



A Problemática do Apoio à Decisão para o Planeamento de Transportes de Mercadorias: Oportunidades para a OPT – Optimização e Planeamento de Transportes, S.A.

Francisco de Magalhães e Vasconcelos

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Alcibíades Paulo Guedes

Orientador na OPT, S.A.: Eng.^a Sara Pinto de Meireles



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

Janeiro de 2010

"The essence of flexibility is in the mind of the commander;

The substance of flexibility is in logistics."

Rear Admiral Henry E. Eccles, U.S. Navy

*"Our doubts are traitors, and make us lose the
good we oft might win, by fearing to attempt."*

William Shakespeare

SUMÁRIO

O principal objectivo deste projecto incide numa análise e estudo sobre o apoio necessário para o planeamento de transportes de mercadorias. Pretende-se caracterizar algumas dificuldades, compreender a adequabilidade dos modelos e as insuficiências de ferramentas informáticas para diferentes casos. Visto ser um tema abrangente e envolver várias restrições, bem como a aplicação de diferentes modelos consoante o negócio e as suas dimensões, foram estudadas três empresas com transporte rodoviário de mercadorias em ramos de actuação distintos.

A intenção de compreender as debilidades no mercado suscitou o estudo dos diversos problemas no sector. Foram também analisados alguns dos principais modelos para a resolução de problemas específicos e ferramentas reconhecidas ou utilizadas no mercado nacional. Com o propósito de estabelecer a ligação destes elementos com as realidades efectivas foi tratada a recolha de informação feita através do acompanhamento operacional.

No seguimento desta estrutura, é feita uma análise final com base na determinação das principais considerações e objectivos para os diferentes cenários onde se enquadram cada uma das empresas. Esta possibilita o confronto das características apreendidas, permitindo uma interpretação das abordagens apropriadas. Conjuntamente depreende-se a utilização e insuficiências sentidas nas soluções de apoio existentes para os problemas enfrentados, de modo a proporcionar perspectivas de abordagens vantajosas para as necessidades do mercado.

Palavras-chave:

Distribuição, Logística, Planeamento, Sistemas de Apoio à Decisão, Transporte Rodoviário de Mercadorias.

Support Decision Methods for Transport Logistics Management

ABSTRACT

The purpose of this paper consists on a research about the required support for planning the physical distribution, and more specifically road transportation of goods. The intention is to identify difficulties, understand the applicable models and spot requirements for support systems in different situations. Due to the complexity of this market and its innumerable restrictions, the option was to analyze three case-studies in distinct segments.

To understand the possible flaws in the transport logistics management there was the need to gain knowledge on the problem range and its particularities. Furthermore, common applied models were studied for solving specific problems, as well as applications known or used in national territory. For a better comprehension of the real concerns, the collected information was held based on the operational activity in collaborating companies.

In conclusion the intention is to identify the main limitations and objectives for different scenarios, inferred from the observed issues. This provides the matching of these characteristics, allowing for an interpretation of the appropriate approaches. In addition the use and inefficiencies of decision support solutions are described in order to present perspectives to approach the market.

Key Words:

Distribution, Logistics, Planning, Road Transportation of Goods, Support Decision Systems.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a todos os que me apoiaram ao longo do decorrer do projecto e de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento do trabalho realizado, com especial atenção:

A minha orientadora, Sara Meireles, pelo empenho, dedicação e forma exemplar com que sempre lidou comigo demonstrados desde o momento inicial. Pela amizade, tolerância e compreensão não só para a evolução do projecto, como também durante todo o meu percurso na OPT.

Ao meu orientador, Prof. Alcibíades Paulo Guedes, por toda a disponibilidade e colaboração, acompanhando o decorrer do projecto e contribuindo frutuosamente com a vasta informação e experiência profissional.

À minha família por todo o acompanhamento e alento dados, com uma contínua preocupação, providenciando oportunidades para uma melhor realização do trabalho.

À Chagas, TNT e Luís Simões, por toda a colaboração, recursos e informação disponibilizados para a realização deste trabalho, e em especial por toda a paciência e dedicação dos seus colaboradores que lidaram comigo.

Ao Eng.º José Paulo Delgado pela preocupação, disponibilidade e integridade em todos os assuntos ao longo do período de estágio.

A todos os colaboradores e amigos da OPT, com quem lidei diariamente e que me proporcionaram um excelente ambiente de trabalho, demonstrando exemplarmente o espírito de entajuda.

Aos meus amigos de faculdade pelo ânimo e preocupação contínua, em especial ao Marco Carvalho pela atenção e companhia nos fins-de-semana dedicados ao projecto.

Por último, a toda a administração da OPT, pela integridade demonstrada, sem a qual a realização deste projecto não seria possível, e a quem ficarei eternamente grato pela oportunidade que me foi dada e pelos recursos disponibilizados para a mesma.

ÍNDICE

I	INTRODUÇÃO.....	I
1.1	ÂMBITO DO PROJECTO.....	1
1.2	OBJECTIVOS.....	1
1.3	METODOLOGIA.....	2
1.4	A EMPRESA: OPT – OPTIMIZAÇÃO E PLANEAMENTO DE TRANSPORTES S.A.	3
1.5	ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....	4
2	LOGÍSTICA E GESTÃO DA DISTRIBUIÇÃO	5
2.1	PERSPECTIVA HISTÓRICA.....	5
2.2	DESAFIOS DA DISTRIBUIÇÃO	6
2.3	O TRANSPORTE RODOVIÁRIO.....	7
3	TÉCNICAS E MODELOS DE APOIO AO PLANEAMENTO	12
3.1	PROBLEMA DA DEFINIÇÃO DE ROTAS (VRP – ‘VEHICLE ROUTING PROBLEM’).....	13
3.1.1	<i>Algoritmo do Vizinho mais Próximo.....</i>	<i>14</i>
3.1.2	<i>Heurística ‘Greedy’.....</i>	<i>14</i>
3.1.3	<i>Algoritmo de Christofides.....</i>	<i>14</i>
3.1.4	<i>Método de Clark & Wright.....</i>	<i>14</i>
3.2	MÉTODOS DE MELHORIA E META-HEURÍSTICAS.....	15
3.2.1	<i>Variantes do k-Opt.....</i>	<i>15</i>
3.2.2	<i>Pesquisa Tabu.....</i>	<i>16</i>
3.2.3	<i>Arrefecimento Simulado</i>	<i>17</i>
3.2.4	<i>Algoritmo Genético.....</i>	<i>18</i>
3.3	PROBLEMAS DE EMPARELHAMENTO.....	19
3.3.1	<i>Algoritmo Húngaro.....</i>	<i>19</i>
3.4	PROBLEMA DE ESCALONAMENTO DE MOTORISTAS (PEM).....	20
4	SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO PARA UM VRP.....	22
4.1	EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS.....	22
4.2	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS.....	23
4.3	CARACTERIZAÇÃO DE ALGUNS SISTEMAS DISPONÍVEIS	24
4.3.1	<i>ILOG Dispatcher</i>	<i>24</i>

4.3.2	<i>Optrak 4</i>	25
4.3.3	<i>ArcLogistics Route</i>	25
4.3.4	<i>Paragon Multi Depot Transport Management Software</i>	26
4.4	COMPARAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS	27
5	CASOS DE ESTUDO	30
5.1	CHAGAS – FLORÊNCIO AUGUSTO CHAGAS, S.A.	30
5.1.1	<i>Mercado Concorrencial</i>	31
5.1.2	<i>Estrutura e Organização do Planeamento</i>	31
5.1.3	<i>Modelo de Planeamento</i>	33
5.2	TNT – EXPRESS WORLDWIDE PORTUGAL TRANSITÁRIOS E SERVIÇOS COMPLEMENTARES, S.A.	33
5.2.1	<i>Mercado Concorrencial</i>	34
5.2.2	<i>Estrutura e Organização do Planeamento</i>	34
5.2.3	<i>Modelo de Planeamento</i>	35
5.3	LUÍS SIMÕES – LUÍS SIMÕES, S.G.P.S., S.A. (TRANSPORTE)	37
5.3.1	<i>Mercado Concorrencial</i>	37
5.3.2	<i>Estrutura e Organização do Planeamento</i>	38
5.3.3	<i>Modelo de Planeamento</i>	40
6	DISCUSSÃO	42
6.1	TIPOLOGIA DOS PROBLEMAS.....	43
6.2	UTILIZAÇÃO E LACUNAS NOS SADS	46
7	REFLEXÕES FINAIS.....	49
7.1	BALANÇO DO TRABALHO REALIZADO.....	49
7.2	PERSPECTIVAS DE TRABALHO FUTURO	51
	REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA.....	52
	ANEXO A	55
	ANEXO B.....	57
	ANEXO C	62

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – PADRÕES DE TRÁFEGO, ADAPTADO DE (GONÇALVES, 2009)	8
FIGURA 2 – ESTRUTURA DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE MERCADORIAS EM PORTUGAL, RETIRADO DE (DIAS, 2007) 9	
FIGURA 3 – TIPOLOGIA DE VEÍCULOS, RETIRADO DE (GUEDES, 2000)	10
FIGURA 4 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS POSICIONAMENTOS NO SECTOR, RETIRADO DE (GONÇALVES, 2009)	10
FIGURA 5 – EXEMPLIFICAÇÃO DO MODELO VRP	13
FIGURA 6 – MÉTODO CLARK & WRIGHT, RETIRADO DE (MENESES, 2008).....	15
FIGURA 7 – ALGORITMO 3-OPT, RETIRADO DE (OLIVEIRA, ET AL., 2002).....	16
FIGURA 8 – EXEMPLO DEMONSTRATIVO DA IDEIA BASE DO ALGORITMO GENÉTICO.....	18
FIGURA 9 – CONCEPÇÃO DE UM MODELO BASEADO NO ALGORITMO HÚNGARO	20
FIGURA 10 – EXEMPLO DE COMBINAÇÕES HORÁRIAS, ADAPTADO DE (GOEL, ET AL. 2006)	21
FIGURA 11 – CONJUNTO DO PACOTE COMPLETO,	24
FIGURA 12 – DIAGRAMAS DE GANTT PARA O PLANEAMENTO DE ROTAS COM O OPTRAK 4,.....	25
FIGURA 13 – ORDEM PROCESSUAL DA SOLUÇÃO ARCLOGISTICS ROUTE, RETIRADO DE (ARCLOGISTICS, 2008)	26
FIGURA 14 – ESTRUTURA PROCESSUAL DEFINIDA PARA A RECOLHA DE INFORMAÇÃO	30
FIGURA 15 – GRÁFICO DEMONSTRATIVO DO EXERCÍCIO DE 2008, ADAPTADO DE (CHAGAS, 2008)	31
FIGURA 16 – VENDAS DA TNT, ADAPTADO DE (TNT, 2009).....	34
FIGURA 17 – PLANEAMENTO ESTRATÉGICO.....	35
FIGURA 18 – PLANEAMENTO TÁCTICO DE ENTREGAS	36
FIGURA 19 – PLANEAMENTO TÁCTICO DE RECOLHAS.....	36
FIGURA 20 – ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DOS TRANSPORTES IBÉRICOS LUÍS SIMÕES	38
FIGURA 21 – DIVISÃO DOS TRANSPORTES E TIPOS DE SERVIÇO.....	38
FIGURA 22 – EXEMPLIFICAÇÃO DE CORREDORES ENTRE CENTROS	39
FIGURA 23 – FUNÇÕES GENÉRICAS PARA O PROCESSO DE PLANEAMENTO.....	40

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – MODELAÇÃO DE UM MAPA ESTRATÉGICO BASEADO NOS OBJECTIVOS DA OPT	3
TABELA 2 – PROPRIEDADES DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE MERCADORIAS EM PORTUGAL, ADAPTADO DE (DIAS, 2007)	11
TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS, ADAPTADO DE (LIONHEART PUBLISHING, 2008), (FILHO, ET. AL., 2001) E (SOLÓRZANO, 2003).....	28
TABELA 4 – FUNCIONALIDADES DOS SISTEMAS ABORDADOS, ADAPTADO DE (LIONHEART PUBLISHING, 2008) , (FILHO, ET. AL., 2001) E (SOLÓRZANO, 2003).....	28
TABELA 5 – RESUMO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS EMPRESAS	42
TABELA 6 – CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES PARA O PLANEAMENTO NOS DIFERENTES CENÁRIOS	45
TABELA 7 – OBJECTIVOS PRINCIPAIS NOS DIFERENTES CENÁRIOS.....	45

GLOSSÁRIO

Circuito de Euler – É um caminho num grafo que visita cada aresta uma vez apenas, começando e terminando no mesmo vértice.

Enterprise Resource Planning (ERP) – São sistemas de informação que integram os dados e processos de uma organização num só sistema. Genericamente consistem numa plataforma informática desenvolvida para integrar todos os departamentos de uma empresa.

Geocode – É a abreviatura inglesa para **Geospatial Entity Object Code** e representa um código em coordenadas geográficas de um determinado ponto acima ou abaixo da superfície terrestre para um momento temporal.

Grafo – É um conjunto de pontos (vértices) ligados por arestas úteis em várias representações de problemas reais. Com a possibilidade de possuírem diferentes pesos, tanto nas arestas como nos vértices, o seu uso é recorrente nos problemas de definição de rotas.

Minimum Spanning Tree (MST) – Num conjunto de cidades interligadas, o subconjunto de menor valor que garante a existência de uma árvore de ligações entre todos os vértices é denominado por MST.

Non-deterministic polynomial-time hard (NP-hard) – Sendo os problemas de algoritmos não determinísticos de verificação polinomial (NP) aqueles, cujo número de computações cresce exponencialmente em função do tamanho da instância e não existe a garantia da existência de outros melhores, considera-se *NP-hard* o conjunto de problemas da classe anterior que seja redutível a este.

Picking - A actividade de *picking* pode ser resumida na separação e preparação de pedidos. É considerada a responsável pela recolha do mix de produtos, e respectivas quantidades, correcto para satisfazer as necessidades do cliente. As soluções tecnológicas vieram auxiliar este processo com a implementação de sistemas de leitores ópticos e de códigos de barras.

Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) – Os sistemas de apoio à decisão (SADs) podem ser descritos como sistemas de informação flexíveis e interactivos, desenvolvidos para apoiar um problema e sustentar as tomadas de decisão.

Sistema de Informação Geográfica (SIG) – Um SIG é um sistema de informação espacial e procedimentos informáticos, que facultam simplificada a análise, a representação do espaço e as situações ocorridas.

Supply Chain Management (SCM) – A gestão da cadeia de abastecimento (SCM) corresponde por definição à actividade de planeamento e coordenação de todas as actividades envolvidas com as compras, a produção e a distribuição. É de referir também a necessidade e importância da organização e colaboração entre possíveis parceiros, envolvidos na cadeia, para melhor integrar a gestão da procura com o fornecimento dentro e através de empresas.

Travelling Salesman Problem (TSP) – Também conhecido em português como o problema do caixeiro-viajante, é um dos desafios de optimização mais estudado. O objectivo consiste em encontrar a rota de menor custo ou distância a passar por um conjunto de cidades, sendo que cada uma delas só pode ser visitada uma única vez. Para a sua resolução podem ser utilizados métodos exactos ou heurísticos consoante a complexidade do problema.

Vehicle Routing Problem (VRP) – O problema de definição de rotas de veículos (VRP) consiste no atendimento de um conjunto de clientes por intermédio de uma determinada frota, atendendo às restrições de capacidade dos veículos

I INTRODUÇÃO

I.1 Âmbito do Projecto

A presente tese insere-se no âmbito do Projecto de Dissertação em empresa a realizar no último semestre do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O projecto decorreu na OPT – Optimização e Planeamento de Transportes S.A., incidindo este sobre o estudo de requisitos nos sistemas de apoio à decisão para o planeamento do transporte rodoviário de mercadorias.

O trabalho pretende estudar possibilidades de uma nova área de negócio para a OPT que, seguindo uma estratégia de diversificação relacionada e aproveitando as sinergias das suas competências centrais, tem interesse em compreender o estado actual do mercado de sistemas de apoio à decisão no sector supramencionado, bem como as dificuldades sentidas por parte das empresas que nele actuam.

I.2 Objectivos

O principal objectivo deste trabalho consistiu numa análise ao recurso a sistemas de apoio ao planeamento de transportes de mercadorias por parte de empresas presentes no mercado nacional, com o intuito de possibilitar a identificação das necessidades existentes para diferentes tipologias de problemas. O motivo subsistiu na percepção de uma fraca capacidade de resposta das ferramentas informáticas actuais e dos desafios sentidos nas organizações. As razões desta insuficiência originaram uma necessidade de confrontar as dificuldades existentes nesta área de negócio para criar condições de avaliar as seguintes circunstâncias:

- ⇒ Qual a tipologia do problema em causa?
- ⇒ As empresas utilizam ou não SADs?
- ⇒ Se sim, quais as lacunas sentidas?

Estas questões serão abordadas, analisando empresas em diferentes segmentos, com o propósito de compreender as insuficiências existentes, não só para responder aos problemas de diversas realidades, mas também estabelecer oportunidades para a OPT alargar o seu âmbito de intervenção e possivelmente poder prestar assistência.

1.3 Metodologia

Primeiramente, foi feito um estudo de percepção das vertentes abarcadas pelo tema da logística, focando a problemática da distribuição relacionada com os transportes rodoviários. As questões levantadas, com o suporte à formulação e resolução de problemas são depois, simplificada, expostas através da apreensão de técnicas estudadas. O tempo escasso para esta avaliação e as dificuldades enfrentadas ao longo do processo, apesar do benefício que o conhecimento aprofundado das funcionalidades dos sistemas pode gerar, não permitiram um contacto directo, nem o acesso a informação mais pormenorizada sobre as funcionalidades dos mesmos. Ainda assim, foi feito um levantamento baseado na literatura disponível.

Para cumprir os objectivos delineados, considerou-se essencial a colaboração de empresas a actuar no ramo dos transportes de mercadorias. Com o intuito de abranger panoramas variados, definiram-se para casos de estudo empresas em diferentes cenários logísticos, cuja cooperação permitisse o aumento da amplitude do problema. Para tal, foi necessário estudar os seus tipos de negócio, as características do seu modelo de transporte e a dimensão da área de actuação. A colaboração de três empresas resultou na abordagem de casos de estudo com uma descrição da envolvente, da estrutura e organização do planeamento dos transportes e do modelo transportes a ele implícito.

Esta organização permitiu determinar uma relação entre as realidades encontradas com as informações recolhidas, facultando assim a compreensão das contingências de cada caso. Consequentemente, foi possível distinguir as restrições inerentes e as implicações destas para a utilização e aplicação de soluções informáticas. É também desenvolvida a temática das diferenças patentes nas estruturas de planeamento e os efeitos resultantes para a necessidade de um sistema exclusivamente adequado ou para a compatibilidade com determinadas funcionalidades.

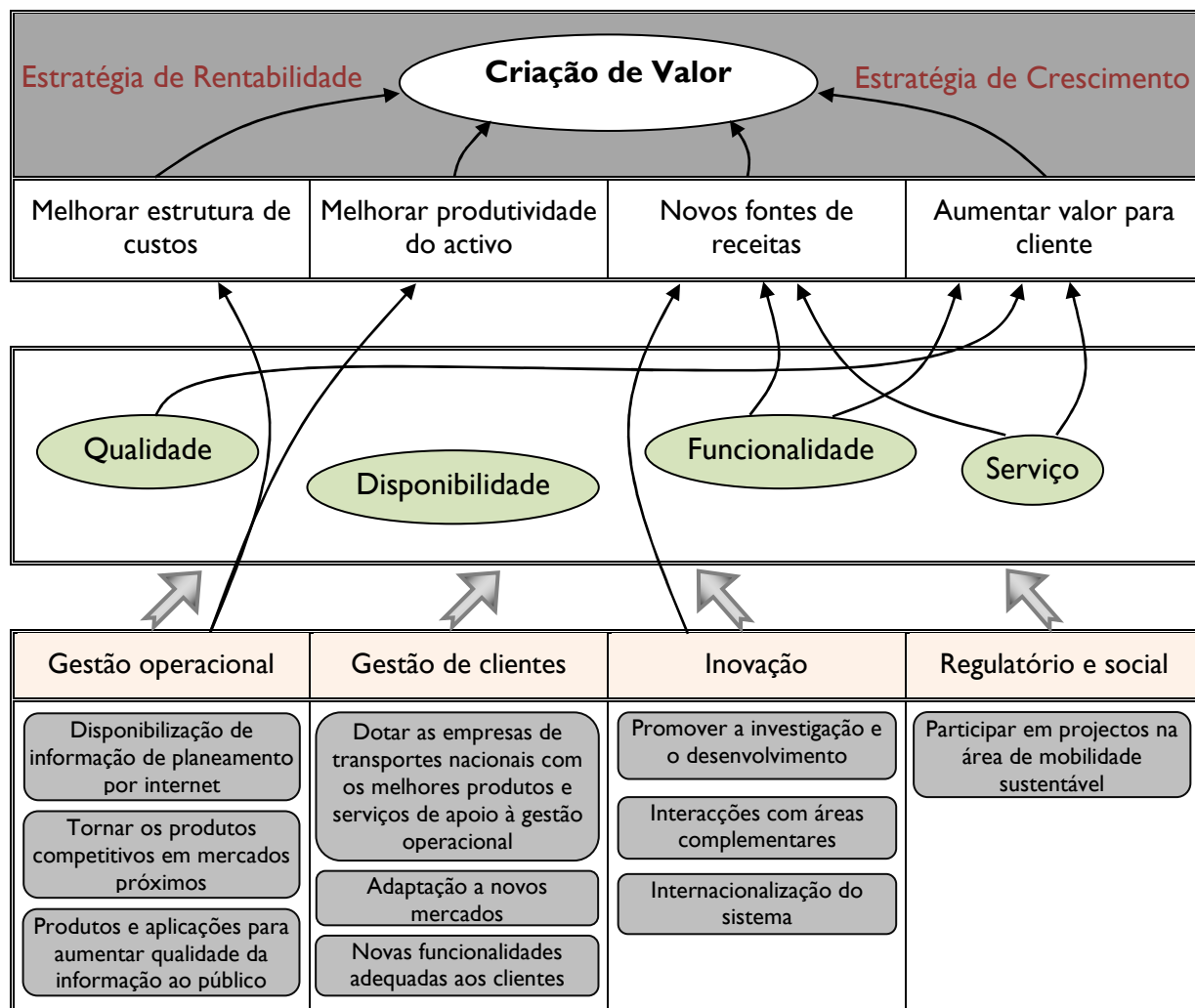
A decisão sobre esta metodologia definiu-se através da importância de estabelecer uma relação directa com casos práticos, de modo a criar analogias entre os modelos de planeamento. Assim permitiu-se adquirir uma imagem da situação actual do mercado e de possíveis oportunidades e obstáculos na concepção de sistemas para satisfazer as empresas que nele actuam.

1.4 A Empresa: OPT – Optimização e Planeamento de Transportes S.A.

A OPT é uma sociedade comercial anónima, sediada no Porto, e constituída em 1992. É pioneira em projectos de Investigação e Desenvolvimento (I&D) no âmbito do planeamento operacional de transportes colectivos em Portugal, e funciona como uma consultora nesta área, onde desenvolve soluções informáticas para a gestão e optimização de sistemas de transportes.

Detém uma ferramenta de Gestão Integrada de Sistema de Transportes (GIST), do qual é responsável pela instalação, implementação, manutenção, actualização dos vários módulos do sistema e ainda pela formação inerente de utilizadores. Alinhado com a estratégia definida, a OPT tem formalmente definido objectivos com as ideias transpostas na Tabela I.

Tabela I – Modelação de um Mapa Estratégico baseado nos Objectivos da OPT



A empresa assume de forma transparente uma política de inovação com a missão de assegurar a fiabilidade e estabilidade das soluções instaladas, assim como novos

desenvolvimentos de funcionalidades para o seu produto base, melhorando a sua competitividade no mercado.

Nesta organização, onde ressalta o desenvolvimento tecnológico, o recurso a tecnologias de informação e comunicação (TIC) é elevado nos diversos processos internos. Finalmente, realça-se a sua credibilidade pelos vários inputs externos que recebe, tanto de clientes, como de universidades e outros centro de investigação e desenvolvimento.

1.5 Estrutura do Relatório

O presente trabalho é constituído por sete capítulos e três anexos. Neste capítulo é feita uma introdução ao estudo realizado, expondo os objectivos e metodologia aplicada, bem como uma breve apresentação da empresa onde decorreu.

No segundo capítulo é abordado o tema da logística e da gestão da distribuição, com ênfase na componente do transporte de mercadorias, para a qual é feita uma descrição mais extensa.

Já no terceiro capítulo procede-se à apresentação de alguns métodos e modelos estudados para suportar a teoria e formulação matemática dos problemas em análise.

O capítulo quatro incide numa revisão de sistemas de apoio existentes e as suas principais características, com enfoque para aqueles aplicados e reconhecidos em empresas do mercado nacional.

No quinto capítulo são então apresentadas, individualmente, as empresas cooperantes no projecto, onde se procede à descrição do tipo de negócio, bem como do modelo e estrutura do planeamento observados.

Posteriormente, no capítulo seis, procede-se à relação dos diferentes casos de estudo com os modelos e sistemas introduzidos no enquadramento teórico, com o intuito de compreender e confrontar os diferentes objectivos para dar resposta aos problemas enfrentados, e as limitações que deles advêm, nos respectivos cenários.

Por último, no sétimo capítulo, retiram-se conclusões do estado actual dos sistemas de apoio à decisão neste sector. Seguidamente, aprofunda-se a abordagem necessária a este tipo de negócio para uma melhor resposta às necessidades de possíveis utilizadores, concluindo com perspectivas de trabalho futuro no seguimento desta linha orientadora.

2 LOGÍSTICA E GESTÃO DA DISTRIBUIÇÃO

A logística é um tema bastante abordado nos dias de hoje, sendo parte integrante dos processos na maioria das organizações, por coordenar recursos, equipamentos e informação essencial a várias actividades. O objectivo de uma empresa concentra-se em disponibilizar aos seus consumidores os produtos e serviços de que precisam, no momento em que o desejam e nas quantidades pretendidas. A principal actividade consiste em coordenar tarefas inter-relacionadas, em contraste à prática histórica de as administrar separadamente (Ballou, 2004). O planeamento, implementação e controlo do fluxo e armazenamento eficiente das matérias-primas, tanto de semi-acabados, como de produtos acabados, são as principais componentes na logística que, por sua vez, é parte da gestão da cadeia de abastecimento (SCM). Este tema pode ser ainda dividido em dois tipos de actividades, correspondendo o transporte, a manutenção de stocks e o processamento de pedidos às principais, e a armazenagem, a embalagem, e os sistemas de informação, entre outros, às actividades secundárias.

2.1 Perspectiva Histórica

“Behind every great leader there was an even greater logistician.” – Michael Cox

Já desde os tempos bíblicos que existe o conceito de logística associado a estratégias e ferramentas utilizadas pelos líderes na guerra, dada a necessidade de grandes deslocações de recursos e de definição de rotas. No entanto, até à época da 1ª Guerra Mundial, utilizavam-se termos como “administração”, “organização” ou “economia de guerra” para o definir. Mais tarde, a logística veio a ser introduzida e abordada como matéria integrante nas escolas militares, chegando inclusivamente a ser publicado um livro em que é explicada como uma ciência de preparação da guerra (Ballou, 2004).

Apenas no final dos anos cinquenta, algumas empresas e Universidades começaram a aplicar os conceitos logísticos nos diferentes sectores da indústria e comércio. Já nos anos 70, certos produtores utilizavam redes próprias de distribuição de modo a controlar os seus canais comerciais. Esta evolução sucedeu-se devido à necessidade de garantir um nível de serviço mais elevado e destinado a um mercado conservador, onde o principal propósito se estabelecia em reduzir custos de deslocação e na respectiva gestão de *stocks*.

Em Portugal, apenas em meados dos anos oitenta se começaram a verificar e a sentir as verdadeiras mudanças. Foi nesta altura que se pôde acompanhar a abertura de grandes superfícies comerciais (1985 – 1º hipermercado português: Continente), que serviu como impulso para a logística vir mais tarde a ser reconhecida aos níveis de Direcção e Gestão (Guedes, 2000).

No contexto actual da economia globalizada, as empresas, ainda que actuando no seu território, competem, necessariamente, a nível mundial. Por este motivo, é cada vez mais relevante considerar a actividade logística. Deste modo, existe a necessidade de identificar continuamente as possibilidades de diminuição de custos associadas a reduções de prazos de entrega dentro das várias componentes do negócio através de melhorias contínuas, como a reestruturação de processos, as inovações tecnológicas ou a aplicação de novas metodologias.

2.2 Desafios da Distribuição

A complexidade da economia moderna, influenciada pela rápida evolução da tecnologia de informação e por uma necessidade cada vez maior de reduzir o tempo entre a compra e a entrega dos bens, trouxe um novo desafio às empresas e organizações. Na área da distribuição, onde a transacção de produtos entre empresas é grande, a estratégia tem passado por uma união de esforços, de modo a potenciar a eficiência, através da integração de serviços, possibilitando uma redução de custos para as duas ou mais partes envolvidas (Christopher, 1998).

Recentemente, começaram a ser criados centros de distribuição, de modo a facilitar o fluxo de mercadorias dos fornecedores e entre parceiros. Para um determinado tipo de negócio, que envolva a entrega de bens de consumo mais imediato, a localização é um factor extremamente relevante, existindo, no entanto, requisitos a ter em conta aquando da tomada de decisão, tais como a quantidade de intermediários necessários, o tamanho da área a ser atendida, o tipo de produto, e outros. Esta centralização possibilita ganhos às empresas, através de uma redução dos custos associada ao controlo de desperdícios e a uma maior rotação de stocks. A reacção mais rápida às alterações de mercado e a diminuição dos custos unitários de transporte são ganhos que surgem no mercado também pela necessidade de obter uma solução mais adequada ao balanço entre uma estratégia de orientação para o mercado e uma estratégia de produção.

Este grau de complexidade operacional elevado deve-se à volubilidade do mercado actual. Não só tem de enfrentar as dificuldades de resposta a um maior número de pedidos para quantidades mais reduzidas, como enfrenta ciclos de pedidos mais curtos, causados pelas alterações no *mix* de produtos. Este motivo tem provocado tendências, como proporcionar o fluxo de informação dentro da cadeia de abastecimento, isto é, a sincronização da logística da produção com a logística da distribuição e o aumento da subcontratação de empresas logísticas especializadas.

Consequentemente, percebe-se a responsabilidade e importância que o transporte de mercadorias tem ao longo de todo o processo. Por si só, este já representa o custo mais significativo dentro da cadeia e, tendo em conta que é determinante para uma empresa poder gerir a sua competitividade no mercado e aumentar as suas economias de escala associadas à produção, pode permitir uma redução nos preços dos produtos e, deste modo, melhorar a sua posição estratégica.

2.3 O Transporte Rodoviário

A globalização da economia e ao avanço das tecnologias de informação foram o principal fundamento para o aumento do tráfego de mercadorias. Segundo dados do Observatório Transfronteiriço Espanha, o modo rodoviário representou mais de 80 por cento do fluxo de mercadorias entre Portugal e Espanha em 2008. É o que apresenta os menores custos fixos, quando confrontado com o serviço ferroviário, aéreo ou marítimo. Para além de as empresas não serem proprietárias das vias, os veículos têm uma pequena representação económica e as operações nos terminais não implicam equipamentos onerosos. No entanto, os custos variáveis verificam-se nos encargos com os impostos pagos em combustíveis e portagens (Antram, 2000). É portanto um meio de transporte direccionado para o serviço de pequenas/médias distâncias e, comparativamente com os restantes serviços, para pequenas mercadorias. Relativamente às suas alternativas, possui uma maior flexibilidade na definição de rotas e dispõe ainda de uma disponibilidade e rapidez de serviço. Continua destacado como o principal meio de transporte de mercadorias a nível nacional, dados que podem ser consultados pelas estatísticas presentes no Anexo A.

A realidade deste sector é caracterizada por particularidades, tais como uma percentagem alta de transporte por conta própria e uma falta de infra-estruturas para a evolução da multi e co-modalidade assim como de fluxos internos e externos. Para além disso a rentabilidade

está actualmente sob uma grande pressão tanto por parte dos clientes, como dos fornecedores, por ambos terem um elevado poder negocial e pelo excesso da oferta sentido na península ibérica.

Apesar do crescimento do sector, que se pode conferir na Figura 1, continuam-se a verificar percentagens sem grande variação dos pesos ao longo do tempo no transporte nacional e internacional, sendo a produção do transporte rodoviário feita, em aproximadamente 70%, pelo internacional e o volume da carga em cerca de 83% pelo nacional.

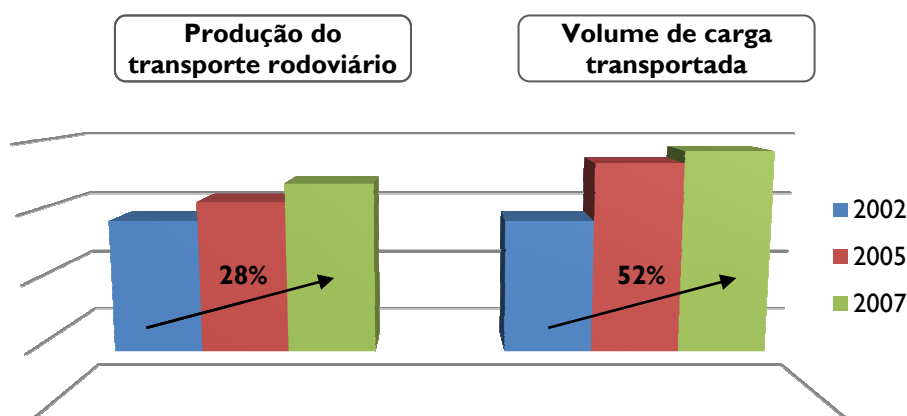


Figura 1 – Padrões de Tráfego, adaptado de (Gonçalves, 2009)

O transporte rodoviário de mercadorias pode ser dividido, de um modo geral, em três segmentos distintos onde está contemplado. Primeiramente nas empresas de transporte, legalmente constituídas, cuja actividade consiste essencialmente na actividade do transporte. Para este caso é de referir a possibilidade de algumas destas serem parte integrante de um operador logístico. O mercado conta ainda com empresas de carga própria, que representam empresas produtoras que utilizam veículos próprios para a movimentação de bens que comercializam, e ainda os transportadores individuais – um serviço geralmente concretizado por uma só pessoa que, a título individual, é proprietário de um ou mais veículos conduzidos pelo próprio, para serviços de transporte de cargas para terceiros, seus clientes.

Em Portugal, tal como sucede em Espanha, o sector do transporte rodoviário de mercadorias é caracterizado pela presença de um elevado número de transportadores individuais, sendo que mais de 90% das empresas actantes possuem menos de dez veículos. No entanto, apesar desta fraca representatividade sectorial, a pequena percentagem de grandes empresas acaba por gerir aproximadamente metade dos recursos em número de veículos, por meio da subcontratação (exemplificado através da Figura 2).

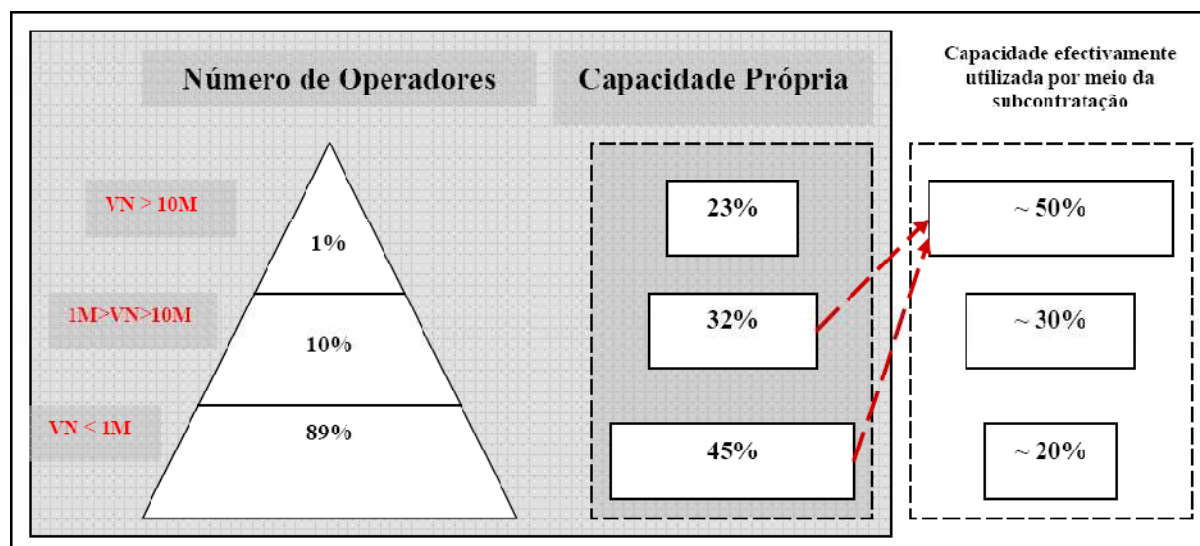


Figura 2 – Estrutura do Transporte Rodoviário de Mercadorias em Portugal, retirado de (Dias, 2007)

Este factor tem também uma forte contribuição para o negócio ser conhecido por ter um baixo valor acrescentado, resultado de uma forte pressão exercida por clientes e controlo por parte das empresas fornecedoras de combustíveis (Gonçalves, 2009).

Um outro aspecto importante e próprio do sector é a abundância de normativos, particularmente no acesso à actividade e às regulamentações específicas de carácter laboral. Todas estas condições acabaram por se traduzir na tendência, por parte das grandes empresas, em recorrer à subcontratação. As vantagens intrínsecas estão associadas à redução de preocupações e a uma maior flexibilidade derivada da reestruturação, tornando o modelo logístico num desafio cada vez mais estratégico.

Na operacionalização do transporte é possível decompor o planeamento em duas tipologias de problemas: o táctico e o operacional. O primeiro aplica-se à definição de rotas e programação de veículos a médio prazo. Assume um padrão para uma procura e para uma localização dos pedidos durante um espaço temporal definido. No segundo cenário, o problema operacional está relacionado com os desafios diários, em que impera a dinâmica indexada ao planeamento, conduzindo a um grau de intervenção elevado com um conjunto de alterações frequentes (Guedes, 2000).

Outro factor importante para uma eficácia operacional está relacionado com a atribuição de um tipo de veículo adequado ao serviço a concretizar. Conjugação de restrições, impostas pelos produtos ou pelos clientes, de modo a não incorrer num subaproveitamento, torna indispensável um dimensionamento apropriado da frota. Para tal é necessário considerar,

não só a proporção de frota própria e subcontratada, como também a diversidade de veículos. Considerando uma relação directa entre o número de eixos e o peso transportável, e entre o tipo de caixa de carga e o volume suportado, é possível caracterizar as capacidades genéricas de um veículo segundo a matriz apresentada na Figura 3.

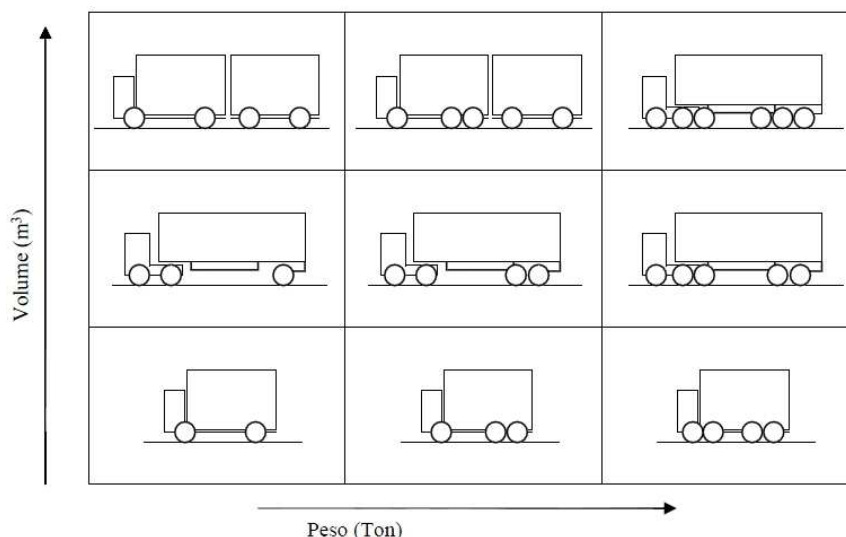


Figura 3 – Tipologia de veículos, retirado de (Guedes, 2000)

Apesar da divisão no ramo de negócio já antes referida, é também possível dividir os tipos de transportes em cinco serviços diferentes: Dedicados; Carga completa genérica (FTL – Full Truck Loaded); Carregamento completo especializado; Carga fraccionada (LTL – Less than Truck Loaded); Expresso. A Figura 4 elucida o posicionamento tradicional dos operadores portugueses no confronto dos tipos de operação existentes com o valor acrescentado e competências intrínsecas a cada um.

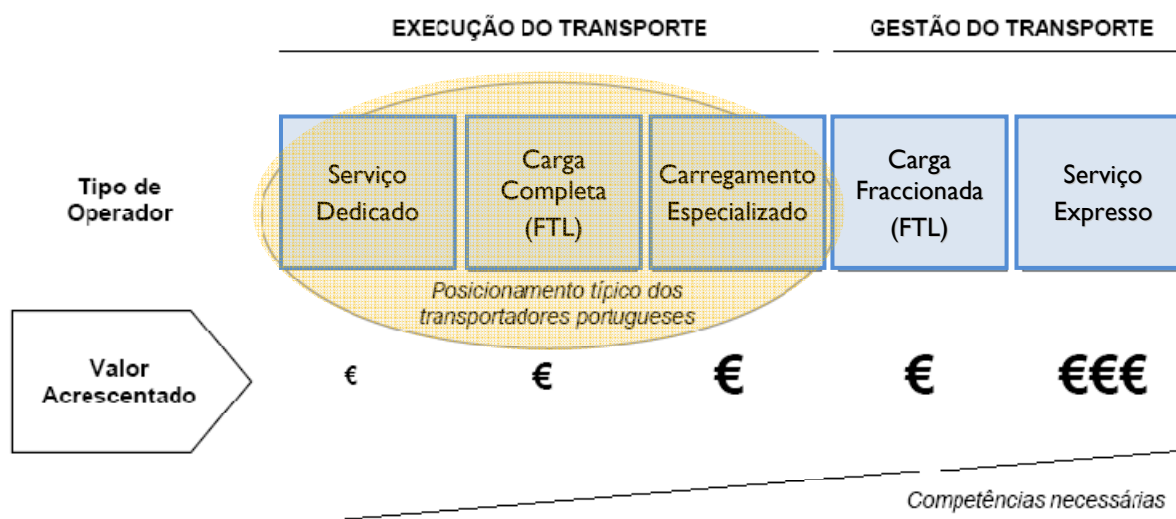


Figura 4 – Caracterização Geral dos Posicionamentos no Sector, retirado de (Gonçalves, 2009)

Os serviços apresentados têm características distintas e genericamente reúnem um conjunto de necessidades próprias. Apesar de todos eles precisarem de uma gestão de frota e de motoristas, é também importante a existência de um sistema de informação ligado a estas funcionalidades para cada um deles. A Tabela 2 expõe as componentes a considerar, para se poder ter uma percepção das distinções e semelhanças mais evidentes.

Tabela 2 – Propriedades do Transporte Rodoviário de Mercadorias em Portugal, adaptado de (Dias, 2007)

Serviços	Características	Necessidades
Dedicado	⇒ Pouco rentável ⇒ Efectuado ou por grandes ou por muito pequenas empresas	⇒ Decisão sobre o transporte feito pelo cliente
Carga completa (FTL)	⇒ Segmento fragmentado ⇒ Genericamente de baixa rentabilidade	⇒ Gestão percentagens de utilização ⇒ Definição de rotas (Operador) ⇒ Carregamento da mercadoria (Habitualmente feito pelo cliente)
Carregamento especializado	⇒ Menor concorrência ⇒ Mais rentável que os FTLs ⇒ Competências específicas	⇒ Gestão percentagens de utilização ⇒ Definição de rotas (Operador) ⇒ Carregamento (Cliente) ⇒ Competência sobre produtos / embalagens específicas
Carga fraccionada (LTL)	⇒ Mercado menos fragmentado ⇒ Potencialmente mais rentável	⇒ Gestão percentagens de utilização ⇒ Definição de rotas e do carregamento (Operador) ⇒ Gestão da rede (Recolhas e Entregas)
Expresso	⇒ Maior rentabilidade ⇒ Forte concentração ⇒ Capital das empresas é essencialmente estrangeiro	⇒ Gestão percentagens de utilização ⇒ Definição de rotas e do carregamento (Operador) ⇒ Gestão da rede (Recolhas e Entregas)

A diferenciação dos serviços e o propósito da dinamização do sector surgem como forma de acompanhar as necessidades do mercado. O resultado da concepção de novos modelos e estratégias surge naturalmente com a evolução do mercado, e vai ao encontro da já célebre reflexão de Albert Einstein: “A lógica pode levar-te de A para B, mas a imaginação leva-te onde quiseres.”

3 TÉCNICAS E MODELOS DE APOIO AO PLANEAMENTO

Conforme foi referido anteriormente, a área da logística engloba vários sectores. No entanto, pretende-se focar neste trabalho, baseada na análise de casos de estudo, todas as actividades abrangidas pela movimentação de existências dentro dos limites temporais impostos. Assim sendo, é imprescindível considerar as contribuições mais relevantes para as diferentes abordagens existentes no transporte de mercadorias. A necessidade de avaliar os requisitos nos vários modelos em que pode ser decomposto este problema de planeamento origina a necessidade de aprofundar os temas de alocação de recursos, de definição de rotas, de atribuição de tarefas, assim como outras possíveis restrições envolventes, para uma melhor aproximação às realidades estudadas.

A formulação de um problema matemático exige o levantamento das diferentes variáveis existentes para se obter um conjunto de soluções, para o qual, habitualmente, se recorre ao auxílio dado por ferramentas informáticas. No entanto, as dificuldades para reunir os dados necessários ou a complexidade do modelo matemático em análise podem implicar a tomada de decisões sem um sistema de apoio. Contudo, os problemas de optimização *NP-hard*, em que as decisões são baseadas em soluções heurísticas, contemplam um grau de dificuldade elevado na concepção do modelo.

Para os vários problemas envolventes e identificados, diversas técnicas têm vindo a ser aplicadas recorrendo a formulações matemáticas, algoritmos enumerativos, algoritmos aproximativos ou mesmo métodos heurísticos analisados na literatura disponível e que permitem a obtenção de soluções satisfatórias. Não só se trata de um processo de optimização, que pode permitir a redução de custos através da diminuição de recursos, distâncias ou pessoal, como, também, um método de economizar tempo no processo de planeamento.

Os algoritmos heurísticos podem ser subdivididos em três tipos diferentes: construtivos, de melhoramentos e compostos. Os primeiros destinam-se à construção sequencial de uma solução seguindo um determinado conjunto de regras pré-estabelecidas. Já os algoritmos de melhoramento partem de uma solução base sendo depois sujeitos a melhorias. Finalmente, os compostos resultam da integração dos dois anteriores, ou seja, primeiro é aplicada uma fase construtiva seguida depois de uma fase de melhorias (Oliveira, et al., 2002).

Nos seguintes subcapítulos serão descritos alguns dos principais métodos de construção, de melhoramentos e outras técnicas, consideradas úteis para a compreensão do suporte necessário nos diferentes problemas, e as respectivas dificuldades inerentes à integração de soluções.

3.1 Problema da Definição de Rotas (VRP – ‘Vehicle Routing Problem’)

Um VRP pode ser representado por um problema teórico de grafos com $G = (V, A)$, em que $V = \{0, 1, \dots, n\}$ é o conjunto de vértices e A o conjunto de arcos de ligação. Cada cliente possui uma procura d_j e para cada ligação $(i, j) \in A$ existe um custo c_{ij} associado (ver Figura 5). Considera-se um problema simétrico quando o $c_{ij} = c_{ji}$, e assimétrico caso não se verifique esta situação (Vural, 2003).

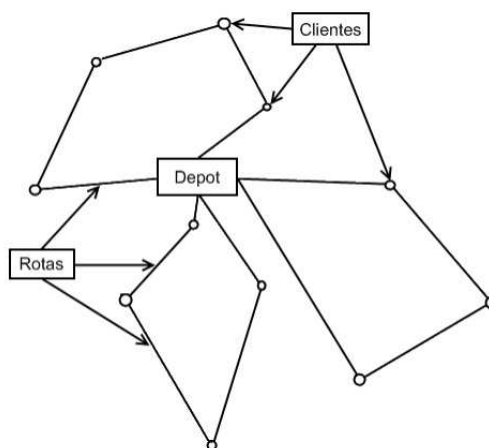


Figura 5 – Exemplificação do modelo VRP

A resolução do problema consiste em encontrar um conjunto de circuitos k , cada um correspondendo a uma rota, com o menor custo possível definido pela soma dos custos dos arcos de ligação contidos no grafo.

De uma forma mais simplificada pode-se considerar também um problema do tipo “caixeiro-viajante” (TSP – *Travelling Salesman Problem*). O conceito consiste, de um modo genérico, no desafio de um vendedor que tem de visitar os vários clientes uma só vez em diferentes localidades e pretende reduzir os custos implícitos ao seu trajecto. Para este efeito existem vários métodos construtivos que permitem responder a diferentes desafios, consoante as exigências necessárias.

De seguida serão apresentados alguns destes com uma utilização frequente que sustentam tanto a lógica do planeamento manual, como a aplicação nas ferramentas informáticas.

3.1.1 Algoritmo do Vizinho mais Próximo

É possivelmente o método de construção mais conhecido e consiste na ordenação de um conjunto de cidades a visitar ($c_{\pi(1)}, \dots, c_{\pi(N)}$) através da atribuição de $c_{\pi(i+1)}$ à cidade c_k que garante a minimização do custo $c_{i,k}$ e que ainda não tenha sido visitada. A cidade inicial é escolhida arbitrariamente e é retomada após a visita da última. Este método é bastante simples e utilizado com regularidade para a obtenção de uma solução inicial.

3.1.2 Heurística ‘Greedy’

Nesta heurística são observadas as ligações entre cidades diferentes, baseadas numa matriz $[N \times N]$, em que a componente $c_{i,j}$ corresponde ao custo da ligação da cidade i à j . A criação do ciclo é feita começando na ligação mais barata e acrescentando ordenadamente as ligações disponíveis ainda não incluídas na rota, desde que esta adição não gere uma ligação de terceiro grau num vértice ou a conclusão de um ciclo de grau menor que N (Johnson, et. al, 1995).

3.1.3 Algoritmo de Christofides

Sendo ligeiramente mais complexo que os anteriores, este algoritmo heurístico tem como ponto de partida a criação de uma *Minimum Spanning Tree* (MST). Esta deve ter, obrigatoriamente, um menor valor do que a solução ótima, sendo isso possível apenas com a eliminação de uma ligação entre dois vértices. Seguidamente, é necessário estabelecer as combinações mais pequenas entre vértices com um número de ligações ímpar. A introdução de uma conexão para cada dois destes vértices resulta numa árvore de grafos em que cada um tem um grau de ligações par. Assim, estão reunidas as condições para garantir a existência de um circuito de Euler, mais facilmente identificável, e é possível definir o percurso, recorrendo a atalhos existentes pela desigualdade triangular, evitando visitar um vértice mais do que uma vez.

3.1.4 Método de Clark & Wright

O planeamento de rotas abrange a programação dos conjuntos de entregas, juntamente com a alocação de veículos aos mesmos, para realizar os serviços logísticos de transporte aos clientes, considerando as restrições temporais e de capacidade.

O método de Clark & Wright visa a definição das rotas, baseando-se no ganho da inserção de um par de clientes (i,j) numa determinada rota, com o objectivo de minimizar o valor associado a cada visita (Figura 6). Sendo c_{ij} o custo associado de um cliente, e L o custo do conjunto, o ganho que se pode obter vem dado por $g_{(i,j)} = L - L'$, em que $L = 2 \times c_{D,i} + 2 \times c_{D,j}$ e $L' = c_{D,i} + c_{i,j} + c_{j,D}$.

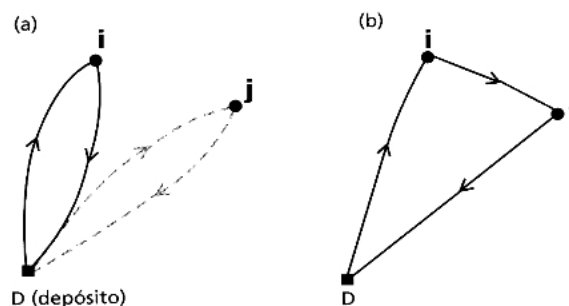


Figura 6 – Método Clark & Wright, retirado de (Meneses, 2008)

Começando ordenadamente pelo par que tem um ganho maior, é feita uma análise contínua de inserção de novos pares na rota em construção, respeitando as restrições de criação ou inclusão numa rota já existente e satisfazendo as limitações de capacidade ou de horários. (Meneses, 2008). Consegue-se, deste modo, definir um conjunto de trajectos para satisfazer todos os pedidos.

3.2 Métodos de Melhoramento e Meta-Heurísticas

Os métodos de melhoramento visam apurar possíveis soluções através da troca de troços ou vértices numa rota, ou entre rotas, já definidas. A distinção entre estes e os métodos de construção é muitas vezes confundida, pelo facto de alguns desses poderem incorporar melhorias ao longo das várias etapas (Toth, et al., 2002).

3.2.1 Variantes do k-Opt

De entre os métodos de melhorias simples, o algoritmo *k-opt* desenvolvido por Lin e Kernighan é um dos mais utilizados (Lin, et. al., 1973). Este algoritmo é aplicado depois de existir uma primeira solução definida, correspondendo 'k' ao número de vértices com ligações alteráveis. Na prática os métodos de uso mais frequente são o 2-Opt e o 3-Opt, pois apesar do incremento de 'k' permitir uma melhor precisão, o esforço computacional sofre um aumento exponencial. Na sua aplicação, após serem analisadas as soluções

alternativas procede-se à reordenação no caso de se verificarem melhorias com as alterações observadas.

Num problema 3-Opt consideram-se três arestas de ligação entre pontos para um determinado conjunto e analisam-se as combinações possíveis, conforme se pode compreender através da Figura 7. As permutas 2, 3 e 4 correspondem a trocas redutíveis ao método 2-Opt e apenas as últimas quatro representam trocas entre três arestas.

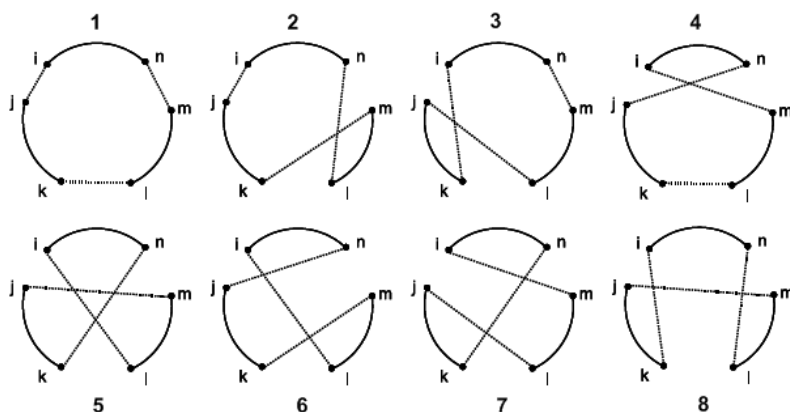


Figura 7 – Algoritmo 3-Opt, retirado de (Oliveira, et al., 2002)

Sendo a dimensão do problema dada por $O(n^k) = \frac{n*(n-1)*(n-2)*...*(n-k+1)}{k!} - n$, recorre-se usualmente a um baixo valor de k . No entanto, tendo em conta o método ser muito dependente da rota inicial e poder ficar preso num óptimo local mas de má qualidade, existe a possibilidade de construir uma nova rota inicial ou de provocar uma modificação (método popular: *4-opt double-bridge kick*) antes de voltar a aplicar a procura local, permitindo assim encontrar o melhor de diferentes óptimos locais (Cowling, 2006).

Neste sentido, foi também desenvolvido o método *variable-opt (V-Opt)*, onde em vez de k ser uma constante, o número de ligações pode variar, existindo preferencialmente um crescimento com o decorrer do processo. Os métodos V-Opt's são tidos em grande consideração e permitem dar resposta a problemas de elevada complexidade.

3.2.2 Pesquisa Tabu

O método de *Pesquisa Tabu* consiste na procura de um conjunto de novas soluções na sua vizinhança, que não sejam necessariamente melhor do que a anterior. Para tal, recorre-se a um método iterativo, com o objectivo de obter uma solução global do problema e não apenas local, através do uso de estruturas de memória (Glover, et al., 1993). Este método

está baseado na premissa de que, para se considerar a resolução do problema inteligente, é necessário que este incorpore uma memória adaptativa e uma capacidade de exploração, derivada da suposição de que uma má escolha estratégica pode conter mais informação do que uma escolha aleatória.

A cada iteração a mudança estrutural que originou uma nova solução é listada durante um certo número de iterações e integrada numa lista denominada por memória recente. Proibir certas mudanças previne o processo de criação de ciclos e evita o retorno a mínimos locais já visitados obrigando o algoritmo a procurar novas soluções. Podem também ser contempladas técnicas de diversificação ou de intensificação, de forma a ter um método mais completo. Estas características permitem, tanto a exploração da vizinhança de soluções já obtidas, como também de novas regiões dentro do conjunto global de soluções possíveis, com o objectivo de fugir a mínimos locais.

3.2.3 Arrefecimento Simulado

Mais conhecido por *Simulated Annealing*, a meta-heurística de Arrefecimento Simulado, cujo nome surge metaforicamente associado ao processo térmico de recozimento, consiste numa procura local probabilística. O processo físico referido pode ser subdividido em duas fases: Uma primeira etapa onde se faz o aquecimento de um sólido para obter a fundição do mesmo, seguido de um arrefecimento realizado lentamente para a solidificação ser acompanhada e controlada.

Matematicamente falando, em cada iteração, a comparação da nova solução obtida com a actual, determina a inclusão ou não da mesma, consoante a probabilidade de aceitação de uma pior solução dada por um parâmetro de ‘temperatura’ que é tipicamente decrescente com o incremento de iterações. Sendo S a solução actual e $N(S)$ a vizinhança da mesma, podemos obter aleatoriamente $S' \in N(S)$ e a diferença $D = f(S) - f(S')$, onde $f(S)$ representa a função objectivo. Quando $D > 0$ e $e^{-D/T} > q$ (onde $0 < q < 1$ é gerado através de uma distribuição normal) ou $D < 0$, pode se aceitar esta como nova solução (Vural, 2003). Esta consideração é extremamente importante para permitir a fuga a mínimos locais. Conforme a ‘temperatura’ se aproxima do valor zero, são possibilitados com menor frequência os movimentos que prejudicam a função objectivo, implicando uma convergência para um óptimo local que pode ou não coincidir com o óptimo global (Henderson, et al., 2003).

3.2.4 Algoritmo Genético

O conceito deste algoritmo, para a resolução de problemas de optimização, advém da teoria da evolução. O conjunto de soluções mantêm-se e o processo de reprodução permite definir ‘pais’ dentro da população, que originam soluções descendentes com as características de cada um. No curso normal a população evolui de acordo com os princípios da selecção natural e da “lei do mais forte”.

O ponto de partida é geralmente a formulação da solução numa sequência de caracteres ou num formato de cromossoma, em que cada posição corresponde a um gene. A capacidade de cada solução pode ser quantificável através de um valor da função objectivo, que determina depois a probabilidade de sobrevivência e de reprodução com a expectativa de uma progressão da evolução. Para soluções ou genes de capacidade elevada é dada a oportunidade de trocas da informação ‘genética’, produzindo soluções com características provenientes de duas soluções anteriores, como representado na Figura 8.



Figura 8 – Exemplo Demonstrativo da Ideia Base do Algoritmo Genético

A estrutura dinâmica do problema pode ser dividida através da sugestão feita por Arif Vural (Vural, 2003) em quatro fases:

- **Seleccção:** Escolhe-se um número de ‘indivíduos’ da população e agrupa-se para ‘reproduzir’.
- **Reprodução:** Aplicação de princípios de reprodução como o cruzamento (*crossover*) e mutação, de modo a gerar novas soluções.
- **Integração:** Avaliação dos novos ‘indivíduos’ consoante os valores da função objectivo. Depois definem-se os descendentes a integrar na nova população.
- **Controlo:** É feita uma validação das métricas e o novo esquema é actualizado. Por fim são verificadas as condições de continuação ou conclusão do algoritmo.

Esta estrutura pode ser enquadrada no objecto de estudo através da correspondência de troços a genes, para o qual existem várias abordagens possíveis.

3.3 Problemas de Emparelhamento

Um emparelhamento M num determinado grafo G é um conjunto de arestas independentes, tais que, quaisquer duas nesse mesmo conjunto não possuam vértices em comum. Este cenário é denominado de emparelhamento máximo e perfeito quando não existir outra solução M^* que o contenha, isto é, M não ser um subconjunto de outro emparelhamento do grafo, e quando todos os vértices do grafo tiverem saturados. Tal só é possível num grafo de ordem par e resulta num emparelhamento de $(n^{\circ} \text{ de vértices})/2$ arestas.

3.3.1 Algoritmo Húngaro

O Algoritmo húngaro é um nome dado por H.W. Kuhn em reconhecimento ao trabalho desenvolvido pelos matemáticos Jenő Egerváry e Dénes König para a resolução de problemas de emparelhamento em grafos bipartidos que mais genericamente se pode ver como um problema de programação linear. O objectivo é, para um determinado custo/lucro de ligação entre dois pontos, obter a minimização/maximização do conjunto das combinações possíveis. Apesar de o tratamento ser feito para dois conjuntos de dimensão idêntica, é possível forçar essa situação através da criação de variáveis falsas com um custo extremo.

Para um problema de alocação de recursos do tipo um para um, é viável a resolução do problema através deste algoritmo, pois mesmo existindo um número desequilibrado é possível gerar objectos fictícios com um custo infinito. Considerando então uma matriz de custos $A = (c_{ij})$, pode-se proceder à aplicação da formulação matemática do respectivo problema sobre esta. O objectivo consiste em obter um número suficiente de zeros, tal que, para cada posição $x_{ij}^* = 1$, satisfazendo as condições $\sum_i x_{ij}^* = 1$ e $\sum_j x_{ij}^* = 1$, permita escolher apenas as posições (i,j) , cujo $c'_{ij}=0$ (Halpern, 2003).

Na Figura 9 apresenta-se uma exemplificação da aplicação do modelo, em que é importada a matriz original para proceder aos vários passos do algoritmo. Depois de obtida uma solução é feita uma alocação das respectivas combinações e transportada para a matriz original, possibilitando o cálculo do custo total obtido.

A aplicação na alocação de recursos permite construir uma solução para um conjunto de combinações mais adequada às necessidades, desde que seja possível representar correctamente uma matriz de custos para a determinação do problema atendendo às várias

restrições impostas. No confronto com a realidade existe também a dificuldade de responder às constantes variações que obrigam a um dinamismo das operações.

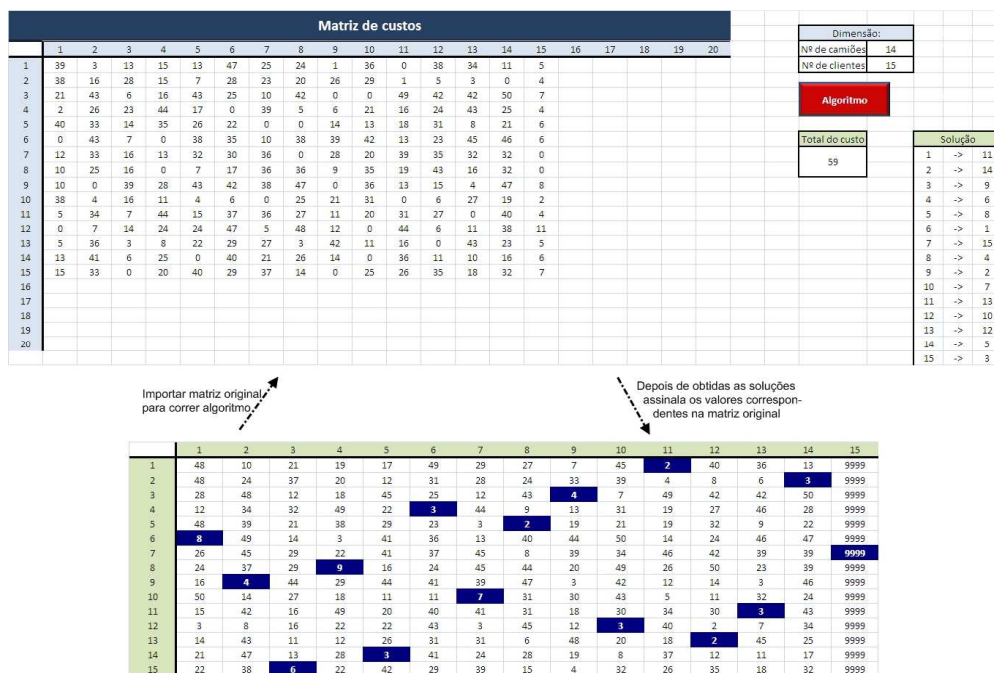


Figura 9 – Conceção de um Modelo baseado no Algoritmo Húngaro

3.4 Problema de Escalonamento de Motoristas (PEM)

Após identificação de alguns modelos de definição de rotas e métodos de obtenção e de melhoria de soluções, coloca-se a problemática da resolução de um PEM. Este passa pela criação de escalas a atribuir a um grupo de motoristas para um determinado período de tempo, atendendo às restrições operacionais e legislativas inerentes.

Actualmente, nos problemas operacionais, com especial atenção para a gestão de frota, é necessário ser feita uma atribuição cada vez mais dinâmica dos recursos às tarefas a realizar. O modelo clássico para este tipo de problemas prende-se com a maximização do ‘lucro total do sistema’ resultante das decisões tomadas dentro dos níveis pretendidos, tais como garantir a procura, a utilização de todos os veículos ou com base noutras regras operacionais. A grande dificuldade desta abordagem limita-se à incerteza da procura futura, bem como no cumprimento dos objectivos das tarefas em curso. Neste caso é necessário recorrer a estimativas de evolução do sistema, tornando o cálculo do lucro associado à afectação de recursos bastante mais complicado. Devido à sua complexidade, este problema classificado como NP-hard, tem vindo a ser estudado durante os últimos anos, onde o foco para solucionar o problema se tem verificado em diversos trabalhos envolvendo métodos heurísticos (Mélio, 2009).

Para além das dificuldades nas vertentes em cima abordadas, outro factor de extrema importância no transporte rodoviário é o conjunto de restrições horárias imposto pela complicada regulamentação legal. No entanto, as implicações não se reflectem só na segurança e pontualidade do serviço, mas também nos resultados operacionais, causadas pelas decisões tomadas na gestão diária. Esta variável obriga a integração das restrições definidas com o planeamento dinâmico, em que, para além da dificuldade de conciliar as disponibilidades existentes, é necessário dar atenção às limitações provocadas para a alocação em serviços futuros, cujas características e quantidade só pode ser estabelecida recorrendo aos dados já existentes e a estimativas.

Algumas destas limitações são contempladas por Goel e Gruhn (Goel, et al. 2006) na relação desta temática com o problema genérico de definição de rotas (*Vehicle Routing Problem with Drivers' Working Hours – VRPDWH*). Apesar de não estarem contidas todas as restrições da regulamentação europeia (EU, 2006), para os casos abordados, é feita a formulação matemática, em que o controlo dos tempos semanais, diários e em período de condução consecutiva, é obtido através de um vector utilizado para criar restrições mais completas, em substituição das existentes, para as janelas temporais. Deste modo, uma análise de combinações alternativas pode permitir encontrar soluções com melhores resultados para o cômputo geral, conforme vem exemplificado na Figura 10.

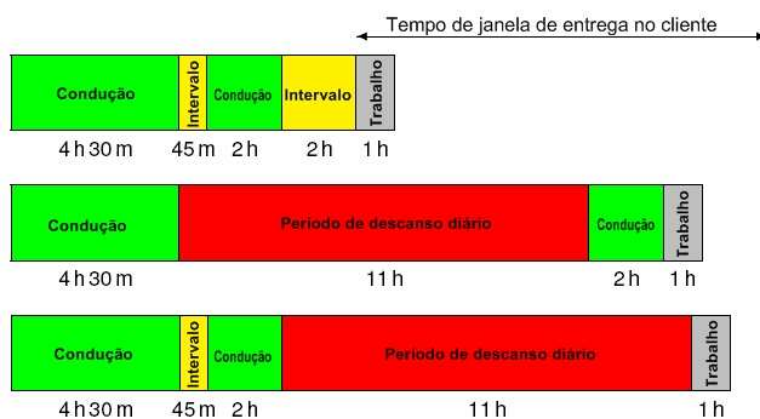


Figura 10 – Exemplo de Combinações horárias, adaptado de (Goel, et al. 2006)

Apesar da enorme importância desta problemática para considerar a regulamentação actual imposta, essencialmente para aplicação em transportes de longas distâncias com janelas temporais, ainda não houve muitos desenvolvimentos na concepção de modelos que a contemplem. Assim sendo, considera-se persistir a existência de uma lacuna relevante para as organizações que enfrentam estas dificuldades.

4 SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO PARA UM VRP

Os Sistemas de definição de Rotas e Programação de Veículos (SRPV) são programas informáticos que, através de algoritmos, maioritariamente heurísticos, e recorrendo a uma base de dados, conseguem obter soluções satisfatórias para VRP's, economizando tempo e esforço comparativamente com os tradicionais métodos de resolução manual.

4.1 Evolução dos Sistemas

As primeiras versões de sistemas no meio computacional, onde ainda eram executados em *mainframes*¹, para além das limitações e pouca robustez dos métodos heurísticos, tinham a desvantagem do tempo de processamento inerente, que obrigava a definir prioridades e a criar filas de espera para a resolução de problemas. Outro tipo de dificuldades consistia na impossibilidade de interacção com recursos gráficos e de testar alterações manuais para atender a restrições não consideradas nos parâmetros iniciais.

O surgimento de sistemas suportados por computadores veio facilitar a comparação de soluções alternativas, permitir uma análise mais centrada dos impactos económicos e operacionais nas condicionantes relevantes do problema, e assim decidir a alternativa mais adequada. O desenvolvimento tecnológico existente facilitou o recurso e apoio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) aos SRPV, possibilitando obter o *geocode* dos pontos de entrega e de recolha, com informação anexada aos mesmos, e ainda a visualização e edição de rotas e paragens em mapas. Estas progressões, juntamente com os estudos realizados nesta área, foram fundamentais para o início da integração de sistemas com os suportes informáticos dos restantes departamentos nas empresas.

A evolução contínua veio proporcionar a concentração no aperfeiçoamento de modelos matemáticos e gráficos para obter sistemas com plataformas mais amigáveis, flexíveis e robustas, que respondessem a problemas de maior dimensão, devido ao aumento do número e complexidade de restrições (Filho, et al., 2001). Esta tendência verificou-se com a inclusão dos modelos como parte de um conjunto de sistemas integrados de gestão, também conhecidos por ERPs, e pelo esforço e investimento na melhoria tecnológica para o mercado electrónico (*e-commerce*).

¹ Computador de grande dimensão, dedicado ao processamento de um elevado número de informações

4.2 Metodologia de Avaliação dos Sistemas

A adaptação de um *software* para uma determinada empresa depende das especificações do problema em causa e dos objectivos pretendidos. Já a ergonomia de sistemas permite a avaliação teórica atendendo ao equilíbrio, segurança e eficiência do utilizador. Considerando, para estes temas, os critérios de avaliação mais significativos, tais como o método subjacente, o aspecto visual e a flexibilidade, é necessário analisá-los qualitativa e quantitativamente.

Segundo as linhas orientadoras da metodologia abordada por Ramos e Gonçalves (Ramos, et. al., 2004), podemos dividir a avaliação em questões pertencentes a sete classes:

- ⇒ *Aspecto e Comandos*
- ⇒ *Adaptabilidade*
- ⇒ *Gestão de conflitos*
- ⇒ *Eficiência*
- ⇒ *Usabilidade*
- ⇒ *Nível do Controlo*
- ⇒ *Processo e Resultados*

No cálculo percentual do valor de um conjunto de perguntas, para classificar um sistema, é possível atribuir pesos a conjuntos distintos (p_j), consoante se adequem aos critérios (j) em cima referidos, e também a valores diferentes para as respostas (r_i), gerando um resultado que pode ser obtido pela seguinte fórmula:

$$(\% \text{ Valor do conjunto})_j = \left(\frac{\sum_{i=1}^k p_i r_i}{\sum_{i=1}^k p_i} \right) \times 100, \text{ com } 0 < r_i < 1.$$

O estudo sobre a relevância de critérios específicos pode ser feito, mais exaustivamente, dentro de um dado conjunto, ao classificar as capacidades dos atributos. No estudo referido é feita uma abordagem do método para definir a formulação matemática do peso dos atributos, segundo as respostas de pessoas a realizar investigação nesta área e de empresas no ramo da logística e transporte. Deste modo, é possível avaliar as capacidades de um sistema segundo um padrão mais adequado através de uma 'função de utilidade' e compreender as necessidades e factores mais relevantes na concepção de sistemas.

4.3 Caracterização de Alguns Sistemas Disponíveis

Para responder aos diferentes tipos de problemas de VRP, existem alguns softwares, desenvolvidos fora de Portugal, que geralmente contemplam um suporte de informação geográfica. É no entanto necessário destacar a existência de sistemas mais restritos a um tipo de negócio, e outros que são mais abrangentes. Estes, apesar de não serem aplicados nos casos de estudo, têm resposta para vários problemas, onde só não são aplicados devido à não abrangência de certas especificidades ou pelos custos elevados de aquisição. Para uma melhor compreensão das capacidades dos mesmos, serão apresentadas algumas características recolhidas pela documentação disponível (Solórzano, 2003; Filho, et al., 2001).

4.3.1 ILOG Dispatcher

É um programa integrado no módulo do *ILOG Optimization Suite*, que trabalha com uma série de dados pré-definidos seleccionados para um caso concreto. A sua capacidade de adaptação pode ser concretizada pelas diferentes possibilidades de definir um número limitado da frota, janelas temporais e horários dos motoristas. Este sistema permite a resolução de problemas com vários armazéns, em que se gera primeiro uma solução inicial e seguidamente se aplica o método de pesquisa tabu para obter melhorias.

Para além disso, contempla não só a optimização de entregas e recolhas, como também permite a actualização em tempo real, de modo a adicionar ou remover cliente numa determinada rota. A sua integração no módulo em cima referido pode-se conferir através do conjunto exposto na Figura 11.

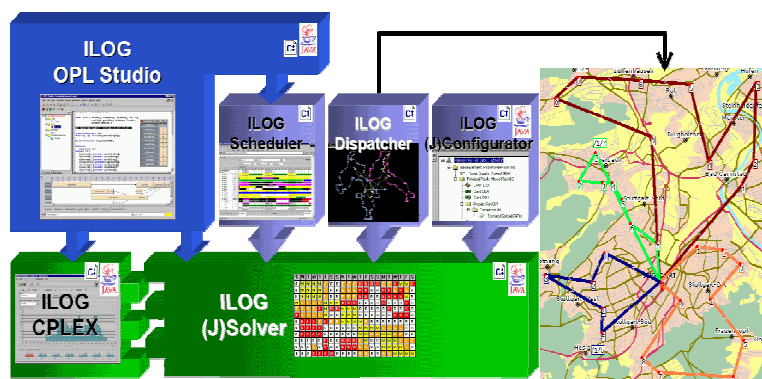


Figura 11 – Conjunto do Pacote Completo, retirado de (Oussedik, 2004)

4.3.2 Optrak 4

Este sistema caracteriza-se por uma maior capacidade de interacção e flexibilidade para o utilizador. Também permite a definição de rotas para vários depósitos e actualmente já inclui a representação das rotas definidas através de um diagrama de Gantt. Recolhe informação geográfica para uma representação mais amigável das rotas e ainda inclui um módulo de análise de sensibilidade.

Os algoritmos e modelos matemáticos aplicados não são dados a conhecer, apesar de, com a informação disponibilizada pelos estudos, ser possível determinar algumas capacidades do *software* para a resolução do problema. Um exemplo de interface vem demonstrado na Figura 12 para se visualizar uma das funcionalidades incluídas neste sistema.

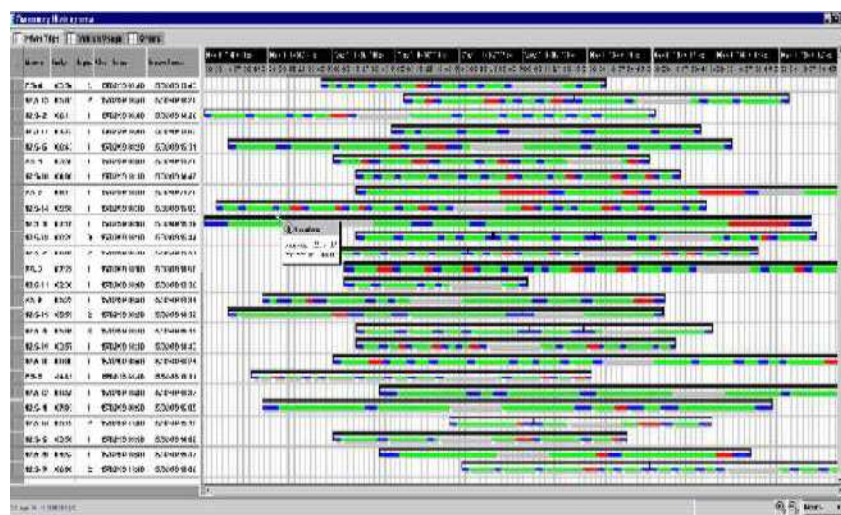


Figura 12 – Diagramas de Gantt para o Planeamento de Rotas com o Optrak 4, retirado de (Solórzano, 2003)

4.3.3 ArcLogistics Route

É uma aplicação desenvolvida pela *ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.)*, simples e com um elevado grau de visualização. Os processos são idênticos aos anteriores, sendo neste caso possível obter um mapa com indicações para cada rota mas necessário definir a área em que se pretende otimizar. A ordem processual patente na Figura 13 está descrita segundo a informação disponível na página *Web*, onde é possível consultar mais detalhadamente cada um dos passos referidos.

Os inconvenientes mais críticos detectados são referentes à impossibilidade de separação do condutor e do veículo e às limitações existentes para a determinação das velocidades médias, não sendo possível distinguir entre diferentes horas do dia e dias da semana/mês.

No entanto, a inclusão do módulo de atribuição do geocode é uma vantagem competitiva significativa no mercado americano, que permite localizar as moradas automaticamente através do código postal.



Figura 13 – Ordem Processual da Solução ArcLogistics Route, retirado de (ArcLogistics, 2008)

4.3.4 Paragon Multi Depot Transport Management Software

A *Paragon Software Systems* é uma empresa dedicada ao desenvolvimento de sistemas de optimização para o planeamento e definição de rotas, gestão de recursos e acompanhamento do transporte. Está presente em vários países e é utilizado em empresas de diferentes ramos e dimensões diversas, em que tem várias soluções para responder às diferentes realidades.

O *Multi Depot Transport Management Software* permite o planeamento para um problema com vários armazéns/depósitos de acordo com a disponibilidade da frota e a sua dispersão geográfica. Para além disso possibilita também o ajuste, de uma forma dinâmica, das fronteiras dos mesmos, com o propósito de uma melhoria na eficiência global. É considerado bastante configurável, todavia, apesar de poder lidar com restrições provenientes das operações logísticas, pode causar dificuldades na integração. Por fim constata-se que este sistema está principalmente destinado a grandes empresas e utilizado por aquelas presentes na área do retalho (Bekiaris, et al., 2006).

4.4 Comparação de Características

Segundo um estudo feito pelo ‘*Institute for Operations Research and the Management Sciences*’, em Fevereiro de 2008 (Lionheart Publishing, 2008), foram analisados alguns sistemas com base nas informações cedidas pelos vendedores, onde foram abordadas várias características.

Para qualquer aplicação dos sistemas aos problemas reais enfrentados pelas empresas, deve decorrer uma análise custo-benefício, com o intuito de compreender os problemas, as condicionantes, o tempo e os recursos necessários e as mais-valias resultantes das soluções apresentadas. Tanto na fase de aquisição, como na implementação, é necessário um bom planeamento e gestão, de modo a garantir a adaptação e a estruturar um plano de gestão de riscos para prevenir casos de insucesso.

Devido à dificuldade de obter informação mais específica junto das próprias empresas, foram consultados outros trabalhos onde são analisadas as aplicações e as informações dos próprios vendedores, com acesso via internet. Assim, existem alguns sistemas disponíveis no mercado internacional, no entanto, grande parte das empresas portuguesas não recorre a estes no exercício da sua actividade, sendo mais habitual o planeamento ser suportado por sistemas de rastreamento e controle ou mesmo métodos exclusivamente manuais. A inaplicabilidade ou os custos inerentes à implementação acabam por ser justificáveis e comportados por apenas empresas de grande dimensão, e, na maioria dos cenários, por influência ou iniciativa das empresas presentes no mercado internacional (Solórzano, 2003).

Pela necessidade de compreensão das características e capacidades nas soluções apresentadas, de modo a sustentar decisões sobre o planeamento da aquisição e acompanhamento, foram sintetizadas informações importantes nas Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 3 – Características dos sistemas, adaptado de (Lionheart Publishing, 2008), (Filho, et. al., 2001) e (Solórzano, 2003)

Sistemas	Fabricante	Clientes		Custos	
		Nº de clientes	Exemplos	Custo inicial	Suporte/ Instalação
ILOG Dispatcher	IBM	+300	Serviço de campo	s/ informação	s/ informação
Optrak 4	Optrak Distribution Software	1-100	Unicer; Brakes Group; RH Group	Depende da aplicação	\$650 /dia
ArcLogistics Route	ESRI	+2500	American Media	\$12,000(50rotas)	\$150 /dia
Paragon Multi-Depot	Paragon Software Systems	101-500	Sonae; McLane Co; Exel; Toyota;	\$70,000 (100 veículos)	\$755 ou \$930 /dia

Tabela 4 – Funcionalidades dos sistemas abordados, adaptado de (Lionheart Publishing, 2008) , (Filho, et. al., 2001) e (Solórzano, 2003)

Sistemas	Funcionalidades											
	Definição de Rotas			Produto vem num pacote com:				Outras Características		Integração com SIG		
	Gráficos de rotas (tempo real)	Janela temporal flexível	Info trânsito em tempo real	Display Electrónico 'on board'	Mensagens via rádio	Acompanhamento do veículo em tempo real	'Supply Chain Management Software'	Instruções detalhadas por turno	Plano de carregamento para o veículo	Mapa com rotas e paragens	Editar rotas com "drag & drop"	Atribuir Geocode por morada
ILOG Dispatcher	✓	✓				✓	✓					
Optrak 4	✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
ArcLogistics Route	✓	✓				✓		✓	✓		✓	✓
Paragon Multi-Depot		✓			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓

As tabelas resumem algumas das principais características, permitindo-nos também ficar com uma noção de determinadas funcionalidades em cada sistema. Contudo, visto o estudo ser realizado com base na informação cedida pelos vendedores, é mais susceptível de conter elementos enganadores, podendo a informação não ser considerada em toda a sua abrangência. Certas funcionalidades, tais como o planeamento do carregamento do veículo, podem ser realizadas de maneiras mais ou menos vantajosas, e para determinados casos nem mesmo contemplar restrições de extrema importância.

Constata-se a relevância já dada a temáticas como as janelas temporais flexíveis e a funcionalidade de edição “*drag & drop*”. São realmente restrições cada vez mais importantes, mas, no entanto, com várias dificuldades para corresponder as necessidades dos diferentes clientes, principalmente pela complexidade implicada para a concepção de um modelo e a dinâmica inerente ao tipo de negócio.

Apesar de na generalidade ser também referida a possibilidade de contemplar um número ilimitado de variáveis para a resolução do problema, claramente este factor pesa significativamente no tempo de computação. Esta condição acaba por motivar a realização de testes das soluções para problemas específicos previamente à sua utilização, pela relevância da celeridade dos processos sentida nos problemas práticos.

A integração com um ERP é outro tema com o qual as empresas se debatem, tanto pelas dificuldades sentidas, como pelos custos elevados dos sistemas que o permitem. A criação de interfaces com as soluções utilizadas na gestão da cadeia de abastecimento, tais como para o processamento de ordens e outras mais possibilidades, pode ser também muito importante para certos negócios ou empresas específicas.

Refere-se também que os sistemas escolhidos para esta análise são considerados de foro mais abrangente. Isto significa que aplicações para problemas singulares, tais como o *AutoRoute* para minimizar o número de quilómetros de uma viagem, não foram incluídas.

5 CASOS DE ESTUDO

A fase fundamental deste projecto incidiu na recolha de informação de suporte a todo o processo de planeamento operacional de viaturas, decorrida em três empresas. As empresas a cooperar actuam em diversos sectores e representam diferentes dimensões. A colaboração destas permitiu um contacto com as necessidades existentes nos respectivos negócios e a percepção das dificuldades encontradas em modelos de planeamento distintos.

As empresas que colaboraram para este estudo foram:

- ⇒ **CHAGAS** – Florêncio Augusto Chagas, S.A.
- ⇒ **TNT** – Express Worldwide Portugal Transitários e Serviços Complementares, S.A.
- ⇒ **LUÍS SIMÕES** – Luís Simões, S.G.P.S., S.A.

Este capítulo consistirá numa breve apresentação e caracterização do(s) modelo(s) utilizado(s) pela empresa para uma gestão e optimização dos recursos face aos desafios do transporte.

Em cada uma delas foi possível conhecer e identificar a estrutura funcional no departamento de planeamento operacional e acompanhar as pessoas envolvidas e relevantes em todo o processo. A recolha de informação foi feita baseada numa estrutura processual genérica, semelhante à definida na Figura 14, preparada com o intuito de ter um fio condutor durante o levantamento.

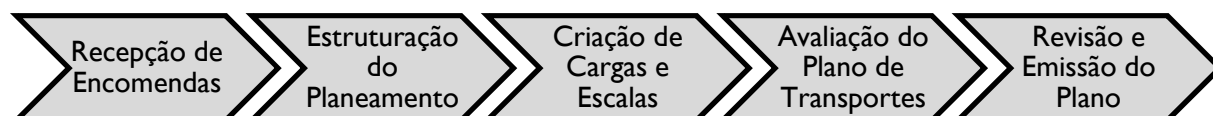


Figura 14 – Estrutura Processual definida para a Recolha de Informação

Esta organização foi ainda subdividida em temas e respectivas questões relevantes dentro dos mesmos, conforme se pode consultar, com maior detalhe, no Anexo A.

5.1 CHAGAS – FLORÊNCIO AUGUSTO CHAGAS, S.A.

A Chagas iniciou-se como uma firma importadora há cerca de 50 anos e é actualmente uma sociedade anónima essencialmente vocacionada para o comércio. Com um conjunto de actividades diversificadas, cujos produtos mais significativos para o seu negócio são os

siderúrgicos e os varões de construção, consegue responder aos pedidos dos seus clientes, cobrindo a totalidade do território nacional.

5.1.1 Mercado Concorrencial

Apesar da adopção de uma estratégia de diversificação que consiste no armazenamento e distribuição de uma vasta gama de produtos, a comercialização de produtos siderúrgicos continua a ser predominante e fundamental para a actividade desenvolvida pela *Chagas* (CHAGAS, 2008). A distribuição do seu exercício é perceptível pela Figura 15.

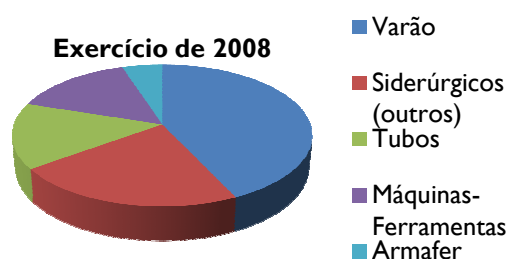


Figura 15 – Gráfico demonstrativo do Exercício de 2008, adaptado de (CHAGAS, 2008)

Nos últimos anos considera-se o mercado português, centrado nesta actividade, altamente fragmentado e maioritariamente dominado pelas duas concorrentes, *Florêncio Augusto Chagas, S.A.* e *J. Soares Correia, S.A.*, existindo no entanto um conjunto variado de outras empresas com menor representação. A variação dos preços dos produtos neste sector tem um forte impacto nos resultados. Assim sendo, são de extrema importância as actividades logísticas associadas, onde se tem verificado uma tendência de criação de vantagens competitivas num negócio de grande volubilidade. Para responder à competição de um mercado cada vez mais global, é necessário atender a novas acções de desenvolvimento, como reacções baseadas na centralização de stocks e economias de escala na armazenagem e transportes.

5.1.2 Estrutura e Organização do Planeamento

Composta por uma sede, três filiais, duas lojas, duas delegações e uma equipa de vendas de 32 elementos, a *Chagas* consegue alcançar todos os pedidos dentro do território nacional. O abastecimento de produtos é realizado maioritariamente para a sede, estando o transporte de todos eles a cargo dos seus fornecedores. Actualmente contam com uma frota própria com cerca de 30 veículos de diferentes tipos: semi-reboques, cavaletes, porta-ferros e carros de 2 ou 3 eixos. Estes estão, normalmente, associados a um único motorista

e apresentam diferentes dimensões e capacidades e estão sujeitos a algumas limitações de horários para certos locais de circulação. A distribuição é estruturada diariamente pelo departamento de planeamento, localizado junto ao cais do principal armazém.

Pode-se caracterizar um primeiro planeamento estratégico estabelecido, para o qual a variação de decisão só existe perante alterações significativas na estrutura ou dimensão do negócio. É deste modo que estão definidos conjuntos diferentes de sete a onze ‘zonas de distribuição’, carregando no total um montante de 50-80 encomendas diariamente.

As encomendas devem ser requisitadas com pelo menos 24h de antecedência e duplamente impressas depois de registadas e validadas no sistema. Uma primeira cópia serve para lançar a ‘ordem de execução’, de modo a serem preparadas as encomendas nos diversos sectores do armazém, onde as prioridades de preparação são habitualmente atribuídas pela diversidade de produtos. As segundas cópias são utilizadas para o planeamento da distribuição e devem ser organizadas em zonas separadas consoante o dia de entrega correspondente ou directamente introduzidas, caso este já esteja em curso. Este documento já possui as informações necessárias para o suporte ao planeamento manual, conforme se pode consultar em detalhe no Anexo B.

Apesar de cada filial possuir um planeamento da sua própria distribuição de produtos, a sede da empresa é a que, para além da maior frota e maior área de cobertura, tem de abastecer os restantes armazéns. Para este efeito, existe uma pessoa unicamente destinada a conjugar, sempre sem recurso a modelos informáticos, a atribuição das viaturas disponíveis para satisfazer as encomendas. Este processo envolve ainda a gestão de situações extraordinárias, originadas pelas características dos produtos ou inconveniências de adaptabilidade face à optimização desejada, e o acompanhamento da distribuição feito através da comunicação dos motoristas para o departamento. Existem, no entanto, duas pessoas a dar apoio a este departamento e a fazer a ligação do processamento da informação com as ordens dadas para o armazém.

Esta é a estrutura que permite dar início ao planeamento de criação de cargas e escalas com aproximadamente um dia e meio de antecedência.

5.1.3 Modelo de Planeamento

Habitualmente, o processo tem início a meio da tarde para carregar no dia seguinte e distribuir dois dias depois. As encomendas são, numa primeira fase, separadas pelas rotas pré-definidas e agrupadas consoante o destino e pelos carregamentos de grandes quantidades, frequentes para clientes de varão de construção. Proveniente das limitações de peso, é feito um acompanhamento do valor total por monte, através da indicação de um somatório de cargas calculado pelo responsável.

A lógica subjacente a este planeamento é feita principalmente baseada nas condicionantes de capacidade e nas combinações possibilitadas pelos recursos disponíveis. A experiência adquirida é deveras relevante pelas especificidades existentes, tais como o volume elevado de um determinado produto que, não influenciando significativamente a carga, impossibilita a conjugação com outros produtos. No final do prazo de aceitação de pedidos dos clientes dá-se início ao processo de atribuição de veículos para os conjuntos de encomendas definidos. Deste modo, os motoristas podem proceder ao carregamento das mesmas percorrendo os diferentes sectores no armazém.

Os métodos de optimização utilizados assentam fundamentalmente na possibilidade de conjugação de rotas, cujo conhecimento é apreendido na prática diária. A sensibilidade para uma correcta divisão na alocação de cargas a motoristas considera-se dificultada por factores como: o armazenamento de informação que, apesar de estar registado em papel, é usado consoante os dados retidos pelo responsável; e pela restrição das associações de viaturas a motoristas.

5.2 TNT – Express Worldwide Portugal Transitários e Serviços Complementares, S.A.

A TNT, através dos seus serviços de transporte de bens e documentos, actua globalmente a nível internacional, concentrando-se no cumprimento de prazos de entrega e recolha. Na Europa, conta actualmente com cerca de 415 armazéns espalhados por 33 países, nos quais tem um total de cerca 14.500 veículos. Para além disso, contém ainda 45 aviões próprios a ligar 25 desses países (TNT, 2007). Surgiu no mercado português há sensivelmente quinze anos, onde tem actualmente cinco armazéns: Lisboa, Porto, Coimbra, Faro e Évora.

5.2.1 Mercado Concorrencial

As tendências demográficas de um envelhecimento natural e de concentração da população nas metrópoles têm diversas repercussões para as empresas a actuar neste ramo. Em consequência a estas vem, por exemplo, uma maior procura de produtos e serviços de saúde, que implicitamente geram desafios e uma necessidade de adaptação a uma nova realidade.

A actividade económica da TNT está essencialmente concentrada na Europa, onde, apesar da forte concorrência internacional, nutre uma posição cada vez mais consolidada. Alcançou recentemente a liderança no serviço expresso do mercado europeu, seguindo uma estratégia que sempre contemplou um investimento significativo em tecnologia, para suportar uma melhor gestão dos constrangimentos operacionais. Mais especificamente, para intensificar o seu nível de competitividade e alinhado com uma estratégia de compromisso ecológico, tem sido reforçado o cumprimento e concretização da optimização da rede e dos serviços de transporte (TNT, 2009).

Em Portugal, apesar de não ser líder de mercado, a sua posição foi sendo amplificada, permitindo ter actualmente uma magnitude de extrema relevância.

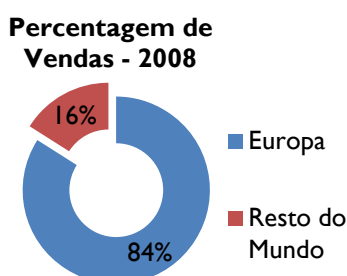


Figura 16 – Vendas da TNT, adaptado de (TNT, 2009)

5.2.2 Estrutura e Organização do Planeamento

Cada armazém, também denominado por ‘depot’, está sujeito a um planeamento próprio, com excepções originadas pelos tipos de serviço para diferentes áreas geográficas. Estes estão divididos em serviço aéreo, rodoviário e doméstico. Os dois primeiros casos consistem num planeamento estratégico previamente delineado, onde as situações de influência nas decisões se restringem ao transporte de transferências entre ‘depots’. O serviço doméstico corresponde ao serviço de entregas e recolhas diárias feitas pelas carrinhas, parte integrante da frota subcontratada.

Os departamentos dedicados a esta problemática estão incumbidos diariamente da gestão de excepções, do acompanhamento e controlo do cumprimento do serviço, do planeamento e atribuição de recolhas, da ligação com as tarefas de armazenagem, entre outras funções. Para além destes, existe ainda um gabinete central para apoiar nas dificuldades emergentes, acompanhar a performance do negócio e criar o elo de ligação entre a estrutura central e a local.

5.2.3 Modelo de Planeamento

Com a chegada de camiões provenientes das diferentes ligações existentes e do serviço aéreo, é realizada, entre o final do dia anterior de início de execução das rotas, a separação das encomendas por códigos postais. Esta divisão é determinada pelo planeamento estratégico, que gere a definição de rotas, fragmentando-as em conjuntos de códigos postais.

O procedimento a que se recorre, quando surge a necessidade de alterar tais conjuntos pré-estabelecidos, é provocado pelas implicações de modificações nas dimensões do negócio numa determinada zona, ou pelas exigências em certos períodos do ano. O planeamento estratégico tem sido um dos principais enfoques de desenvolvimento para a empresa, por actualmente ser feito de forma manual pelos responsáveis do ‘depot’ e pelos coordenadores centrais. A exemplificação deste processo está esquematicamente sintetizada na Figura 17, abaixo indicada,

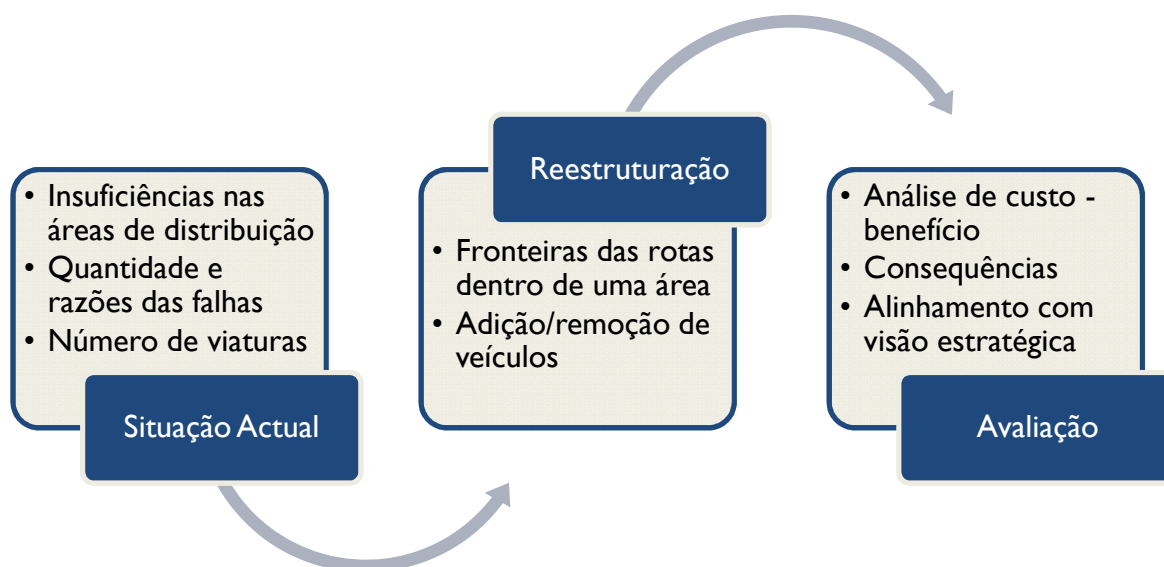


Figura 17 – Planeamento Estratégico

A estrutura evidenciada na Figura 17 suporta um planeamento tático mais rotineiro, dando assim a possibilidade ao departamento de desempenhar as funções a ele atribuídas. Apesar das necessidades de pequenas alterações diárias para responder a variações naturais da dinâmica do negócio, pode-se encarar o processo genérico segundo a lógica da Figura 18.

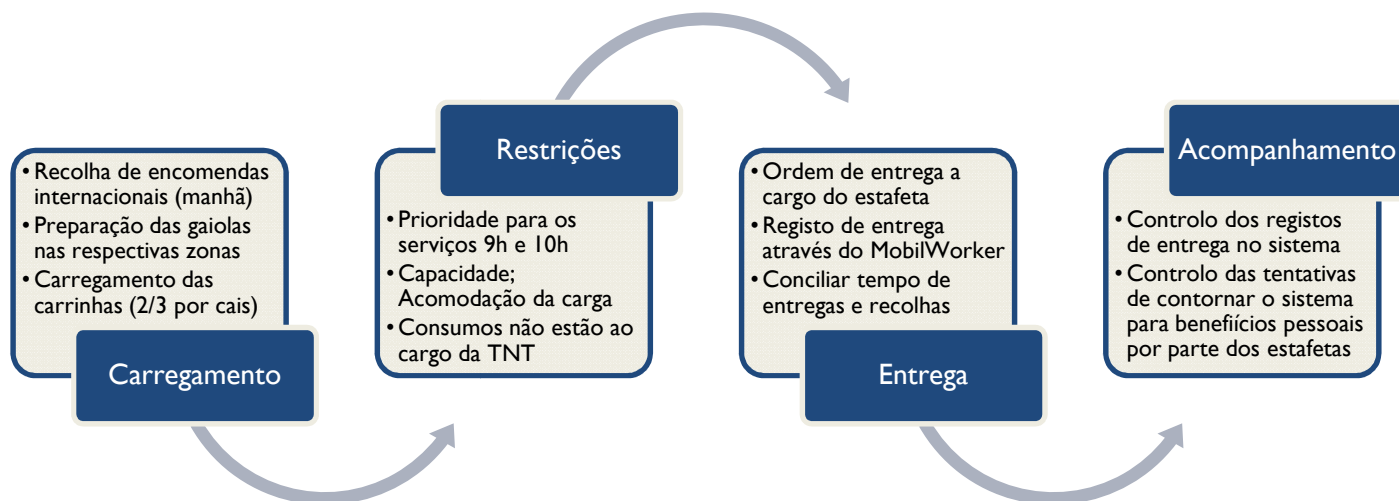


Figura 18 – Planeamento Tático de Entregas

Simultaneamente, é realizada a alocação das recolhas pelos veículos, sendo que a introdução das mesmas no sistema ainda é feita manualmente. Existe uma pessoa responsável para, consoante o código postal e o tipo de encomenda, atribuir uma recolha a um estafeta. Apesar de existirem tabelas de apoio para o exercício desta actividade, o número elevado de pedidos e os casos com características especiais impelem a realização do mesmo com base na experiência. A prática frequente pode ser sumariada na Figura 19.



Figura 19 – Planeamento Tático de Recolhas

Os progressos na actividade de *picking* vieram facilitar o acompanhamento das encomendas no sistema e, conseqüentemente, originaram melhorias pelo aumento da capacidade de controlo durante todo o processo.

Em conformidade com a política de funcionamento da empresa, que é estimulada pela própria estrutura do negócio, é feito o acompanhamento de vários índices de performance em relatórios diários, semanais e mensais. Estes, para além de ajudarem a compreender as falhas e dificuldades enfrentadas, conjuntamente com uma estrutura de remunerações essencialmente variáveis, funcionam como um sistema que fomenta uma optimização parcial.

5.3 LUÍS SIMÕES – Luís Simões, S.G.P.S., S.A. (Transporte)

Os principais sectores de actividade da Luís Simões são o transporte de mercadorias, a logística e ainda a manutenção e comercialização de viaturas. O caso de estudo incidiu unicamente sobre o ramo dos transportes, cujo objecto consiste substancialmente no transporte de mercadorias por rodovia. É constituído por três empresas a actuar em Portugal e Espanha (Transportes Luís Simões SA, Luís Simões Logística Integrada SA e Transportes Reunidos Lda.) e tem como responsabilidade a gestão de cerca de 900 viagens diárias. Já há alguns anos que estas asseguram a liderança do fluxo de mercadorias pela via rodoviária na península ibérica, e apesar de um grupo extenso de 1471 clientes, 7,2% destes são responsáveis por 80% das vendas (Luís Simões, 2009).

5.3.1 Mercado Concorrencial

A mudança para um ambiente cada vez mais dinâmico com a aplicação de metodologias Just-in-Time (JIT), Lean Manufacturing entre outras, visando o objectivo de reduzir *stocks*, provocou, não só o aumento do negócio do transporte, como também uma maior pressão sobre os custos associados a este. No entanto, a instabilidade económica sentida recentemente agravou o excesso de oferta já sentido na península ibérica. Segundo a própria empresa, é de esperar um processo de selecção natural nos próximos anos, que resulta numa tendência de concentração das empresas, de modo a reduzir custos fixos e ampliar a área de actuação.

O sector continua bastante vincado pela percentagem das frotas próprias no total do parque de veículos, com informação mais detalhada disponível para consulta no Anexo A. Ainda assim, o volume de empresas de pequena dimensão nesta área é mais acentuado em

Espanha do que em Portugal. O mercado concorrencial tem desta forma uma perspectiva diferente para a Luís Simões, por esta fazer parte de um número restrito de grandes empresas de maior capacidade, que contrata regularmente empresas de menor dimensão.

5.3.2 Estrutura e Organização do Planeamento

A estrutura organizacional da empresa no sector dos Transportes Ibéricos é apresentada na Figura 20, com a finalidade de representar a organização que suporta o departamento de ‘Exploração’ onde é feito o planeamento da frota.

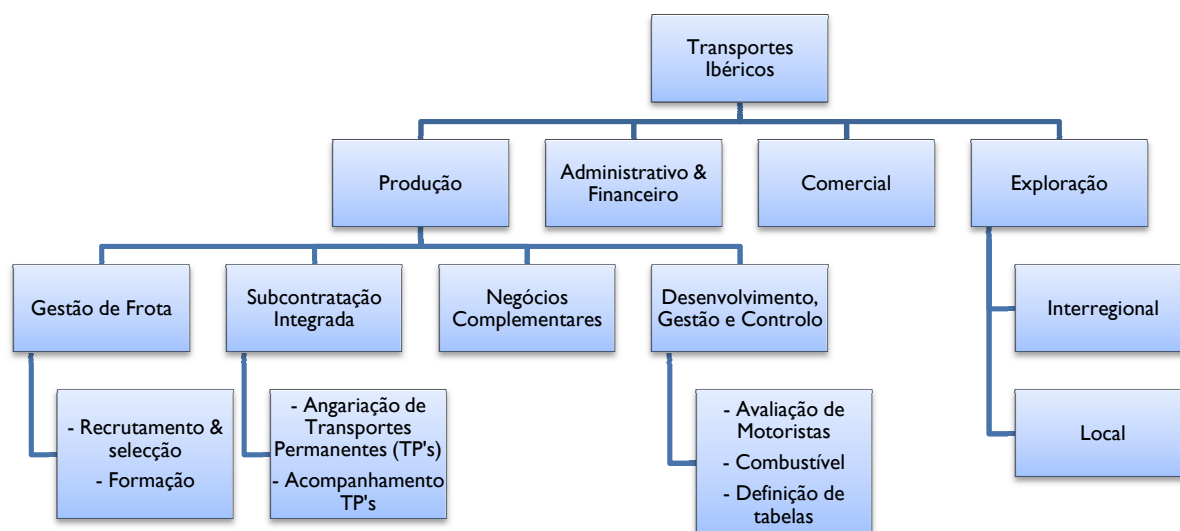


Figura 20 – Estrutura Organizacional dos Transportes Ibéricos Luís Simões

Existem três tipos de transporte: Frota Própria (FP), Transportes Permanentes (TP) e Transportes Eventuais (TE). Estes têm de dar resposta aos pedidos existentes, tentando compensar o desequilíbrio de fluxos. As distribuições dentro dos tipos de transporte e serviços estão representadas de uma forma aproximada na Figura 21.

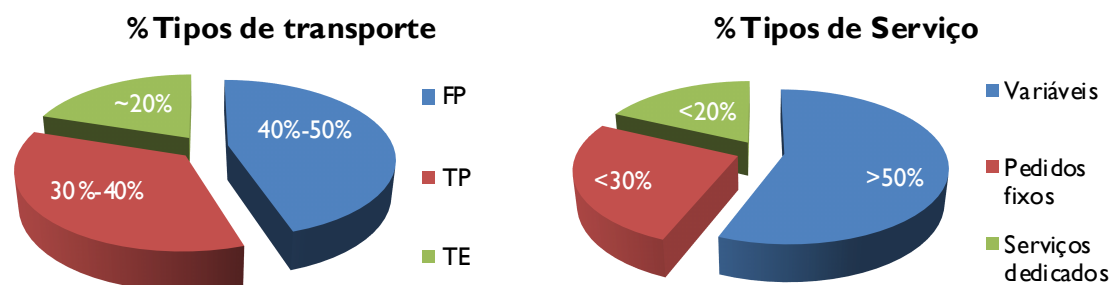


Figura 21 – Divisão dos Transportes e Tipos de Serviço

A frota própria, que já foi em tempos a maior componente do transporte da empresa, tem vindo a minorar em prol de um balanceamento com os transportes permanentes. Estes são

vistos como vantajosos e económicos pelas menores preocupações implícitas ao seu processo. Existe um contrato que lhes garante um nível de serviço mínimo e um tratamento semelhante por parte do departamento de ‘Exploração’. Em contraponto, os transportes eventuais socorrem os serviços actuais, sempre que é necessário, de forma a compensar eventuais desequilíbrios.

Pelo facto do tipo de serviço se tratar maioritariamente do transporte de cargas completas em percursos relativamente longos, pode-se afirmar que o desequilíbrio de fluxos se torna uma das dificuldades mais desafiantes. De modo a facilitar a gestão dos recursos neste sector, o planeamento é dividido entre o serviço nacional e os corredores (percursos entre centros de distribuição), conforme vêm indicados na Figura 22. No período corrente a sua gestão é feita individualmente por uma pessoa – o assistente de meios.



Figura 22 – Exemplificação de Corredores entre Centros

Ao todo existem dezassete corredores e o número destes está atribuído a um responsável depende da exigência e quantidade média dos pedidos. O serviço nacional, anteriormente referido, é distinguido pela sua volatilidade, dada a necessidade de resposta célere. Esta característica motiva também uma maior necessidade de contacto permanente com o departamento comercial para possibilitar soluções imediatas. Este último é quem introduz as encomendas, com as restrições inerentes, no sistema, de modo a ficarem disponíveis no ERP para processar o planeamento.

5.3.3 Modelo de Planeamento

A principal responsabilidade de um assistente de meios é de fazer a alocação dos serviços aos motoristas, atendendo às restrições horárias, com o objectivo de minimizar o número de quilómetros em vazio e balancear as distâncias percorridas por condutor. Apesar dos subconjuntos referidos no capítulo anterior, a separação entre corredores e o serviço nacional, durante a fase de planeamento existe uma comunicação entre os responsáveis para conjugar possíveis compensações. O processo em questão pode ser descritos de uma forma abreviada pela Figura 23.

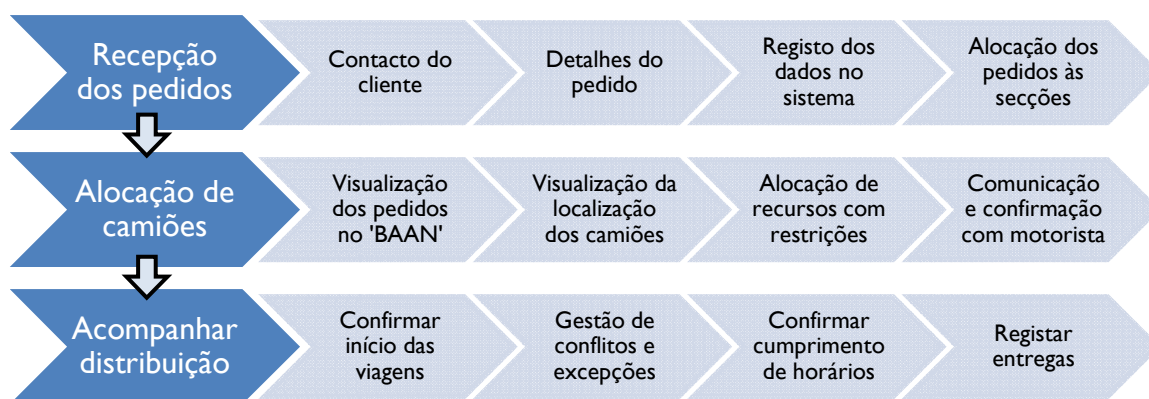


Figura 23 – Funções Genéricas para o Processo de Planeamento

Os assistentes de meios que sustentam a realização de um trabalho bem feito devem atender principalmente às três restrições mais significantes: horários de condução, localização e tempos de carga/descarga.

Nas primeiras limitações, há que ponderar as capacidades de um motorista na realização tanto do serviço em causa, como dos possíveis trabalhos conseguintes. Actualmente é possível aceder a um gráfico do registo, feito pelo motorista no seu computador de bordo, e elaborado pelo sistema de informática embarcada (XTraN), e efectuar o planeamento tentando conciliar as disponibilidades dos motoristas.

Seguidamente, para a problemática da localização, é necessário considerar a zona da última paragem do camião e o local de carregamento e de descarregamento. Estes factores são essenciais para possibilitar a minimização global do número de quilómetros em vazio, mas não deixam de ter implicações para as restantes restrições.

Por último os tempos de carga e de descarga, apesar de serem desvalorizados, são conhecidos pela experiência adquirida dos responsáveis e têm também grande relevância no

processo. A razão deve-se ao facto de estes serem contabilizados para o tempo de trabalho do motorista e do peso que tem num dia normal.

O carregamento dos camiões acaba por quase não ser uma limitação, por se tratarem, de um modo geral, de serviços de carga completa em que a responsabilidade desta execução está ao cargo do cliente.

O planeamento das escalas resulta então de uma atribuição manual feita pelos assistentes de meios, com base nas informações apoiadas no sistema informático. O planeamento de rotas é realizado por uma aplicação sempre que existe um novo ponto no sistema. É definido o conjunto de caminhos mais curtos entre os possíveis pontos, para que na inserção de uma nova encomenda esteja já estabelecida a dimensão, o custo e o percurso específico da ligação.

6 DISCUSSÃO

Este capítulo destina-se a estudar e confrontar as realidades observadas, de modo a compreender as especificidades de cada uma delas e formar analogias dos tipos de problemas com diferentes áreas de negócio. A estrutura visa dar resposta às hipóteses mencionadas nos objectivos e interpretar o estado actual do mercado de transportes de mercadorias, no que toca ao apoio dado por sistemas para o planeamento.

Primeiramente é indispensável fazer um enquadramento dos casos de estudo descritos com as características dos tipos de problemas já mencionadas. Na Tabela 5 pretendeu-se sintetizar a informação efectiva, apesar das particularidades existentes para determinados tópicos.

Tabela 5 – Resumo das Principais Características das Empresas

	Tipologia	Serviços incorporados					Frota	
		Dedicados	Carga completa	Carregamento especializado	Carga fracionada	Expresso	Própria	Subcontratada
Chagas	Empresa de carga própria		✓	✓	✓		✓	
TNT	Empresa de Transporte			✓	✓	✓		✓
Luís Simões	Empresa de Transporte	✓	✓	✓			✓	✓

As três empresas contemplam no seu serviço o carregamento especializado, embora de maneiras diferenciadas e com uma regularidade distinta. No caso da Chagas deve-se à distribuição de determinados produtos, inerentes ao próprio comércio, que tanto podem implicar um certo veículo como competências específicas. As situações da TNT, nas quais se pode fazer esta assimilação, estão relacionadas com exigências de clientes para produtos específicos, com uma menor regularidade devido à existência dos serviços especiais. Finalmente na Luís Simões, apesar de o carregamento/d Descarregamento não fazer parte das funções a desempenhar pelo motorista, certos clientes podem ter limitações que requerem experiência e aptidões particulares.

Na síntese exibida não se abrangem certos casos particulares, pois o objectivo é descrever, de uma forma genérica, a estrutura do problema e as respectivas dificuldades enfrentadas. A título de exemplo, no caso da Chagas pode ser necessário recorrer à subcontratação de veículos quando ocorrem picos de encomendas. Com o panorama das diferentes características e com os conhecimentos adquiridos nos casos de estudo é então possível identificar as tipologias nos respectivos negócios.

6.1 Tipologia dos Problemas

Seguindo a ordem estipulada na estrutura do presente estudo, definiram-se então, em primeiro lugar, as particularidades a considerar para a delimitação do modelo de cada empresa. Foi feita uma atribuição das mesmas a cenários distintos, de modo a possibilitar a percepção das limitações para um conjunto de problemas semelhantes.

A Chagas, como armazenista de um conjunto variado de produtos, promove uma maior atenção na logística de aprovisionamento e de distribuição. Embora a gestão de transportes seja um elemento integrante desta última, o peso da sua importância no conjunto das actividades é minorado, pela dimensão que tem relativamente aos vários custos do negócio. O planeamento de recursos adapta-se, de forma a dar resposta, ao esforço feito pelo departamento de vendas. Neste sentido, as preocupações dominantes são referentes à ocupação dos veículos para o carregamento de diferentes encomendas, a possível conjugação de zonas de distribuição e o balanço dos diversos serviços pelos motoristas.

Assim sendo, pode-se considerar esta empresa própria de um cenário do tipo 'A', em que o modelo empregado assenta fundamentalmente numa gestão de frota. Contudo, na analogia a problemas pertencentes a um cenário idêntico, há que considerar o planeamento de rotas para reduzir o número de quilómetros percorridos como parte integrante do processo. Esta atenção deve-se principalmente à inclusão da frota própria, pois a diferença de valores, inerentes a um menor consumo de combustível, pode representar uma componente significativa nos custos globais.

A TNT, afirmada no mercado pelo serviço de transporte expresso, caracteriza-se por uma distribuição urbana de múltiplas entregas. As condições de operação da frota distinguem-se pela conciliação da redução do número de veículos a utilizar para um elevado número de entregas por rota. A isto acresce a complexidade de contemplar as janelas temporais que, estando adjudicadas a um cliente, podem sofrer alterações e exigir uma resolução

instantânea. No entanto, a quilometragem efectuada e a ocupação dos veículos são factores que, apesar de considerados, não estão directamente associados às preocupações do planeamento. Isto deve-se, essencialmente, ao facto de se tratar de frota subcontratada e da principal restrição de diligência ser do foro temporal.

Pode-se então descrever o cenário 'B', no qual está incluído o caso supramencionado, como um caso onde o principal objectivo se prende com a minimização do número de veículos, garantindo o bom nível de serviço, controlado pelos índices de performance. Apesar do grande esforço operacional exigido para o modelo apresentado, é possível ser feito um tratamento táctico através de uma padronização estatística dos dados históricos, com a finalidade de suportar uma melhor optimização.

Por último, a Luís Simões é o caso que melhor representa o transporte de cargas completas, que, embora não implique cingir-se a uma única entrega, se rege por uma abordagem idêntica a esta. Nesta situação, os custos de transporte derivam especialmente das distâncias percorridas consoante o tamanho das cargas. O resultado proveniente para os objectivos operacionais origina o empenho na minimização dos quilómetros a efectuar em vazio, cujos custos são imputados à transportadora. Todavia, a extensa regulamentação dos horários de condução dos motoristas provoca dificuldades na focalização das considerações.

Esta derradeira situação agrupa-se num cenário 'C', cujo fundamento pode ser dividido em duas necessidades distintas. A primeira prende-se com o objectivo de reduzir o custo associado ao trajecto a percorrer. As particularidades influentes neste esforço consistem na minimização do número de quilómetros, a circulação em vias de pagamento obrigatório, os tipos de condução, entre outros. Já para a atribuição de recursos aos serviços, e respectiva diminuição do conjunto de quilómetros em vazio da frota, é oportuna a observação das diferentes combinações possíveis, consoante a localização dos veículos. Esta última consideração carece de uma ligação directa com as limitações horárias dos condutores, não esquecendo as implicações destas para serviços futuros.

Pretendeu-se resumir a informação dos requisitos prioritários nos diferentes cenários, para possibilitar uma melhor percepção das dificuldades enfrentadas. As Tabela 6 e Tabela 7 condensam a informação recolhida com uma caracterização baseada na importância e tipo de influência para o processo de planeamento.

Tabela 6 – Considerações importantes para o planeamento nos diferentes cenários

Cenários	C o n s i d e r a ç õ e s																	
	Definição de Rotas						Gestão de Frota						Outras Características					
	Quilómetros do trajecto		Tempo de Condução		Tempos de carga/descarga		Capacidade do veículo		Nº de encomendas por veículo		Nº de veículos necessários		Janelas temporais		Produtos associados a veículos		Localização do veículo	
A	↗	V	↗	V	↗	V	↑	P	↗	V	↗	V	↗	V	↗	V	→	P
B	→	P	↗	V	→	P	↗	P	↑	V	↑	V	↑	V	→	P	↘	P
C	↑	V	↑	V	↑	V	↘	P	↘	P	→	P	↗	V	→	P	↑	V

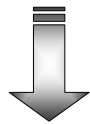


Tabela 7 – Objectivos principais nos diferentes cenários

Cenários	O b j e c t i v o s				
	Minimizar nº de quilómetros	Minimização do nº de veículos	Maximizar a carga por veículo	Balanço dos serviços de motoristas	Minimizar nº de quilómetros em vazio
A	→	↗	↑	→	↗
B	→	↑	↗	↘	→
C	↑	↘	↘	↗	↑

Legenda

↑	Muito Importante
↗	Importante
→	Útil
↘	Quase insignificante
P	Pré-definido
V	Variável

Das tabelas infere-se as diferenças manifestadas nas situações observadas. Os factores referidos são abrangentes e a sua consideração foi também baseada comparativamente com os restantes cenários. A classificação atribuída para cada um destes tem em conta os modelos e estrutura de negócio testemunhados.

Para além disso é de referir também que as classes ‘pré-definido’ e ‘variável’ estão incluídas numa lógica da influência que o processo de planeamento operacional tem neste. Como se consideram conjuntos de problemas num ramo, pode-se originar o caso do cenário C, em que o número de quilómetros do percurso é considerado variável, apesar de no caso de estudo já existir uma aplicação que fixa este valor. No cenário B este mesmo vector é considerado pré-definido pelo facto da estrutura do negócio fazer com que este não seja preocupação do planeamento, desde que seja exequível. Neste mesmo cenário considera-se o tempo de carga e descarga pré-definido por ser atribuído um valor médio, dada a quantidade diária por veículo existente.

É perceptível uma mistura das necessidades para o cenário A proveniente dos outros dois, conforme os próprios tipos de transporte já indicados anteriormente na Tabela 5 sugeriam. No entanto, este trata também de um problema de menor dimensão, pelo que esta compensação pode facilitar comparativamente a obtenção de solução e inclusivamente provocar variações de menor dimensão.

6.2 Utilização e Lacunas nos SADs

Com o propósito de aferir as considerações feitas inicialmente, os casos estudados permitiram o conhecimento do recurso a ferramentas informáticas por eles utilizados. A evolução tecnológica promoveu o desenvolvimento de sistemas de apoio ao negócio que mercadorias o planeamento ainda comporta uma insuficiência no apoio destas, quer pela necessidade de *customização*², quer pelo dinamismo inerente ao tipo de negócio.

Foi possível identificar que, apesar da variabilidade sentida nos diferentes cenários, se procura, com base em dados históricos e previsões, padronizar os factores inconstantes, de modo a realizar um planeamento tático. Este visa suportar o problema operacional através

² Adaptação ao gosto do cliente; Personalização

de uma fragmentação e, apesar de condicionar parcialmente a optimização global, facilita nitidamente a intervenção humana no processo.

Os elementos abrangidos pelas dificuldades tácticas são mais facilmente dotados de um apoio informático. Ainda assim, verificou-se que os obstáculos nas diferentes realidades estão longe de ser ultrapassados. Os sistemas de informação, utilizados em empresas de grande dimensão, facultam, de certa forma, informação relevante para o suporte exigido. Adicionalmente, existem aplicações desenvolvidas, cujo enfoque se centra exclusivamente no planeamento de transportes. Estas são vistas como uma mais-valia, incluindo, no entanto, uma grande complexidade na sua aplicação, conforme foi apreendido nos casos práticos.

Primeiramente, apesar das diversas funcionalidades incorporadas, a intenção de responder a problemas genéricos restringe a consideração de particularidades imprescindíveis na organização. A *Paragon* é um exemplo de desagregação de diferentes aplicações para modelos de negócio distintos. Contudo, este problema é resolvido para um período de médio prazo, pelo que possibilita um estudo mais cuidado das considerações extraídas através da padronização.

Nos casos abordados foi possível a identificação de ferramentas com este propósito na TNT e na Luís Simões. A primeira está já numa fase de implementação de uma aplicação desenvolvida internamente para alicerçar o problema táctico enfrentado em cada armazém. A estrutura desta visa aplicar inicialmente um método de construção, tal como o Algoritmo de Christofides ou o Método de Clark & Wright, seguindo-se de uma melhoria, de modo a constituir conjuntos de rotas baseados na informação de um histórico do exemplo de uma semana. No caso da Luís Simões existe uma ferramenta para a definição dos percursos entre quaisquer dois pontos de atribuição possível, suportada por uma organização de ligações entre áreas de actuação para a qual é dimensionada uma frota. No caso da Chagas, apesar de também existir uma estrutura, em que são definidos conjuntos de percursos a realizar consoante o dia da semana, não existe qualquer apoio informático para a sustentar.

Simultaneamente, para o problema operacional, a inovação tecnológica ainda não alcança a capacidade de um apoio adequado às realidades enfrentadas, pela excessiva informação necessária e o tempo consumido para a introdução da mesma nos sistemas. Este tipo de planeamento foi aquele, no qual foi possível fazer um acompanhamento efectivo.

Verificaram-se diversas dificuldades inerentes ao dinamismo característico do negócio, que indiciam a inevitabilidade de uma considerável intervenção manual.

Para o caso da Chagas, conforme já foi referido anteriormente, não é utilizado nenhum sistema de apoio. Consequentemente é originada a necessidade de recorrer a métodos de planeamento manual. Apesar da existência de métodos manuais, como o SDS – “Simplified Delivery System”, actualmente apela-se às capacidades e experiência dos responsáveis, tanto pelas especificidades, como pela dimensão e estrutura do negócio.

A TNT e a Luís Simões têm ambas sistemas de informação que permitem um excelente acompanhamento, facultando informações em tempo real, auxiliando no suporte à tomada de decisões diárias. No entanto, a volubilidade do mercado, mesmo com a criação de uma organização táctica com o intuito de minimizar a complexidade do modelo, obriga os encarregados de departamento a um esforço avultado para conceber soluções, atendendo as inúmeras restrições implícitas.

A TNT carece de uma análise de possíveis conjugações ou divisões de rotas, de modo a tentar satisfazer o conjunto de pedidos com o mínimo de recursos possíveis. Porém, é obrigatório atender às restrições temporais garantindo uma boa performance. Para assistir este processo de planeamento recorre-se a habilidade dos responsáveis, que mentalmente procuram solucionar, baseado numa lógica simplista de métodos de melhoria. Idealmente, a simplificação destas intervenções seria proveniente da utilização de um sistema baseado num método composto com uma maior frequência e considerando os dados do sistema constantemente actualizados. Contudo, esta realidade envolve uma complexidade incomportável para as capacidades actuais das ferramentas informáticas.

Na Luís Simões a restrição principal resume-se na complexidade das limitações dos horários de condução, impostas pela pesada regulamentação actual. Apesar dos já existentes PEM, os sistemas ainda pecam por não contemplarem todas as implicações. No entanto, para responder à minimização do número de quilómetros em vazio, segundo a estrutura definida, pode-se tratar analogamente a um problema de emparelhamento.

Todas as possíveis abordagens carecem de uma análise mais aprofundada das particularidades de um cenário. Para além disso, deve ser estudado cuidadosamente os requisitos para o desenvolvimento de um sistema ou aplicação específica, de modo a usufruir dos conhecimentos em posse para as funcionalidades necessárias.

7 REFLEXÕES FINAIS

7.1 Balanço do Trabalho Realizado

O apoio à decisão para o planeamento de transportes de mercadorias é um tema de elevada complexidade e com um enfoque crescente nas organizações. O avanço tecnológico, concepção de novas metodologias e a globalização originaram um aumento desta necessidade com um cuidado acrescido nos custos inerentes.

A colaboração das empresas estudadas permitiu o conhecimento de realidades distintas, como também apreender as limitações e os objectivos característicos de cada uma. Conferiu-se o dinamismo espectável, subjacente em todas elas, pela própria evolução da actividade comercial. No entanto, devido ao curto período de acompanhamento, foi analisado o planeamento operacional e recolhida informação da estrutura que o suporta, não sendo isso possível para o planeamento tático.

As aferições realizadas constataram a complexidade imputada ao negócio, pela quantidade de informação exigida e o número elevado de restrições a ter em conta, para uma correcta abordagem ao problema. Neste sentido, mesmo com uma boa integração de sistemas, as especificidades das considerações dificultam a criação de sistemas para o apoio aos desafios operacionais.

A tentativa proposta inicialmente, de estudar a viabilidade de um sistema genérico de apoio ao sector dos transportes de mercadorias foi vista como desadequada, face às particularidades, objectivos e estruturas diversas, apuradas nos diferentes cenários. No entanto, verifica-se uma tendência, por parte das empresas com *software* já desenvolvido, de tentar assegurar o suporte para os problemas distintos. Esta generalização excessiva pode gerar um desajuste na concentração das características relevantes, bem como a própria relutância por parte de um potencial cliente.

Em resposta aos objectivos inicialmente traçados, identificaram-se as tipologias dos problemas, segunda a informação recolhida. Foi possível criar um paralelismo com um ou mais modelos para cada situação, sendo sempre realçadas as dificuldades provocadas pela dinâmica inerente. Contudo, contrariamente às expectativas iniciais, pôde-se constatar que a utilização de sistemas de apoio à decisão, para o planeamento do transporte de

mercadorias, ainda não faz parte da realidade actual. Este factor faz com que ainda seja procurado pelas empresas uma ferramenta que responda às suas necessidades.

O acompanhamento de diferentes segmentos e dimensões dos casos estudados facultou ainda as perspectivas de cada organização. Por um lado observou-se a despreocupação por parte da Chagas em relação a esta problemática, devido à pequena dimensão da sua frota. Já no caso da Luís Simões foi perceptível a vontade de encontrar um sistema que apoiasse a sua estrutura, pela consideração da insuficiência dos actualmente existentes no mercado. A TNT, sendo uma multinacional com um centro de desenvolvimento próprio, mostrou ser um dos seus principais focos, apesar de ainda estar ciente da grande margem de progressão do desenvolvimento nesta área.

Deste modo, identificou-se a primeira situação como um caso a contemplar um elevado número de restrições, mas cuja dimensão pode possibilitar um auxílio mais facilitado. As lacunas, neste caso, não são identificadas pela empresa, ou por se considerar a incapacidade de um sistema responder às suas necessidades ou por desconhecimento. Já nos casos conseguintes, em que ambas possuem um número elevado de variáveis, foram identificados objectivos diferentes. Para a Luís Simões, as atenções estão em duas restrições principais – tempos de condução e número de quilómetros em vazio. A TNT, possuindo já um sistema recentemente desenvolvido, considera a importação de toda a informação como o maior constrangimento para uma melhor adequabilidade.

Assim sendo, considerar-se-ia mais apropriado, para uma empresa com competências relacionadas entrar no mercado, o desenvolvimento de um sistema adequado a um cenário específico. Para além de facilitar a adaptação para uma correcta abordagem do problema, e salvaguardar assim uma credibilidade no mercado, promove uma maior confiança por parte do cliente, permitindo a instrução mútua.

Outra vertente de exploração exequível consistiria no desenvolvimento de aplicações de suportes para as dificuldades supramencionadas. Nestas poder-se-ia concentrar a atenção nas condicionantes dos tempos de condução ou nas problemáticas de emparelhamento, aproveitando as sinergias das suas competências.

Qualquer uma destas soluções precisa de garantir uma forte capacidade de interacção com o utilizador. Mesmo na óptica do planeamento táctico, um apoio informático deve atender às pequenas alterações provenientes do dinamismo do negócio, considerando a tendência

de aumento da sua frequência. Juntamente seria necessária uma avaliação aprofundada de requisitos, de modo a estudar a viabilidade económica da sua configuração.

Finalmente, reconhecem-se algumas limitações do trabalho desenvolvido, nomeadamente ao nível da generalização dos problemas. Esta deveu-se, não só à própria amplitude do tema em estudo, como também ao tempo escasso e o reduzido número de casos de estudo. Considera-se ter sido útil para uma percepção da situação actual do apoio de sistemas para o planeamento no mercado nacional, mas exige um conhecimento mais aprofundado para satisfazer as necessidades em qualquer segmento.

7.2 Perspectivas de Trabalho Futuro

No seguimento da análise efectuada, pode sugerir-se, para trabalho futuro, uma pesquisa das diferentes organizações portuguesas com um conjunto de custos relevante no sector do transporte de mercadorias, para justificar o uso de um apoio informático. Posteriormente, estabelecer uma fragmentação dentro das várias problemáticas enfrentadas e das características diferenciadoras existentes. Deste modo seria possível estabelecer uma relação de cada empresa com o cenário adequado e assim ponderar entre os mais 'apetecíveis'. Por último poderia ser feito um estudo mais aprofundado num ramo particular, com a pretensão de conceber uma solução que responda de uma forma adequada às dificuldades sentidas.

Considerando as possibilidades do desenvolvimento de uma aplicação de apoio ou mesmo de um sistema para o planeamento, proporciona-se também a hipótese de realizar uma prospecção da disponibilidade, intenções e capacidade das empresas rumo ao progresso tecnológico. Assim permitir-se-ia corresponder às ambições das empresas, respeitando os graus de atrevimento/receio no confronto com os investimentos inerentes. Este levantamento pode ser feito paralelamente e contribui para uma percepção da abordagem ajustada perante um cenário específico.

Finalmente, para qualquer cenário, deve ser fomentada a receptividade para a inovação nos futuros utilizadores. Não sendo particularmente especial, a resistência e a descrença nas capacidades das ferramentas informáticas devem ser cuidadosamente observadas para poder definir planos de acção que impulsionem o êxito da integração.

REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA

ANTRAM, 2000. “Caracterização Sumária do Sector dos Transportes de Mercadorias”, pp.15-21

ARCLOGISTICS. 2008. “The Routing and Scheduling Solution for Fleet Management”, *ESRI*,
< <http://www.esri.com>>

BEKIARIS, Evangelos e GEMOU, Maria. 2006. “Dangerous Good Transportations Routing, Monitoring and Enforcement”, *GOOD ROUTE. IST-4-027873-STREP*, pp. 137-148

CHAGAS. 2008. “Relatório & Contas 2008”, *Florêncio Augusto Chagas S.A.*,
<www.facahagas.pt (2009-10-23)>

CHRISTOPHER, Martin 1998. “Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Services”, *Pitman Publishing, London*, pp. 184-225

COWLING, Peter. 2006. “Local Search Heuristics”, *Decisions Making Introduction and Overview*

DIAS, Cláudia. 2007 “Os Indicadores de Base Técnico-científica no Regime Simplificado de Determinação do Lucro Tributável: O caso do sector do transporte rodoviário de mercadorias”, *Dissertação de Mestrado em Contabilidade e Auditoria*, pp. 61-128

EU. 2006. “Regulation (EC) No 561/2006 of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006”, *Official Journal of the European Union L 102*, 11.04.2006
<http://www.lex.unict.it/euolabor/en/documentation/altridoc/regulation561-2006.pdf>

FILHO, Virgílio José M. F. 2001. e MELO, André C. S. “Sistemas de Roteirização e Programação de Veículos”, *Pesquisa Operacional*, v.21, n.2, pp.223-232

GLOVER, Fred, TAILLARD, Eric e De WERRA, Dominique. 1993. “A User’s Guide to Tabu Search “, *Annals of Operations Research*, v.41 n.1-4, pp.3-28

GOEL, Asvin e GRUHN, Volker. 2006. “Drivers’ Working Hours in Vehicle Routing and Scheduling”, *Working Paper*, University of Leipzig, Germany

GONÇALVES, Tiago. 2009. “Estudo Comparativo das Condições Económicas de Exploração dos Transportes de Mercadorias em Portugal e Espanha”, Apresentação no 1º Painel do 10º Congresso ANTRAM, 17.10.2009 <<http://www.antram.pt>>

GUEDES, Alcibiades P. 2000. “Introdução à Logística Empresarial”, *Acetatos de Apoio à Disciplina de Logística do MIEIG*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2000

–. **2000.** “Transportes”, *Acetatos de Apoio à Disciplina de Logística do MIEIG*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2000

HALL, Randolph W. 2003. “Handbook of Transportation Science”, Kluwer Academic Publishers, International Series in Operations Research & Management Science, pp. 451-506

HALPERN, Herbert. 2003. “Course Materials”, último acesso: Dezembro 2009, <http://math.uc.edu/~halpern/Linear.progr.folder/Handouts.lp.02/Hungarian.algorithm.pdf>

HENDERSON, Darrall, JACOBSON, Sheldon H. e JOHNSON, Alan W. 2003. “The Theory and Practice of Simulated Annealing”, *Handbook of Metaheuristics*, Kluwer Academic Publishers, International Series in Operations Research & Management Science, pp. 287-319.

JOHNSON, David S. e MCGEOCH, Lyle A. 1995. “The Traveling Salesman Problem: A Case Study in Local Optimization”, pp. 6-35.

LIN, Shen e KERNIGHAN, B. W. 1973. “An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling-Salesman Problem”, *Operations Research* 21, pp. 498–516.

LIONHEART PUBLISHING. 2008. “Vehicle Routing Software Survey”, último acesso: Janeiro 2010, http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/Vehicle_Routing/vrss.html

LUÍS SIMÕES. 2009. “Relatório de Sustentabilidade da Luís Simões 2008”, LS – Luís Simões, S.A., < <http://www.luis-simoes.pt>>

MÉLLO, Fábio G. A., SENNE, Edson L. F. e LORENA, Luiz A. N. 2009., “Uma nova heurística para o problema de escalonamento de motoristas”, *Produto & Produção*, vol. 10, n. 3, pp. 87-95, Out. 2009

MENESES, Hamifrancy 2008. “Roteirização de Veículos”, *Acetatos da Disciplina de Transportes de Carga*

MOURA, Ana e OLIVEIRA, José F. 2004. “Uma Heurística Composta para a Determinação de Rotas para Veículos em Problemas com Janelas Temporais e Entregas e Recolhas”, *Inv. Op.*, jun. 2004, vol.24, no.1, pp.45-62. ISSN 0874-5161

OLIVEIRA, José F. e CARRAVILLA, Maria A. 2002. “Metodologias de Apoio à Decisão”, *Actas da Disciplina de Optimization and Decision Support Techniques*

OUSSEDIK, Sofiane 2004. “ILOG Optimization Tools - Supply Chain Case Studies”, *Cork Constraint Computation Centre*, <<http://4c.ucc.ie/web/index.jsp>>

RAMOS, Karin C. S. e GONÇALVES, Mirian B. 2004. “Avaliação de Softwares Roteirizadores de Veículos”, *XVIII ANPET: Panorama Nacional de Pesquisa em Transportes, 2004, Florianópolis*, Vol. II, pp. 1237-1248

ROMEU, Miquel A. E. 2007. “Análisis de Estratégias Eficientes en la Logística de Distribución de Paquetería”, *Tese de Doutoramento da Universitat Politècnica da Catalunya*, pp. 35-78.

SOLÓRZANO, Eduardo G. 2003. “Análisis de los métodos de construcción de rutas en los sistemas de planificación para el problema del VRPTW”, *Tese elaborada para o Doutoramento em Ciências Económicas e Empresarias*, pp. 22-44

TNT. 2009. “Corporate Responsibility Report 2008”, *TNT N.V.*

–. **2007.** “Analysts’ Meeting”, *Presentation of an integral part of the press release issued by TNT on 6 December, 2007*

TOTH, Paolo e VIGO, Daniel. 2002. “The Vehicle Routing Problem”, *Siam – Monographs on Discrete Mathematics and Applications*, pp.109-125

VURAL, Arif V. 2003. “A GA Based Meta-Heuristic for Capacitated Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-up and Deliveries”, *Tese de Mestrado da Graduate School of Engineering and Natural Sciences*, pp.3-24.

ANEXO A

Estatísticas retiradas do IMTT – Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, I.P.



TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE MERCADORIAS - POR CONTA DE OUTRÉM

2009 (JUNHO)

Dimensão da empresa por nº de veículos motor	TOTAL DAS EMPRESAS		EMPRESAS COM VEÍCULOS PESADOS *		EMPRESAS SÓ COM VEÍCULOS LIGEIRAS	
	Nº empresas	Nº veículos	Nº empresas	Nº veículos	Nº empresas	Nº veículos
1 - 2	4344	6046	3777	5304	565	742
3 - 4	1977	6693	1851	6268	427	425
5 - 9	1533	10037	1446	9500	88	537
10 - 14	434	5063	420	4899	14	164
15 - 19	192	3350	182	3186	10	164
20 - 49	313	9509	305	9282	8	227
50 - 99	54	3710	53	3634	1	76
100 - 199	35	4742	35	4742	-	-
200 e mais	15	5703	15	5703	-	-
Empresas sem veículos motor	1336					
Total	10233	54853	8084	52518	1113	2335

* Estas empresas podem ter também veículos ligeiros

Fonte: IMTT

Evolução das trocas de mercadorias entre Espanha e Portugal (1999-2006)

(em milhares de toneladas)

ANO	NACIONALIDADE DA MATRICULA			TOTAL
	ESPAÑHOLA	PORTUGUESA	TERCEIROS	
1999	5.077	6.419	199	11.695
2000	5.622	6.236	209	12.067
2001	6.049	6.485	105	12.639
2002	6.677	7.613	99	14.389
2003	6.232	7.174	82	13.488
2004	7.044	13.446	162	20.652
2005	6.761	13.610	116	20.487
2006	8.140	14.826	111	23.077

Fonte: EUROSTAT. Regulamento CE 1172/98.

Notas: Segundo o INE, entre 1997 e 2003, não foram recolhidos dados correspondentes ao parque por conta própria. Os valores correspondentes ao ano 2004 incluem tanto o parque por conta própria como o por conta de outrem.

PARQUE DE VEICULOS DE MERCADORIAS
LICENCIADOS PARA O TRANSPORTE POR CONTA DE OUTRÉM

Escalões de Peso Bruto (Kg)	
TOTAL	49 935
CAMIÕES	19 317
Ligeiros	6 098
até 2500	574
de 2501 a 3000	981
mais de 3000	4 543
informação insuficiente	-
Pesados	13 219
até 7500	1 764
de 7501 a 10000	686
de 10001 a 12000	1 087
de 12001 a 13000	190
de 13001 a 16000	909
de 16000 a 18000	673
de 18001 a 19000	2 170
de 19001 a 22000	42
de 22001 a 26000	3 575
de 26001 a 29000	15
mais de 29000	2 094
informação insuficiente	14
TRACTORES	30 618
até 24000	28
de 24001 a 29000	11
de 29001 a 32000	19
de 32001 a 38000	76
de 38001 a 40000	30 472
mais de 40000	2
informação insuficiente	10

Fonte: IMTT



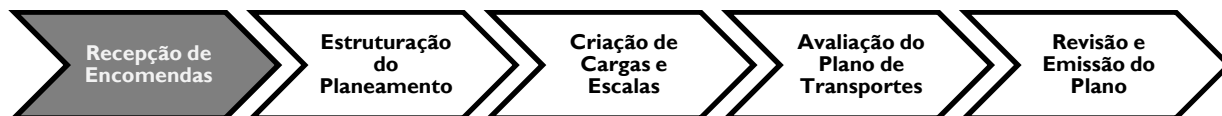
TRÁFEGO INTERNO DE MERCADORIAS POR MODOS

	1998		1999		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	v.a	%	v.a	%	v.a	v.a	v.a	v.a	v.a	v.a	v.a	v.a	v.a
1 . T. TRANSP. (10⁴3)													
. Ferrovia	7 723	2,7	8 289	2,9	8 069	8 138	8 478	7 811	8 499	8 699	8 789	9 654	9 700
. Rodovia	262 752	92,9	269 754	93,1	103 219	126 540	112 149	101 747	300 239	306 390	291 995	290 387	264 495
. Marítimo	12 309	4,4	11 598	4,0	10 031	10 169	9 896	10 415	10 494	13 620	13 480	14 800	14 005
TOTAL	282 784	100	289 641	100	121 319	144 846	130 522	119 973	319 233	328 709	314 264	314 840	288 201
2 . T. KM (10⁴6)													
. Ferrovia	1 638	10,0	1 861	10,9	1 872	1 834	1 939	1 773	1 931	2 131	2 127	2 312	2 331
. Rodovia	14 695	90,0	15 220	89,1	7 473	10 007	8 768	8 053	17 445	17 425	17 590	18 374	16 858
TOTAL	16 333	100	17 081	100	9 345	11 841	10 707	9 826	19 376	19 556	19 717	20 686	19 189

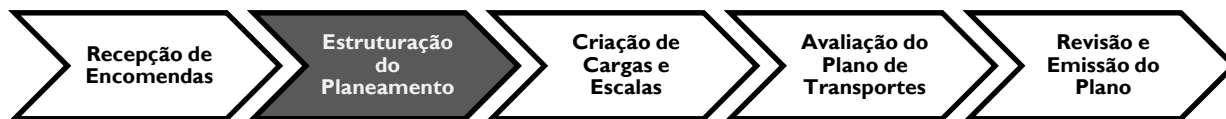
- (a) Não foram recolhidos elementos do parque por conta própria
 (b) Não foram recebidos elementos da Região Autónoma dos Açores
 (c) Não foram recolhidos elementos do parque por conta própria

Fonte: Estatísticas dos Transportes e Comunicações e ITRM - INE

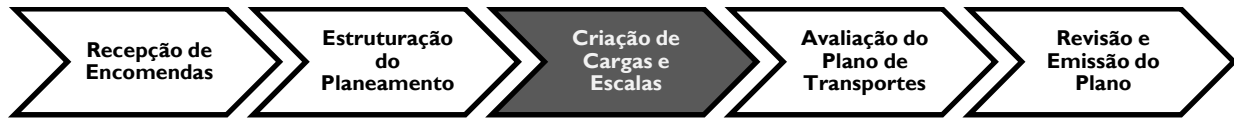
ANEXO B



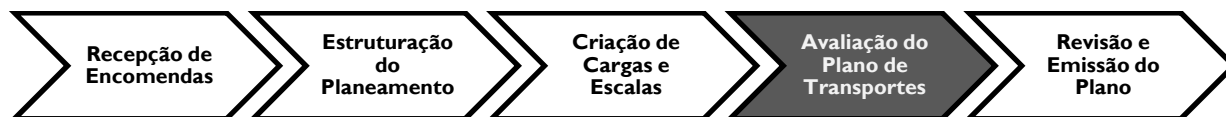
Recepção	Quem faz as encomendas?	
	Quem recebe as encomendas?	
	Formatos em que são recebidas?	
	Que tipos de informação contém?	
Tratamento de Dados	Detalhes de encomenda incompletos	
	Como é passada a informação?	
	Onde e como é guardada a informação?	
Outros		



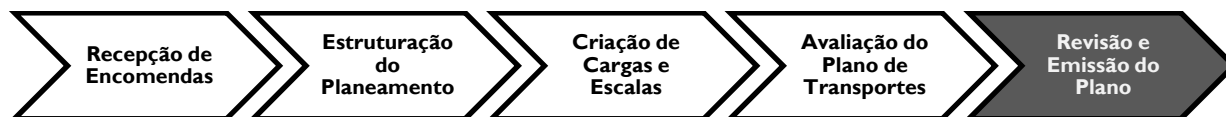
Preparação	Quantidades de encomendas e rotas diárias	
	Número de pessoas envolvidas (organização)	
	Como se reúne a informação para o planeamento?	
	Recursos para além de pessoas e encomendas	
Estruturação	Informação auxiliar utilizada	
	Estrutura e organização do planeamento	
	Informação sobre restrições de camiões ou motoristas	
Tratamento de Restrições	Definição de rotas	
	Carregamento do camião	
	Excepções nas rotas ou carregamento	



Processo de Criação	Lógica subjacente (algoritmo)	
	Ferramentas utilizadas	
	Onde é feito o planeamento?	
	Com que antecedência se faz o 1º plano?	
	Quanto tempo demora?	
Criação de Cargas	Detalhes da informação	
	Conciliar várias restrições	
	Carregamento camião	
Criação de Escalas	Alocação de motoristas	
	Restrições	



Alterações (Acréscimos & Anulações)	Tipos e Frequência (novas, acréscimos?)	
	Quantidades de alterações vs. planeado	
	Como são feitas (telefone, e-mail)?	
	Quanto tempo desde a recepção até ao planeamento?	
	Falhas ou erros na informação	
Avaliação do Plano de Transportes	Implicações das alterações	
	Tempo perdido com alterações	
	Condições de não-aceitação de alterações	
Outros		



Revisão	Tempo entre a definição final do plano e emissão	
	Pessoas envolvidas	
	Quantidade de falhas detectadas	
Emissão do Plano	Tipo de documento e detalhes	
	Relatório após a conclusão	
	Como e onde são guardados os planos realizados?	
	Com que frequência recorrem aos planos?	
Problemas depois do Plano Final	Tipo e Frequência	
	Falhas durante a distribuição?	
	Registo das falhas – Medidas a tomar	

ANEXO C

ORDEN DE EXECUCAO: MANUAL

PAG.: 1

Nº: DATA: 26/10/2009 HORA: 09:14

NOTA ENCOMENDA Nº.: 1030741
DATA: 23/10/2009

COD. CLIENTE: 210452100
NOME: CARMETAL-IND.MET.CARREGADO, LDA
REQUISICAO: 5969

TIPO DOC: F ARMAZEM: 5
VENDEDOR: 301
ASSISTENTE: 131

1: Máquinas e Ferramentas
2: Armazém de Portimão
3: Varão de Construção
...
5: Produtos Siderúrgicos
...
8: Armafer

LIN	COD. PRODUTO	DESIGNACAO	QUANT ENCOM.	QUANT.A EXECUTAR	UNID.	QUANT.A FORNECER
1	1400432	TUBO QUAD. ESTRUT. 120x120x6 (6 M)	6.000	6.000	METROS	0

Ch

Código escrito pelos operários de armazém para depois pesquisar e anexar o respectivo certificado

Importante para o planeamento de cargas: 127.801 KILOS

Valor a facturar (ajuste quando é facturado ao kilograma ou ao metro): TUBOS

unidades variam consoante o tipo de produto

→ Caso a encomenda tivesse mais algum produto diferente, este seria inserido numa nova linha

Nº da guia de remessa quando é facturado

328717

A mesma informação existente para o motorista em relação ao local de entrega

<p>LOCAL DESCARGA: CARMETAL-IND.MET.CARREGADO, LDA ESTRADA VALA DO CARREGADO COURACA</p>	<p>MOD. ENVID: N/CARRO VIATURA: DU-T ROTA: ALENQUER</p>	<p>N/ Carro - Frota própria ou subcontratação Fornecedor - Entrega directa ao cliente Vem buscar - Cliente vem ao armazém</p>
--	---	---

Significa "Outro Transporte" (Inserir-se para ser possível imprimir para planear a distribuição)

+ de 100 rotas (zonas/áreas de distribuição)

ARMAZENS/EXECUCAO: 5

Execução: *[assinatura]*

Conferente: *[assinatura]*

*Silva
ma.*

Confirmação da anexação do certificado pela responsável da facturação