotas obtidas e interpretaram-se os resultados finais dos indicadores estabelecidos com os responsáveis da empresa. Esta análise permitiu caracterizar a situação atual AS-IS do planeamento e, assim, ter um cenário base de comparação com o cenário a otimizar TO-BE.

Na recolha de dados utilizou-se o método da observação participativa complementado com entrevista não estruturada/em profundidade. A observação permitiu analisar o comportamento da equipa de distribuição no processo que envolve o planeamento das rotas e toda a distribuição das encomendas aos clientes. As entrevistas permitiram conhecer com mais

profundidade os problemas enfrentados no departamento de distribuição, quer a nível dos planeadores na construção das rotas, quer a nível dos motoristas na implementação das rotas.

Desta forma, pretendeu-se explorar o conhecimento organizacional de maneira a garantir resultados práticos, sendo que este processo se desenvolveu em diversas fases: identificação do problema e contexto, diagnóstico, planeamento de ações, implementação das medidas e avaliação das ações propostas (Saunders *et al.*, 2019).

Assim sendo, a metodologia é composta por uma primeira fase de revisão de literatura em que se aborda os temas cruciais para o estudo do planeamento de rotas, que depois vão ser ilustrados na segunda fase de análise do problema. Esta, por sua vez, está subdividida nas várias fases referidas anteriormente. Todo o processo encontra-se representado num modelo concetual (Tabela I) onde estão delineados os passos seguidos no estágio na empresa A, tendo em vista os objetivos inicialmente propostos.

Identificação do problema	Diagnóstico	Planeamento	Implementação	Avaliação
-Identificação do problema de planeamento de rotas;	-Estudo dos dados do <i>software</i> S, base de dados e configuração;	-Análise profunda do <i>software</i> para ver todas as configurações possíveis;	-Construção de geometrias, muitas com aplicação direta nas regras;	-Medição do automatismo do planeamento por clientes que o sistema logo ao início consegue encaixar de forma independente;
-Compreensão da origem do mesmo questionando os planeadores e motoristas.	-Análise das rotas construídas na situação AS-IS;	-Estudo das geometrias atuais;	-Implementação de novos comportamentos a adotar no processo de planeamento;	-Análise dos indicadores TO-BE;
	-Identificação de comportamentos adotados quer no momento de planeamento quer no acompanhamento que se faz diariamente à operação;	-Escolha do melhor conjunto de opções de perfil, prioridades e infrações;	-Introdução da nova configuração no <i>software</i> S, deixando o sistema planear desde a fase inicial;	-Comparação da situação TO-BE com o momento AS-IS;
	-Recolha de valores dos indicadores.	-Pesquisa de todas as tags referentes quer a veículos quer a clientes/localizações;	-Execução do planeamento automático.	-Análise das novas simulações e rotas desenvolvidas.
		-Seleção das regras essenciais à realidade da empresa A.		

Tabela I – Modelo concetual

Fonte: Elaboração própria

1.4 Estrutura do relatório

O presente relatório é composto por seis capítulos principais devidamente interligados e com a informação sequenciada, designadamente:

Capítulo 1 – Introdução. Neste capítulo elabora-se a primeira abordagem aos tópicos mais relevantes para o estudo em questão, fazendo-se posteriormente o enquadramento

no tema do relatório de estágio. São também definidos os objetivos da investigação, a metodologia adotada e a estrutura de todo o relatório;

Capítulo 2 – Revisão de Literatura. Inicialmente apresentam-se os conceitos de CA e logística. Identifica-se a relevância que as empresas atribuem a estas áreas, justificando-se a necessidade de otimização dos sistemas logísticos envolvidos. Por último, aprofunda-se a revisão com o estudo do planeamento de rotas, mais especificamente caracterizam-se as variantes e os métodos de resolução de VRP, procurando assim detalhar os métodos que compõem o algoritmo do *software S*.

Capítulo 3 – A empresa A e o problema a estudar. Faz-se uma breve apresentação da empresa e do grupo em que está inserida. De seguida, explica-se como é constituído e como funciona o departamento de distribuição. Uma vez que o estágio é referente a uma atividade particular dentro deste departamento, descreve-se o processo associado, que é o de planeamento de rotas da empresa A.

Capítulo 4 – Empresa A AS-IS – descrição do processo de planeamento. Neste capítulo apresenta-se a informação relativa à configuração atual AS-IS que é trabalhada no *software S* de planeamento. Identificam-se os problemas e falhas no planeamento existente, procurando formas de mitigá-los e possíveis melhorias.

Capítulo 5 – Empresa A TO-BE – descrição do processo de planeamento. Neste capítulo apresenta-se o desenvolvimento do trabalho com vista a obter um sistema otimizado, utilizando para tal a configuração desenvolvida e estudando diferentes simulações no *software S*. É ainda avaliada a eficácia do novo método, sendo medido o seu desempenho através dos indicadores estabelecidos com os responsáveis da empresa. Faz-se uma comparação entre as situações TO-BE e AS-IS.

Capítulo 6 – Conclusão final e trabalho futuro. Neste capítulo final realiza-se uma análise crítica dos resultados obtidos, procurando delinear que outras melhorias podem ainda ser desenvolvidas, identificando um possível espaço para trabalho futuro.

Capítulo 2 – Revisão de Literatura

Neste capítulo são apresentados os conceitos de CA, Logística e de vários construtos relacionados com esta área, fundamentados na literatura. Aborda-se a importância que os mesmos têm nas empresas e, por conseguinte, a necessidade de otimizar tais sistemas logísticos. Por fim, faz-se a ligação entre a otimização destes sistemas e o planeamento de rotas, o que permite identificar a combinação ideal para que a solução final seja a mais otimizada possível.

2.1 Cadeia de Abastecimento

A CA possui vários intervenientes ao longo de uma estrutura ramificada com diversos níveis, o que permite que um produto consiga ir desde o ponto A, o fornecedor de matérias-primas, até ao ponto B, o cliente final. Este é um sistema que sempre esteve presente nas organizações, mas que de certa forma não era valorizado e nem considerado decisivo, sendo que com a globalização atingiu uma maior relevância (Barbosa-Póvoa, 2014).

A GCA é definida segundo o CSCMP (2022) como «o processo de gestão de todo o conjunto de entidades de uma CA que começam no planeamento e vão até à gestão operacional de todas as atividades envolvidas, desde o *sourcing* e *procurement* até à produção, e todas as atividades logísticas de transportes e gestão de inventários. Neste processo é importante que seja incluída a coordenação e colaboração com parceiros do sistema, desde fornecedores, a intermediários, prestadores de serviços, e clientes. Na sua essência, a GCA integra a gestão da oferta e da procura dentro e entre um sistema de entidades».

O conhecimento empresarial sobre a CA e a preocupação com a sua gestão são pois, em grande parte, reflexo da globalização. Este fenómeno incutiu nas empresas uma filosofia de procura de um processo contínuo de aumento da eficiência da CA, dando especial atenção à otimização de CA mais complexas (Ribeiro & Barbosa-Povo, 2018).

No caso da CA alimentar, que se torna cada vez mais global, foi necessário estabelecer colaborações estreitas entre organizações industriais e governos, o que permitiu o estabelecimento de políticas e diretrizes que assegurem um fluxo contínuo de alimentos (Montenegro & Young, 2020).

Por outro lado, é importante estabelecer também colaborações entre empresas, não tanto numa perspetiva política, mas como fator determinante na CA. As colaborações são essenciais para aumentar a resiliência da cadeia, pois existindo colaboração e confiança entre os parceiros da CA, consegue-se aumentar a flexibilidade na resposta a mudanças na procura ou a interrupções de abastecimento inesperadas.

A imprevisibilidade da COVID-19 veio destacar a falta de preparação das cadeias de

abastecimento para situações de paragem ou mudança repentina do seu normal funcionamento. Surgiram, assim, novos desafios para os gestores de operações e da CA, que tiveram de se adaptar à incerteza e à pressão do tempo. A pandemia foi, efetivamente, o ponto de partida para uma nova forma de abordar a gestão do risco, através por exemplo da digitalização, permitindo a criação de cadeias resilientes em que a colaboração e a partilha de informação são de elevada importância (Schleper et al., 2021).

Dentro da CA, a logística, que envolve o armazenamento de materiais e o movimento físico dos mesmos, é considerada uma atividade fundamental.

2.2 Logística

A logística, no início do século, era definida como «planeamento, implementação e controlo do fluxo e armazenamento eficiente e eficaz de bens e serviços», sempre com início num ponto exterior à empresa, passando pelo seu interior e acabando no local de consumo. O principal objetivo seria a satisfação das necessidades do cliente (Lummus *et al.*, 2001).

Davis-Sramek *et al.* (2008) estudaram que fatores como o preço, a qualidade e a velocidade de entrega são influenciados pela logística, o que significa que deve existir uma grande preocupação com a sua gestão, pois vai influenciar o serviço ao cliente e a sua satisfação.

O CSCMP (2022) descreve ainda a logística como «a parte da GCA que planeia, implementa e controla o fluxo e o armazenamento eficiente, eficaz e inverso de bens, serviços e informação relacionada entre o ponto de origem e o ponto de consumo, a fim de satisfazer as necessidades dos clientes».

A logística é, assim, uma atividade importante na GCA, cujo objetivo é garantir a quantidade de mercadorias necessárias no local e tempo precisos (Speranza, 2018).

Dentro da logística, a logística de transportes é fundamental, por garantir o transporte de mercadorias desde os fornecedores, a montante da cadeia, até aos clientes, a jusante (Lai *et al.*, 2004). O sistema de transportes é, assim, o elemento que interliga atividades numa CA, o que determina, enfim, a eficiência da circulação dos produtos. A logística de transportes representa um terço dos custos logísticos totais nas CA, sendo evidente o impacto que estes sistemas têm no desempenho de toda a CA (Tseng *et al.*, 2005).

Um dos principais problemas presentes na logística de transportes prende-se com a logística da última milha, que consiste na última parte de movimento de mercadoria na CA, ou seja, período que decorre entre o último ponto de trânsito e o ponto final da entrega ao cliente (Lu *et al.*, 2020). Esta logística reflete a importância que o cliente tem para a empresa (Wang

et al., 2020), sendo que as organizações têm de estar preparadas para as exigências do cliente, garantindo processos confiáveis, rápidos e seguros. Assim, as empresas de distribuição procuram desenvolver soluções inovadoras no processo de entrega das mercadorias, tendo em vista a satisfação das necessidades do cliente (Jucha & Corejova, 2021).

A digitalização da área comercial faz da logística da última milha uma prioridade e um motivo de especial atenção para os retalhistas (Wang *et al.*, 2020). Com o auxílio de tecnologias de gestão autónoma e um serviço de logística inteligente é possível diminuir os custos de entrega na última milha e melhorar a eficiência do sistema de transporte (Li *et al.*, 2022). Neste contexto, é importante garantir a otimização desses sistemas logísticos.

2.3 Otimização de sistemas logísticos

A otimização dos sistemas logísticos prende-se com uma utilização mais eficaz, neste caso, dos meios de transporte, para a qual é necessária uma análise das rotas de transporte e uma aplicação de métodos de Investigação Operacional (IO) que garantam a sua otimização.

Os métodos de otimização nos processos logísticos são cada vez mais uma prioridade, devido à crescente importância dada à qualidade e ao nível dos serviços fornecidos. Estes métodos são muito utilizados para gerir cadeias logísticas, não só porque aumentam a eficiência das operações logísticas, mas também pelas propostas de melhoria dos processos de negócio que podem resultar dessa mesma otimização (Pečený *et al.*, 2020).

Assim sendo, o progresso das tecnologias da informação tem contribuído para aumentar a eficiência e a otimização do transporte, visto que a sua utilização proporciona uma automação destes processos nas empresas de transporte de mercadorias. Por outro lado, automatizar a logística dos transportes é fundamental para que se melhore a eficiência do sistema de transporte, estando todos estes fatores interligados (Dekhtyaruk *et al.*, 2021).

Para que se consiga obter um sistema de distribuição otimizado, é necessário não só construir um algoritmo, mas também ter uma base com informação que suporte esse algoritmo. A informação de entrada a utilizar para algoritmos de roteamento de veículos inclui dados sobre o destino e o objetivo da viagem, as condições de trânsito no momento (exemplo do congestionamento, incidentes, acessos de estrada cortados, condições meteorológicas) e a informação real da viagem, como as condições em que se encontra o veículo, o nível do combustível e o estado do condutor (Ghiani *et al.*, 2003). Por exemplo, o aumento do trânsito nas áreas urbanas é cada vez maior, tornando-se necessário um planeamento inteligente das rotas para conseguir gerir uma área que é fundamental no desenvolvimento das cidades. Os sistemas de planeamento de rotas existentes devem ter em conta o histórico dos perfis e os

perigos atuais que o tráfego enfrenta (Schäfer, 2009).

No entanto, é preciso que a informação seja o mais recente possível e constantemente atualizada sobre o que acontece nas cidades, ou seja, tem de haver um controlo das situações do trânsito em movimento. Liebig *et al.* (2014), por exemplo, abordam o planeamento de rotas com a informação em tempo real e o auxílio de sensores inteligentes colocados numa cidade cujos dados estão ligados a modelos para prever e determinar casos futuros de trânsito no cálculo de rotas. Efetivamente, associados a modelos de otimização aparecem recentemente os métodos de Inteligência Artificial (IA), que permitem construir soluções inteligentes de previsão. A obtenção destas soluções é, todavia, complexa, o que leva a que muitos problemas de otimização precisem de algoritmos adequados que resolvam facilmente a análise computacional (Abduljabbar *et al.*, 2019).

No contexto da otimização dos sistemas logísticos, um aspeto muito relevante e que tem impacto numa possível melhoria é o planeamento de rotas, tópico analisado na secção seguinte.

2.4 Planeamento de rotas

2.4.1 Variantes de VRP

Uma rota é uma sequência de paragens com começo num ponto inicial depois do qual, tipicamente, o veículo apenas pode parar num depósito ou num local de entrega (Boysen *et al.*, 2018). Após ter os locais de início e destino da viagem definidos é atribuída, a esse percurso determinado previamente, uma rota ou várias rotas alternativas (Bérczi *et al.*, 2017).

Associados às rotas podem existir determinados problemas, como os de roteamento de veículos (VRP), ou seja, problemas associados à distribuição de mercadorias entre os armazéns e os clientes (Tan & Yeh, 2021).

Um dos problemas de otimização combinatória mais referidos na literatura é precisamente o VRP, que define as rotas que os veículos devem seguir tendo em conta a distância a que estão os diversos pontos de clientes, e garantindo sempre a sua satisfação (Yeun *et al.*, 2008). O objetivo do VRP é, pois, a obtenção de rotas ótimas, reduzindo o custo total da operação. Para isso devem ser respeitados todas as restrições operacionais e os requisitos dos clientes (Gonzalez-Feliu, 2012).

A complexidade dos problemas reais e os novos desafios levam a extensas definições e formulações de VRP, os quais exigem algoritmos avançados para a sua resolução. Dados como a distância percorrida, as janelas horárias dos clientes, as condições de trânsito e as horas de trabalho do trabalhador vão permitir melhorar as aplicações dos VRP. Para além disso, constata-se um aumento do número de clientes e de tipos de veículos, o que reforça a importância dos

algoritmos de otimização na obtenção de um sistema operacional eficiente e que proporcione um elevado nível de serviço ao cliente (Tan & Yeh, 2021).

O VRP mais simples originou diversas variantes, sendo as seguintes as categorias que mais se adequam ao estudo deste projeto: *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), *Heterogeneous Vehicle Routing Problem* (HVRP), *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) e *Dynamic Vehicle Routing Problem* (DVRP).

O CVRP é o tipo mais comum de VRP e um dos problemas de otimização mais relevantes. Refere que os veículos têm restrições de capacidade e que podem ser todos iguais (ou seja, pertencentes a uma frota homogénea), ou de diferentes tipos (utilizando-se assim uma frota heterogénea) (Comert *et al.*, 2018).

O objetivo do CVRP passa por garantir um conjunto de rotas com um custo total mínimo, em que cada rota se inicia e termina num armazém, qualquer cliente é visitado apenas uma vez (não se aplicando, portanto, a fragmentação da carga) e em que a carga total da rota não excede a capacidade do veículo (Borčinová, 2017).

O HVRP é a variante que mais se adequa ao estudo em desenvolvimento neste trabalho relativamente à dimensão e à tipologia da frota, pois refere que existe um número limitado de veículos disponíveis para cada tipologia, isto é, existe uma frota com diferentes capacidades, mas com um número fixo de veículos (Lai *et al.*, 2016).

Segundo o VRPTW, todos os veículos devem entregar a mercadoria respeitando as janelas horárias específicas de cada cliente, ou seja, a encomenda deve ser entregue no intervalo temporal que o cliente pretende. As janelas horárias podem ser *soft time window* (VRPSTW), em que a infração das janelas horárias é permitida, podendo, todavia, decorrer custos de penalidade, ou *hard time window* (VRPHTW), em que não se permite nenhuma infração às janelas horárias (Elshaer & Awad, 2020).

O DVRP apresenta-se como a extensão do VRP que abrange toda a informação em tempo real, visto que pode haver alterações nos dados das rotas que tenham sido inicialmente disponibilizados ao planeador. Isto leva a uma mudança dos parâmetros e a uma reformulação das rotas, pelo que se deve ter em consideração nas novas rotas imprevistos como encomendas lançadas à última hora que têm de ser entregues no dia, ou atrasos no tempo de viagem devido às condições do trânsito (Liao & Hu, 2011; Pillac *et al.*, 2013).

2.4.2 Métodos de resolução de VRP

O VRP pode ser resolvido com métodos exatos e heurísticos. Os exatos encontram as melhores soluções, enquanto os heurísticos (heurísticas clássicas, heurísticas de melhoria e

metaheurísticas) conseguem obter soluções em muito menos tempo e resolver problemas reais (Wu *et al.*, 2021).

No entanto, os problemas VRP reais são muitas vezes complexos, pelo que se torna difícil a sua resolução com métodos exatos. Para obter uma resolução eficaz, é preciso recorrer a métodos heurísticos para encontrar soluções viáveis, ou seja, não há uma solução perfeita e ótima, mas sim um conjunto de heurísticas que resolvem os problemas de uma forma mais fácil (Dridi *et al.*, 2020; Yeun *et al.*, 2008).

Assim, as abordagens com base em heurísticas procuram um subconjunto das soluções que existem no sentido de encontrar uma solução aproximada da ótima, a qual possui qualidades similares às de uma solução ótima global (Nha *et al.*, 2012).

Nos últimos anos as heurísticas para a resolução de VRP têm sofrido uma evolução constante. Nesse sentido, as heurísticas adaptaram o seu foco para o alcance rápido de uma solução viável. Apesar disso, a maioria da pesquisa (local ou populacional) centrou-se no desenvolvimento de algoritmos com base em metaheurísticas. A pesquisa populacional consiste em recombinar as soluções iniciais e obter descendência, enquanto na pesquisa local o espaço de solução é intensivamente explorado para que cada passo da solução atual tenha na sua vizinhança uma solução promissora (Cordeau *et al.*, 2002).

Tipicamente, as metaheurísticas desenvolvem uma pesquisa bem mais completa do espaço de solução do que a heurística clássica, o que permite a recombinação de soluções de forma a criar novas soluções. Esta abordagem proporcionou o desenvolvimento de heurísticas mais eficazes e flexíveis para a solução de VRP e suas variantes (Gendreau *et al.*, 2002).

2.4.3 O problema em estudo e os seus métodos de resolução

O problema em estudo neste projeto é um excelente exemplo da complexidade dos VRP, uma vez que os programadores das rotas da empresa recorrem a um algoritmo composto por diferentes heurísticas para obter a configuração de rotas a implementar. O conjunto de heurísticas a que recorre o planeamento de rotas para tentar otimizar todo o processo de distribuição inclui: S. Merger By Customer and Geolocation, Splitter, Travelling Salesman Problem (TSP) e Iterated Local Search (ILS).

Na heurística S. Merger, e em relação à atribuição dos veículos às respetivas rotas, recorre-se frequentemente ao método de *clustering*, em que se agrupam os clientes em *clusters* com determinadas características, de acordo com as exigências dos mesmos, o que permite uma melhor resolução do modelo sem perder o nível de serviço (Meng *et al.*, 2019).

Quando se pretende formar uma região de entregas a clientes, em primeiro lugar calcula-

se a distância e o custo de cada rota, depois divide-se as coordenadas dos clientes por diferentes grupos, calcula-se o total de todas as encomendas e, por fim, conclui-se agrupando as coordenadas numa rota que faça sentido. Estes passos são repetidos num planeamento até que todos os clientes tenham uma rota atribuída e cada rota esteja definida com o seu percurso final. O método convencional pesquisa uma solução em todo o espaço de pesquisa; logo, o método de *clustering* vem alterar a forma de planear, o que permite poupar tempo computacional e criar rotas mais eficientes (Phiboonbanakit *et al.*, 2018).

Neste contexto, a melhor forma de agrupar com base na geolocalização é obter coordenadas de todas as paragens e calcular as distâncias relativas. De seguida constatou-se que, ao constituir vários grupos, aqueles que apresentavam distâncias relativas menores eram os que mais provavelmente seriam agrupados num único grupo. Por último, calcula-se o custo dos dois grupos sozinhos e o custo após a combinação, sendo que o processo acaba quando não se consiga encontrar uma combinação com um custo mais baixo (Lv *et al.*, 2020).

Quanto ao modelo de Splitter, é frequentemente utilizado quando a carga do veículo excede a sua capacidade. Realiza-se então a divisão de uma rota em várias rotas, de maneira a que seja exequível transportar toda a mercadoria (Pop *et al.*, 2013).

Por sua vez, o TSP, o problema mais simples de VRP, apresenta um conjunto de localizações com o objetivo de identificar a rota mais curta, mas só se deve passar por cada ponto uma vez e é obrigatório o regresso ao ponto original de partida (Wu *et al.*, 2021).

A ILS tem como base uma heurística que gera de forma contínua uma sequência de soluções, pelo que permite obter soluções melhores do que as que resultariam de repetidas tentativas aleatórias dessa mesma heurística (Lourenço *et al.*, 2019).

Assim, cada iteração tem uma nova solução inicial que é aproveitada pela heurística *local search* como um novo ponto de partida para a pesquisa. Mantendo-se parte da estrutura da primeira solução, gera-se a solução inicial e poupa-se tempo/recursos, não sendo preciso recomeçar todo o processo do zero para produzir uma nova solução inicial (Cuervo *et al.*, 2014).

Em suma, também na empresa em estudo, o planeamento da entrega das mercadorias é uma atividade crucial na operação logística e mais concretamente no transporte. As decisões sobre a cobertura geográfica das entregas, a frequência com que se faz a entrega num determinado cliente, ou seja, os dias de rota, a capacidade dos veículos e várias outras características vão impactar no planeamento do sistema de distribuição (Kim *et al.*, 2022).

No capítulo seguinte será detalhado todo o planeamento associado ao problema em estudo e o *software* que se utiliza conjugando as metaheurísticas apresentadas.

Capítulo 3 – A empresa A e o problema a estudar

3.1 Empresa A e Grupo G

A empresa A foi agrupada com outras três empresas, dando origem ao Grupo G em 1989. O Grupo G é uma *holding* de capital 100% português, líder na prestação de serviços *outsourcing*, com especialização no segmento de *Business & Facility Services*. Este Grupo, em 2022, conta com 12 empresas, opera em mais de dez atividades, distribuídas por quatro áreas de negócio, e emprega mais de 22.000 colaboradores.

A empresa A atua na área da distribuição alimentar e não alimentar, sendo um dos maiores operadores logísticos nacionais. A sua *missão* passa por comprar, vender e distribuir uma gama alargada e segmentada de produtos, através de um serviço de elevada qualidade e de parcerias com clientes e fornecedores. A sua *visão* consiste em posicionar a empresa como a maior e melhor a operar em Portugal no setor da distribuição alimentar capilar.

Atualmente, a empresa A gere sete plataformas logísticas, o que lhe permite ter uma cobertura de todo o território nacional. A plataforma P é a principal, sendo que tem uma área de 25.851 m², 15.732 m² correspondentes ao armazém direcionado para temperatura ambiente (com 18 cais de receção) e 6.880 m² correspondentes ao espaço para temperatura controlada (com 6 cais de receção). Em 2021 foram preparados e distribuídos 87.621.217,37 kg de produtos, o que correspondeu a 4.800.000 linhas de encomendas, suportadas por uma seleção de 24.000 referências. As vendas da empresa A, no ano transato, atingiram um global de 138.524.391,15 €.

3.2 Departamento de distribuição

O presente estudo de caso foca-se na distribuição a partir da plataforma P, por ser a maior da empresa A e onde são movimentados mais produtos, com um número superior de operações logísticas.

A equipa do departamento de distribuição da plataforma P é constituída por quatro colaboradores em horário diurno, um colaborador que trabalha em horário noturno, para fazer todo o planeamento, e duas pessoas da empresa C que fazem a gestão de todas os seus veículos e motoristas. Em relação aos colaboradores no terreno são formadas equipas com motoristas e ajudantes, num total de aproximadamente 120 pessoas. A empresa A tem nove motoristas e dez ajudantes, da própria empresa, que são efetivos e trabalham a tempo inteiro.

Quanto aos restantes motoristas, a grande parte trabalha por *outsourcing*, contratando-se todo o serviço externo, a grande maioria à empresa C. Neste tipo de serviço, as transportadoras cobram o serviço completo por dia à empresa A, incluindo o preço do motorista e do veículo (preço fixo), bem como dos quilómetros feitos (preço variável) (Anexo 1), ficando a gestão dos veículos e dos motoristas a cargo das respetivas empresas. Os outros ajudantes, que auxiliam o motorista nas descargas, são subcontratados a uma empresa de trabalho temporário.

No ano de 2021, as equipas percorreram 2.297.680 km (contando apenas com as que têm como ponto de partida e chegada a plataforma P), de forma a abastecer mais de 6000 pontos de entrega, o que demonstra o grande volume de encomendas e clientes que a empresa A possui.

A frota é variável e de diferentes tipologias, sendo que os veículos têm capacidade de transporte de produtos em atmosfera bi-temperatura, ou seja, é possível transportar, no mesmo veículo e na mesma rota, produtos secos, refrigerados e congelados, havendo um registo permanente de controlo de temperatura.

Os clientes da empresa A podem ser clientes do Grupo (empresas do Grupo G) ou da parte Comercial (todas as outras empresas). A empresa A tem soluções adequadas para as especificidades de cada segmento, afirmando-se como um *Food Service Provider* único.

O foco deste estudo nesta plataforma permitirá alavancar as soluções obtidas para outros locais de distribuição da empresa.

3.3 Problema a estudar

O processo de planeamento das rotas de distribuição na empresa A é realizado com o *software* S, uma ferramenta avançada de planeamento e gestão de rotas de distribuição. Este *software* permite otimizar ao máximo os veículos garantindo os níveis de serviço acordados com os clientes.

O *software* S utiliza algoritmos para fazer a geocodificação automática (analisa o nome/localização da rua ou o código postal). Os mesmos dados têm várias formas de geocodificação, pelo que todos são cruzados e verificados em lote com milhares de endereços em simultâneo. Nos casos em que não é possível geocodificar, o *software* permite a introdução manual. Através destes algoritmos consegue-se calcular as distâncias das rotas, identificar as restrições nas estradas ou alterar os dados cartográficos da maneira pretendida.

O departamento de distribuição da empresa A ao fazer o planeamento de rotas tem em atenção a tipologia dos veículos disponíveis, a georreferenciação dos locais de entrega, as possíveis restrições de acessibilidade, as janelas horárias de entrega e o peso/tipologia da mercadoria (com especial cuidado para a temperatura de transporte) por local de destino. O planeamento é executado diariamente, sendo composto por quatro fases: Algarve, Comercial, Não Alimentar (NA) e Grupo. Os dois primeiros são planeados a 24 horas, enquanto os NA e o Grupo são planeados a 48 horas.

O Algarve não será considerado no presente estudo, porque a empresa A não tem veículos na zona dedicados a entregas. Os NA também não são considerados neste relatório, porque o *software S* não está preparado para avaliar o volume da carga, mas sim o peso.

Assim, analisa-se no presente estudo o planeamento da Comercial e do Grupo com rotas que se iniciam e terminam na plataforma P. O planeamento da Comercial é realizado às 19 horas do dia anterior à entrega e, pelo facto de ser tardio não permite o recurso a meios adicionais junto dos fornecedores. Deste modo, utiliza-se o histórico do mesmo dia da semana anterior para a contratação dos serviços. Quanto ao Grupo, por estar em causa um planeamento a 48 horas, o número de veículos pedido já é suportado pelo planeamento feito; logo, será um dado mais concreto. No dia seguinte a este planeamento a equipa de distribuição faz o pedido dos elementos e veículos necessários aos prestadores de serviços.

Tendo em conta um dos objetivos deste trabalho, que é melhorar o planeamento das rotas da empresa A, importa fazer a identificação dos pressupostos, normas já assumidas pelo planeador, a utilizar dadas as características da operação. Esses pressupostos são os seguintes:

- Só é considerado o período normal de trabalho de 2.^a a 6.^a feira, exceto feriados. Para o estudo em questão, analisa-se o período de 1/02/2022 a 18/03/2022 (período que foi definido por ser uma boa amostra temporal, sem interrupções, em que o número de veículos era quase constante, não se registando grandes oscilações nas entregas);
- A frota tem um mínimo de veículos contratualizados; o máximo está sujeito às necessidades da empresa A e ao que as transportadoras conseguem disponibilizar;
- Cada cliente deve ser visitado apenas uma vez;
- Cada cliente define a sua janela horária;
- Vários clientes podem ser visitados pelo mesmo veículo;
- Há dias de rota para entrega a cada cliente;
- Cada condutor deverá fazer as pausas necessárias de acordo com a lei em vigor;

- Há ajudantes em todas as rotas, exceto nas carrinhas de NA, que têm apenas uma rota e nos veículos com dois motoristas;
- Todos os veículos circulam a uma velocidade máxima de 85 km/h.

Para além disso, a logística apresenta uma série de dificuldades, que fazem com que se implemente os *Key Performance Indicators* (KPI), das quais se destacam: o custo associado ao setor, a adequação do tipo de veículo às características da carga transportada, a dificuldade no cumprimento dos prazos e a insatisfação dos clientes em relação à entrega. A empresa A tem vários KPI que permitem medir o desempenho do planeamento de rotas e, conseqüentemente, podem ser alterados para otimizar o processo. Os indicadores a utilizar tendo em conta a atividade operacional da empresa são os seguintes:

- Número de veículos utilizados;
- Distância percorrida em quilómetros;
- Custo total do transporte (€) – custo de motorista, ajudante e veículo (custos fixos) e custo dos quilómetros percorridos (custo variável);
- Duração das rotas em horas – tempo despendido desde a saída do veículo da plataforma P até à sua chegada;
- Número de entregas realizadas dentro do prazo;
- Número de janelas horárias falhadas;
- Taxa de entregas realizadas dentro do prazo – divisão do número de entregas com as janelas horárias cumpridas pelo número total de entregas realizadas;
- Peso transportado em quilogramas;
- Capacidade das rotas em quilogramas – peso máximo permitido pelo veículo consoante as diferentes tipologias;
- Taxa de ocupação dos veículos– divisão do peso transportado pela capacidade do veículo [(1 - percentagem obtida) é a capacidade que ainda é possível ocupar, tentando atingir o máximo de capacidade, o que se converte em eficiência logística e mais lucro];
- Custo de transporte (€/kg);
- Nível de automatismo do planeamento (%).

Por fim, é crucial identificar todos os indicadores, na sua maioria KPI que vão ser usados como termo de comparação entre os modelos AS-IS e TO-BE, no sentido de ver se é exequível definir uma alternativa de melhoria à solução atual de distribuição. Este estudo vai ser desenvolvido ao pormenor nos capítulos seguintes.

Capítulo 4 – Empresa A AS-IS – descrição do processo de planeamento

A empresa A utiliza o *software* S para que o planeamento seja o mais eficiente e otimizado possível. No entanto, como se verificará neste capítulo, a utilização desta ferramenta deve ser aperfeiçoada, a fim de melhorar a definição das rotas. Atualmente, o processo é na sua maior parte feito de forma manual, não se conseguindo aproveitar todos os benefícios que o *software* poderia dar.

No capítulo seguinte explica-se a estrutura do *software* S e como funciona, apresenta-se a configuração que possui, expõe-se os problemas/falhas encontrados e definem-se alguns critérios que podem ser utilizados na melhoria do planeamento.

4.1 AS-IS – configuração atual do *software* S

O planeamento com o *software* S é automatizado, devido a algoritmos de inteligência artificial que o tornam importante no mercado na área de roteamento, mas bastante complexo. Permite ao utilizador escolher, dentro de uma série de opções, as configurações que se adequam e ajustam mais à situação específica da sua empresa, as quais são depois otimizadas por um algoritmo de otimização que tem por base um modelo de VRP.

A disposição gráfica do *software* S é simples e acessível, permitindo consultar qualquer tipo de informação sobre as rotas. Cada simulação que se analisa tem um número e está devidamente identificada com o nome do planeador, a plataforma de origem, o dia e os dados gerais, como o número de clientes, o número de veículos e rotas, o tempo despendido, os quilómetros percorridos e o custo associado a toda a operação (Anexo 2).

As três principais opções de visualização são os veículos, as localizações e o mapa (Figura 1). A secção dos veículos tem toda a informação sobre as rotas alocadas a um determinado veículo (locais das entregas, número de paragens, quilogramas transportados, quilómetros percorridos, custo da rota, janela horária do cliente). Nas localizações é possível observar quais são os clientes da respetiva simulação e as suas especificidades, como o veículo correspondente e as *tags* dos produtos transportados.

O mapa apresenta uma realidade mais gráfica das rotas, sendo uma ferramenta muito importante do ponto de vista visual, pois proporciona ao utilizador uma melhor perceção de onde estão localizadas as suas rotas em todo o país. Ainda é possível analisar em tempo real os

clientes que as equipas de distribuição já serviram, o que se torna fundamental na análise diária da situação das rotas e na antecipação de qualquer problema/imprevisto.

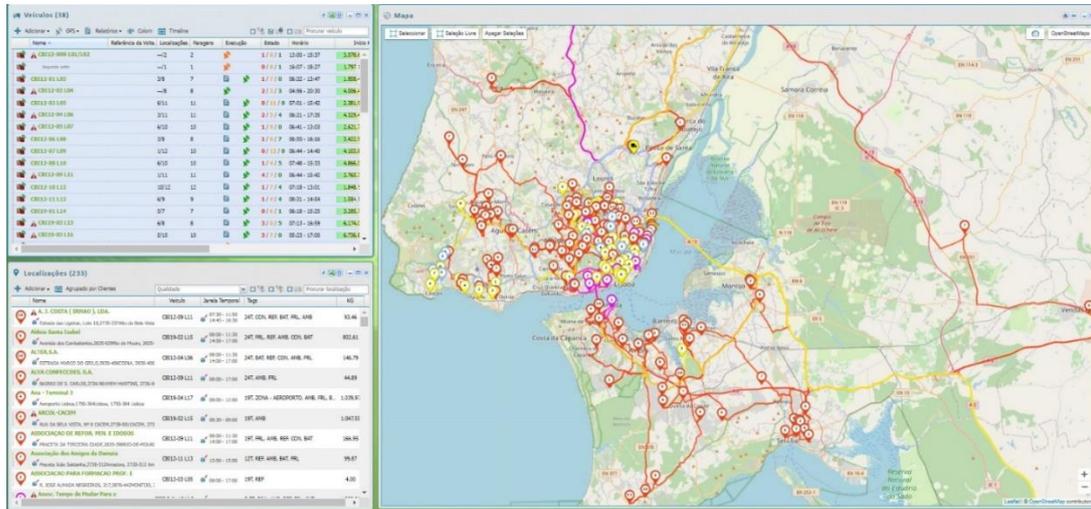


Figura 1 – Disposição gráfica do software S

Fonte: software S

O sistema possui cinco categorias que podem ser utilizadas para alterar a configuração do planeamento, denominadas como: *tags*, regras, perfil, prioridades e infrações.

As *tags* em vigor na empresa A (Anexo 3) podem estar relacionadas com: a tipologia dos veículos, isto é, o tamanho dos mesmos e o seu peso total em toneladas (veículos de 3.5T, 5.5T, 7.5T, 8.5T, 10T, 12T, 14T, 19T, 24T e NOTURNO – veículo de 12T que faz uma rota noturna); a área de preparação, ou seja, o tipo de produto que o veículo está preparado para receber [produtos ambiente (AMB), produtos refrigerados (REF), produtos congelados (CON), matérias-primas (MAT), produtos não alimentares (NAL), detergentes (DET), batatas (BAT), frutas e legumes (FRL)]; e as grandes localizações, de forma a agregar um conjunto de clientes na mesma zona (por exemplo, Alegro Alfragide, Aeroporto, Spacio Shopping, Vasco da Gama, Amoreiras, Colombo e Campo Pequeno).

As *tags* da área de preparação assumem alguma relevância, pois são utilizadas para indicar veículos que podem ir a determinado conjunto de localizações; isto é, uma localização de um cliente que precisa de FRL, REF ou CON tem de ser fornecida por um veículo com estas características de transporte de temperatura controlada.

Quanto às regras, orientam o sistema para aquilo que tem de ser cumprido, sendo fundamentais para a entrega das encomendas aos clientes da maneira mais eficiente possível, de preferência sem constrangimentos e com todos os critérios de qualidade.

As regras atuais (Tabela II) destacam-se por terem muitas restrições relativas a grupos de veículos que não podem visitar determinadas localizações, uma vez que o veículo pode ser demasiado grande para o local onde se faz a entrega ou há caminhos até à chegada ao cliente em que ele não passa. Há ainda a hipótese de o veículo cumprir estes dois requisitos, mas os acessos não permitirem, por lei, a sua circulação no local. Outra regra a ter em conta em relação às estradas é a da geometria ACESSOS INDEVIDOS, isto é, um conjunto de zonas cujo acesso o planeador bloqueou por não ser possível a qualquer veículo fazer o trajeto predefinido pelo mapa do *software S*.

Para além disso, existem regras de localizações que estabelecem que certas localizações só podem ser visitadas por veículos com as mesmas características, no sentido de garantir que o produto que se vai entregar está a ser transportado nas devidas condições. Por exemplo, um cliente que encomenda CON ou DET tem de estar associado a um veículo com as características necessárias para transportar esses produtos. Igualmente importantes são as localizações noturnas, que só podem ser atribuídas aos veículos que fizerem a rota noturna.

grupo de veículos 5.5T	não pode visitar	grupo de localizações: 3.5T
grupo de veículos 8.5T	não pode visitar	grupo de localizações: 3.5T
grupo de veículos 10T	não pode visitar	grupo de localizações: 3.5T, 5.5T
grupo de veículos 12T	não pode visitar	grupo de localizações: 3.5T, 5.5T, 7.5T, 10T, 12- NOTURNO
grupo de veículos 14T	não pode visitar	grupo de localizações: 3.5T, 5.5T, 7.5T
grupo de veículos 19T	não pode visitar	grupo de localizações: 3.5T, 5.5T, 7.5T, 10T, 12T, 12T- NOTURNO
localizações do grupo: NOTURNO MAT NAL REF FRL AMB BAT CON DET	só podem ser visitadas	grupo de veículos: NOTURNO MAT NAL REF FRL AMB BAT CON DET
grupo de veículos *	não podem circular	geometrias ACESSOS INDEVIDOS
tempo de serviço para as localizações do grupo * ao serem visitadas pelos veículos do grupo *	é 3s/kg	nunca menos de n/d (não definido) e não mais de 90min

Tabela II – Regras da situação AS-IS

Fonte: Elaboração própria

Por fim, existe a regra que influencia as janelas horárias e o tempo de descarga no cliente, a qual refere o tempo de serviço nas localizações das entregas. Num estudo realizado

na empresa, em que se fez medição de tempos, concluiu-se que o tempo médio corresponde a 3 segundos por quilograma entregue (o mínimo de tempo para se fazer a entrega não foi definido, enquanto o limite máximo no tempo total de serviço seria de 90 minutos).

O perfil, as prioridades e as infrações estão incluídos no modelo de otimização (Figura 2), sendo a configuração seguinte a utilizada pelo planeador.

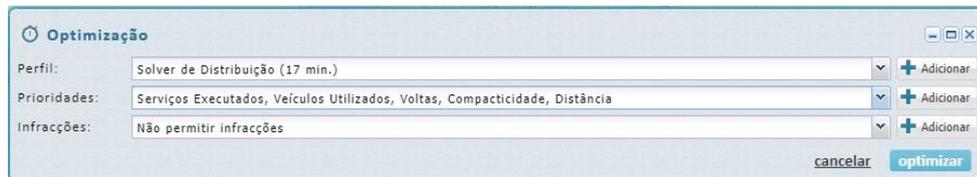


Figura 2 – Modelo de otimização AS-IS

Fonte: *software S*

O perfil consiste na escolha do algoritmo de otimização, que depende da configuração introduzida, pois faz um processamento diferente para cada opção e cada sequência de heurísticas. Assim, é necessário compreender quais são os problemas que existem nas rotas, para só depois escolher esta opção em função dessas necessidades.

A empresa B, detentora do *software S*, limita o acesso ao perfil por ser algo muito próprio e parte da sua identidade, pelo que só é possível ver as opções que criaram (Solver de Distribuição, Novo Solver de Distribuição, B-Solver Distribuição, Teste B) e escolher a mais recente, fazendo testes pelo método de tentativa de qual planeia melhor.

O perfil utilizado atualmente pelo planeador é o Solver de Distribuição (Anexo 4), que tem a seguinte configuração: Splitter; S.Merger By Customer and Geolocation; ILS; e TSP.

As heurísticas que constituem o algoritmo foram anteriormente explicadas no capítulo de revisão da literatura, assim como a sua funcionalidade geral, sendo que a função específica no algoritmo em questão é bloqueada a qualquer utilizador externo à empresa B.

Em relação às prioridades, são sequenciadas por ordem de importância, ou seja, variam consoante os objetivos que a empresa tem para as suas rotas.

Em vigor encontra-se a hipótese «Serviços Executados, Veículos Utilizados, Voltas, Compactness (Soma), Distância». Isto significa que os objetivos atuais (Anexo 5) passam por maximizar o número total de entregas planeadas (serviços executados), minimizar o número de veículos utilizados, minimizar o número de rotas realizadas, minimizar as distâncias totais de

todas as localizações para o armazém em cada rota (*compactness* em soma) e minimizar a distância total percorrida em quilómetros.

A última categoria é a das infrações, ou seja, as tolerâncias que se passa além do limite parametrizado, pois o planeador tem conhecimento do risco e permite essas exceções. Atualmente, o planeador seleciona a opção «Não permitir infrações», o que dificulta o planeamento. Assim, é de extrema importância permitir infrações, pois um sistema muito rígido não corresponde à realidade.

Na hipótese de não serem aplicadas, o cenário que se vai encontrar é de entregas que o sistema não considera por falharem 1 min a janela horária ou por ultrapassarem por alguns quilogramas a capacidade do veículo, quando se sabe que, num contexto real, a entrega pode ser feita e o cliente não deve ser retirado da rota por isso. Desta forma, considerando algumas infrações, é possível que haja uma maior flexibilidade sem comprometer o nível do serviço de entrega ao cliente.

4.2 Problemas/falhas no planeamento feito no *software S*

O departamento de distribuição da empresa A identificou vários problemas/falhas que estão a prejudicar o funcionamento de todas as entregas, sendo necessário um estudo para identificar o que se poderá melhorar.

O maior problema observado é que as rotas planeadas pelo *software S* não estão a ser o ótimo, deixando sempre clientes por atender, o que leva a que a maioria do planeamento seja posteriormente corrigido de forma manual para associar todos os clientes a um veículo. Observa-se ainda a necessidade de muitos ajustes, porque o *software* define por vezes rotas a mais do que é necessário, rotas com pouca carga, rotas com muitas localizações diferentes e distantes umas das outras, ou introduz clientes a mais para uma só rota.

Deste modo, decidiu-se avaliar o nível de automatização do planeamento, que foi medido pelo número de clientes a satisfazer nas rotas definidas. A parte do planeamento que se fazia de forma automática seria de 96,5%, caso o planeador utilizasse logo de início o *software S* com a configuração atual. Isto não se verifica, porque nem o *software* está programado e preparado para fazer logo rotas otimizadas de forma autónoma, nem o planeador tem confiança no sistema (quer pelo tempo de processamento na construção das rotas, quer por não corresponder ao seu método de trabalho). Além disso, caso se opte por este modo de planeamento, os clientes que não são atribuídos a nenhum veículo são os mais difíceis, pois têm

muito peso e encontram-se a uma grande distância da plataforma P, sendo depois complicado encaixá-los nalgum veículo no final do planeamento.

Na realidade, o planeador começa por afetar os clientes aos veículos de forma manual, com o conhecimento que tem das localizações e dos horários dos clientes, tentando encher ao máximo os veículos com as encomendas a distribuir. Posteriormente, coloca o sistema a correr com os clientes que sobram e já com os veículos predefinidos, não explorando a capacidade total do sistema, mas apenas cerca de 50% da mesma. O próprio planeador assume que o planeamento automático se situa entre os 40 % e 50%, o que confirma os 46,5% finais obtidos no cálculo do nível médio de automatização (Anexo 6).

Desta forma, com uma ideia bem clara da informação que se pretende, ou seja, conhecendo os problemas que o departamento de distribuição enfrenta com as suas rotas, foram consultados os motoristas sobre os problemas que enfrentam na sua operação.

Problemas identificados	Propostas de solução
<ul style="list-style-type: none"> – 10 clientes num centro comercial ou no Chiado e vão 2 ou 3 carrinhas fazer entregas; (a) 	<ul style="list-style-type: none"> – Podia ser tudo feito pela mesma carrinha;
<ul style="list-style-type: none"> – Faz-se muitas voltas, exemplo do veículo a fazer rota em Lisboa ou Margem Sul e ir acabar em Cascais ou Sintra; (a) 	<ul style="list-style-type: none"> – Fazer entregas mais por zonas;
<ul style="list-style-type: none"> – Rotas em que se vai para Peniche, mas leva-se um cliente de Lisboa; (a) 	<ul style="list-style-type: none"> – Proibir ir a Lisboa ou Sul da plataforma P quando a rota é longe e toda feita a Norte;
<ul style="list-style-type: none"> – Veículo vai na 1ª rota ao Mercado da Ribeira e na 2ª rota tem o mesmo cliente, quando cabia tudo numa só rota; (a) 	<ul style="list-style-type: none"> – Visitar clientes apenas uma vez. Única exceção é se o cliente tiver peso superior à capacidade do veículo;
<ul style="list-style-type: none"> – O veículo começa num cliente em Carcavelos, mas passa antes pelo 2º cliente, pelo que a seguir tem de voltar para trás e depois fazer o mesmo caminho para ir ao Estoril; (b) 	<ul style="list-style-type: none"> – Ter em conta os sentidos do trânsito para saber que estradas o veículo percorre na realidade;
<ul style="list-style-type: none"> – Primeiros clientes se forem centros comerciais, por norma, tem que se esperar que abram; (c) 	<ul style="list-style-type: none"> – Fazer outros clientes antes, que tenham uma janela horária mais cedo, ou sair mais tarde da plataforma P;
<ul style="list-style-type: none"> – 2 horas à espera num cliente e passa um veículo que faz uma entrega num local mesmo ao lado; (c) 	<ul style="list-style-type: none"> – Enquanto espera podia ir fazer o tal cliente próximo, evitando que outro veículo fosse à mesma zona;
<ul style="list-style-type: none"> – Assumir que os veículos circulam a uma velocidade de 85 km/h em vários locais; (d) 	<ul style="list-style-type: none"> – Deveria ser calculada uma velocidade média para locais e momentos do dia específicos;
<ul style="list-style-type: none"> – Os transitários não podem estar no fim das rotas, pois têm muito peso e ao fim do dia há muitas entregas no local; (c) 	<ul style="list-style-type: none"> – Colocar transitários no início das voltas para evitar filas de espera;
<ul style="list-style-type: none"> – A classificação dos produtos é feita por peso em kg. (e) 	<ul style="list-style-type: none"> – Deveria ser classificado por volume para considerar o espaço que realmente a mercadoria ocupa no veículo.

Tabela III – Problemas identificados e propostas de solução

Fonte: Elaboração própria

Após a recolha de opiniões feitas quer junto da equipa de distribuição, quer junto dos motoristas da empresa A, foi possível identificar um conjunto de problemas relacionados com: locais de entrega; rotas dos veículos; tempos de espera e de chegada ao cliente; classificação de produtos; e tempos de carga/descarga e de serviço (Tabela III).

Deste modo, os problemas foram agrupados em grandes temas de análise:

→ **Problemas de coordenação dos veículos com as rotas definidas**

Verifica-se que na mesma zona há mais de um veículo a fazer entregas a clientes vizinhos ou, por outro lado, que um veículo pode deslocar-se a vários locais muito distantes entre si (Tabela IIIa).

→ **Problemas de sequência**

Quanto aos problemas de sequência, deve-se passar a ter em conta os sentidos do trânsito para evitar passar à porta de locais onde o veículo já esteve. Neste momento, o que por vezes acontece é que os clientes se apresentam seguidos e com a mesma janela horária, mas o programa não segue a ordem que o veículo percorre na realidade (tem três clientes, salta o do meio e vai ao terceiro, e só depois faz o segundo) (Tabela IIIb).

→ **Problemas de tempos de espera**

As falhas com os tempos de espera são recorrentes. Os motoristas ficam parados muito tempo à espera de um cliente quando podiam adiantar outros, pelo que é fundamental diminuir ao máximo os tempos de espera, rever todas as janelas horárias dos clientes e saber especificidades de entrega de cada um (se, por exemplo, têm uma janela horária alargada, mas é preferível serem logo dos primeiros do dia, porque a entrega mais no final da rota já tem muita fila de espera) (Tabela IIIc).

→ **Problemas de tempo de chegada ao cliente**

O problema do tempo de chegada ao cliente também é uma lacuna do *software S*, pois este não calcula bem o tempo de viagem. Um exemplo disso mesmo é a distância de Lisboa à plataforma P que não se faz sempre à mesma velocidade nem demora sempre o mesmo tempo, sendo necessário analisar a hora a que se faz o trajeto e as condições de trânsito. Assumir que os veículos circulam a uma velocidade de 85 km/h não corresponde à realidade, pelo que o correto seria analisar a velocidade média em determinadas estradas e locais consoante a hora do dia (Tabela IIIId).

→ **Problemas de classificação dos produtos**

No caso da classificação dos produtos, o que acontece na empresa A é que apenas está introduzido em sistema o peso em quilogramas, quando na realidade seria uma mais-valia ter os produtos classificados por volume em sistema e transferir os dados nessa unidade para o *software S*. Isso permitiria evitar problemas de rotas que aparentam não ter o veículo completo, mas que na realidade até podem ter, pois o espaço que os produtos ocupam não está a ser considerado (Tabela IIIe).

Acrescenta-se que, ao analisar o contexto atual do *software S*, se verifica que os dados são imprecisos e que se deve fazer uma parametrização de toda a informação com a atualização da base de dados do sistema.

Para além destes problemas, surgiram outros temas alusivos ao tempo total de serviço, embora todos eles descritos de uma forma geral, sem exemplos práticos:

→ **Problemas de tempo de carregamento**

Um dos tempos sobre o qual a empresa A pode ter mais controlo é o do carregamento dos veículos para as 2.^a e 3.^a rotas do mesmo veículo, visto que se perde muito tempo à espera deste processo, o que pode ser facilmente colmatado com uma maior agilidade do armazém.

→ **Problemas do tempo de serviço**

A carga por cliente e a tipologia da sua localização (acessos e condições de descarga) também são determinantes para a duração total da rota, uma vez que há clientes em que se pode demorar no mínimo 1.30 h, por terem muito peso, e outros, como determinadas escolas, em que se perde mais tempo por se ter de andar muito até ao local de descarga. Os centros comerciais são igualmente locais onde se perde muito tempo. Embora tenham muitos clientes, o que diminuiria o tempo total de serviço por não ter de ser considerada uma deslocação a um local diferente, eles encontram-se em diferentes pisos e por vezes os locais de armazém de cada restaurante estão longe uns dos outros.

→ **Problemas do tempo de descarga**

O tempo para descarregar determinado número de quilogramas está predefinido, quando se sabia que, na realidade, ele nem sempre é o mesmo, pois é diferente desmanchar paletes ou apenas retirar a mercadoria para o cais.

Todos estes fatores devem ser tidos em conta no cálculo médio do tempo de serviço.

4.3 Critérios como oportunidade de melhoria

Como base nos problemas identificados acima, existe um conjunto de oportunidades de melhoria a explorar que serão analisadas na próxima secção.

4.3.1 Correção da informação na base de dados

Assim, em primeiro lugar, importa trabalhar a informação base, de forma a corrigir possíveis erros nos dados e informação considerados. Isto engloba uma revisão das janelas horárias e geolocalizações dos clientes, permitindo não só um aumento do nível de serviço ao cliente, mas também uma facilitação do trabalho das equipas de distribuição.

Quando os dados estiverem corretos, o algoritmo do sistema poderá ser usado de forma mais automática, produzindo rotas otimizadas. Será assim possível automatizar o processo, poupar tempo a planear e garantir um maior nível de qualidade em toda a cadeia logística, com menos interferência manual no planeamento.

4.3.2 Diminuição dos ajustes manuais e número de infrações

Os ajustes manuais devem ser analisados ao pormenor, de maneira a que se perceba porque o sistema não faz as rotas como o planeador quer. Para ajudar nesta identificação o *software S* fornece informação sob a forma de triângulos vermelhos nas rotas, que significam que o planeador está a cometer infrações/incongruências, ou seja, está a infringir as próprias regras (aquilo que o sistema está proibido de fazer, mas na realidade se lhe indica que faça).

Acontece que, por um lado, o sistema é obrigado a seguir as regras e, por outro, o planeador contorna essas regras para obter soluções melhores. Assim sendo, é essencial perceber por que razão o planeador ignora essas regras e executa o planeamento estando o sistema impedido de o fazer. Assumindo que não pode ser o próprio a ter a responsabilidade do risco, conclui-se que caso seja permitida a entrega, então ela está mal catalogada e deve-se proceder à alteração dos dados-mestre.

Após verificação de todos os sinais de infrações, conclui-se que os principais que surgem no sistema resultam de fatores como:

- O tempo total de condução e de trabalho do condutor é excedido (respetivamente padronizado com um limite de 9 h e 10 h);
- A hora de retorno do veículo ultrapassa a hora de fim de trabalho (definida como hora máxima as 21 h);
- A carga do veículo excede a sua capacidade legal permitida;

- Falham-se diversas janelas horárias, por vezes com grande margem.

4.3.3 Melhoria da configuração: tags, regras, prioridades, infrações

Deve-se então rever e melhorar todas as *tags*, regras, prioridades, infrações e desenvolver uma nova configuração do sistema. As regras são a base para um sistema automatizado e o principal a ter em conta, visto que têm mesmo de ser respeitadas (não são negociáveis). As *tags* são igualmente importantes porque vão influenciar as regras: se as *tags* estiverem mal, as regras também vão estar.

Por sua vez, as prioridades podem alterar a orientação da configuração consoante os objetivos que a empresa tenha no momento, ou seja, os objetivos são o que se pretende retirar do processo de otimização e a mudança desses objetivos resulta em soluções diferentes. As infrações permitem um sistema mais flexível e a tolerância controlada ao ultrapassar os padrões/limites previamente estabelecidos.

4.3.4 Melhoria dos indicadores

O estudo de todos os indicadores na situação AS-IS (Anexo 6) permite concluir que, nos 33 dias de observação em que a empresa A teve de planear rotas e distribuir encomendas pelos seus clientes, foram utilizados 1500 veículos que percorreram um total de 251.873,99 km. Esta operação teve uma duração de 13.365 h e um custo total de 369.898,62 € (265.948,03 € de custos fixos relacionados com o aluguer do veículo e a contratação do motorista e 103.950,59 € de custos variáveis associados ao custo dos quilómetros).

O peso da mercadoria transportada correspondeu a 5.337.930 kg em 6.936.200 kg possíveis, sendo que para estas encomendas falharam 1384 janelas horárias num total de 15.712 entregas. Quanto à média da taxa de entregas realizadas dentro do prazo, fixou-se nos 91,2% de sucesso, enquanto a média da taxa de ocupação dos veículos alcançou os 84,4%. Por fim, a média do custo de transporte foi de 0,069 €/kg, sendo este um indicador-chave para uma análise global, como se verificará no capítulo seguinte. Observa-se, assim, que todos estes valores têm margem de melhoria e devem ser otimizados no estudo desenvolvido.

Um dos grandes objetivos de melhoria envolve, portanto, atualizar dados e *tags*, criar regras, especificar prioridades para definir o que se quer, pois esta mudança tem uma consequência direta no desempenho das restantes melhorias. Todo este estudo/análise aponta para a construção de novas rotas e a sua avaliação, envolvendo um conjunto de particularidades que vão ser estudadas e simuladas no capítulo seguinte, sobre a situação do TO-BE.

Capítulo 5 – Empresa A TO-BE – descrição do processo de planeamento

Neste capítulo é definida a nova configuração do *software* e identificada a melhoria dos dados que foi possível desenvolver no tempo de estágio do autor na empresa A. Também se analisa detalhadamente o novo planeamento, de forma a que seja visualmente mais perceptível a identificação das mudanças no desenho das rotas. Por fim, comparam-se os valores dos indicadores na situação AS-IS com a TO-BE e interpretam-se os resultados finais.

5.1 TO-BE – Sistema otimizado com a nova configuração

Para conseguir melhorar o processo de utilização do sistema de otimização foram desenvolvidas as seguintes tarefas, de acordo com o critério de oportunidade de melhoria já identificado na secção 4.3.3 (Melhoria da configuração: *tags*, regras, prioridades, infrações): atualização das *tags*, revisão das regras, escolha do perfil de otimização mais adequado, constituição da nova sequência de prioridades e construção do conjunto de infrações.

5.1.1 Atualização das *tags*

As *tags* atribuídas a cada cliente devem mencionar as suas restrições e especificidades de maneira a facilitar o planeamento. A alteração destas *tags* está diretamente ligada à correção da informação contida na base de dados.

- *Tags* de tipologia de produtos e veículos

Decidiu-se manter praticamente todas as *tags* relacionadas com a tipologia dos produtos e a tipologia dos veículos, porque faz sentido ter a grande maioria no planeamento, e para mudar as categorias que estão a mais nestas duas tipologias teria de se despendir muito tempo a fazer mudanças profundas na base do sistema. Todavia, no caso dos veículos, é preciso fazer ajustes a fim de definir corretamente as categorias principais, mencionando-se na secção de melhoria as correções necessárias como uma sugestão de aplicação futura.

- *Tags* de grandes superfícies

Nas *tags* de grandes superfícies verifica-se que alguns clientes (por exemplo, de centros comerciais como Amoreiras, Vasco da Gama ou Colombo) não têm a *tag* definida, enquanto outros estão corretamente identificados para o mesmo local. Assim, é necessário rever todos os clientes destas grandes áreas e fazer a atualização das suas *tags* para que o sistema os agrupe, no sentido de reduzir a afetação de diferentes veículos à mesma localização.

- Tags de geometrias

Ainda nas *tags* há a necessidade de criar mais geometrias, áreas geográficas específicas, pois isso ajuda a definir zonas de entregas por geografias, sendo também uma ligação importante às regras que se pretende que o sistema cumpra.

As geometrias fundamentais para o novo planeamento (Anexo 7) são Lisboa Centro, Empresa A, Ponte 25 de Abril (para se controlar alterações aos tempos de viagem) e Margem Sul (MS), Oeiras, Mafra, Torres Vedras, Caldas da Rainha (para evitar que o veículo dê muitas voltas por muitos locais). As geometrias de Sintra e Cascais/Estoril aplicam-se aos dois casos.

As geometrias como Amadora, Odivelas, Loures, zonas na periferia de Lisboa com muitas entregas, ou mesmo geometrias representativas de regiões como Leiria, Santarém, Ribatejo, Setúbal, Beja e Évora, foram todas elas desenvolvidas por serem consideradas potenciais formas de melhoria do planeamento, caso sejam acrescentadas mais regras, mas por enquanto não estão aplicadas. A zona Motoristas 2 também não está com nenhuma regra em vigor, mas é importante para saber todos os locais distantes em que há a necessidade de haver dois motoristas a fazer este tipo de rotas.

5.1.2 Revisão das regras

As regras atuais foram analisadas e revistas, acrescentando-se a informação que se constatou estar em falta e simplificando ideias que estavam com um excesso de regras (Anexo 8). Para esta melhoria das regras também é preciso fazer alterações na base de dados. Estas ações levaram à formulação do novo conjunto de regras para a situação TO-BE (Tabela IV).

- Regras de tipologia de veículos

Foram eliminadas as categorias 8.5T e 14T, por constituírem um dos problemas na base de dados, uma vez que estão a introduzir categorias consideradas fisicamente na operação, mas que não estão inseridas no sistema. Ao contrário da 7.5T, que, mesmo estando mal catalogada, tem muitos clientes registados, deixa-se estar a regra para que o *software S* não planeie automaticamente casos com veículos que não conseguem fazer um cliente por não passarem no local. A retirar a tipologia 7.5T, é obrigatoriamente preciso fazer uma alteração profunda na base de dados, como se sugere na secção de melhoria.

Na tipologia dos veículos ainda se acrescentou as regras de os veículos de 24T só poderem visitar localizações 24T e de o grupo de localizações de 3.5T só poder ser visitado por

veículos 3.5T, o que permite eliminar muitas regras que eram redundantes. Esta medida simplifica processos ao diminuir o número de regras para o mesmo efeito.

Os veículos noturnos só fazem as rotas noturnas e as localizações noturnas só são visitadas por veículos noturnos, embora atualmente exista uma confusão nas designações. Deve-se denominar só NOTURNO tanto o veículo como a localização, utilizando uma denominação igual à *tag* existente, e ter apenas duas regras para este fim: o grupo de localizações NOTURNO só pode ser visitado por veículos NOTURNO, e o grupo de veículos NOTURNO só pode visitar localizações NOTURNO.

- Regras sem alteração

Quanto às restantes regras de tipologia de veículos, e a outras regras como a tipologia dos produtos, a geometria ACESSOS INDEVIDOS e o tempo de serviço de 3s/kg, verificou-se que não existiam problemas na situação AS-IS, não sendo por isso alvo de alterações.

- Regras de visita a localizações

Criou-se uma regra que limita as localizações visitadas (25) por rota e por dia para os veículos não terem locais de paragem excessivos, também de forma a garantir um elevado nível de serviço ao cliente e que todas as entregas sejam realizadas.

- Regras de velocidade e tempos de estrada

O centro de Lisboa tem um grande número de clientes e de entregas, é uma zona muito movimentada e com trânsito ao longo do dia, pelo que se tem de definir uma velocidade média mais reduzida de circulação (40km/h) em toda a área de Lisboa Centro.

Constatou-se ainda que o *software S* não estava orientado para considerar tempos de trânsito e zonas que têm sempre grande movimento em certos momentos do dia, pelo que se teve de incrementar o tempo de qualquer veículo a sair de Cascais/Estoril, Sintra ou da plataforma P que tenha como destino o centro de Lisboa entre as 7 h e as 9.30 h.

Outro local sempre com muito trânsito e com dois grandes picos durante o dia é a Ponte 25 de Abril, quer de manhã no sentido Sul-Norte quer ao final do dia no sentido Norte-Sul, fator que se deve ter igualmente em conta no planeamento.

- Regras que limitam visitas a determinados locais na mesma rota

Outras regras adicionadas exploram as geometrias e tendem a solucionar o problema de ter entregas muito distantes, chegando um mesmo veículo a ir a Norte e Sul da plataforma P. Criaram-se regras para não se visitar certas localizações e a MS na mesma rota.

A questão da MS é muito importante e fica demonstrada pelas novas regras, pois procura-se diminuir as vezes que se vai a esta zona. Este facto deve-se à particularidade de se ter de atravessar uma das duas pontes de Lisboa e, no caminho de regresso, ser sempre cobrada uma portagem, condicionante que parece não estar considerada no *software S* e que pode obviamente aumentar de forma considerável os custos logísticos.

grupo de veículos 3.5T	não pode visitar	grupo de localizações: 12-NOTURNO	grupo de veículos *	não pode visitar	mais que 25 localizações na mesma volta
grupo de veículos 5.5T	não pode visitar	grupo de localizações: 12-NOTURNO	grupo de veículos *	não pode visitar	mais que 25 localizações no mesmo dia
grupo de veículos 10T	não pode visitar	grupo de localizações: 5.5T, 7.5T, 12-NOTURNO	tempo de serviço para as localizações do grupo * ao serem visitadas pelos veículos do grupo *	é 3s/kg	nunca menos de n/d (não definido) e não mais de 90min
grupo de veículos 12T	não pode visitar	grupo de localizações: 5.5T, 7.5T, 10T, 12-NOTURNO	velocidade média	nas estradas da geometria LISBOA CENTRO	é 40 km/h
grupo de veículos 19T	não pode visitar	grupo de localizações: 5.5T, 7.5T, 10T, 12T, 12T-NOTURNO	grupo de veículos * não pode visitar localizações dentro das geometrias:	SINTRA e MS CASCAIS/ESTORIL e MS OEIRAS e MS MAFRA e MS TORRES VEDRAS e MS CALDAS DA RAINHA e MS	na mesma volta
grupo de veículos 12-NOTURNO	só pode visitar	grupo de localizações: 12-NOTURNO	o tempo da localização CASCAIS/ESTORIL	para a localização LISBOA CENTRO entre as 7h e 9.30h	é incrementado em 100%
grupo de veículos NOTURNO	só pode visitar	grupo de localizações: NOTURNO	o tempo da localização EMPRESA A	para a localização LISBOA CENTRO entre as 7h e 9.30h	é incrementado em 80%
grupo de veículos 24T	só pode visitar	grupo de localizações: 24T	o tempo da localização SINTRA	para a localização LISBOA CENTRO entre as 7h e 9.30h	é incrementado em 100%
grupo de localizações 3.5T	só pode ser visitado	grupo de veículos: 3.5T	o tempo de viagem dos veículos do grupo *	é incrementado em 100% ao percorrer a geometria PONTE 25 DE ABRIL	entre as 7.15h e 9.30h no sentido Sul - Norte
localizações do grupo: NOTURNO		grupo de veículos: NOTURNO	o tempo de viagem dos veículos do grupo *	é incrementado em 100% ao percorrer a geometria PONTE 25 DE ABRIL	entre as 16.30h e 19.30h no sentido Norte - Sul
MAT		MAT			
NAL		NAL			
REF	só podem ser visitadas	REF			
FRL		FRL			
AMB		AMB			
BAT		BAT			
CON		CON			
DET		DET			
grupo de veículos *	não podem circular	geometrias ACESSOS INDEVIDOS			

Tabela IV – Regras da situação TO-BE

Fonte: Elaboração própria

5.1.3 Escolha do perfil de otimização mais adequado

Após a identificação de todas as *tags* e regras, é possível apresentar o modelo de otimização com a configuração alterada feita pelo novo planeador (Figura 3). Neste caso, ele é o autor do presente relatório e por isso decidiu atribuir, no *software*, o seu nome à sequência de prioridades que idealizou e às infrações que desenvolveu, as quais vão ser analisadas de seguida.



Figura 3 – Modelo de otimização TO-BE

Fonte: *software S*

No perfil, a ideia inicial era analisar todas as heurísticas que o *software* tem e escolher o melhor conjunto para integrar o algoritmo. Acontece que o perfil de otimização é algo muito próprio da empresa B, definido pela mesma, até com algumas heurísticas criadas por colaboradores de investigação operacional e que não estão publicadas. Assim, a possibilidade de alteração está apenas em fazer o *upgrade* para a versão mais recente do *software*.

Na empresa A, o planeador ainda utiliza muitas vezes a versão antiga Solver de Distribuição, devendo, todavia, recorrer ao Novo Solver de Distribuição (Anexo 9). Apesar de levar mais tempo a correr o algoritmo, passa por uma alternativa melhor e mais avançada.

5.1.4 Constituição da nova sequência de prioridades

Em relação às prioridades (Anexo 10), todos os objetivos da situação AS-IS permaneceram, embora o nível de importância atribuído tenha sido alterado. A maximização dos serviços executados (1) manteve-se como prioridade principal, uma vez que na distribuição diária o que deve ser prioritário é a realização de todas as entregas previstas para o dia em causa, não deixando nenhum cliente por satisfazer.

A minimização do custo (2) foi acrescentada, visto ser um dos objetivos principais da empresa e um dos indicadores mais relevantes para avaliar a otimização do planeamento de rotas. Na realidade, todas as alterações ao planeamento AS-IS serão avaliadas pela diferença de custo inerente à operação e ao peso que isso implica no custo final.

Quanto à minimização de voltas (3), é importante que seja um dos objetivos, pois permite reduzir o número de vezes que os veículos têm de regressar à plataforma P para carregar novamente e fazer outras rotas no mesmo dia. Para além disso, importa perceber que é obrigatório esta prioridade vir antes das prioridades de *compactness* (uma regra própria da empresa B); caso contrário, o sistema vai produzir rotas a mais sem necessidade.

Depois dessa prioridade, decidiu-se combinar num só objetivo a questão de minimizar a distância percorrida e maximizar a *compactness* soma (4) (termo referido pela empresa B em que se identifica um ponto médio das coordenadas da rota e se analisa as distâncias de todos os pontos a esse ponto médio, sendo que, quanto menor for a soma das distâncias, mais compacta será a rota). Assim, tem-se os dois objetivos com diferente desempenho, mas numa mesma escala de relevância atribuída.

O objetivo da *compactness* é importante, porque procura produzir rotas o mais compactas possível, permitindo satisfazer os clientes por zonas com entregas mais localizadas.

Assim, o veículo entrega numa zona em todos os pontos próximos; de seguida, faz o mesmo noutra zona e repete todo o processo até concluir todas as entregas que lhe foram atribuídas.

O objetivo de minimizar veículos utilizados (5) é sem dúvida importante, pois contribui para uma redução acentuada dos custos totais das rotas. Apesar disso, numa análise pormenorizada verifica-se que, com outras prioridades, esse custo também acaba por diminuir, não sendo necessário estar num nível de prioridade tão destacado.

Por fim, tendo em conta os problemas que os motoristas transmitiram sobre os elevados tempos de espera que tinham em vários clientes, sentiu-se a necessidade de acrescentar um objetivo relacionado com tempos. Desta forma, a minimização dos tempos de espera (6) diminui a duração total das rotas, evita veículos parados e permite que as entregas sejam todas feitas dentro da janela horária, o que contribui para um aumento da eficiência logística.

5.1.5 Construção do conjunto das infrações

A questão das infrações é sem dúvida o ponto mais importante no que diz respeito à flexibilidade do planeamento. Caso se pretenda um sistema rígido então não se permite nenhum tipo de infração, mas, como se sabe, na realidade os limites são apenas uma linha de orientação (em certos casos determinados pela lei). As empresas definem as próprias tolerâncias para conseguirem obter um planeamento realizável, mas ao mesmo tempo otimizado em relação ao que seria se fosse totalmente inflexível.

O *software S* permite cometer os mais diversos tipos de infrações, embora para o estudo em questão o foco recaia apenas sobre o peso transportado, as janelas horárias e os tempos de trabalho e condução (Anexo 11). Estas tolerâncias foram definidas com o auxílio do gestor de frota da empresa C e da equipa de distribuição da empresa A, de maneira a satisfazer ambas as partes e a não incorrer em infrações às leis, laborais e de características dos veículos, em vigor.

- Infrações do peso transportado

Dentro das infrações do período em estudo, foram analisadas as percentagens de excesso de carga e a frequência com que o planeador deixava passar os limites. Após essa recolha de dados, decidiu-se que, para os veículos 3.5T, 10T, 12T e 12T-NOTURNO, seria permitido transportar até mais 10% de quilogramas. Por outro lado, os veículos 19T apenas poderiam transportar até mais 5% de quilogramas, enquanto os veículos 5.5T seriam os que conseguiriam transportar mais peso extra, de até mais 20% de quilogramas.

- Infrações de janelas horárias

As janelas horárias também influenciam todo o planeamento, sendo que, se os clientes aceitarem as suas encomendas uns minutos fora do seu horário, isso só vai facilitar todo o processo e permitir fazer mais entregas. Assim sendo, foi estipulado um limite de 15 min para haver a possibilidade de a equipa chegar antes da janela horária e o mesmo se aplicar caso tenha um atraso de alguns minutos. Para as localizações NOTURNO é permitido qualquer tipo de atraso, pois os clientes só têm definidas as janelas horárias na parte diurna, sendo que a nível de planeamento o que se faz é ignorar qualquer hora de entregas para a rota noturna.

- Infrações do tempo de trabalho e condução

Por último, temos as infrações relacionadas com os tempos, em que se determina que os veículos têm de trabalhar no mínimo 5 h/dia e podem ter um adicional de 300 min para regressar à plataforma P a partir do momento em que fazem a última entrega. Quanto ao tempo de condução e trabalho, está estipulado pelo sistema um máximo de, respetivamente, 9 h e 10 h. Estes valores para rotas em localizações mais distantes é logicamente insuficiente, pelo que há necessidade de criar tolerâncias para contornar as infrações atuais.

Uma vez que o sistema não está capacitado para reconhecer se uma rota tem um ou dois motoristas, deve-se fazer uma regra geral que abranja todos os casos. Os veículos ligeiros podem ter até 15 h de trabalho; se tiver dois motoristas, qualquer veículo pode fazer quase 20 h de condução. Isto permite concluir que a tolerância deve ser um adicional de 5 h quer para a condução, quer para o tempo de trabalho. Assim, por um lado, garante-se que o serviço de entregas é realizável em rotas mais distantes ou com mais clientes e, por outro, limita-se para evitar contrariar a lei ou ter um excesso de trabalho que sobrecarregue as equipas.

5.2 Implementação de melhorias: simulação do novo planeamento no software S

Considerando a configuração acima proposta que envolve atualização das *tags*, revisão das regras, escolha do perfil de otimização mais adequado, constituição da nova sequência de prioridades e construção do conjunto de infrações, decidiu-se simulá-la no *software S*. Os resultados obtidos são analisados de seguida, identificando as alterações às rotas e desenvolvendo uma comparação entre a situação TO-BE e a situação atual AS-IS.

Foram então analisadas simulações do Grupo e da Comercial, sendo escolhidos alguns dos casos mais representativos do novo planeamento. Dentro destas simulações estudaram-se cenários bem distintos, abrangendo situações que envolviam diferentes respostas.

5.2.1 Exemplo da simulação do Grupo

A primeira simulação a analisar pertence aos clientes do Grupo, considera o dia 3 de Março e é designada por R 26514, correspondendo à simulação original R 25400 (Anexo 12). Esta simulação apresentou a maior poupança dentro dos estudos realizados, cerca de 1183 €.

A diferença significativa nos custos totais deve-se na maioria ao número de veículos utilizados. Na simulação original apenas foram deixados de fora cinco veículos de 12T, sendo que todos os outros veículos foram utilizados. No novo planeamento foi possível manter os cinco veículos de 12T de fora e ainda prescindir de quatro veículos de 19T. Isto deve-se sobretudo a uma maior ocupação do espaço dos veículos de 12T e à máxima rentabilização das carrinhas de 3.5T. O corte em veículos de 19T ajudou muito a reduzir custos, pois esta categoria é uma das que tem o aluguer e o preço por quilómetro percorrido mais caros (Anexo 1).

Quanto às infrações nesta simulação, aspeto identificado no Capítulo 4 como oportunidade de melhoria, eram visíveis em grande número na situação original; porém, reduziu-se para um caso (veículo de 3.5T que só tinha um cliente e estava em excesso de peso).

Cenário 1

No primeiro cenário, decidiu-se escolher uma rota, estudar a sua estrutura e os seus pontos críticos, reproduzindo o mesmo método para os cenários seguintes. Analisou-se uma rota até Castro Verde feita por um veículo de 12T (Figura 4) quase vazio (com 22% da sua capacidade ocupada), o que é motivo de preocupação, pois o custo desta categoria é elevado e não se rentabiliza o espaço disponível.

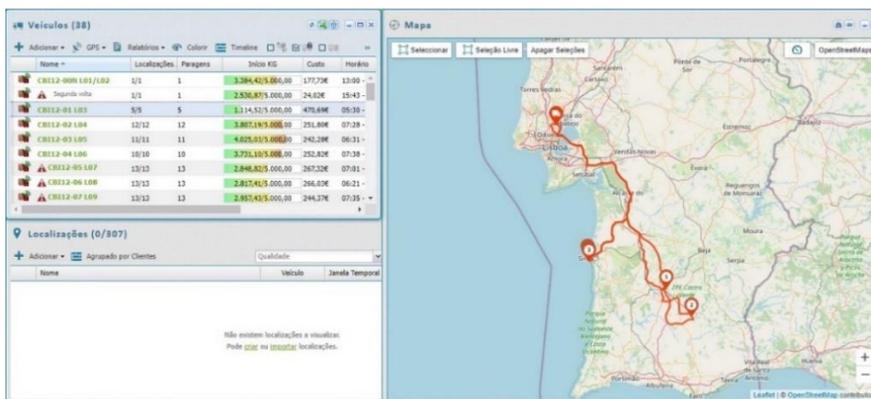


Figura 4 – R 25400 AS-IS – rota Castro Verde

Fonte: software S

Por outro lado, na situação TO-BE, conseguiu-se fazer uma rota com mais um cliente e utilizar uma carrinha 5.5T (Figura 5), rentabilizando ao máximo a capacidade do veículo. Este tem um custo por quilómetro e um custo total de aluguer do veículo inferiores aos de 12T.

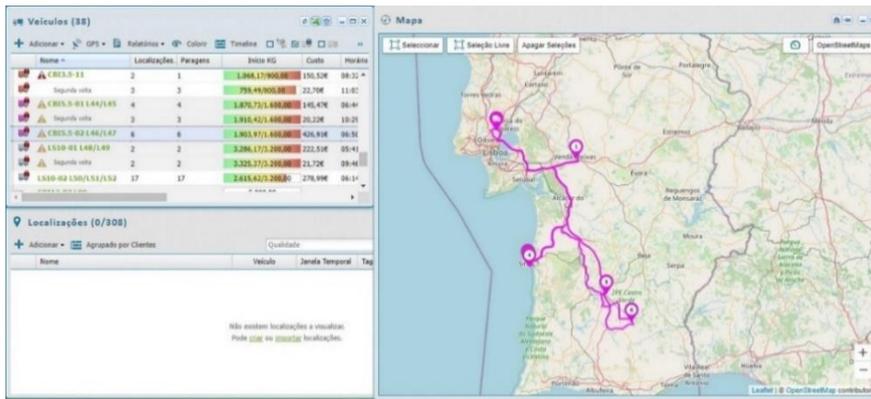


Figura 5 – R 26514 TO-BE – rota Castro Verde

Fonte: software S

5.2.2 Primeiro exemplo da simulação da Comercial

A simulação analisada da Comercial, considera o dia 14 de Fevereiro, e é designada por R 26388, correspondendo à simulação original R 25251. A solução otimizada veio então produzir um conjunto de rotas que necessitaram de menos dois veículos do que a situação AS-IS (Anexo 13). Percorreu-se menos quilómetros e poupou-se tempo de serviço, proporcionando um corte significativo nos custos. Quanto às infrações, só se detetou uma de excesso de peso numa carrinha 3.5T, embora seja um valor que o planeador admite deixar passar como exceção.

Cenário 2

Neste cenário analisou-se entregas a clientes nas proximidades da Avenida Marginal entre Carcavelos e Cascais (Figura 6), que despertaram a atenção por afetarem quatro veículos na mesma zona (foram precisas duas carrinhas 3.5T, uma 5.5T e um 12T para abranger a área).

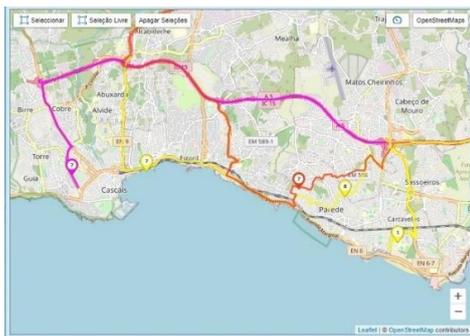


Figura 6 - R 25251 AS-IS - rota Av. Marginal entre Carcavelos e Cascais Fonte: software S

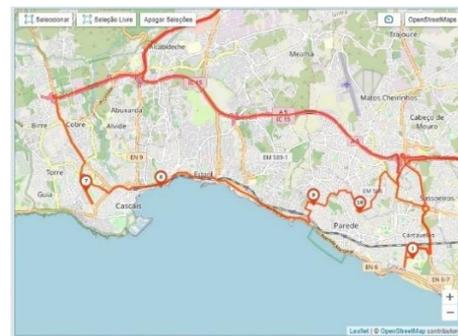


Figura 7 - R 26388 TO-BE - rota Av. Marginal entre Carcavelos e Cascais Fonte: software S

Por outro lado, na nova simulação (Figura 7) foi necessário apenas um único veículo de 12T para fazer as mesmas entregas em toda a zona da Marginal, poupando em recursos despendidos e em custos de transporte. Este exemplo vem resolver o problema da coordenação dos veículos com as rotas definidas, alocando apenas o veículo necessário para cobrir esta zona.

5.2.3 Segundo exemplo da simulação da Comercial

Por último, a segunda simulação explorada da Comercial, considera o dia 15 de Março, e é designada por R 25557, correspondendo à original R 25546. A simulação otimizada precisou de menos um veículo do que o momento AS-IS, teve menos quilómetros percorridos e menor duração das rotas para completar as entregas. Isto possibilitou um conjunto de fatores favoráveis que fizeram diminuir os custos totais. Também se conseguiu não cometer nenhuma infração, cumprindo todas as regras (Anexo 14).

Cenário 3

Neste cenário nota-se que o planeador tem o cuidado de fazer os clientes mais por zonas, mas coloca três carrinhas de 3.5T a fazer clientes que estão todos no mesmo alinhamento numa única estrada, que podiam ser servidos por apenas uma carrinha (Figura 8).

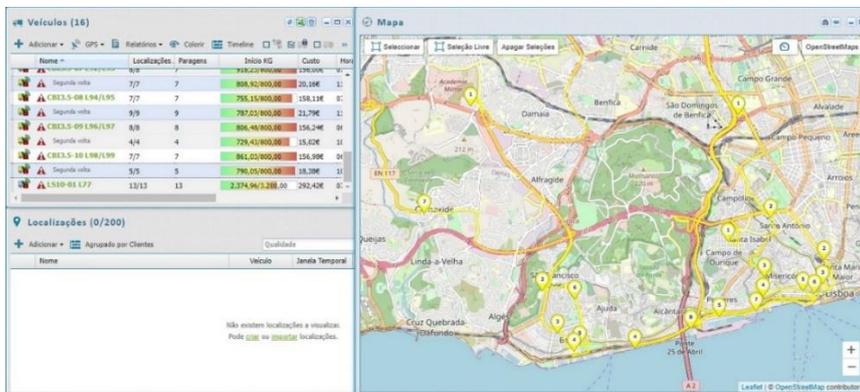


Figura 8 – R 25546 AS-IS – rota Av. Marginal entre Lisboa e Algés Fonte: software S

A simulação otimizada para fazer este tipo de entregas apresenta-se então com uma rota bem mais estruturada que abrange um bom número de cliente seguidos, os quais se fazem todos por ordem ao longo da avenida e respeitando o sentido do trânsito (Figura 9).

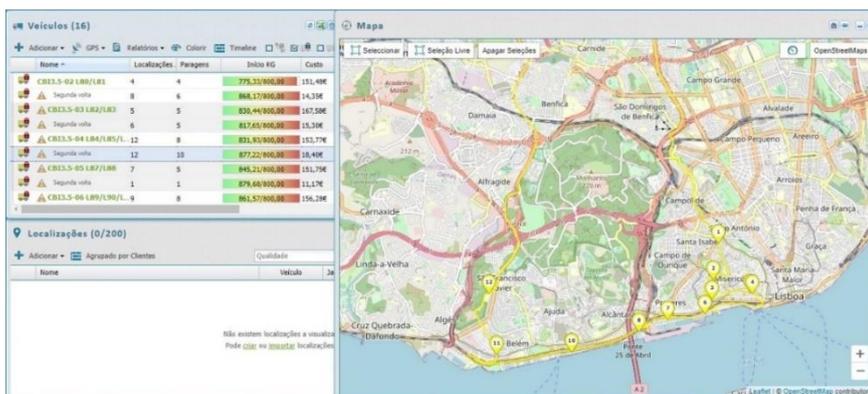


Figura 9 – R 25557 TO-BE – rota Av. Marginal entre Lisboa e Algés Fonte: software S

Cenário 4

Quanto ao último cenário de análise, observa-se uma situação em que a mesma carrinha de 3.5T foi entregar a Colares e fez a zona da linha de Cascais/Estoril, enquanto os clientes de Sintra foram entregues por um veículo de 12T (Figura 10).

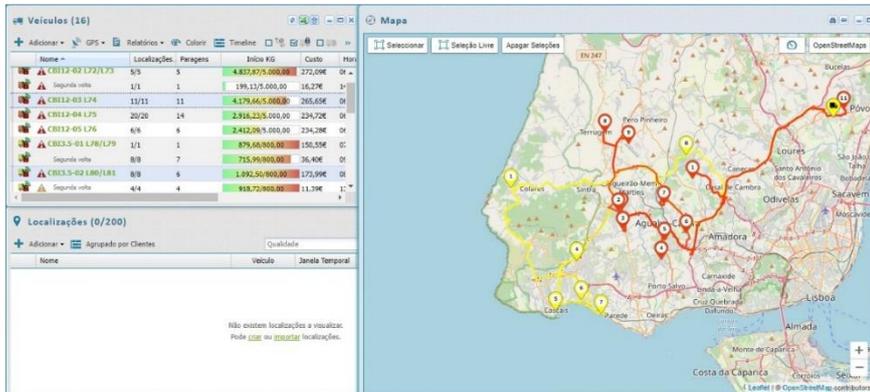


Figura 10 – R 25546 AS-IS – rota Colares/Sintra/Cascais Fonte: software S

A otimização da solução permitiu criar duas rotas distintas de carrinhas de 3.5T. Uma foi a Colares e fez a zona de Sintra, a outra percorreu a área de Cascais/Estoril (Figura 11).

Isto permitiu reduzir o custo por quilómetro, pois o preço do mesmo na carrinha de 3.5T é mais baixo do que no veículo de 12T. Também permitiu ter as rotas mais localizadas, evitando o problema de andar às voltas (por exemplo, indo a Colares fazer uma entrega quando a rota estava toda a Sul, junto a Cascais).

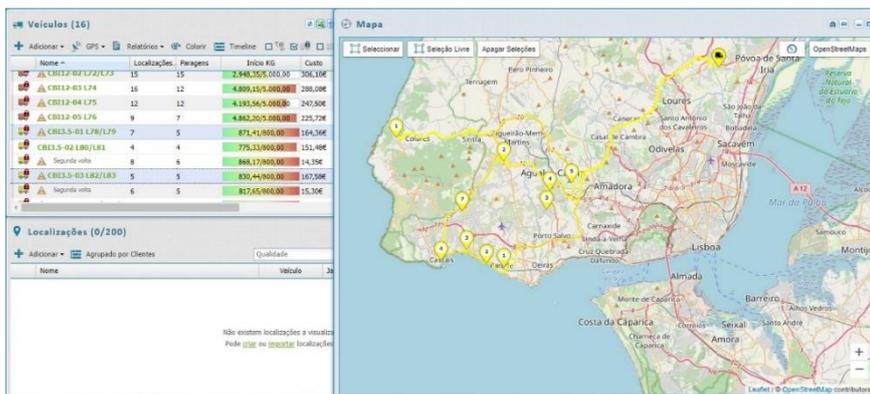


Figura 11 – R 25557 TO-BE – rota Colares/Sintra/Cascais Fonte: software S

O novo planeamento veio ajudar em todas estas situações de entregas por geolocalização e proximidade dos clientes com rotas mais estruturadas, com mais sequência, sem que os veículos dessem tantas voltas desnecessárias. Ao mesmo tempo reduziu-se os custos totais da distribuição da empresa A, o número de veículos utilizados, os quilómetros realizados e a duração associada a toda esta atividade, como se verificará na secção seguinte.

5.3 Avaliar a eficácia do método e medir o desempenho

Depois de se fazer a atualização da configuração do sistema, e correr o *software*, obtendo as novas rotas, é importante avaliar os indicadores definidos a fim de concluir sobre o impacto global que esta mudança causou no planeamento. Os indicadores a medir são os definidos no Capítulo 3: o número de veículos utilizados, a distância percorrida em quilómetros, a duração das rotas em horas, o custo total (€), o custo logístico do transporte (€/kg), a taxa de entregas dentro do prazo, a taxa de ocupação dos veículos. Por fim, analisou-se o nível de automatismo do planeamento executado.

Quanto aos indicadores na situação TO-BE, consegue-se afirmar que todos tiveram uma evolução favorável (Tabela V):

- Número de veículos

Utilizou-se menos 63 veículos, um número considerável, visto que cada veículo tem um preço de aluguer fixo. Ainda mais expressiva é a redução dos veículos de 19T, pois o preço tabelado cresce à medida que sobe a categoria do veículo.

- Quilómetros percorridos

Sendo as rotas mais otimizadas, foi possível percorrer menos 5767,44 km, o que teve um impacto direto no custo variável, traduzindo-se numa poupança de 4775,14 €.

- Duração das rotas

Em relação à duração das rotas, houve uma redução de 374 horas de trabalho, em parte devido à necessidade de resolver os problemas dos motoristas relacionados com o tempo que ficavam parados em certos clientes e ao facto de ser adicionada à configuração a prioridade de minimizar os tempos de espera.

- Custo total

O custo total da operação para os 33 dias de trabalho operacional fixou-se nos 350.027,46 €, resultando numa poupança de quase 20.000 € comparativamente ao planeamento em vigor na empresa. Assumindo que essa possa ser uma poupança contínua, fazendo um exercício de cálculo do custo total anual, ou seja, para os 251 dias de trabalho operacional, o novo planeamento permitiria economizar $151.141,25 \text{ €/ano} = (19.871,16 \text{ €} * 251 \text{ dias}) / 33 \text{ dias}$.

- Custo logístico do transporte

O custo logístico, indicador transversal a toda a empresa, que se utiliza como termo de comparação e unidade de avaliação, neste caso referente unicamente ao transporte, atingiu o

valor médio de 0,066 €/kg. Isto significa que a empresa registou uma redução de 0,003 € por cada quilograma transportado, um valor bastante considerável tendo em conta as quantidades (milhares de kg/dia) que a empresa A movimenta e o que se consegue cortar em custos implícitos na distribuição dessas mesmas entregas.

Indicadores	Valores AS-IS	Valores TO-BE	Diferença/poupança
Número de veículos	1500 veículos	1437 veículos	↓ 63 veículos
Km percorridos	251.873, 99 km	246.106,55 km	↓ 5767,44 km
Duração das rotas	13.365 horas	12.991 horas	↓ 374 horas
Custo total =	369.898,62 € =	350.027,46 € =	↓ 19.871,16 €
Custos Fixos (custo veículo + motorista)	265.948,03 €	250.852,01 €	↓ 15.096,02 €
+	+	+	+
Custos Variáveis (custo/km)	103.950,59 €	99.175,45 €	↓ 4775,14 €
Custo logístico do transporte	0,069 €/kg	0,066 €/kg	↓ 0,003 €/kg
Taxa de ocupação dos veículos	84,4%	93,7%	↑ 9,3%
Taxa de entregas dentro do prazo	91,2%	98,5%	↑ 7,3%

Tabela V – Comparação dos indicadores

Fonte: Elaboração própria

Quanto às taxas, foram os indicadores que aumentaram, sendo este um sinal de eficiência e melhoria do serviço prestado (Tabela V).

- Taxa de ocupação dos veículos

A nível global, o peso transportado manteve-se, logicamente (5.337.930 kg), a soma da capacidade das rotas diminuiu 1.081.600 kg (6.936.200 kg - 5.854.600 kg) (Anexos 6 e 15), mas a taxa de ocupação dos veículos aumentou 9,3% (a média passou de 84,4% para 93,7%) (Tabela V). Esta mudança quer dizer que se passou a ter menos espaço para transportar mercadoria, há uma menor capacidade da frota disponível, mas a rentabilidade que se retira dos veículos é muito maior, pois circulam com mais carga e são otimizados para reduzir custos.

- Taxa de entregas dentro do prazo

Quanto ao número de janelas horárias falhadas, reduziu-se substancialmente, sendo que 1157 entregas com o horário falhado passaram a ser possíveis de cumprir (AS-IS 1384 falhadas - 227 falhadas TO-BE) (Anexos 6 e 15). Em sentido oposto, a média da taxa de entregas realizadas dentro do prazo aumentou 7,3% (de 91,2% para 98,5%) (Tabela V), o que leva a uma melhoria no serviço prestado ao cliente e ao conseqüente aumento do seu nível de satisfação.

Uma nota breve para o facto de o número total de entregas não ser igual nas duas situações (15 712 no planeamento anterior e 15 708 no atual) por uma questão de aglomeração de encomendas do mesmo cliente; no entanto, o número de clientes é o mesmo, assim como o de locais de entrega (Anexos 6 e 15). Deste modo, o planeamento otimizado cumpre praticamente todas as janelas horárias, com valores a rondar os 100%.

- Automatismo do sistema

Para além do resultado expresso nestes indicadores, importa salientar o aumento do automatismo do sistema, ou seja, a minimização da intervenção do planeador.

Com a nova configuração não há a necessidade de um pré-processamento por parte do planeador, podendo o *software* otimizar as rotas a partir da configuração introduzida.

Assim, o nível de automatismo foi medido pelo número de clientes encaixados inicialmente pelo sistema, em todas as simulações dos 33 dias estudados. Obteve-se num cálculo inicial um planeamento automático de 98,6%. No entanto, por vezes, o sistema tem falhas em que coloca rotas e veículos a mais, ou há necessidade de alterar várias rotas para colocar os clientes que ficaram sem qualquer veículo, pelo que se tem de fazer alterações manuais em cerca de 10% do planeamento. Desta forma, conclui-se que o nível médio de automatismo no planeamento otimizado é de 88,6%, um valor bem acima da realidade atual da empresa A (Anexos 15).

A maior autonomia do sistema permite não só facilitar o trabalho do planeador, pois o processo de planeamento é mais célere, mas também otimizar as rotas resultantes do *software*. Acresce que também o trabalho do armazém é facilitado, podendo-se lançar as encomendas e fazer a sua preparação mais cedo, garantindo um início eficiente de todo o processo de entrega das mercadorias.

- Impacto dos indicadores TO-BE nas rotas construídas

Por último, as alterações mencionadas e a melhoria dos indicadores refletem-se também na qualidade apresentada pelas rotas otimizadas da situação TO-BE. Um bom exemplo disso é a simulação da Comercial R 26380, que considera o dia 8 de Fevereiro. Esta simulação é de particular interesse, visto que se utilizou os mesmos recursos na situação AS-IS e TO-BE, ou seja, foram precisos os mesmos veículos, fez-se o mesmo número de rotas e entregou-se exatamente aos mesmos clientes. Acontece que, apesar de se manterem todos estes fatores, foi

possível alterar as rotas e otimizá-las ainda mais, fazendo menos quilómetros e reduzindo o custo total de distribuição (Anexo 16).

Porém, nem tudo é melhorado no planeamento TO-BE, sendo igualmente importante analisar aspetos menos positivos desta otimização. Assim, a simulação do Grupo R 26612, que considera o dia 16 de Março, revela-se a pior de todo o novo planeamento, contabilizando um prejuízo total de 689 €. Esta simulação, em comparação com a situação AS-IS, precisou de mais três veículos e quatro rotas, percorreu mais quilómetros para o mesmo tempo de trabalho e teve um acréscimo no custo total (Anexo 17).

A possível explicação para a falha no planeamento automático desta simulação prende-se com o facto de ter sido outro planeador a fazer a simulação, pois este agrupa todos os clientes que estão mais próximos e faz quase tudo de forma manual, o que de certa forma também pode ser negativo, pois envolve muito mais tempo e obriga a um atraso de todo o processo. O ponto crucial nesta simulação foi o bom uso dos 19T, o planeador conseguiu fazer boas rotas otimizando praticamente ao máximo a capacidade de carga dos veículos.

Desta forma, o sistema automático não alcançou uma solução parecida que utilizasse tão poucos veículos e que fosse tão eficiente, no sentido de reduzir os custos ao nível do que tinha feito com as outras simulações.

5.4 Discussão global

A secção de discussão global é de grande relevância, porque identifica algumas conclusões mais específicas, contrariedades e os devidos pontos de melhoria.

- Clientes sem veículo associado

Em relação aos clientes que o planeamento automático deixa de parte, muitos casos estão ligados ao excesso de peso transportado, à divisão do cliente em duas encomendas ou aos clientes de centros comerciais.

Deste modo, deveria existir uma regra que permitisse exceder qualquer percentagem da capacidade em rotas com apenas um cliente, desde que a carga entrasse no veículo. Isto justifica os casos em que o cliente só pode ser visitado até uma determinada categoria de veículo e a carga, por si só, desse cliente ultrapassa o limite do peso estabelecido. Nesta situação, ter-se-ia de dividir a encomenda e visitar o cliente duas vezes, o que em termos logísticos não compensa, sendo preferível assumir o risco com uma regra que estabelece que se pode ultrapassar ligeiramente a tolerância para clientes únicos numa rota.

A situação em que se divide o cliente em duas encomendas é um bom exemplo dos clientes que o sistema não sabe colocar nos veículos. Estes até podem ter peso suficiente para arrumar as duas encomendas, ou seja, não ultrapassam a infração, e mesmo assim o sistema não coloca, tanto para o caso em que o cliente é repartido e não encaixa em dois veículos diferentes, como para o caso em que se trata do mesmo cliente no mesmo veículo, mas em rotas diferentes.

Por último, entre os clientes que o sistema deixa de fora, é recorrente haver casos de centros comerciais em que alguns clientes ficam por fazer. Nas Amoreiras, a situação é problemática, porque há dois centros comerciais muito próximos com diversas janelas horárias de clientes, diferentes tipologias de veículos e pesos muito distintos que bloqueiam o algoritmo, sendo difícil encaixar todos os clientes nos veículos.

Portanto, é necessário perceber porque estão a ser deixados de parte alguns clientes, atualizando as geometrias e verificando as *tags* dos centros comerciais (no mesmo centro há clientes com a respetiva *tag* e outros que não estão identificados).

- Número de infrações

O número de infrações foi um dos aspetos em que se conseguiu uma grande redução; no entanto, não se conseguiu contrariar todos os casos, existindo exceções que só podem ser inseridas manualmente. Entre elas está o facto de, além das tolerâncias pontuais introduzidas, se correr o risco de fazer uma entrega fora da janela horária, ter um veículo com excesso de peso ou levar clientes com produtos DET. Os clientes DET são colocados nos veículos de forma manual, pois a regra não permite que se transporte produtos NA em rotas alimentares.

- Erros do próprio sistema

Por outro lado, existem erros do próprio sistema que podem mesmo ser evitados, como as duas regras que se constatou que existiam, mas não funcionavam.

Uma dessas regras permitia agregar um mínimo de clientes a servir por determinada geometria, e outra que atribuía prioridade a clientes com a mesma tipologia do veículo. Esta segunda regra constitui um grave problema que deve ser resolvido; caso contrário, muitas carrinhas 3.5T e 5.5T ficam com clientes 12T, 19T e 24T. Isto limita seriamente o planeamento, pois esgotam veículos de tipologias mais baixas que vão ser obrigatoriamente precisos para outros clientes. Neste sentido, o *software S* deixa por norma os clientes 3.5T com muito peso sem veículo associado. Deve-se então criar uma regra para dar prioridade a estes clientes, que têm tantas restrições de acessos e peso elevado.

Para além disto, o planeamento automático deixa sempre quase todos os veículos 19T de fora, sendo necessário questionar o sistema sobre porque não arruma os clientes 19T nos veículos da sua categoria, permitindo ganhar espaço nas outras categorias inferiores.

Outro erro bastante comum é que não se considera todos os custos reais inerentes ao transporte das encomendas. Assim, os custos das portagens devem ser englobados no custo total de cada veículo, consoante as autoestradas que este faça e os locais pelos quais circule e onde tenha de pagar. O exemplo mais recorrente é o facto de o *software S* assumir as pontes 25 de Abril e Vasco da Gama como estradas normais, pois muitas vezes faz rotas à MS para entregar a um só cliente, quando se sabe que, para regressar a Lisboa, é obrigatório o pagamento de portagem à entrada das duas pontes.

- Correção dos dados dos veículos e tempo de espera

Em suma, são vários os dados que podem ser retificados e as sugestões de melhoria que daí podem surgir para aplicação futura no planeamento.

Assim sendo, e como forma de melhoria dos dados, propõe-se no presente relatório a existência de apenas sete categorias de veículos, que são as que estão em vigor no *software S*: 3.5T, 5.5T, 10T, 12T, 19T, 24T e NOTURNO. Neste sentido, tudo o que for *tags* de outras tipologias, como 7.5T, 8.5T e 14T, deve ser eliminado e corrigido. Por não haver a possibilidade de categorias intermédias, tem de se definir, por exemplo para um cliente antigo 7.5T, se só vai um veículo 5.5T ou se até passa um 10T no local. Quanto às *tags* noturnas, existem diversas denominações no planeamento atual, sendo que para não criar confusão é atribuída a *tag* NOTURNO tanto a veículos como a localizações.

Relativamente à formulação de novas regras, o estudo do planeamento AS-IS demonstrou que havia uma lacuna nas questões relacionadas com tempos de espera. Esta situação no planeamento TO-BE foi melhorada com a prioridade de minimizar o tempo de espera em toda a operação. No entanto, há muitos clientes com situações particulares, em que o atraso já é conhecido, o que exige a criação de regras específicas para mitigar o problema. Esta situação também pode ser resolvida com *tags* atribuídas ao cliente de tempo de espera demorado. Quanto às regras, consegue-se limitar o tempo com um máximo de minutos que as equipas podem estar à espera, para não perderem muito tempo paradas num cliente. Por outro lado, os clientes para os quais se conhece, por norma, o tempo de espera, devem ter uma regra de tempo médio de espera adequado à sua situação.

Capítulo 6 – Conclusão final e trabalho futuro

O estudo realizado na empresa A permite concluir que é possível alcançar um corte no custo total de mais de 5% e uma redução do custo logístico do transporte de 0,003 €/kg, economizando 19.871,16 € para os 33 dias de trabalho operacional. O alcance do principal objetivo - a redução do custo total do transporte - significa para a empresa um esforço médio para obter um elevadíssimo benefício, equilibrando as contas sem precisar de mais recursos, mudando apenas a forma de pensar o processo de planeamento. Este valor é em parte possível graças à diminuição do número de veículos, ao facto de se poupar horas no tempo de serviço e à redução do número dos quilómetros que está definido nas rotas.

Quanto ao aumento da taxa de ocupação dos veículos (9,3%) e da taxa de entregas dentro do prazo (7,3%), vem não só reforçar uma maior eficiência logística, outro dos objetivos delineados, mas também produzir uma melhoria do nível de serviço prestado ao cliente.

O nível médio de automatismo do planeamento foi incrementado em cerca de 42%, o que se traduz numa clara otimização do planeamento. Esta otimização dá-se tanto em relação ao tempo de processamento na construção das rotas como na obtenção das simulações finais, visto que, por norma, estando os dados corretos e o algoritmo a funcionar corretamente, o *software S* vai elaborar rotas mais otimizadas do que se for o planeador a fazê-lo manualmente.

Os resultados alcançados possibilitam um planeamento mais eficiente, menos moroso na realização de todo o processo, menos dependente da opinião do planeador e mais estruturado com as rotas construídas pelo sistema, estando de acordo com as metas definidas no início do presente estudo. Desta forma, é crucial interpretar os resultados finais com sentido crítico, pelo que se deve expor as limitações do novo planeamento com o intuito de obter melhorias no momento e sugestões de aplicações futuras ao estudo desenvolvido.

Assim sendo, um dos aspetos cruciais deste relatório é a preocupação em melhorar os dados do sistema, embora se reconheça que a empresa tem de percorrer um longo caminho nesse sentido. A informação do *software S* precisa de estar não só correta, mas também atualizada de forma contínua com os dados que estão em sistema. Este processo, para estar totalmente interligado, precisa que se melhore a informação do sistema, ou seja, que se trabalhe muito a base de dados, de modo a corrigir os erros e ver que melhorias podem ser feitas.

Os levantamentos nos armazéns dos fornecedores, por exemplo, são recolhas e rotas que têm de ser feitas manualmente todos os dias, pelo que se devia criar visitas no *software S* para

fazer este tipo de planeamento de forma automática. Esta ação só é possível se a informação sobre essas recolhas estiver contemplada em sistema, sendo que primeiro faz-se a sua gestão e só depois é que se envia para o *software S*.

Um dos pontos-chave da fraca aposta no automatismo do planeamento atual é a imprecisão dos dados dos clientes. Torna-se imprescindível fazer um estudo das janelas horárias e das localizações dos clientes, saber quais foram mal gravadas, quais estão de todo incorretas e aquelas em que é preciso fazer pequenos ajustes/atualizações. Quando os dados estiverem corretos, então o algoritmo introduzido fará automaticamente sentido.

De uma forma geral, o planeamento automático funciona melhor na Comercial do que no Grupo, pois este último tem muitas especificidades, envolve mais clientes, e estes clientes têm muito mais peso. Outro aspeto importante é que o *software S* parece trabalhar melhor para rotas em Lisboa do que para outras mais longe, pelo que o algoritmo pode confundir-se com a distância.

Por fim, deve ser revisto o contrato com a empresa C tendo em conta a regularização do número de veículos. Na maioria das simulações não são precisos os veículos disponíveis, sobretudo os de 19T, que por norma há a mais do que é realmente necessário, sendo que muitas vezes tem de se inventar trabalho e rotas para não ficarem parados. Em sentido oposto, os veículos de 5.5T estão sobrecarregados, havendo muitas situações de veículos a fazer três rotas cada por dia, pelo que é preciso aumentar o número de 5.5T de forma a repartir os clientes.

O planeamento no *software S*, para ser o mais eficiente possível, precisa de poder contar com planeadores conhecedores do sistema, sendo uma mais-valia eles estarem acostumados aos processos automáticos. Assim, é essencial que os planeadores tenham formações, que participem em palestras e conferências sobre o *software S* e que adquiram práticas a adotar na utilização do mesmo. Este processo vai acelerar o automatismo do planeamento e a qualidade na construção das rotas, tendo em vista a otimização de todo o processo de distribuição.

Uma última nota deve ser deixada para o facto de o planeamento TO-BE ter sido feito por um planeador inexperiente que não está por dentro do sistema, não conhece as especificidades dos clientes, nem pormenores que só quem está diariamente na operação domina. Assim, tem-se a consciência de que se podia reduzir ainda mais o número dos quilómetros percorridos; com a ajuda de colaboradores da empresa B, as rotas seriam mais otimizadas, provavelmente com menos quilómetros e com um corte no custo total ainda maior.

Referências bibliográficas

- Abduljabbar, R., Dia, H., Liyanage, S., & Bagloee, S. A. (2019). Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview. *Sustainability*, 11(1), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su11010189>
- Barbosa-Póvoa, A. P. (2014). Process supply chains management - where are we? Where to go next? *Frontiers in Energy Research*, 2(23), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2014.00023>
- Bérczi, K., Jüttner, A., Laumanns, M., & Szabó, J. (2017). Stochastic Route Planning in Public Transport. *Transportation Research Procedia*, 27, 1080–1087. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.096>
- Borčinová, Z. (2017). Two models of the capacitated vehicle routing problem. *Croatian Operational Research Review*, 8(2), 463–469. <https://doi.org/10.17535/crorr.2017.0029>
- Boysen, N., Schwerdfeger, S., & Weidinger, F. (2018). Scheduling last-mile deliveries with truck-based autonomous robots. *European Journal of Operational Research*, 271(3), 1085–1099. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.058>
- Coghlan, D. (2011). Action Research: Exploring Perspectives on a Philosophy of Practical Knowing. *Academy of Management Annals*, 5(1), 53–87. <https://doi.org/10.1080/19416520.2011.571520>
- Coghlan, D., & Brannick, T. (2014). *Doing Action Research in Your Own Organization* (4th ed.). Sage.
- Comert, S. E., Yazgan, H. R., Kır, S., & Yener, F. (2018). A cluster first-route second approach for a capacitated vehicle routing problem: a case study. *International Journal Procurement Management*, 11(4), 399–419. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2018.092766>
- 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>
- CSCMP. (2022). *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*. https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx

- Cuervo, D. P., Goos, P., Sörensen, K., & Arráiz, E. (2014). An iterated local search algorithm for the vehicle routing problem with backhauls. *European Journal of Operational Research*, 237(2), 454–464. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.02.011>
- Davis-Sramek, B., Mentzer, J. T., & Stank, T. P. (2008). Creating consumer durable retailer customer loyalty through order fulfillment service operations. *Journal of Operations Management*, 26(6), 781–797. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.07.001>
- Dekhtyaruk, M. T., Shao, M., Yang, S., Kontrobayeva, Z. D., & Vashchilina, E. (2021). Automated system of freight traffic optimisation in the interaction of various modes of transport. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 9(3), 844–857. <https://doi.org/10.21533/pen.v9i3.2320>
- Dridi, I. H., Alaïa, E. B., Borne, P., & Bouchriha, H. (2020). Optimisation of the multi-depots pick-up and delivery problems with time windows and multi-vehicles using PSO algorithm. *International Journal of Production Research*, 58(14), 4201–4214. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1650975>
- Elshaer, R., & Awad, H. (2020). A taxonomic review of metaheuristic algorithms for solving the vehicle routing problem and its variants. *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106242. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106242>
- Gendreau, M., Laporte, G., & Potvin, J.-Y. (2002). Metaheuristics for the Capacitated VRP. In P. Toth & D. Vigo (Eds.), *The Vehicle Routing Problem* (pp. 129–154). Society for Industrial and Applied Mathematics. <https://doi.org/10.1137/1.9780898718515.ch6>
- Ghiani, G., Guerriero, F., Laporte, G., & Musmanno, R. (2003). Real-time vehicle routing: Solution concepts, algorithms and parallel computing strategies. *European Journal of Operational Research*, 151(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00915-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00915-3)
- Gonzalez-Feliu, J. (2012). Cost Optimisation in Freight Distribution with Cross-Docking: N-Echelon Location Routing Problem. *Promet-Traffic&Transportation*, 24(2), 143–149. <https://doi.org/10.7307/ptt.v24i2.286>
- Janjevic, M., & Winkenbach, M. (2020). Characterizing urban last-mile distribution strategies in mature and emerging e-commerce markets. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 133, 164–196. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.01.003>

- Jucha, P., & Corejova, T. (2021). Ensuring the logistics of the last mile from the perspective of distribution companies. *Transportation Research Procedia*, 55, 482–489. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.012>
- Kim, M. E., Schonfeld, P., Roche, A., & Raleigh, C. (2022). Optimal service zones and frequencies for flexible-route freight deliveries. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 159, 182–199. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.03.030>
- Lai, D. S. W., Demirag, O. C., & Leung, J. M. Y. (2016). A tabu search heuristic for the heterogeneous vehicle routing problem on a multigraph. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 86, 32–52. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.12.001>
- Lai, K.-H., Ngai, E. W. T., & Cheng, T. C. E. (2004). An empirical study of supply chain performance in transport logistics. *International Journal of Production Economics*, 87(3), 321–331. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.002>
- Li, X., Gong, L., Liu, X., Jiang, F., Shi, W., Fan, L., Gao, H., Li, R., & Xu, J. (2022). Solving the last mile problem in logistics: A mobile edge computing and blockchain-based unmanned aerial vehicle delivery system. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 34(7), e6068. <https://doi.org/10.1002/cpe.6068>
- Liao, T.-Y., & Hu, T.-Y. (2011). An object-oriented evaluation framework for dynamic vehicle routing problems under real-time information. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12548–12558. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.041>
- Liebig, T., Piatkowski, N., Bockermann, C., & Morik, K. (2014). Predictive Trip Planning-Smart Routing in Smart Cities. *EDBT/ICDT 2014 Joint Conference*, 331–338.
- Lourenço, H. R., Martin, O. C., & Stützle, T. (2019). Iterated local search: Framework and applications. In M. Gendreau & J.-Y. Potvin (Eds.), *Handbook of Metaheuristics* (3rd ed., Vol. 272, pp. 129–168). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91086-4_5
- Lu, S.-H., Suzuki, Y., & Clottey, T. (2020). The Last Mile: Managing Driver Helper Dispatching for Package Delivery Services. *Journal of Business Logistics*, 41(3), 206–221. <https://doi.org/10.1111/jbl.12242>
- Lumms, R. R., Krumwiede, D. W., & Vokurka, R. J. (2001). The relationship of logistics to supply chain management: developing a common industry definition. *Industrial Management & Data Systems*, 101(8), 426–431. <http://www.emerald-library.com/ft>

- Lv, C., Zhang, C., & Lian, K. (2020). A hybrid variable neighborhood search algorithm based on grouping strategies for the static bike sharing re-positioning problem. *2020 International Conference on Urban Engineering and Management Science (ICUEMS)*, 454–459. <https://doi.org/10.1109/ICUEMS50872.2020.00101>
- Meng, F., Ding, Y., Li, W., & Guo, R. (2019). Customer-Oriented Vehicle Routing Problem with Environment Consideration: Two-Phase Optimization Approach and Heuristic Solution. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2019/1073609>
- Montenegro, L. D., & Young, M. N. (2020). Operational Challenges in the Food Industry and Supply Chain during the COVID-19 Pandemic: A Literature Review. *2020 7th International Conference on Frontiers of Industrial Engineering (ICFIE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICFIE50845.2020.9266743>
- Nha, V. T. N., Djahel, S., & Murphy, J. (2012). A Comparative Study of Vehicles' Routing Algorithms for Route Planning in Smart Cities. *2012 First International Workshop on Vehicular Traffic Management for Smart Cities (VTM)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/VTM.2012.6398701>
- Pečený, L., Meško, P., Kampf, R., & Gašparík, J. (2020). Optimisation in Transport and Logistic Processes. *Transportation Research Procedia*, 44, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.003>
- Phiboonbanakit, T., Supnithi, T., Horanont, T., & Huynh, V.-N. (2018). Knowledge-Based Learning for Solving Vehicle Routing Problem. *Proceedings of the 2018 ACM International Joint Conference and 2018 International Symposium on Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers*, 1103–1111. <https://doi.org/10.1145/3267305.3274166>
- Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C., & Medaglia, A. L. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 225(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.08.015>
- Pop, P. C., Matei, O., & Sitar, C. P. (2013). An improved hybrid algorithm for solving the generalized vehicle routing problem. *Neurocomputing*, 109, 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2012.03.032>

- Ribeiro, J. P., & Barbosa-Póvoa, A. (2018). Supply Chain Resilience: Definitions and quantitative modelling approaches – A literature review. *Computers & Industrial Engineering*, *115*, 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.11.006>
- Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research Methods for Business Students* (8th ed.). Pearson Education.
- Schäfer, R.-P. (2009). IQ Routes and HD Traffic - Technology Insights about Tomtom's Time-Dynamic. *Proceedings of the 7th Joint Meeting of the European Software Engineering Conference and the ACM SIGSOFT Symposium on The Foundations of Software Engineering*, 171–172. <https://doi.org/10.1145/1595696.1595698>
- Schleper, M. C., Gold, S., Trautrim, A., & Baldock, D. (2021). Pandemic-induced knowledge gaps in operations and supply chain management: COVID-19's impacts on retailing. *International Journal of Operations and Production Management*, *41*(3), 193–205. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-12-2020-0837>
- Speranza, M. G. (2018). Trends in transportation and logistics. *European Journal of Operational Research*, *264*(3), 830–836. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.08.032>
- Tan, S.-Y., & Yeh, W.-C. (2021). The Vehicle Routing Problem: State-of-the-Art Classification and Review. *Applied Sciences*, *11*(21), 10295. <https://doi.org/10.3390/app112110295>
- Tseng, Y.-Y., Yue, W. L., & Taylor, M. A. P. (2005). The Role of Transportation in Logistics Chain. *Eastern Asia Society for Transportation Studies*, *Vol. 5*, *5*, 1657–1672.
- Wang, X., Yuen, K. F., Wong, Y. D., & Teo, C.-C. (2020). E-consumer adoption of innovative last-mile logistics services: A comparison of behavioural models. *Total Quality Management & Business Excellence*, *31*(11–12), 1381–1407. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1485484>
- Wu, Y., Song, W., Cao, Z., Zhang, J., & Lim, A. (2021). Learning Improvement Heuristics for Solving Routing Problems. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 5057–5069. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2021.3068828>
- Yeun, L. C., Ismail, W. R., Omar, K., & Zirour, M. (2008). Vehicle Routing Problem: Models and Solutions. *Journal of Quality Measurement and Analysis JQMA*, *4*(1), 205–218.

Anexos

Anexo 1 – Tipologias e características dos veículos

Tipologia	Capacidade	Custo Diária	Custo p/Km's
CBI12-	5000	202,50 €	0,46 €
CBI19-	8000	222,00 €	0,52 €
CBI3.5	800	138,65 €	0,29 €
CBI5.5	1600	120,67 €	0,49 €
LS10-0	3200	200,50 €	0,47 €
CBI24-	12000	270,50 €	0,52 €
CNA3.5	800	138,65 €	0,29 €
CNA12-	3500	202,50 €	0,46 €
LSNA10	3200	200,50 €	0,47 €

Anexo 2 – Informação geral de uma simulação-exemplo

18-03	232/232	18/18	23	150955.28	1254678.09	2.405,34 Km	6d06h	3.824,74€
-------	---------	-------	----	-----------	------------	-------------	-------	-----------

Anexo 3 – Tags AS-IS

Nº	Tag
<input type="checkbox"/>	2 14T
<input type="checkbox"/>	3 10T
<input type="checkbox"/>	4 8.5T
<input type="checkbox"/>	15 19T
<input checked="" type="checkbox"/>	16 12T
<input type="checkbox"/>	17 5.5T
<input type="checkbox"/>	18 NOTURNO
<input type="checkbox"/>	19 3.5T
<input type="checkbox"/>	21 BIOSOG
<input type="checkbox"/>	68 AMB
<input type="checkbox"/>	69 BAT
<input type="checkbox"/>	70 CON
<input type="checkbox"/>	71 DET
<input type="checkbox"/>	72 FRE
<input type="checkbox"/>	73 FRL
<input type="checkbox"/>	74 MAT
<input type="checkbox"/>	75 NAL
<input type="checkbox"/>	76 REF
<input type="checkbox"/>	124 ALEGRO ALFRAGIDE
<input type="checkbox"/>	125 MERCADO DA RIBEIRA
<input type="checkbox"/>	126 AEROPORTO
<input type="checkbox"/>	127 CONTINENTE LOURES
<input type="checkbox"/>	128 SPACIO SHOPPING
<input type="checkbox"/>	129 CCB
<input type="checkbox"/>	130 ALVALAXIA
<input type="checkbox"/>	131 ZONA - AJUDA
<input type="checkbox"/>	132 ZONA - AEROPORTO

Anexo 4 – Perfil de otimização AS-IS

Gerir perfis de optimização	
Nome:	Solver de Distribuição
Descrição:	Solver de Distribuição Caplar
Pré-Processamentos	1 Splitter
S. Merger	2 S. Merger By Customer and Geolcabon
S. Merger And D. Splitter	3 Iterated Local Search 15 min.
S. Merger By Customer	4 Travelling Salesman Problem 2 min.
S. Merger By Reference	
Splitter	
Mixed Splitter	
Service Merger Mixed Splitter	
Split Incompatible Services	
S. Merger By Customer and Geol.	
Mark Services Until Time	
Lock Services To Vehicle	
Unassign Trip Start After	
Construtiva	
Nearest Neighbour	
End Destination Anchor	
Farest Neighbour	
Farest Anchor	

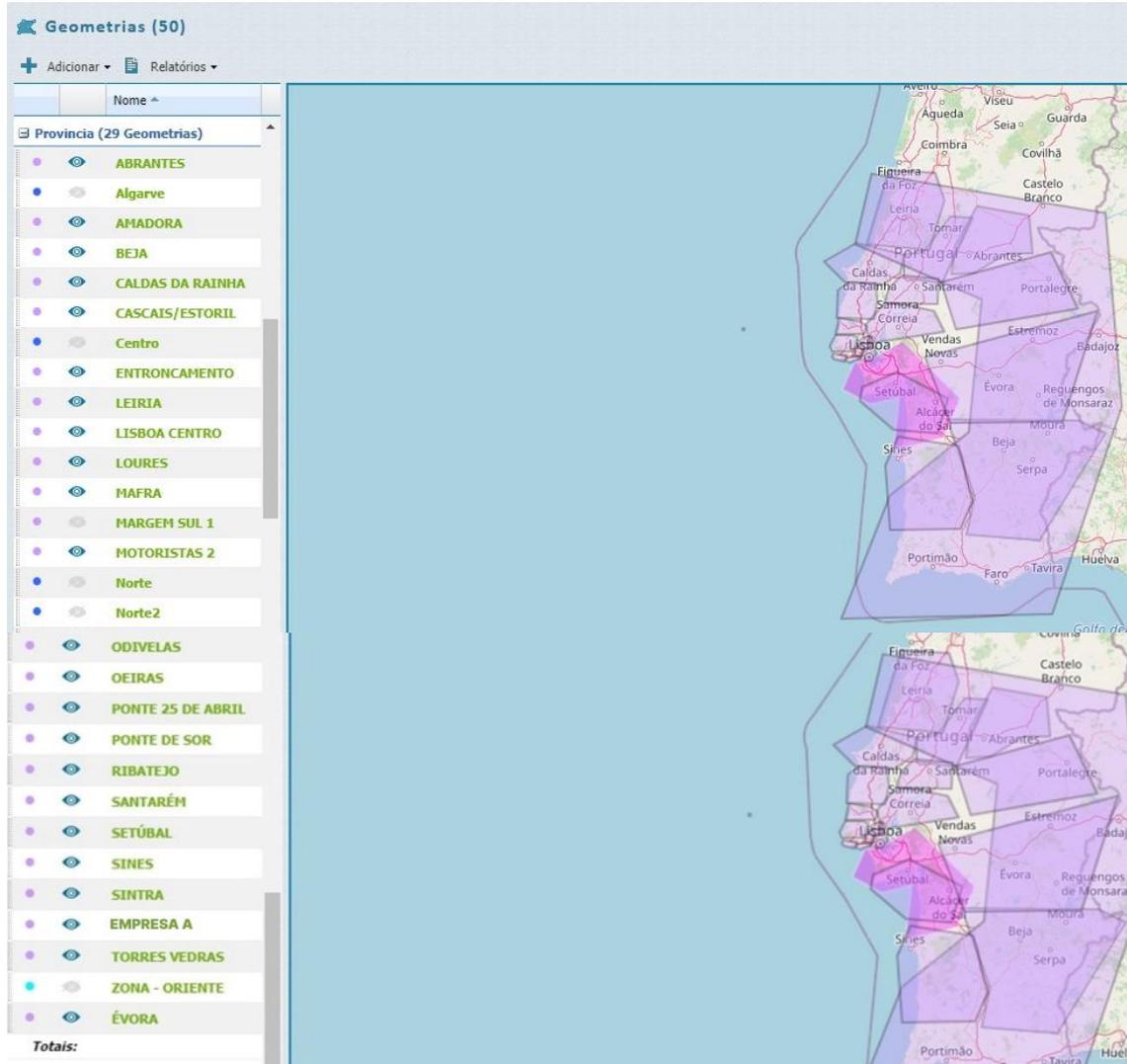
Anexo 5 – Prioridades AS-IS

Editar objectivos	
Nome:	Serviços Executados, Veículos Utilizados, Voltas, Compa
1	Maximizar Serviços Executados
2	Minimizar Veículos Utilizados
3	Minimizar Voltas
4	Maximizar Compactidade
5	Minimizar Distância

Anexo 6 – Indicadores na situação AS-IS

Data	Total Veículos	Total Km's	Duração das Rotas	Total de Janelas Horárias Cumpridas	Total de Janelas Horárias Falhadas	Total de Peso Transportado	Soma da Capacidade das Rotas (Peso)	Custo Veículo + Motorista	Custo Km's	Taxa de Entregas Realizadas Dentro do Prazo	Taxa de Ocupação dos Veículos (Capacidade Total das Rotas)	Custo Transporte (€/Kg)	Automatismo do Planeamento (%)
01/02/2022	42	6 912,84	377:38	439	25	138 455	195 200	7 369,60	2 773,78	94,6%	70,9%	0,07 €	97,2%
02/02/2022	47	7 781,23	384:15	381	29	177 717	227 600	8 366,27	3 319,87	92,9%	78,1%	0,07 €	98,8%
03/02/2022	43	5 980,50	378:59	463	38	128 023	175 800	7 488,75	2 375,09	92,4%	72,8%	0,08 €	98,0%
04/02/2022	42	7 515,96	383:01	408	53	139 400	180 200	7 411,95	3 071,15	88,5%	77,4%	0,08 €	97,6%
07/02/2022	44	7 356,83	383:07	361	40	170 815	198 000	7 753,10	3 092,20	90,0%	86,3%	0,06 €	94,8%
08/02/2022	48	7 548,10	427:06	515	33	166 016	221 800	8 524,90	2 996,91	94,0%	74,8%	0,07 €	80,5%
09/02/2022	46	8 447,94	411:54	395	57	185 608	218 000	8 289,95	3 538,90	87,4%	85,1%	0,06 €	98,2%
10/02/2022	44	6 150,07	393:12	469	50	135 290	196 600	7 710,75	2 489,16	90,4%	68,8%	0,08 €	96,7%
11/02/2022	43	7 850,92	390:30	424	38	138 326	193 400	7 699,80	3 301,65	91,8%	71,5%	0,08 €	97,6%
14/02/2022	45	7 604,89	390:37	373	46	166 016	199 800	8 025,12	3 208,30	89,0%	83,1%	0,07 €	97,4%
15/02/2022	34	5 511,67	305:18	318	11	135 484	169 000	6 113,20	2 250,70	96,7%	80,2%	0,06 €	94,9%
16/02/2022	44	7 828,55	411:58	413	58	177 267	229 400	8 032,15	3 271,01	87,7%	77,3%	0,06 €	98,5%
17/02/2022	45	5 874,11	380:59	482	36	123 379	178 400	7 811,92	2 377,68	93,1%	69,2%	0,08 €	96,1%
18/02/2022	43	8 599,69	395:59	387	49	145 377	199 800	7 644,97	3 587,99	88,8%	72,8%	0,08 €	97,7%
21/02/2022	46	8 146,87	407:03	380	41	184 827	232 600	8 245,60	3 465,36	90,3%	79,5%	0,06 €	96,5%
22/02/2022	49	7 775,38	436:01	521	32	158 753	221 200	8 678,90	3 106,44	94,2%	71,8%	0,07 €	95,1%
23/02/2022	45	8 880,84	414:47	399	50	174 681	229 000	8 106,95	3 735,47	88,9%	76,3%	0,07 €	98,7%
24/02/2022	46	6 736,64	420:45	489	39	144 279	195 600	8 032,40	2 670,44	92,6%	73,8%	0,07 €	94,3%
25/02/2022	43	7 581,47	380:50	424	34	143 705	184 600	7 615,97	3 200,46	92,6%	77,8%	0,08 €	97,4%
28/02/2022	43	7 811,12	382:01	386	27	156 328	209 000	7 701,95	3 284,26	93,5%	74,8%	0,07 €	97,1%
02/03/2022	55	10 601,78	512:24	478	71	232 764	272 800	9 776,74	4 446,23	87,1%	85,3%	0,06 €	97,3%
03/03/2022	49	6 714,96	434:22	491	60	154 695	214 200	8 595,55	2 744,26	89,1%	72,2%	0,07 €	96,9%
04/03/2022	43	8 593,16	399:45	409	58	150 286	196 000	7 679,82	3 563,04	87,6%	76,7%	0,07 €	95,9%
07/03/2022	43	7 849,83	387:08	376	49	182 828	219 600	7 765,80	3 329,41	88,5%	83,3%	0,06 €	97,7%
08/03/2022	52	8 665,03	462:11	505	61	181 001	229 400	8 975,54	3 483,79	89,2%	78,9%	0,07 €	94,6%
09/03/2022	47	8 231,60	436:43	453	47	193 554	242 600	8 493,97	3 486,59	90,6%	79,8%	0,06 €	97,8%
10/03/2022	48	6 484,33	414:02	513	19	159 596	219 600	8 441,55	2 615,22	96,4%	72,7%	0,07 €	97,0%
11/03/2022	46	8 668,56	425:51	442	40	161 259	213 400	8 124,14	3 625,50	91,7%	75,6%	0,07 €	97,1%
14/03/2022	48	8 407,43	410:55	401	46	185 774	226 200	8 586,75	3 511,30	89,7%	82,1%	0,07 €	96,9%
15/03/2022	50	7 548,69	432:29	486	32	170 126	221 400	8 712,70	2 984,41	93,8%	76,8%	0,07 €	96,9%
16/03/2022	46	7 831,56	411:36	435	41	187 792	227 800	8 245,60	3 235,66	91,4%	82,4%	0,06 €	99,2%
17/03/2022	47	6 254,18	390:19	514	21	138 519	202 600	8 190,55	2 433,59	96,1%	68,4%	0,08 €	97,4%
18/03/2022	44	8 127,29	391:19	398	53	149 992	195 600	7 735,12	3 374,77	88,2%	76,7%	0,07 €	97,8%
Total Geral	1 500	251 873,99	13365:04	14 328	1 384	5 337 930	6 936 200	265 948,03 €	103 950,59 €	91,2%	84,4%	Média €/Kg = 0,069	96,5%
				Total Entregas	15 712			Custo Total	369 898,62 €				-50%
												Nível médio automatismo	46,5%

Anexo 7 – Geometrias desenvolvidas TO-BE



Anexo 8 – Regras criadas TO-BE

Importar regras de ficheiro Excel

Gravar

ID	Regra
1	O grupo de veículos 12T não pode visitar o grupo de localizações 7.5T .
1	O grupo de veículos 10T não pode visitar o grupo de localizações 7.5T .
1	O grupo de veículos 19T não pode visitar o grupo de localizações 7.5T .
1	O grupo de veículos 12T não pode visitar o grupo de localizações 12 - NOTURNO .
1	O grupo de veículos 19T não pode visitar o grupo de localizações 12T .
1	O grupo de veículos 3.5T não pode visitar o grupo de localizações 12 - NOTURNO .
1	O grupo de veículos 5.5T não pode visitar o grupo de localizações 12 - NOTURNO .
1	O grupo de veículos 19T não pode visitar o grupo de localizações 12T - NOTURNO .
1	O grupo de veículos 24T só pode visitar o grupo de localizações 24T .
1	O grupo de veículos 12T não pode visitar o grupo de localizações 5.5T .
1	O grupo de veículos NOTURNO só pode visitar o grupo de localizações NOTURNO .
1	O grupo de veículos 19T não pode visitar o grupo de localizações 10T .
1	O grupo de veículos 12-Noturno só pode visitar o grupo de localizações 12-Noturno .
1	O grupo de veículos 10T não pode visitar o grupo de localizações 12-Noturno .
1	O grupo de veículos 12T não pode visitar o grupo de localizações 10T .
1	O grupo de veículos 19T não pode visitar o grupo de localizações 5.5T .
1	O grupo de veículos 10T não pode visitar o grupo de localizações 5.5T .
2	As localizações do grupo HAT só pode ser visitadas pelo grupo de veículos HAT .
2	As localizações do grupo CON só pode ser visitadas pelo grupo de veículos CON .
2	As localizações do grupo FRE só pode ser visitadas pelo grupo de veículos FRE .
2	As localizações do grupo 3.5T só pode ser visitadas pelo grupo de veículos 3.5T .
2	As localizações do grupo NAL só pode ser visitadas pelo grupo de veículos NAL .
2	As localizações do grupo REF só pode ser visitadas pelo grupo de veículos REF .
2	As localizações do grupo FRL só pode ser visitadas pelo grupo de veículos FRL .
2	As localizações do grupo BAT só pode ser visitadas pelo grupo de veículos BAT .
2	As localizações do grupo NOTURNO só pode ser visitadas pelo grupo de veículos NOTURNO .
2	As localizações do grupo DET só pode ser visitadas pelo grupo de veículos DET .
2	As localizações do grupo AMB só pode ser visitadas pelo grupo de veículos AMB .
6	O tempo da Localização CASCAIS/ESTORIL para a Localização LISBOA CENTRO , entre 07:00 e 09:30 é incrementado em 100 % .
6	O tempo da Localização EMPRESA A para a Localização LISBOA CENTRO , entre 07:00 e 09:30 é incrementado em 80 % .
6	O tempo da Localização SINTRA para a Localização LISBOA CENTRO , entre 07:00 e 09:30 é incrementado em 100 % .
8	O grupo de veículos _ não pode visitar mais do que 25 localizações na mesma volta.
17	O grupo de veículos _ não podem circular nas estradas pertencentes a geometrias ACESSOS INDEVIDOS .
26	O tempo de serviço para as localizações do grupo _ ao serem visitadas pelos veículos do grupo _ é 3 Segs , por KG mas nunca menos de n/d e não mais de 90 min. Para múltiplas localizações no mesmo ponto geográfico aplicam-se os valores mínimo e máximo de grupos de localizações .
26	O tempo de serviço para as localizações do grupo _ ao serem visitadas pelos veículos do grupo _ é 3 Segs , por KG mas nunca menos de n/d e não mais de 90 min. Para múltiplas localizações no mesmo ponto geográfico aplicam-se os valores mínimo e máximo de cada localização .
43	O grupo de veículos _ não pode visitar mais do que 25 localizações no mesmo dia.
49	O tempo de viagem dos veículos do grupo _ é incrementado em 100% ao percorrer as geometrias PONTE 25 DE ABRIL entre 07:15 e 09:30 e ao percorrer 1.57 .
49	O tempo de viagem dos veículos do grupo _ é incrementado em 100% ao percorrer as geometrias PONTE 25 DE ABRIL entre 16:30 e 19:30 e ao percorrer 4.71 .
54	A velocidade média nas estradas das geometrias LISBOA CENTRO é 40 Km/h.
89	Os veículos do grupo _ não podem visitar localizações dentro da geometria SINTRA e da geometria MARGEM SUL na mesma volta.
89	Os veículos do grupo _ não podem visitar localizações dentro da geometria CASCAIS/ESTORIL e da geometria MARGEM SUL na mesma volta.
89	Os veículos do grupo _ não podem visitar localizações dentro da geometria OEIRAS e da geometria MARGEM SUL na mesma volta.
89	Os veículos do grupo _ não podem visitar localizações dentro da geometria MAFRA e da geometria MARGEM SUL na mesma volta.
89	Os veículos do grupo _ não podem visitar localizações dentro da geometria TORRES VEDRAS e da geometria MARGEM SUL na mesma volta.
89	Os veículos do grupo _ não podem visitar localizações dentro da geometria CALDAS DA RAINHA e da geometria MARGEM SUL na mesma volta.

Anexo 9 – Perfil de otimização TO-BE

Gerir perfis de optimização

Nome: Novo Solver de Distribuição - WS

Descrição: Breve descrição (por ex. Distribuição Compacta do Motor)

Pré-Processamentos		
S. Merger	1 Splitter	—
S. Merger And D. Splitter	2 S. Merger By Customer and Geolocation	—
S. Merger By Customer	3 Most Constrained Assign	—
S. Merger By Reference	4 Travelling Salesman Problem	5 min.
Splitter	5 Iterated Local Search	15 min.
Mixed Splitter	6 Travelling Salesman Problem	5 min.
Service Merger Mixed Splitter		
Split Incompatible Services		
S. Merger By Customer and Geol...		

Anexo 10 – Prioridades TO-BE

Editar objectivos

Nome: Francisco

1	Maximizar Serviços Executados
2	Minimizar Custo
3	Minimizar Voltas
4	Minimizar Distância e Compactidade
5	Minimizar Veículos Utilizados
6	Minimizar Tempo de Espera

Anexo 11 – Infrações TO-BE

Gerir Infrações de Otimização

Nome: Francisco

Descrição: Peso adicional + 15min fora janela horária + 300min condução + 300min trabalho

Todas as Restrições | Infrações | Contar | Soma | Taxa de Velocidade

1 O grupo de veículos (Veículos) tem uma taxa de velocidade de 100 %.

2 O grupo de veículos (Veículos) pode transportar até 100 adicional (Capacidade) quando visita (qualquer/penas) do grupo de localizações (Localizações).

3 5 voltas do grupo de veículos (Veículos) pode exceder a sua capacidade em (Capacidade).

4 A quantidade total de (Capacidade) excedida por todos os veículos do grupo (Veículos) não deve ultrapassar 100 %.

5 O grupo de localizações (Localizações) pode ser visitada até 5 min. fora da sua janela horária.

ID	Infração
2	O grupo de veículos 5.5T pode transportar até 20% adicional KG quando visita qualquer do grupo de localizações *.
2	O grupo de veículos 10T pode transportar até 10% adicional KG quando visita qualquer do grupo de localizações *.
2	O grupo de veículos 12T pode transportar até 10% adicional KG quando visita qualquer do grupo de localizações *.
2	O grupo de veículos 19T pode transportar até 5% adicional KG quando visita qualquer do grupo de localizações *.
2	O grupo de veículos 3.5T pode transportar até 10% adicional KG quando visita qualquer do grupo de localizações *.
2	O grupo de veículos 12T-NOTURNO pode transportar até 10% adicional KG quando visita qualquer do grupo de localizações *.
5	O grupo de localizações * pode ser visitada até 15 min. fora da sua janela horária.
5	O grupo de localizações NOTURNO pode ser visitada até 600 min. fora da sua janela horária.
11	O grupo de veículos * pode trabalhar um adicional de 300 min.
14	O grupo de veículos * pode conduzir um adicional de 300 min.
17	O grupo de veículos * pode ter um adicional de 300 min. para regressar.
23	É ineficiente que o grupo de veículos * trabalhe menos de 05:00 horas por dia.

Anexo 12 – Simulação de Grupo 03-03 (R 26514 e original R 25400)

Veículos (38)

Nome	Localizações	Paragens	Início KG	Horário	Duração	Distância	Custo	Visita	Espera
CB112-00N L01/L02	1/1	1	3.384,42/5.000,00	13:00 - 15:13	02:13	41,02 Km	177,73€	01:40	00:00
Segunda volta	1/1	1	2.530,87/5.000,00	15:43 - 18:04	02:21	52,22 Km	24,02€	01:40	00:00
CB112-01 L03	5/5	5	1.114,52/5.000,00	05:30 - 16:52	11:22	583,02 Km	470,69€	01:44	00:00
CB112-02 L04	12/12	12	3.807,19/5.000,00	07:28 - 16:28	09:00	107,17 Km	251,80€	05:03	00:00
CB112-03 L05	11/11	11	4.025,03/5.000,00	06:31 - 15:12	08:41	86,47 Km	242,29€	05:04	00:00
CB112-04 L06	10/10	10	3.731,10/5.000,00	07:38 - 15:53	08:15	109,39 Km	252,82€	04:43	00:00
CB112-05 L07	13/13	13	2.848,82/5.000,00	07:01 - 16:08	09:07	140,91 Km	267,32€	04:27	00:00
CB112-06 L08	13/13	13	2.817,41/5.000,00	06:21 - 16:08	09:47	138,10 Km	266,03€	04:25	00:00
CB112-07 L09	13/13	13	2.957,43/5.000,00	07:35 - 17:32	09:57	91,02 Km	244,37€	04:34	00:00
CB112-08 L10	13/13	13	3.451,45/5.000,00	07:52 - 18:22	10:30	94,67 Km	246,05€	04:55	00:00
CB112-09 L11	11/11	11	4.209,51/5.000,00	06:47 - 18:14	11:27	177,26 Km	284,04€	05:17	00:00
CB112-10 L12	12	12	3.915,98/5.000,00	07:47 - 16:44	08:57	55,80 Km	228,17€	05:10	00:30
CB112-11 L13	11/11	11	4.266,31/5.000,00	07:13 - 16:38	09:25	61,63 Km	230,85€	05:18	00:00
CB112-12 L14	11/12	12	3.133,45/5.000,00	07:14 - 15:16	08:02	84,24 Km	241,25€	04:39	00:00
CB112-13 L15	12/12	12	3.734,52/5.000,00	07:48 - 17:33	09:45	58,42 Km	229,37€	05:01	00:00
CB112-19 L16/L17	2/2	2	3.966,90/5.000,00	07:38 - 09:31	01:53	52,43 Km	226,62€	01:04	00:00
Segunda volta	6/6	6	640,96/5.000,00	10:01 - 18:44	08:43	102,11 Km	46,97€	01:28	00:00
CB119-01 L18	6/6	6	5.989,94/8.000,00	06:18 - 17:25	11:07	247,56 Km	350,73€	05:57	00:00
CB119-02 L19	9/9	9	7.144,71/8.000,00	06:40 - 19:17	12:37	143,49 Km	296,61€	07:22	00:00
CB119-03 L20	9/9	9	4.812,95/8.000,00	07:41 - 17:31	09:50	130,19 Km	289,70€	05:25	00:00
CB119-04 L21	10	10	4.474,19/8.000,00	07:33 - 17:05	09:32	149,49 Km	299,74€	05:29	00:00
CB13.5-01 L22/L23/L24	2/2	2	816,30/800,00	06:39 - 08:38	01:59	66,35 Km	157,89€	01:00	00:00

Veículos (38)

Nome	Localizações	Paragens	Início KG	Horário	Duração	Distância	Custo	Visita	Espera
CB13.5-02	3	3	817,38/800,00	07:13 - 09:37	02:24	39,87 Km	129,21€	01:29	00:00
Segunda volta	7	7	826,97/800,00	10:27 - 15:24	04:57	58,30 Km	16,91€	01:48	00:36
CB13.5-08 L37	5/5	5	826,04/800,00	06:48 - 09:38	02:50	64,17 Km	157,20€	01:30	00:00
CB13.5-09	1	1	859,82/800,00	07:36 - 09:13	01:37	49,51 Km	153,01€	00:52	00:00
Segunda volta	3	3	833,70/800,00	10:08 - 14:35	04:27	37,05 Km	10,74€	01:10	01:30
Tercera volta	3	3	755,65/800,00	15:05 - 17:31	02:26	81,17 Km	23,54€	01:07	00:00
CB13.5-10	3	3	779,14/800,00	07:37 - 09:48	02:11	54,76 Km	154,53€	01:07	00:00
Segunda volta	2	2	705,66/800,00	10:30 - 14:33	04:03	35,63 Km	10,33€	00:54	01:30
Tercera volta	3	3	783,47/800,00	15:03 - 17:00	01:57	30,68 Km	8,90€	01:08	00:00
CB13.5-01 L44/L45	3/3	3	1.764,01/1.600,00	06:44 - 09:40	02:56	52,29 Km	146,29€	01:57	00:00
Segunda volta	5/5	5	1.275,18/1.600,00	10:10 - 15:37	05:27	122,14 Km	59,85€	01:52	00:00
CB13.5-02 L46/L47	2/2	2	1.718,00/1.600,00	06:36 - 09:20	02:44	57,30 Km	148,75€	01:44	00:00
Segunda volta	5/5	5	1.639,45/1.600,00	09:50 - 14:44	04:54	93,97 Km	46,04€	02:10	00:00
LS10-01 L48/L49	2/2	2	3.286,17/3.200,00	05:42 - 09:15	03:33	49,07 Km	223,56€	02:47	00:00
Segunda volta	7/7	7	2.617,32/3.200,00	09:45 - 16:02	06:17	85,74 Km	40,30€	03:28	00:00
LS10-02 L50/L51/L52	1/1	1	3.136,98/3.200,00	06:45 - 08:56	02:11	40,72 Km	219,64€	01:40	00:00
Segunda volta	2/2	2	2.153,25/3.200,00	09:26 - 12:17	02:51	39,95 Km	18,78€	02:06	00:00
Tercera volta	4/4	4	2.652,71/3.200,00	13:17 - 17:18	04:01	60,26 Km	28,32€	02:50	00:00
CB112-14	—	—	5.000,00	—	—	—	—	—	—
CB112-15	—	—	5.000,00	—	—	—	—	—	—
CB112-16	—	—	5.000,00	—	—	—	—	—	—
CB112-17	—	—	5.000,00	—	—	—	—	—	—
CB112-18	—	—	5.000,00	—	—	—	—	—	—

Otimização do Planejamento de Rotas na Cadeia de Abastecimento de uma Empresa de Distribuição

Veículos (38)

Nome	Localizações	Paragens	Início KG	Horário	Duração	Distância	Custo	Visita	Espera	Início Pal	Fim Pal	Pico Pal
CB112-00N L01/L02	1	1	3.384,42/5.000,00	13:00 - 15:17	02:17	39,57 Km	177,09€	01:40	00:00	--	--	--
Segunda volta	1	1	2.530,87/5.000,00	15:47 - 18:08	02:21	51,63 Km	23,79€	01:40	00:00	--	--	--
CB112-01 L03	17	17	5.319,93/5.000,00	06:34 - 18:16	11:42	111,39 Km	253,74€	07:05	00:00	--	--	--
CB112-02 L04	13	12	5.279,61/5.000,00	06:21 - 17:25	11:04	120,32 Km	257,85€	06:29	00:21	--	--	--
CB112-04 L06	11	11	5.441,67/5.000,00	06:18 - 17:21	11:03	145,52 Km	269,44€	06:18	00:00	--	--	--
CB112-05 L07	13	13	4.898,01/5.000,00	07:01 - 17:42	10:41	137,04 Km	265,54€	06:10	00:00	--	--	--
CB112-06 L08	14	13	5.374,01/5.000,00	05:30 - 17:28	11:58	94,54 Km	245,99€	06:42	00:54	--	--	--
CB112-08 L10	16	16	5.412,61/5.000,00	04:57 - 19:23	14:26	235,21 Km	310,70€	07:03	00:00	--	--	--
CB112-09 L11	15	15	5.157,66/5.000,00	07:13 - 18:05	10:52	100,58 Km	248,77€	06:39	00:09	--	--	--
CB112-10 L12	11	11	5.298,19/5.000,00	07:44 - 17:30	09:46	108,10 Km	252,23€	06:10	00:00	--	--	--
CB112-11 L13	14	14	5.373,32/5.000,00	07:01 - 18:13	11:12	99,72 Km	247,91€	06:53	00:14	--	--	--
CB112-12 L14	14	14	5.289,88/5.000,00	06:45 - 17:27	10:42	104,88 Km	250,74€	06:36	00:00	--	--	--
CB112-13 L15	14	14	5.482,12/5.000,00	06:58 - 18:04	11:06	102,88 Km	249,68€	06:46	00:00	--	--	--
CB112-14	15	14	4.193,02/5.000,00	07:45 - 17:48	10:03	56,27 Km	228,38€	05:52	00:33	--	--	--
CB112-15	13	12	4.283,70/5.000,00	07:48 - 17:39	09:51	40,42 Km	221,09€	05:39	00:59	--	--	--
CB13.5-01 L22/L23/L	10	10	867,63/800,00	07:15 - 16:18	09:03	195,71 Km	195,41€	02:20	01:12	--	--	--
Segunda volta	1	1	388,62/800,00	16:48 - 17:44	00:56	26,95 Km	7,81€	00:29	00:00	--	--	--
CB13.5-02 L25/L26	2	2	876,46/800,00	06:17 - 08:05	01:48	38,75 Km	149,89€	01:03	00:00	--	--	--
Segunda volta	4	4	871,40/800,00	08:35 - 11:28	02:53	94,19 Km	27,32€	01:22	00:00	--	--	--
Tercera volta	3	3	835,28/800,00	13:20 - 16:06	02:46	99,85 Km	28,98€	01:10	00:00	--	--	--
CB13.5-03 L27/L28/L	4	4	857,28/800,00	07:13 - 10:34	03:21	122,37 Km	174,14€	01:21	00:00	--	--	--
Segunda volta	2	2	746,16/800,00	11:04 - 13:14	02:10	84,97 Km	24,64€	00:56	00:00	--	--	--

Veículos (38)

Nome	Localizações	Paragens	Início KG	Horário	Duração	Distância	Custo	Visita	Espera	Início Pal	Fim Pal	Pico Pal
CB13.5-09	2	2	835,62/800,00	06:29 - 08:41	02:12	65,33 Km	157,60€	01:01	00:00	--	--	--
Segunda volta	1	1	771,53/800,00	09:11 - 10:31	01:20	30,31 Km	8,79€	00:48	00:00	--	--	--
Tercera volta	5	4	869,82/800,00	11:01 - 15:01	04:00	49,00 Km	14,21€	01:32	00:20	--	--	--
CB13.5-10	3	3	870,39/800,00	07:30 - 09:50	02:20	42,27 Km	150,91€	01:12	00:00	--	--	--
Segunda volta	2	2	871,07/800,00	10:20 - 12:14	01:54	46,90 Km	13,60€	01:02	00:00	--	--	--
Tercera volta	3	3	813,57/800,00	15:10 - 17:27	02:17	55,85 Km	16,20€	01:10	00:00	--	--	--
CB13.5-11	2	1	1.068,17/800,00	08:32 - 10:33	02:01	40,94 Km	150,52€	01:13	00:00	--	--	--
Segunda volta	3	3	759,49/800,00	11:03 - 13:27	02:24	78,29 Km	22,70€	01:06	00:00	--	--	--
CB13.5-01 L44/L45	4	4	1.870,73/1.600,00	06:44 - 09:59	03:15	50,61 Km	145,47€	02:10	00:00	--	--	--
Segunda volta	3	3	1.910,42/1.600,00	10:29 - 15:25	04:56	41,27 Km	20,22€	02:04	00:56	--	--	--
CB13.5-02 L46/L47	6	6	1.903,97/1.600,00	06:50 - 19:36	12:46	624,88 Km	426,91€	02:33	00:00	--	--	--
LS10-01 L48/L49	2	2	3.286,17/3.200,00	05:41 - 09:16	03:35	46,84 Km	222,51€	02:47	00:00	--	--	--
Segunda volta	2	2	3.325,37/3.200,00	09:46 - 12:38	02:52	46,22 Km	21,72€	01:59	00:08	--	--	--
LS10-02 L50/L51/L52	17	17	2.615,62/3.200,00	06:14 - 17:25	11:11	167,00 Km	278,99€	04:53	00:33	--	--	--
CB112-07 L09	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CB112-16	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CB112-17	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CB112-18	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CB112-19 L16/L17	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CB119-01 L18	--	--	8.000,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CB119-02 L19	--	--	8.000,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CB119-03 L20	--	--	8.000,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CB119-04 L21	--	--	8.000,00	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Anexo 13 – Simulação de Comercial 14-02 (R 26388 e original R 25251)

Veículos (12)

Nome	Localizações	Paragens	Início KG	Horário	Duração	Distância	Custo	Visita	Espera	Início Pal	Fim Pal	Pico Pal
CB112-01 L71	10/10	10	4.160,59/5.000,00	06:01 - 15:41	09:40	193,79 Km	291,64€	05:03	00:00	--	--	--
CB112-02 L72	12/12	11	2.164,07/5.000,00	08:05 - 15:55	07:50	138,62 Km	266,27€	03:42	00:00	--	--	--
CB112-03 L73	12/12	11	2.158,81/5.000,00	07:11 - 17:18	10:07	97,80 Km	247,53€	03:42	00:00	--	--	--
CB13.5-01 L74	14/14	8	976,80/800,00	07:00 - 13:01	06:01	89,96 Km	164,74€	03:04	00:00	--	--	--
CB13.5-02 L75/L76	3/2	1	968,34/800,00	06:27 - 08:26	01:59	73,72 Km	160,03€	00:53	00:00	--	--	--
Segunda volta	6/6	6	988,23/800,00	08:56 - 12:20	03:24	99,78 Km	28,94€	01:47	00:00	--	--	--
CB13.5-03 L77	14	8	643,88/800,00	08:00 - 16:35	08:35	106,89 Km	169,65€	02:50	02:22	--	--	--
CB13.5-04 L78	14/14	10	543,04/800,00	08:43 - 16:10	07:27	58,99 Km	155,76€	02:41	00:00	--	--	--
CB13.5-05 L79	13/13	10	586,58/800,00	06:44 - 12:20	05:36	169,14 Km	187,70€	02:36	00:00	--	--	--
CB13.5-06	15	15	906,06/800,00	07:21 - 16:27	09:06	86,89 Km	163,85€	03:09	01:58	--	--	--
CB13.5-07 L81	9/9	9	642,82/800,00	07:11 - 12:21	05:10	165,77 Km	186,72€	01:58	00:00	--	--	--
CB13.5-08 L82	13/13	10	708,49/800,00	07:16 - 14:38	07:22	80,72 Km	162,06€	02:41	00:00	--	--	--
CB13.5-01	5	3	1.511,64/1.600,00	07:40 - 10:45	03:05	65,20 Km	152,62€	02:03	00:00	--	--	--
Segunda volta	7	7	360,87/1.600,00	16:40 - 20:19	03:39	119,32 Km	58,47€	01:25	00:00	--	--	--

Veículos (12)

Nome	Localizações	Parâmetros	Início KG	Custo	Horário	Duração	Distância	Visita	Espera
CB112-01 L71	13	13	2.402,35/5.000,00	251,17€	06:10 - 16:15	10:05	170,43 Km	280,90€	04:05 01:14
CB112-02 L72	23	15	2.208,77/5.000,00	272,09€	06:17 - 16:51	10:34	176,15 Km	283,53€	05:33 00:00
CB112-03 L73	11	9	2.167,28/5.000,00	265,65€	06:48 - 13:13	06:25	142,57 Km	268,08€	03:34 00:00
Segunda volta	13	12	868,24/800,00	16,27€	06:27 - 08:26	01:59	73,72 Km	160,03€	00:53 00:00
CB13.5-01 L74	13	12	848,86/800,00	16,40€	08:56 - 16:44	07:48	89,72 Km	26,02€	02:47 01:26
Segunda volta	12	5	879,86/800,00	15,55€	07:27 - 11:48	04:21	51,13 Km	153,48€	02:42 00:00
CB13.5-02 L75/L76	8	3	816,78/800,00	15,80€	07:13 - 10:26	03:13	49,23 Km	152,83€	01:59 00:00
Segunda volta	15	9	871,45/800,00	15,80€	10:56 - 19:09	08:13	175,61 Km	50,83€	03:10 00:48
CB13.5-06	12	10	869,41/800,00	16,40€	07:06 - 12:08	05:02	81,41 Km	162,26€	02:37 00:00
Segunda volta	9	9	879,87/800,00	15,55€	07:34 - 11:50	04:16	93,36 Km	165,72€	02:11 00:00
CB13.5-08 L82	15	6	973,80/800,00	19,07€	07:30 - 12:27	04:57	51,17 Km	153,49€	03:17 00:00
Segunda volta	6	5	1.884,15/1.600,00	117,95€	07:57 - 11:52	03:55	49,96 Km	145,15€	02:31 00:00
Segunda volta	7	4	1.517,41/1.600,00	94,86€	12:02 - 16:53	04:31	45,50 Km	22,29€	02:24 00:00
CB13.5-04 L78	—	—	800,00	—	—	—	—	—	—
CB13.5-05 L79	—	—	800,00	—	—	—	—	—	—

01-01 145/145 10/12 13 146871,54 678425,65 1.249,95 Km 3403h 2.024,80€

Anexo 14 – Simulação de Comercial 15-03 (R 25557 e original R 25546)

Veículos (16)

Nome	Localizações	Parâmetros	Início KG	Custo	Horário	Duração	Distância	Visita	Espera
CB112-01 L71	15/15	15	3.186,16/5.000,00	251,17€	06:18 - 15:47	09:29	105,80 Km	05:03 00:00	
CB112-02 L72/L73	5/5	5	4.837,87/5.000,00	272,09€	06:34 - 12:11	06:37	151,28 Km	04:08 00:00	
Segunda volta	1/1	1	199,13/5.000,00	16,27€	04:11 - 15:05	00:54	35,36 Km	00:19 00:00	
CB112-03 L74	11/11	11	4.179,66/5.000,00	265,65€	06:32 - 17:34	11:02	137,28 Km	05:12 00:00	
CB112-04 L75	20/20	14	2.916,23/5.000,00	234,72€	06:27 - 15:49	09:22	70,03 Km	05:38 00:00	
CB112-05 L76	6/6	6	2.412,09/5.000,00	234,28€	06:28 - 11:08	04:40	69,09 Km	03:09 00:00	
Segunda volta	1/1	1	879,86/800,00	15,55€	07:28 - 08:56	01:28	41,03 Km	00:53 00:00	
CB13.5-01 L78/L79	8/8	7	715,99/800,00	16,40€	09:27 - 15:35	06:08	125,53 Km	02:02 00:00	
Segunda volta	8/8	6	1.092,50/800,00	173,99€	08:20 - 12:57	04:37	121,88 Km	02:11 00:00	
Segunda volta	4/4	4	918,72/800,00	11,39€	13:57 - 16:26	02:29	39,29 Km	01:24 00:00	
CB13.5-03 L82/L83	15/15	9	839,45/800,00	158,33€	07:29 - 12:27	04:58	67,88 Km	03:08 00:00	
Segunda volta	2/2	2	170,20/800,00	10,12€	13:27 - 14:33	01:06	34,90 Km	00:28 00:00	
CB13.5-04 L84/L85/L86	3/3	3	494,79/800,00	144,52€	06:35 - 08:09	01:34	20,24 Km	00:54 00:00	
Segunda volta	6/6	5	735,65/800,00	14,99€	08:39 - 11:39	03:00	51,69 Km	01:35 00:00	
Terceira volta	7/7	7	759,56/800,00	15,03€	12:09 - 16:31	04:22	53,56 Km	01:45 00:00	
Segunda volta	10/10	10	828,92/800,00	160,27€	07:08 - 11:26	04:18	74,54 Km	02:17 00:00	
Segunda volta	2	2	386,38/800,00	13,74€	11:57 - 15:23	03:26	47,36 Km	00:38 00:53	
CB13.5-06 L89/L90/L91	1/1	1	647,90/800,00	152,11€	06:26 - 07:45	01:19	46,43 Km	00:42 00:00	
Segunda volta	6/6	5	828,00/800,00	18,10€	08:31 - 11:27	02:56	62,41 Km	01:39 00:00	
Terceira volta	1/1	1	874,35/800,00	15,87€	11:57 - 14:37	02:40	54,74 Km	00:53 00:00	
Segunda volta	8/8	7	918,23/800,00	156,00€	07:12 - 10:52	03:40	59,84 Km	02:03 00:00	
Segunda volta	7/7	7	808,92/800,00	20,16€	11:40 - 17:25	05:45	69,50 Km	01:46 00:00	

15-03 200/200 16/16 29 146881,74 869930,41 2.116,55 Km 5408h 3.345,21€

Veículos (16)

Nome	Localizações	Parâmetros	Início KG	Custo	Horário	Duração	Distância	Visita	Espera
CB112-01 L71	16	16	3.307,88/5.000,00	271,68€	06:56 - 16:53	09:57	150,40 Km	05:15 00:00	
CB112-02 L72/L73	15	15	2.948,35/5.000,00	306,10€	05:54 - 17:07	11:13	225,22 Km	05:02 00:30	
CB112-03 L74	16	12	4.809,15/5.000,00	288,08€	06:27 - 18:08	11:41	186,04 Km	06:35 00:11	
CB112-04 L75	12	12	4.193,56/5.000,00	247,50€	06:50 - 16:29	09:39	97,83 Km	05:24 00:00	
CB112-05 L76	9	7	4.862,20/5.000,00	225,72€	05:45 - 11:43	05:58	50,48 Km	04:28 00:00	
CB13.5-01 L78/L79	7	5	871,41/800,00	164,36€	07:30 - 11:34	04:04	88,67 Km	01:51 00:34	
Segunda volta	4	4	775,33/800,00	151,49€	06:50 - 09:09	02:19	44,24 Km	01:17 00:00	
Segunda volta	8	6	868,17/800,00	14,35€	09:39 - 13:02	03:23	49,50 Km	02:02 00:00	
CB13.5-03 L82/L83	5	5	830,44/800,00	167,59€	07:19 - 10:39	03:20	99,75 Km	01:27 00:00	
Segunda volta	6	5	817,65/800,00	15,30€	11:09 - 16:24	05:15	52,76 Km	01:39 01:12	
CB13.5-04 L84/L85/L86	12	8	831,63/800,00	153,77€	06:59 - 11:49	04:50	52,14 Km	02:39 00:16	
Segunda volta	12	10	877,22/800,00	18,40€	12:19 - 18:12	05:53	63,46 Km	02:39 00:00	
Segunda volta	7	5	945,21/800,00	151,75€	06:59 - 10:09	03:10	45,18 Km	01:50 00:04	
Segunda volta	1	1	879,68/800,00	11,17€	10:39 - 12:07	01:28	38,52 Km	00:53 00:00	
CB13.5-06 L89/L90/L91	9	8	861,57/800,00	156,28€	07:20 - 11:55	04:35	60,80 Km	02:20 00:00	
Segunda volta	5	5	805,10/800,00	14,80€	13:40 - 16:40	03:00	51,04 Km	01:28 00:16	
CB13.5-07 L92/L93	10	8	837,71/800,00	168,28€	08:45 - 14:39	05:54	102,18 Km	02:29 00:00	
Segunda volta	9	7	803,46/800,00	153,10€	07:28 - 11:30	04:02	50,51 Km	02:08 00:00	
Segunda volta	8	6	755,62/800,00	16,25€	13:44 - 17:07	03:23	56,02 Km	01:55 00:00	
Segunda volta	4	4	876,68/800,00	152,32€	06:42 - 09:12	02:30	47,14 Km	01:23 00:00	
Segunda volta	8	7	629,50/800,00	30,34€	09:42 - 14:47	05:05	104,63 Km	01:48 00:00	
LS10-01 L77	17	9	3.448,69/3.200,00	230,54€	05:59 - 14:51	08:52	63,91 Km	05:48 00:00	

01-01 200/200 15/16 22 178989,81 969718,67 1.780,42 Km 4423h 3.105,37€

Anexo 15 – Indicadores na situação TO-BE

Data	Total Veículos	Total Km's	Duração das Rotas	Total de Janelas Horárias Cumpridas	Total de Janelas Horárias Falhadas	Total de Peso Transportado	Soma da Capacidade das Rotas (Peso)	Custo Veículo + Motorista	Custo Km's	Taxa de Entregas Realizadas Dentro do Prazo	Taxa de Ocupação dos Veículos (Capacidade Total das Rotas)	Custo Transporte (€/kg)	Automatismo do Planeamento (%)
01/02/2022	40	6 304,44	368:12	461	3	138 455	157 400	6 860,23	2 457,40	99,4%	88,0%	0,07 €	99,6%
02/02/2022	43	7 293,28	371:42	408	1	177 717	190 400	7 669,82	3 014,04	99,8%	93,3%	0,06 €	99,5%
03/02/2022	40	5 592,92	360:24	484	17	128 023	142 200	6 739,40	2 116,88	96,6%	90,0%	0,07 €	98,2%
04/02/2022	39	7 680,15	377:31	453	8	139 400	153 200	6 790,30	3 073,72	98,3%	91,0%	0,07 €	98,9%
07/02/2022	41	7 524,92	377:13	396	4	170 815	176 200	7 234,30	3 121,96	99,0%	96,9%	0,06 €	97,3%
08/02/2022	45	7 106,77	417:22	543	5	166 016	184 400	7 892,23	2 757,46	99,1%	90,0%	0,06 €	99,3%
09/02/2022	46	8 285,16	409:28	450	2	185 608	201 000	8 169,60	3 427,73	99,6%	92,3%	0,06 €	99,8%
10/02/2022	41	5 604,94	359:03	512	7	135 290	156 000	7 126,58	2 195,95	98,7%	86,7%	0,07 €	98,3%
11/02/2022	42	7 996,08	388:21	451	11	138 326	171 800	7 417,30	3 290,12	97,6%	80,5%	0,08 €	99,6%
14/02/2022	44	7 681,31	373:20	414	5	166 016	176 600	7 676,62	3 192,41	98,8%	94,0%	0,07 €	99,3%
15/02/2022	32	5 141,49	294:33	329	0	135 484	133 400	5 630,20	2 032,17	100,0%	101,6%	0,06 €	98,8%
16/02/2022	45	8 195,21	412:29	463	8	177 267	193 600	8 028,95	3 351,07	98,3%	91,6%	0,06 €	98,9%
17/02/2022	40	5 487,58	357:14	509	9	123 379	152 200	6 785,27	2 105,21	98,3%	81,1%	0,07 €	99,6%
18/02/2022	40	8 547,34	382:44	431	5	145 377	167 200	6 976,82	3 477,35	98,9%	86,9%	0,07 €	98,9%
21/02/2022	44	7 821,22	390:54	415	6	184 827	194 600	7 777,95	3 298,95	98,6%	95,0%	0,06 €	98,1%
22/02/2022	46	7 530,06	415:15	548	5	158 753	174 800	7 929,55	2 869,57	99,1%	90,8%	0,07 €	97,8%
23/02/2022	45	8 812,31	400:18	444	5	174 681	180 200	8 009,45	3 670,84	98,9%	96,9%	0,07 €	99,3%
24/02/2022	44	6 337,65	379:57	522	7	144 279	154 400	7 357,85	2 370,81	98,7%	93,4%	0,07 €	97,0%
25/02/2022	42	7 579,98	376:58	449	9	143 705	164 200	7 381,82	3 134,59	98,0%	87,5%	0,07 €	100,0%
28/02/2022	41	7 663,41	376:10	411	3	156 328	170 200	7 131,45	3 159,17	99,3%	91,8%	0,07 €	98,1%
02/03/2022	54	10 398,42	515:06	538	11	232 764	246 000	9 579,59	4 256,36	98,0%	94,6%	0,06 €	99,3%
03/03/2022	45	6 423,15	405:06	530	21	154 695	164 200	7 643,70	2 474,32	96,2%	94,2%	0,07 €	98,0%
04/03/2022	42	8 734,67	414:32	465	2	150 286	172 000	7 401,32	3 524,45	99,6%	87,4%	0,07 €	98,3%
07/03/2022	44	7 871,86	389:56	417	8	182 828	197 800	7 777,95	3 277,59	98,1%	92,4%	0,06 €	97,9%
08/03/2022	48	8 335,84	452:40	554	11	181 001	199 200	8 252,72	3 235,27	98,1%	90,9%	0,06 €	97,9%
09/03/2022	48	8 740,92	439:50	495	5	193 554	209 200	8 490,77	3 597,47	99,0%	92,5%	0,06 €	99,6%
10/03/2022	44	6 036,87	378:30	518	13	159 596	190 000	7 654,88	2 350,83	97,6%	84,0%	0,06 €	96,6%
11/03/2022	43	8 458,22	419:40	475	7	161 259	180 400	7 438,64	3 462,55	98,5%	89,4%	0,07 €	98,5%
14/03/2022	46	8 752,25	414:40	443	3	185 774	195 200	8 055,25	3 615,88	99,3%	95,2%	0,06 €	98,0%
15/03/2022	48	6 768,45	409:40	512	6	170 126	182 400	8 313,05	2 634,71	98,8%	93,3%	0,06 €	98,7%
16/03/2022	48	8 045,74	407:42	471	5	187 792	191 600	8 489,25	3 281,32	98,9%	98,0%	0,06 €	99,6%
17/03/2022	43	5 758,54	372:07	526	8	138 519	162 000	7 448,23	2 207,16	98,5%	85,5%	0,07 €	97,4%
18/03/2022	44	7 595,40	382:50	444	7	149 992	170 600	7 720,97	3 140,14	98,4%	87,9%	0,07 €	98,9%
Total Geral	1437	246 106,55	12991:27	15481	227	5 337 930	5 854 600	250 852,01 €	99 175,45 €	98,5%	93,7%	Média €/kg = 0,066	98,6%
				Total Entregas	15 708			Custo Total	350 027,46 €				Fazer ajustes -10%
												Nível médio automatismo	88,6%

Anexo 16 – Simulação de Comercial 08-02 (R 26380 e original R 25205)

Nome	Localizações	Paragens	Início KG	Horário	Duração	Distância	Custo	Visita	Espera	Início Pal	Fim Pal	Pico Pal
CB112-01 L71	18/18	12	2.257,42/5.000,00	07:07 - 16:13	09:06	145,84 Km	269,58€	04:45	00:00	—	—	—
CB112-02 L72	16/16	16	4.109,98/5.000,00	07:14 - 17:23	10:09	91,19 Km	244,45€	05:57	00:00	—	—	—
CB112-03 L73	13/13	13	3.768,71/5.000,00	06:44 - 16:44	10:00	203,61 Km	296,16€	05:11	00:00	—	—	—
CB112-04 L74	15/15	12	2.447,87/5.000,00	06:46 - 16:37	09:51	143,93 Km	268,71€	04:27	00:00	—	—	—
CB119-01 L75	10/10	10	4.845,83/8.000,00	06:27 - 16:46	10:19	187,30 Km	324,65€	05:38	00:00	—	—	—
CB119-02 L76	13	13	2.229,26/8.000,00	06:20 - 16:03	09:43	118,04 Km	283,38€	03:57	01:41	—	—	—
CB13.5-01 L77/L78	4/4	4	889,61/800,00	06:57 - 10:39	03:42	132,28 Km	177,01€	01:23	00:00	—	—	—
Segunda volta	8/8	8	608,36/800,00	11:09 - 16:28	05:19	122,28 Km	35,46€	01:47	00:00	—	—	—
CB13.5-02 L79/L80	8	7	1.141,50/800,00	07:27 - 13:11	05:44	200,11 Km	196,68€	02:25	00:00	—	—	—
Segunda volta	3	3	880,78/800,00	14:11 - 16:26	02:15	54,84 Km	15,90€	01:12	00:00	—	—	—
CB13.5-03 L81	18/18	15	1.024,36/800,00	07:25 - 16:54	09:29	86,60 Km	163,76€	03:44	00:00	—	—	—
Segunda volta	9	9	837,14/800,00	07:22 - 11:21	03:59	52,56 Km	153,89€	02:08	00:00	—	—	—
CB13.5-04 L82/L83	7	7	198,72/800,00	11:51 - 16:43	04:52	49,01 Km	14,21€	01:42	00:00	—	—	—
Segunda volta	12/12	12	800,22/800,00	07:50 - 13:07	05:17	60,07 Km	158,69€	02:35	00:00	—	—	—
Segunda volta	5/5	5	287,68/800,00	14:07 - 16:49	02:42	58,26 Km	16,90€	01:02	00:00	—	—	—
CB13.5-06 L86	5/5	5	646,04/800,00	07:35 - 10:28	02:53	75,52 Km	160,55€	01:21	00:00	—	—	—
Segunda volta	13/13	13	787,66/800,00	06:52 - 12:16	05:24	62,55 Km	156,79€	02:45	00:00	—	—	—
Segunda volta	4/4	4	412,78/800,00	13:38 - 15:51	02:13	53,19 Km	15,42€	00:59	00:00	—	—	—
CB13.5-08 L89/L90	9/9	8	976,89/800,00	07:04 - 11:44	04:40	124,80 Km	174,84€	02:15	00:00	—	—	—
Segunda volta	4/4	4	815,92/800,00	13:31 - 16:51	03:20	122,01 Km	35,38€	01:18	00:00	—	—	—

Nome	Localizações	Paragens	Início KG	Horário	Duração	Distância	Custo	Visita	Espera
CB112-01 L71	16	12	4.727,17/5.000,00	06:34 - 17:54	11:20	154,05 Km	273,36€	06:29	00:00
CB112-02 L72	14	14	3.276,10/5.000,00	06:39 - 16:45	10:06	210,21 Km	299,20€	04:56	00:00
CB112-03 L73	18	17	3.886,84/5.000,00	06:51 - 18:24	11:33	186,19 Km	208,15€	06:06	00:00
CB112-04 L74	17	16	3.327,75/5.000,00	06:45 - 18:14	11:29	141,63 Km	267,65€	05:29	01:31
CB119-01 L75	11	9	3.771,78/8.000,00	06:50 - 11:58	05:08	59,29 Km	252,83€	03:15	00:00
CB119-02 L76	4	4	1.770,23/8.000,00	06:27 - 10:06	03:39	87,17 Km	267,33€	02:07	00:00
CB13.5-01 L77/L78	2	2	430,59/800,00	06:50 - 08:00	01:10	19,42 Km	144,28€	00:40	00:00
Segunda volta	5	5	860,97/800,00	08:30 - 12:45	04:15	155,17 Km	45,00€	01:42	00:00
CB13.5-02 L79/L80	11	10	854,75/800,00	08:23 - 15:37	07:14	113,83 Km	171,66€	02:28	00:55
CB13.5-03 L81	8	8	878,07/800,00	07:04 - 11:19	04:15	87,25 Km	163,95€	02:00	00:00
Segunda volta	10	10	868,98/800,00	11:49 - 17:25	05:36	68,14 Km	19,76€	02:18	00:10
CB13.5-04 L82/L83	11	10	865,34/800,00	07:35 - 14:30	06:55	60,58 Km	156,22€	02:29	01:11
CB13.5-05 L84/L85	8	6	997,37/800,00	07:33 - 11:28	03:55	64,18 Km	157,20€	02:08	00:00
Segunda volta	8	6	882,26/800,00	11:58 - 19:11	07:13	89,18 Km	25,86€	02:01	02:23
CB13.5-06 L86	10	8	876,95/800,00	07:17 - 11:53	04:36	62,31 Km	156,72€	02:21	00:00
Segunda volta	6	4	857,08/800,00	13:13 - 16:06	02:53	40,32 Km	11,69€	01:40	00:10
CB13.5-07 L87/L88	13	11	869,71/800,00	07:07 - 12:25	05:18	57,02 Km	155,19€	02:48	00:00
Segunda volta	6	6	806,02/800,00	13:25 - 16:58	03:33	92,65 Km	26,87€	01:08	00:00
CB13.5-08 L89/L90	9	6	809,94/800,00	06:36 - 10:07	03:31	41,76 Km	150,76€	02:08	00:00
Segunda volta	7	6	867,83/800,00	10:37 - 16:12	05:35	54,75 Km	15,88€	01:51	01:21

Anexo 17 – Simulação de Grupo 16-03 (R 26612 e original R 25550)

Nome	Localizações	Paragens	Início KG	Custo	Horário	Duração	Distância	Visita	Espera
CB112-00N L01/L02	2/2	2	6.011,71/5.000,00	25,68€	15:43 - 19:49	04:06	55,84 Km	03:20	00:00
Segunda volta	1	1	4.740,88/5.000,00	18,87€	22:24 - 00:37(+2)	02:13	41,02 Km	01:40	00:00
CB112-01 L03	11/11	11	2.538,72/5.000,00	362,78€	06:34 - 17:01	10:27	348,43 Km	03:52	00:00
CB112-02 L04	8/8	8	4.967,79/5.000,00	287,33€	06:55 - 15:58	09:03	184,42 Km	04:39	00:00
CB112-03 L05	11/11	11	2.617,23/5.000,00	316,94€	06:31 - 16:01	09:30	248,79 Km	03:56	00:00
CB112-04 L06	10/10	10	3.522,63/5.000,00	295,61€	07:14 - 17:18	10:04	202,41 Km	04:30	00:00
CB112-05 L07	9/9	9	4.043,88/5.000,00	311,92€	05:31 - 16:26	10:55	237,86 Km	04:47	00:00
CB112-06 L08	8/8	8	4.705,44/5.000,00	269,56€	07:53 - 16:46	08:53	145,77 Km	04:33	00:00
CB112-07 L09	11/11	11	5.064,57/5.000,00	283,32€	06:59 - 17:43	10:44	175,70 Km	05:57	00:00
CB112-08 L10	7/7	7	4.495,97/5.000,00	276,68€	07:08 - 15:03	07:55	148,22 Km	03:55	00:00
CB112-09 L11	8/8	8	5.612,41/5.000,00	278,72€	07:35 - 17:53	10:18	165,69 Km	06:07	00:00
CB112-10 L12/L13	5	4	5.321,29/5.000,00	245,99€	07:05 - 13:02	05:57	94,55 Km	04:28	00:00
Segunda volta	4	4	2.054,49/5.000,00	25,79€	14:02 - 17:22	03:20	55,97 Km	02:20	00:00
CB112-11 L14	9/9	9	5.127,19/5.000,00	236,99€	05:33 - 14:40	09:07	74,10 Km	05:42	00:00
CB112-12 L15/L16	6/6	6	5.228,04/5.000,00	227,06€	06:29 - 12:35	06:06	53,38 Km	04:43	00:00
Segunda volta	6/6	6	1.588,46/5.000,00	25,70€	13:35 - 17:12	03:37	55,88 Km	02:17	00:00
CB112-13 L17	14/14	14	3.121,32/5.000,00	243,01€	06:35 - 15:06	08:31	88,06 Km	04:51	00:00
CB119-01 L18	7	7	7.914,52/8.000,00	439,78€	05:08 - 19:34	14:26	418,81 Km	07:05	00:00
CB119-02 L19	5/5	5	7.669,39/8.000,00	373,89€	06:05 - 17:14	11:09	292,10 Km	04:36	00:00
CB119-03 L20	8/8	8	6.591,30/8.000,00	373,85€	05:05 - 18:32	13:27	292,01 Km	07:30	00:00
CB119-04 L21	8/8	8	7.807,48/8.000,00	296,15€	05:30 - 15:50	10:20	146,45 Km	05:55	00:00
CB119-05 L22	8/8	8	5.613,32/8.000,00	268,68€	06:29 - 15:13	08:44	89,77 Km	05:44	00:00

Otimização do Planejamento de Rotas na Cadeia de Abastecimento de uma Empresa de Distribuição

Veículos (46)

Adicionar GPS Relatórios Colorir Timeline

Nome	Localizações	Paragens	Início KG	Custo	Horário	Duração	Distância	Visita	Espera
Tercera volta	2/2	2	1.924,75/3.600,00	25,93€	12:28 - 16:21	03:53	52,92 Km	01:55	00:00
LS10-01 L41/L42	2/2	2	3.274,12/3.200,00	223,47€	05:27 - 08:22	02:55	48,88 Km	02:11	00:00
Segunda volta	8/8	8	2.316,35/3.200,00	48,65€	08:52 - 15:13	06:21	103,52 Km	03:11	00:00
LS10-02 L43/L44/L45	2/2	2	3.224,00/3.200,00	221,63€	05:57 - 09:03	03:06	44,96 Km	02:23	00:00
Segunda volta	3/3	3	2.387,82/3.200,00	27,71€	09:33 - 14:54	05:21	58,95 Km	02:28	00:00
Tercera volta	1/1	1	3.524,14/3.200,00	19,77€	15:24 - 17:38	02:14	42,06 Km	01:40	00:00
CB112-14	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-15	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-16	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-17	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-18	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-19	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-20	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-21	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-22	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-23	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-24	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-25	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB119-06	--	--	8.000,00	--	--	--	--	--	--
CB13.5-04	--	--	800,00	--	--	--	--	--	--
CB13.5-07	--	--	800,00	--	--	--	--	--	--
CB13.5-08	--	--	800,00	--	--	--	--	--	--
LS10-03	--	--	3.200,00	--	--	--	--	--	--

16-01 255/255 29/46 45 306667,65 1937803,78 5.538,67 Km 11414h 7.661,49€

Veículos (46)

Adicionar GPS Relatórios Colorir Timeline

Nome	Localizações	Paragens	Início KG	Custo	Horário	Duração	Distância	Visita	Espera
CB112-00N L01/L02	1	1	4.740,88/5.000,00	177,06€	13:00 - 15:17	02:17	39,57 Km	01:40	00:00
Segunda volta	2	2	6.011,71/5.000,00	25,68€	15:47 - 19:54	04:07	55,84 Km	03:20	00:00
CB112-02 L04	5	5	5.495,65/5.000,00	345,24€	06:46 - 14:18	07:32	310,31 Km	02:47	00:00
CB112-03 L05	8	8	5.269,23/5.000,00	299,88€	07:48 - 18:11	10:23	211,70 Km	04:54	00:00
CB112-04 L06	10	10	5.247,18/5.000,00	329,65€	05:23 - 16:52	11:29	276,40 Km	05:26	00:00
CB112-05 L07	6	6	5.376,22/5.000,00	335,25€	06:20 - 18:44	12:24	288,59 Km	05:26	01:12
CB112-06 L08	11	11	4.150,06/5.000,00	287,68€	07:49 - 18:21	10:32	185,18 Km	05:11	00:00
CB112-09 L11	9	9	3.948,73/5.000,00	301,44€	05:46 - 16:08	10:22	215,08 Km	04:42	00:00
CB112-10 L12/L13	4	4	5.435,56/5.000,00	267,01€	08:00 - 13:23	05:23	140,23 Km	03:18	00:00
CB112-11 L14	13	13	5.484,04/5.000,00	289,74€	05:24 - 17:27	12:03	189,65 Km	06:38	00:00
CB112-12 L15/L16	13	12	5.224,96/5.000,00	269,31€	06:36 - 17:32	10:56	145,24 Km	06:25	00:00
CB112-13 L17	4	4	5.173,68/5.000,00	247,62€	06:43 - 13:06	06:23	98,09 Km	04:01	00:00
CB112-14	9	9	5.335,84/5.000,00	430,37€	05:58 - 20:16	14:18	495,38 Km	05:47	00:00
CB112-15	5	5	4.819,32/5.000,00	247,91€	06:04 - 14:52	08:48	98,72 Km	04:59	00:30
CB112-16	8	8	5.441,89/5.000,00	243,29€	06:18 - 15:01	08:43	88,67 Km	05:13	00:33
CB112-17	6	6	5.487,18/5.000,00	225,71€	06:46 - 12:47	06:01	50,46 Km	04:43	00:00
CB112-19	14	14	5.377,67/5.000,00	230,01€	06:44 - 17:08	10:24	59,81 Km	06:43	00:00
CB112-20	7	6	4.507,78/5.000,00	234,10€	07:02 - 13:04	06:02	68,70 Km	04:21	00:00
CB112-23	11	11	3.483,36/5.000,00	322,24€	07:14 - 18:37	11:23	262,48 Km	04:37	00:00
CB112-24	11	11	5.074,82/5.000,00	373,70€	05:43 - 18:33	12:50	372,18 Km	05:59	00:00
CB112-25	7	7	5.192,20/5.000,00	250,47€	06:32 - 14:37	08:05	104,28 Km	05:03	00:00
CB124-01 L23/L24	5	5	11.616,25/12.000,00	311,44€	07:40 - 12:43	05:03	78,74 Km	03:28	00:00

01-01 256/256 32/46 49 281216,71 2475199,33 5.826,51 Km 11413h 8.350,33€

Veículos (46)

Adicionar GPS Relatórios Colorir Timeline

Nome	Localizações	Paragens	Início KG	Custo	Horário	Duração	Distância	Visita	Espera
CB15.5-01 L35/L36/L37	1	1	1.188,41/1.600,00	144,26€	06:26 - 08:34	01:58	48,14 Km	01:09	00:00
Segunda volta	1	1	1.624,35/1.600,00	9,05€	09:04 - 10:55	01:51	18,47 Km	01:31	00:00
Tercera volta	4	4	1.912,36/1.600,00	23,84€	11:25 - 15:52	04:27	48,66 Km	02:14	00:00
CB15.5-02 L38/L39/L	4	4	1.682,71/1.600,00	219,32€	06:59 - 11:49	04:50	201,33 Km	02:02	00:00
Segunda volta	4	4	1.913,91/1.600,00	24,45€	14:08 - 17:38	03:30	49,90 Km	02:14	00:00
LS10-01 L41/L42	2	2	3.177,81/3.200,00	220,13€	05:41 - 08:34	02:53	41,77 Km	02:06	00:00
Segunda volta	4	4	3.050,43/3.200,00	18,73€	09:04 - 12:58	03:54	39,85 Km	02:34	00:00
LS10-02 L43/L44/L45	6	6	3.494,62/3.200,00	249,07€	07:20 - 12:52	05:32	103,34 Km	03:38	00:00
Segunda volta	2	1	3.524,13/3.200,00	19,77€	13:52 - 16:21	02:29	42,06 Km	01:50	00:00
CB112-01 L03	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-07 L09	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-08 L10	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-18	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-21	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB112-22	--	--	5.000,00	--	--	--	--	--	--
CB119-01 L18	--	--	8.000,00	--	--	--	--	--	--
CB119-02 L19	--	--	8.000,00	--	--	--	--	--	--
CB119-03 L20	--	--	8.000,00	--	--	--	--	--	--
CB119-04 L21	--	--	8.000,00	--	--	--	--	--	--
CB119-05 L22	--	--	8.000,00	--	--	--	--	--	--
CB119-06	--	--	8.000,00	--	--	--	--	--	--
CB13.5-08	--	--	800,00	--	--	--	--	--	--
LS10-03	--	--	3.200,00	--	--	--	--	--	--

01-01 256/256 32/46 49 281216,71 2475199,33 5.826,51 Km 11413h 8.350,33€