



## **Gestão de rotas na Unicergeste, S.A.**

*Maria Luísa Pires Jesus Pereira*

### **Relatório do Estágio Curricular da LGEI 2005/2006**

Orientador na FEUP: Prof. José Luís Borges

Orientador na Unicergeste: Eng. Miguel Borges



# **FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Licenciatura em Gestão e Engenharia Industrial**

2006-12-04

**“The best brands consistently win two moments of truth. The first moment occurs at the store shelf, when a consumer decides whether to buy a brand or another. The second occurs at home, when he uses the brand – and is delighted, or isn’t.”**

*A.G.Lafley, Chairman, President and Chief Executive,  
The Procter & Gamble Company*

## Resumo

O projecto de final de curso de Gestão e Engenharia Industrial foi realizado na Unicergeste – Gestão de Serviços de Distribuição, S.A., empresa do Grupo Unicer, responsável pela venda e distribuição de produtos a clientes próprios do canal retalhista, também designado por canal Horeca (abreviatura de Hóteis, Restaurantes e Cafés).

O trabalho realizado resultou do reconhecimento da necessidade de racionalização de recursos em ordem a obter uma melhoria operacional na distribuição porta-a-porta. Foi testada, para o efeito, a implementação piloto de um optimizador de rotas na cidade do Porto. O objectivo era medir as mais valias que o optimizador proporcionaria na distribuição capilar, para além de preparar a organização para o acolher.

Os optimizadores de rota são programas baseados em técnicas heurísticas para solucionar os complexos problemas de *Vehicle Routing* (VRP – *Vehicle Routing Problems*). Tratam como variáveis essenciais para a criação de rotas, informações de vária ordem: clientes, produtos, encomendas, rede de estradas, veículos e condutores.

O trabalho compreendeu três tarefas fundamentais: a recolha dos dados para alimentação do optimizador, a criação de uma interface de comunicação entre o optimizador e o sistema de informação da empresa e a implementação do optimizador.

Da recolha de dados constou a georeferenciação de 3000 pontos de venda, cálculo de tempos de descarga, o levantamento da capacidade de entrega e dos horários de entrega dos clientes. A interface foi desenvolvida como uma extensão do actual sistema de informação, desenhado de modo a garantir a uniformidade e fiabilidade da informação.

A implementação compreende uma primeira fase de afinação de parâmetros e preparação para a mudança, e uma segunda fase de testes. A afinação de parâmetros consistiu, essencialmente, no refinamento do tempo de descarga e das janelas de entrega, realizado com o recurso à consulta das rotas efectivamente realizadas pelo uso de tecnologia GPS (Global Positioning System). Esta etapa potenciou a fase de testes teóricos e a comparação entre a situação actual e a situação optimizada.

Os resultados preliminares apontam para uma poupança de 3,5% na dimensão da frota e uma diminuição de 6% nas distâncias percorridas.

O projecto revela, assim, a mais valia proporcionada pelo uso de um optimizador de rotas, pelo potencial teórico de poupança demonstrado. O optimizador apresenta, todavia, restrições na sua aplicabilidade à distribuição capilar. Contudo, toda a estrutura está concebida para acolher a implementação de um qualquer outro optimizador de rotas.

## Abstract

The final thesis of the Industrial Engineering and Management degree was conducted at Unicergeste – Gestão de Serviços de Distribuição, S.A. This company is responsible for the door-to-door distribution of all the products of Unicer's portfolio.

Clients are more and more demanding and competition is growing fiercely. For a company to succeed, it has to offer service without facing higher costs. - gaining efficiency. As one of the variables in the cost equation has to do with routes, it led to study the implementation of a route optimizer. It represents a pilot project to test whether the route optimizer can enable gains in the door-to-door network.

Vehicle routing and scheduling problems are well-known optimization problems that are relatively complicated. Given its complexity, they require special algorithms; often they use certain rules to achieve the best solution possible within certain limits.- heuristics techniques.

The project encloses three main tasks: all the information gathering needed for the route optimizer to work, the creation of an interface to enable the communication between the route optimizer and the company's information system and final execution of the optimizer.

The information gathering includes the exact location of around 3000 clients, calculus of the unload method and the delivery constraints and the analysis of clients' time constraints. The interface was developed as an add-on of the information system and was adapted to guarantee the consistency of the information in the optimizer.

The implementation had a first phase to improve the optimization parameters. A project template was produced to permit a clear comparison between the on-going procedures and the optimized solution.

First results show that with the optimizer decreases 3,5% on the fleet size and a decrease in 6% of the total kms.

To sum up, one can say the implementation of a route optimizer allows operational gains. However, doubts have arisen as to whether the optimizer used is the most efficient and oriented to this kind of distribution, given the computer packages available. Nevertheless, all the infrastructure needed was built and the company is ready to work with another optimizer.

### **Agradecimentos**

Às equipas de distribuição, pelo propósito das observações e pela paciência e tolerância num complexo processo de mudança.

Ao Isidro Lopes, pelo total apoio, ajuda e, sobretudo incentivo no desenvolvimento do projecto.

Ao Rui Cardoso, pela crítica contínua, potenciando um crescente conhecimento da operação.

Ao António Monteiro, pelo papel de agente moderador e apoio operacional.

Ao Eng. Miguel Borges, pelo apoio e confiança, pelos conhecimentos transmitidos, pela disponibilidade em ensinar e pelas discussões enriquecedoras.

Ao Eng. José Luís Borges, pelo método e coerência na revisão do relatório.

Ao Prof. José Sarsfield Cabral, pelo entusiasmo estatístico.

## Índice de Conteúdos

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Introdução .....   | 4  |
| 1.1   | Âmbito .....   | 4  |
| 1.2   | Objectivos .....   | 4  |
| 1.3   | Estrutura.....   | 5  |
| 2     | O negócio e a empresa .....  | 6  |
| 2.1   | O Grupo Unicer .....   | 6  |
| 2.2   | A Unicergeste.....   | 7  |
| 2.3   | A distribuição capilar .....   | 10 |
| 2.4   | Procedimentos actuais de geração de rotas .....                            | 12 |
| 3     | O optimizador de rotas .....   | 15 |
| 3.1   | Noções gerais .....  | 15 |
| 3.2   | Descrição do software escolhido.....                                       | 16 |
| 3.3   | Variáveis do software escolhido.....                                       | 17 |
| 4     | Levantamento de dados para a implementação do optimizador .....            | 19 |
| 4.1   | Informação sobre clientes .....  | 19 |
| 4.1.1 | Localização espacial .....   | 19 |
| 4.1.2 | Janela de entrega .....  | 21 |
| 4.1.3 | Acessibilidade automóvel.....  | 22 |
| 4.2   | Capacidade de entrega.....   | 23 |
| 4.3   | Tempo de rota.....   | 24 |
| 5     | Interface com o sistema de informação da empresa .....                     | 28 |
| 5.1   | Interface do optimizador com o sistema de informação .....                 | 28 |
| 5.2   | Interface do sistema de route tracking com o sistema de informação.....    | 30 |
| 6     | Implementação do optimizador de rotas .....                                | 31 |
| 6.1   | Afinação de parâmetros .....   | 32 |
| 6.1.1 | Afinação de tempo de rota .....  | 32 |
| 6.1.2 | Afinação das janelas de entrega .....                                      | 34 |
| 6.1.3 | Afinação da localização dos clientes.....                                  | 35 |
| 6.1.4 | Afinação dos parâmetros puros de optimização .....                         | 35 |
| 6.2   | Resultados preliminares.....   | 35 |
| 6.3   | Integração futura .....  | 40 |
| 7     | Conclusões e crítica .....   | 41 |
| 8     | Referências e Bibliografia .....   | 44 |
|       | Anexos.....  | 45 |
|       | ANEXO A: SAZONALIDADE ANUAL DAS VENDAS.....                                | 46 |
|       | ANEXO B: ZONA COM LIMITAÇÃO DE TRÂNSITO A VIATURAS PESADAS .....           | 47 |
|       | ANEXO C: RECOLHA DE INFORMAÇÃO SOBRE JANELAS DE ENTREGA DOS CLIENTES ..... | 48 |
|       | ANEXO D: CARACTERÍSTICA DA CARROÇARIA DAS VIATURAS PESADAS .....           | 49 |
|       | ANEXO E: PALETIZAÇÃO DOS PRODUTOS .....                                    | 50 |

|  |    |
|--|----|
| ANEXO F: CARRINHO AUXILIAR DE DESCARGA .....                           | 51 |
| ANEXO G: MAPA H .....  | 52 |
| ANEXO H: INTERFACE DO UNIGEST02.....                                   | 53 |
| ANEXO I: INTEGRAÇÃO DO UNIGEST02 COM O SISTEMA DE ROUTE TRACKING ..... | 56 |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1 – ORGANIGRAMA DA UNICER – BEBIDAS DE PORTUGAL SGPS, S.A.....   | 6  |
| FIGURA 2 – EVOLUÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE INTERVENÇÃO DA UNICERGESTE .....  | 8  |
| FIGURA 3 – ORGANIGRAMA DA UNICERGESTE .....   | 9  |
| FIGURA 4 – PORTFOLIO DE PRODUTOS DA UNICER .....  | 9  |
| FIGURA 5 – DIVISÃO DAS ÁREAS DE VENDA .....   | 12 |
| FIGURA 6 – ESQUEMATIZAÇÃO TEMPORAL DOS PROCEDIMENTOS ACTUAIS .....  | 13 |
| FIGURA 7 – TRANSFORMAÇÃO DE PONTO DE VENDA EM PONTO DE PARAGEM: O CÍRCULO VERMELHO REPRESENTA O<br>PONTO DE PARAGEM DOS RESTANTES PONTOS VERDES ..... | 20 |
| FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO DOS CLIENTES DO CENTRO OPERACIONAL DO PORTO.....   | 21 |
| FIGURA 9 – DETALHE ILUSTRATIVO DAS DIFÍCEIS ACESSIBILIDADES DA CIDADE DO PORTO.....   | 23 |
| FIGURA 10 – DESCARGA NUM CLIENTE CLASSIFICADO COM A CATEGORIA DIFÍCIL.....  | 27 |
| FIGURA 11 – FLUXO DE INFORMAÇÃO ENTRE O UNIGEST E O OPTRAK .....  | 28 |
| FIGURA 12 – ROTA GPS DE UM VEÍCULO NUM DADO DIA.....  | 33 |
| FIGURA 13 - REPRESENTAÇÃO DE 3 ÁREAS DE ENTREGA CONTÍGUAS COM APENAS 2 ROTAS DE ENTREGA .....   | 37 |
| FIGURA 14 – REPRESENTAÇÃO DA ZONA COM LIMITAÇÃO DE TRÂNSITO A VEÍCULOS PESADOS .....  | 47 |
| FIGURA 15 – EXEMPLO DE UM INQUÉRITO DISTRIBUÍDO PARA PREENCHIMENTO PELAS EQUIPAS DE ENTREGA .....   | 48 |
| FIGURA 16 – BOX DE UMA VIATURA.....   | 49 |
| FIGURA 17 – PALETIZAÇÃO DOS PRODUTOS .....  | 50 |
| FIGURA 18 – FERRAMENTA AUXILIAR DE DESCARGA E TRANSPORTE .....  | 51 |
| FIGURA 19 – EXEMPLO DE UMA FICHA H PREENCHIDA.....  | 52 |
| FIGURA 20 – MENU DE CLIENTES NO UNIGEST02 .....   | 53 |
| FIGURA 21 – MENU DE EXPORTAÇÃO NO UNIGEST02.....  | 54 |
| FIGURA 22 – MENU FACTURAÇÃO OPTRAK NO UNIGEST02.....  | 55 |
| FIGURA 23 – FLUXO DE INFORMAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO DE ROTA .....  | 56 |

## Índice de Tabelas

|   |    |
|---|----|
| TABELA 1 – DADOS CONFIGURÁVEIS NO OPTIMIZADOR .....   | 17 |
| TABELA 2 – ALTERNATIVAS PARA A LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS CLIENTES.....   | 19 |
| TABELA 3 – COMPARAÇÃO DE NÚMERO DE DESLOCAÇÕES DO PONTO DE PARAGEM PARA O CLIENTE VARIANDO A<br>QUANTIDADE DE PRODUTO ..... | 25 |
| TABELA 4 – COMPARAÇÃO DA TAXA DE OCUPAÇÃO DA VIATURA ENTRE A SOLUÇÃO OPTIMIZADA E A SITUAÇÃO<br>ACTUAL .....                | 39 |

## Índice de Gráficos

|   |    |
|---|----|
| GRÁFICO 1 – EVOLUÇÃO DO VOLUME DE VENDAS DA UNICERGESTE .....       | 8  |
| GRÁFICO 2 – TEMPO DE DESCARGA EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE ENTREGUE..... | 34 |

|   |    |
|---|----|
| GRÁFICO 3 – COMPARAÇÃO ENTRE A SOLUÇÃO ACTUAL E A OPTIMIZADA NO NÚMERO DE VIATURAS UTILIZADAS E NÚMERO DE ROTAS REALIZADAS..... | 37 |
| GRÁFICO 4 – VARIAÇÃO DO NÚMERO DE CARROS NECESSÁRIOS POR DIA DA SEMANA ENTRE A SOLUÇÃO OPTIMIZADA E A SOLUÇÃO ACTUAL .....      | 38 |
| GRÁFICO 5 – COMPARAÇÃO DO TOTAL DE KMS PERCORRIDOS NA SOLUÇÃO ACTUAL E OPTIMIZADA.....  | 40 |
| GRÁFICO 6 – VOLUME FACTURADO NO CENTRO OPERACIONAL DO PORTO EM 2005 .....   | 46 |

## **1 Introdução**

### **1.1 Âmbito**

O presente relatório insere-se no âmbito do projecto de finalização da licenciatura de Gestão e Engenharia Industrial.

Ao abrigo de um protocolo assinado entre a Unicergeste – Gestão de Serviços de Distribuição, S.A. e a FEUP, o projecto teve a duração de 6 meses sob direcção de ambas as entidades e de acordo com as linhas orientadores gerais dos estágios curriculares.

O trabalho pretendeu responder à necessidade da Unicergeste em reestruturar o seu modelo de negócio através da flexibilização das suas rotas de distribuição capilar. Tendo reunidas as condições necessárias, avançou-se com um projecto-piloto de implementação de um optimizador de rotas no Centro Operacional do Porto. Por último, pretendeu-se ainda preparar as bases de desenvolvimento de um sistema de custeio por ponto de venda.

### **1.2 Objectivos**

O principal objectivo deste projecto foi a identificação de eventuais mais valias no uso de um optimizador de rotas de entrega na distribuição capilar. Ou seja, fazer um estudo comparativo entre os resultados decorrentes dos processos existentes e os resultantes da implementação de um optimizador de rotas, avaliando os prós e contras de cada prática.

A selecção do optimizador não fez parte integrante deste projecto, representando assim um dado adquirido. A metodologia utilizada consistiu na construção de toda a infra-estrutura necessária para o funcionamento do software. Numa fase posterior, houve necessidade de proceder à sua afinação, avaliação e implementação final na estrutura operacional da empresa, através de um complexo processo de mudança.

A outro nível, o académico, tratando-se de um estágio curricular, o objectivo deste trabalho centrou-se na aplicação de competências e conhecimentos adquiridos durante a aprendizagem escolar. Adicionalmente, a preparação para a vida profissional e o desenvolvimento de novas capacidades foram também pontos a ser explorados.

### 1.3 Estrutura

O presente relatório encontra-se estruturado em 8 capítulos. Os capítulos traduzem as fases da implementação do projecto, de modo a guiar o leitor ao longo do relatório.

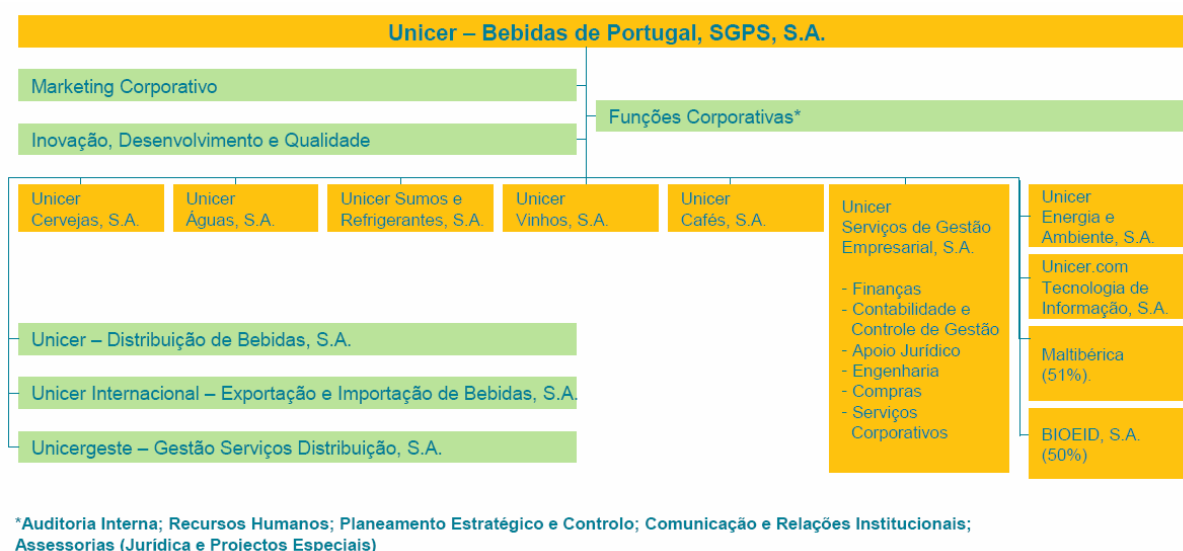
Os capítulos 1 e 2 contextualizam o trabalho e evidenciam as características da distribuição capilar. No capítulo 3 é feita uma breve descrição dos optimizadores em geral e o modo como funcionam. O capítulo 4 descreve a metodologia adoptada para o levantamento da informação necessária à parametrização do optimizador. O capítulo 5 reflecte o desenvolvimento da interface de suporte entre o optimizador e o sistema de informação da empresa. Seguidamente, no capítulo 6 é feita uma apresentação da metodologia de afinação e dos resultados preliminares. O capítulo 7 resume as conclusões obtidas e as críticas ao desenvolvimento do projecto. No capítulo 8 estão identificadas as referências e a bibliografia usadas para o desenvolvimento do trabalho.

## 2 O negócio e a empresa

### 2.1 O Grupo Unicer

A Unicer surge em 1890, sob o nome de Companhia União Fabril Portuense das Fábricas de Cerveja e Bebidas Refrigerantes – Sociedade Anónima de Responsabilidade Limitada (CUPF). De 1890 à actualidade, sofreu profundas alterações, com integrações e aquisições de empresas, inúmeros lançamentos de produtos, inúmeras apostas e desafios para ser, hoje, um grande grupo ao nível da Península Ibérica.

Em 2001 começou um novo ciclo com a Unicer a afirmar-se como uma empresa de bebidas, abandonando a ideia de uma empresa cervejeira com actividade complementar noutros segmentos. Tal mudança foi apoiada através da criação de Unidades de Negócio, com o intuito de promover uma maior focalização e responsabilização, reforçando ainda a flexibilidade e agilidade sem, no entanto, desaproveitar as sinergias possíveis pela partilha de serviços. A Figura 1 representa a presente estrutura organizativa da Unicer.



**Figura 1 – Organigrama da Unicer – Bebidas de Portugal SGPS, S.A**  
 Fonte:[1]

Das unidades de negócio existentes, destaca-se a Unicer Distribuição e a Unicer.com, pelas referências que lhes são feitas neste projecto.

A Unicer Distribuição (UDI) é responsável pelas operações de venda, logística e assistência a clientes. Tem como clientes os distribuidores (a própria Unicergeste) e clientes de retalho organizado. Há uma estreita cooperação entre a UDI e a Unicergeste, de modo a criar sinergias e melhorar a qualidade de serviço aos clientes retalhistas.

A Unicer.com tem como objectivo o desenvolvimento de actividades relacionadas com a aplicação das tecnologias de informação.[1]

Actualmente, a Unicer encontra-se num período de mudança, com a entrada do novo CEO, António Pires de Lima. Antevê-se uma maior focalização nas cervejas e nas águas, cultura de resultados e simplificação do modelo da organização.

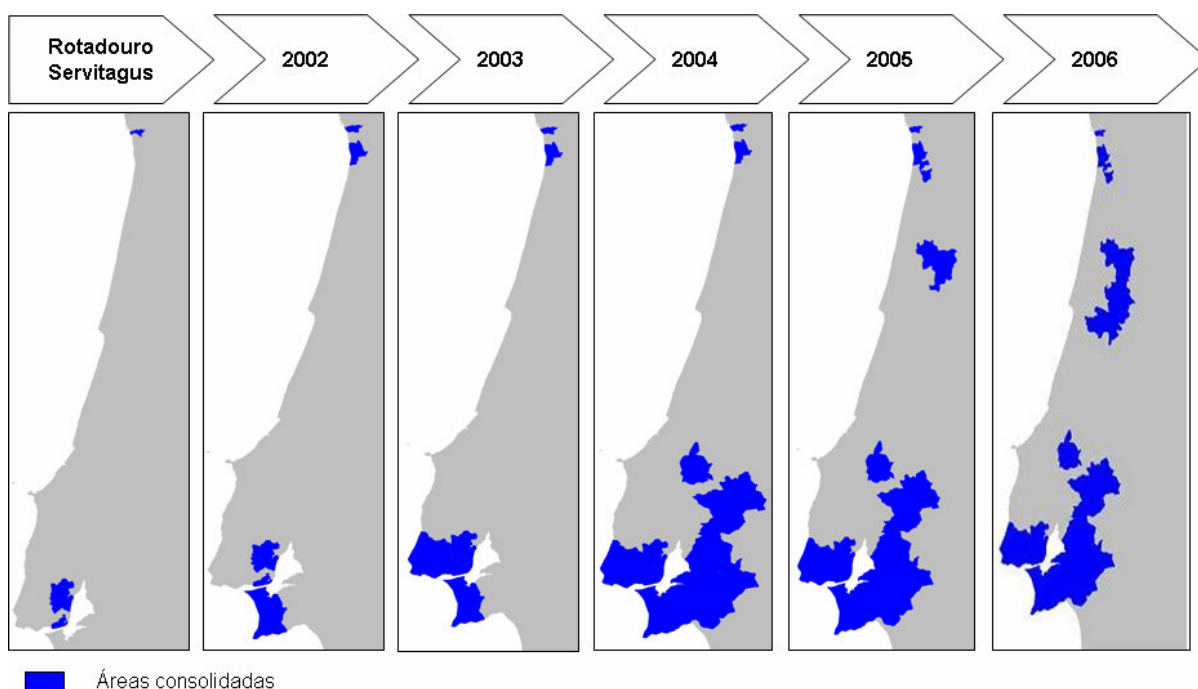
## 2.2 A Unicergeste

A estratégia de distribuição da Unicer, no que concerne à cobertura nacional do canal retalhista, traduz-se na existência de uma distribuição capilar própria – a Unicergeste, e distribuidores regionais independentes, responsáveis pela venda e distribuição dos produtos da Unicer. Relativamente à rede capilar própria, houve uma grande evolução desde 1997, altura em que se constituíram as empresas Servitagus e Rotadouro, que posteriormente deram origem à Unicergeste.

A Servitagus e a Rotadouro foram criadas como empresas de distribuição capilar própria nas áreas de Lisboa e do Porto, respectivamente. Em 2001, com a criação das Unidades de Negócio é constituída a Unicergeste, a qual fica responsável pela gestão das empresas do grupo de distribuição capilar: Rotatejo (ex-Servitagus) e Rotadouro.[1] A 1 de Janeiro de 2004, são incorporadas na Unicergeste, ficando assim a actividade própria de distribuição capilar concentrada numa só empresa. Embora extintas, as designações Rotatejo e Rotadouro foram mantidas no mercado através de figuras jurídicas de estabelecimentos.[2]

Em termos de evolução da área geográfica, ocorreram inúmeros alargamentos por integração de distribuidores independentes da rede Unicer, entre 1997 e 2006, como evidenciado na Figura 2. A partir de 2002 são igualmente integrados distribuidores da rede Vidago, Melgaço e Pedras Salgadas (VMPS - empresa entretanto adquirida pela Unicer).

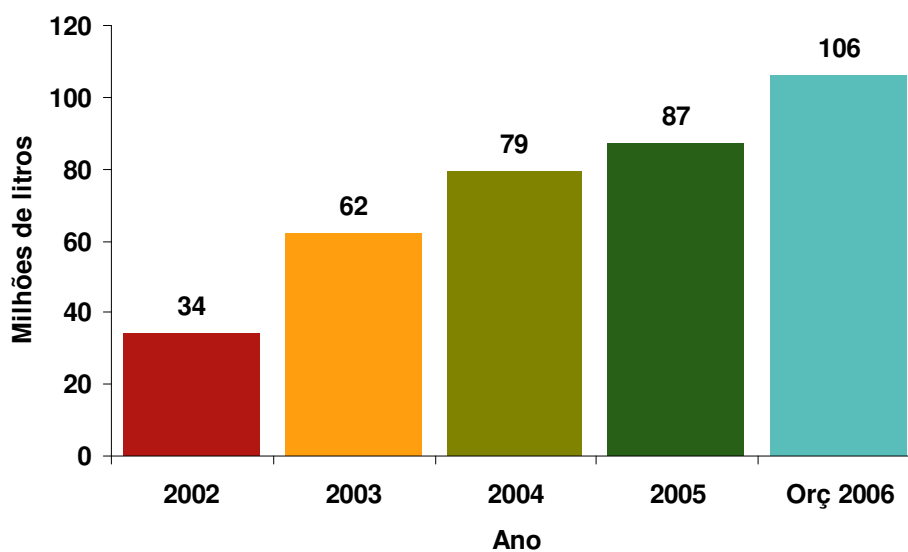
Ao longo destes anos, e de forma a poder beneficiar das sinergias resultantes do efeito de escala, foram agregadas operações que resultaram, actualmente, na existência de 6 Centros Operacionais – Porto, St<sup>a</sup> Maria da Feira, Coimbra, Santarém, Lisboa e Palmela - por desactivação das operações de Espinho (integrada na Feira), Mealhada (integrada em Coimbra), Sintra, Cascais, Bucelas, St<sup>a</sup> Iria da Azóia e Póvoa de St<sup>a</sup> Iria (integradas em Lisboa).



**Figura 2 – Evolução geográfica da área de intervenção da Unicergeste**

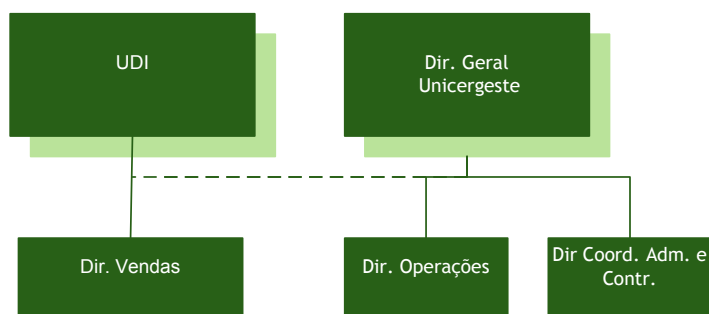
A Unicergeste, com os sucessivos alargamentos da área de intervenção, tornou-se a maior empresa de distribuição capilar em Portugal e uma das maiores na Península Ibérica, com um volume de vendas de cerca de 100 milhões de litros, entre as várias referências comercializadas.[3] O Gráfico 1 traduz a evolução de vendas em milhões de litros.

**Gráfico 1 – Evolução do volume de vendas da Unicergeste**



A Unicergeste encontra-se organizada numa estrutura matricial funcional de acordo com a Figura 3. Existe uma direcção de Vendas, uma de Operações e outra de Coordenação Administrativa e Controlo, cada uma responsável pelas respectivas áreas em cada operação. De salientar a dependência da direcção de vendas da Unicer Distribuição, garantindo o alinhamento comercial no Grupo Unicer.

Cada núcleo de intervenção é denominado por Centro Operacional; actualmente, e como atrás referido, existem 6 Centros Operacionais – Porto, St<sup>a</sup> Maria da Feira, Coimbra, Santarém, Lisboa e Palmela.



**Figura 3 – Organograma da Unicergeste**

Os produtos comercializados pela Unicergeste são exclusivamente os produzidos e distribuídos pela UDI. Assim sendo, a gama de produtos vai desde o barril de cerveja, passando pelas embalagens de água lisa e gaseificada, até aos refrigerantes, vinhos e café. A Figura 4 evidencia uma amostra do portfolio de produtos.



**Figura 4 – Portfolio de produtos da Unicer**

### 2.3 A distribuição capilar

Segundo a Associação Europeia de Logística (European Logistics Association), a função da logística consiste na “organização, planeamento, controle e execução do fluxo de produtos desde o desenvolvimento do produto e aprovisionamento, através da produção e da distribuição, até ao consumidor final, de forma a satisfazer os requisitos do mercado, a um custo e investimento mínimos”. [4]

A distribuição é a área da logística responsável pela transferência de produtos desde o local de produção até ao local de consumo, ou seja, o fornecimento do produto pretendido, no local certo, à hora exacta. Para atingir esta máxima, é necessário definir o canal de distribuição mais adequado ao negócio. O critério de análise e selecção tem em conta por um lado, a avaliação de proveitos e custos associados a cada canal e por outro, as características do mercado, o tipo de produto em causa, os recursos da empresa e as características competitivas, entre outros factores.

O canal de distribuição em causa é o canal via intermediários: do produtor para o distribuidor, passando pelo retalhista até ao consumidor final. Neste caso, o distribuidor é uma empresa do grupo do produtor; numa visão integrada, esta separação desapareceria, mas em termos de negócio, a divisão entre produtor e distribuidor existe. O retalhista toma a forma de hotéis, restaurantes e cafés (canal Horeca) e de pequeno retalho alimentar. Este tipo de distribuição fina, porta-a-porta, designa-se por distribuição capilar, sendo ainda possível subdividi-la em urbana, rural e mista.

A distribuição no sector de bebidas compreende 2 fluxos de materiais entre o produtor e o retalhista: *outbound* e *inbound*. O *outbound* diz respeito à entrega dos produtos comercializados e o *inbound* à recolha de vasilhame, de produto deteriorado, de trocas, etc (vulgarmente designada por logística inversa). Dado o peso de produtos com vasilhame associado no volume total de vendas, o fluxo *inbound* não pode ser de modo algum desprezado. O distribuidor assume um papel preponderante para assegurar que este fluxo é igual ou similar ao *outbound*. A produção poderá ser afectada se este fluxo não for correctamente gerido, garantindo a rotação necessária.

Para um melhor enquadramento deste projecto, é necessário compreender as variáveis relevantes em jogo e perceber de que modo influenciam a distribuição. O tempo necessário para cumprir a rota tem extrema importância numa distribuição deste tipo. Varia em função de inúmeros factores, nomeadamente das distâncias a percorrer, do *drop size* (tamanho médio da encomenda), da densidade dos clientes, do tráfego urbano, etc. É esta rede de interdependências que torna complexa a distribuição capilar. A capacidade dos veículos e o número de veículos afectos têm também um peso importante, influenciando igualmente o tempo de rota.

Segundo Novaes, A.G.[5], o dimensionamento do sistema de distribuição depende das variáveis:

- Distância à área de entrega;
- Densidade de pontos de venda dentro da área de entrega;
- Tempo médio de entrega;

- Tamanho médio da encomenda;
- Velocidade média do percurso.

Ainda será necessário considerar o horário laboral, sendo esse o limite temporal para a execução da rota. Pretende-se ter uma frota ajustada de tal modo que seja simultaneamente usada na sua plena capacidade, durante as horas úteis do dia, e com uma taxa de ocupação de frota próxima de 100%.

A complexidade deste problema aumenta quando estamos a falar de um negócio com uma enorme sazonalidade. Relativamente à área de vendas do Porto (objecto deste trabalho), verifica-se um aumento substancial de volume de vendas nos meses de Abril, Maio, Junho e Julho, face ao resto do ano. O Gráfico 6 (Anexo A) evidencia essa realidade. A estrutura tem de dar resposta a esse acréscimo de procura, quer pelo reforço da frota disponível, como pelo aumento do tempo disponível para cumprir as rotas, entre outras soluções.

Contando com a limitação de que não é possível ajustar a frota instantaneamente à sazonalidade da venda, o objectivo mantém-se: satisfazer todas as encomendas usufruindo 100% do horário laboral, minimizando a frota disponível e as distâncias percorridas. A este nível de pormenor, é importante mencionar as variáveis que determinam a criação de rotas de entrega: a infra-estrutura rodoviária e suas condicionantes e o compromisso comercial da marca.

Tratando-se, neste projecto concreto, de uma distribuição 100% urbana, todas as características da infra-estrutura de comunicação se reflectem no modo de entrega. Variáveis como:

- a intensidade de tráfego;
- o sentido das ruas;
- a largura das ruas;
- a existência de zonas pedonais;
- a proibição de circulação em algumas zonas dentro de determinados limites horários;
- a disponibilidade de estacionamento

influenciam a definição das rotas. Estas variáveis, cujo controlo está fora do nosso alcance, têm de ser apreciadas aquando da criação de rotas.

Por ser um serviço prestado ao cliente, existe uma componente comercial bastante importante que influencia o modo como as pessoas percebem a marca. Assim, existem factores que é necessário ter em conta na distribuição capilar, tais como:

- Importância comercial do cliente;
- Condições de armazenamento;
- Hábitos adquiridos pelo cliente;
- Relações de confiança;
- Imposições horárias na entrega;
- Frequência da visita.

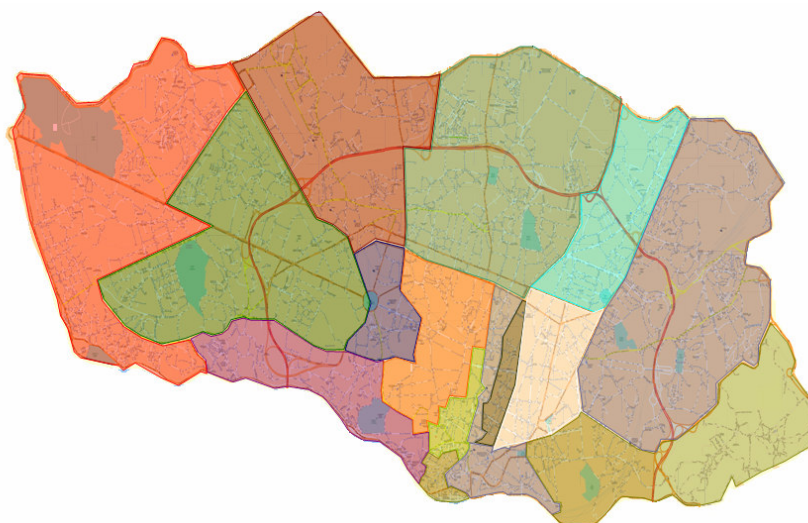
Estes factores são deveras importantes quando se quer, simultaneamente, ser mais eficiente e não hipotecar o nível de serviço. A atenção ao pormenor é um factor crítico e apenas desse modo se atinge um nível de diferenciação do serviço face à concorrência.

Apreciando todos estes factores que influenciam a actividade da distribuição, faz todo o sentido ter um mecanismo que reproduza as variáveis quantificáveis do problema, equacionando soluções de acordo com a evolução do consumo. A utilização de um optimizador confere um carácter dinâmico às rotas e permite a possibilidade de uma adaptação constante à evolução do mercado e dos hábitos de consumo.

## 2.4 Procedimentos actuais de geração de rotas

A forma como estão estruturadas as rotas de entrega está relacionada com a organização geral do Centro Operacional do Porto. Relembrando o organigrama da Unicergeste, existe a Direcção de Retalho, a Direcção de Operações e a Direcção Administrativa, respectivamente responsáveis pela área comercial, área logística e área administrativa do Centro Operacional do Porto.

As rotas de entrega surgem da articulação entre a área comercial e a área logística, traduzida por um binómio entre a rota de venda e a rota de entrega. Esquemáticamente, a cidade do Porto encontra-se dividida em 5 grandes áreas, cada qual representando um dia da semana. Cada grande área é subdividida em  $n$  partes, de acordo com o número de vendedores. A Figura 5 evidencia a divisão por área de venda, onde entraram em consideração aspectos como: percursos óptimos, a densidade de clientes, a homogeneização da sazonalidade semanal e a diminuição dos custos de encomendas fora de rotas (encomendas que surgem fora do dia de entrega e causam transtornos na organização das rotas). Este último aspecto esteve na origem do abandono da prática de concentrar a totalidade de rotas de entrega por dia em cada zona do Porto.



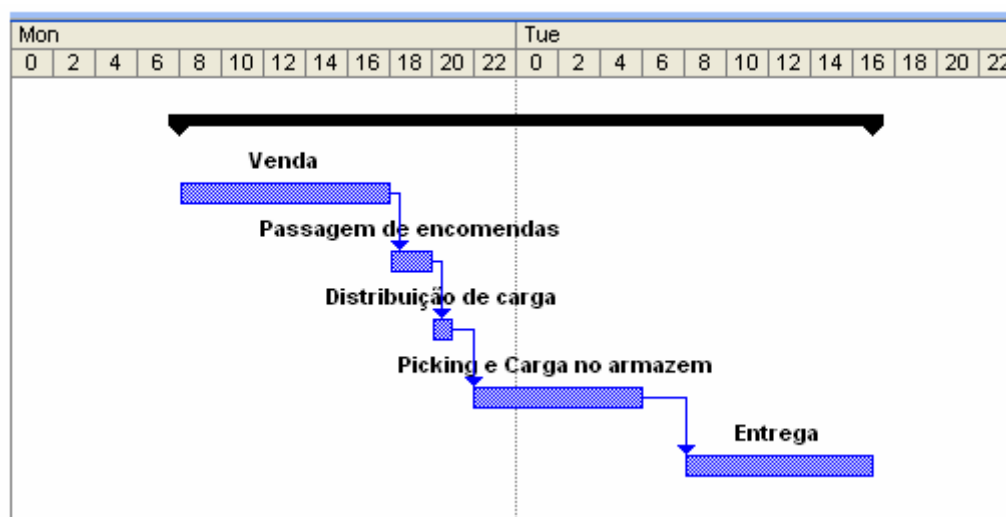
**Figura 5 – Divisão das áreas de venda**

Cada rota de venda produz uma rota de entrega. Consequentemente, cada cliente está associado a uma rota de venda e por sua vez a uma rota de entrega, cumprida por um entregador. São as mesmas características na encomenda que permitem a sua agregação por rotas de entrega.

Complementarmente à rede de distribuição, digamos normal, existem três vendedores para segmentos específicos de mercado, cuja área de venda compreende toda a cidade do Porto. São os segmentos nocturnos, Office (escritórios, escolas, serviços) e canal alimentar. A rota de venda dos clientes nocturnos representa por si só uma rota de entrega, sendo que, pela particularidade dos clientes, é uma rota nocturna. As rotas de venda Office e alimentar foram pensadas para se ajustarem às restantes, evitando assim duas rotas de entrega a percorrer todo o Porto.

Sendo o compromisso da Unicergeste a entrega em 24 horas, o que for vendido hoje é entregue amanhã, seguindo uma mesma rota.

Relativamente à organização das tarefas diárias, poderemos dizer que há uma relação sequencial entre a área logística e comercial. A Figura 6 evidencia essa sequência de operações com os respectivos *timings*.



**Figura 6 – Esquematização temporal dos procedimentos actuais**

Os vendedores enviam, diariamente, as encomendas do dia via GPRS ou via *wireless* para uma interface informática que comunica com o sistema de informação. Após essa passagem obtém-se, por rota, o volume total de encomendas. Com base neste e na disponibilidade de viaturas e entregadores, são feitos os ajustamentos necessários, ou seja, aquelas encomendas que porventura não podem ser incluídas na rota por defeito, migram para uma outra. Esta manipulação é realizada por alteração do código do entregador associado a cada encomenda. Após as alterações ao nível das encomendas, é feita a facturação e o envio de mapas com a relação dos produtos, para o armazém. É efectuado o *picking* dos produtos e a carga nas respectivas viaturas.

No dia seguinte, as equipas de entrega iniciam as rotas com as viaturas devidamente carregadas e com as respectivas facturas. A ordem de visita do cliente é decidida pela equipa

de entrega pelo conhecimento que tem dos clientes e com base na facilidade de descarga e composição das encomendas. Encomendas de grande dimensão são geralmente as primeiras a ser entregues pela libertação de espaço na viatura que proporcionam.

As funções dos entregadores vão desde garantir uma boa arrumação do produto entregue, à verificação da existência de produtos fora do prazo e adequada arrumação do vasilhame. A equipa de entregas deve, ainda, proceder à cobrança de todos os clientes com facturação a pronto pagamento.

Os principais inconvenientes desta metodologia estão relacionados com o carácter estático das rotas, a fixação de hábitos e a morosidade do processo de criação de rotas.

O mercado é dinâmico e está em constante alteração. Modas, alterações de hábitos e sazonalidade alteram padrões de consumo e o que seria outrora coerente, rapidamente é ultrapassado. As rotas de venda e de entrega têm de espelhar isto mesmo: dinamismo. No entanto, o facto de serem rotas estáticas dificulta a flexibilidade de entrega e ajuste da distribuição às necessidades dos clientes.

Este carácter fixo das rotas origina a criação de rotinas, difíceis de quebrar, e de uma forte relação de confiança com o cliente. Em termos comerciais, é relevante que a relação vendedor/cliente seja mantida. Alterações frequentes nas rotas de venda acarretam problemas adicionais na cobrança e enfraquecem a confiança dos clientes. Em termos de entrega, não é tão crítica a relação com o cliente, mas é relevante o conhecimento que cada entregador tem da área de entrega.

Para além destes pontos apresentados, a capacidade humana de considerar todas as variáveis que influenciam a distribuição capilar e todas as possibilidades disponíveis é limitada. Neste sentido, um optimizador de rotas vem facilitar uma tarefa morosa e complexa, com uma esperada melhoria operacional.

### 3 O otimizador de rotas

#### 3.1 Noções gerais

Em termos matemáticos, otimização define-se como o processo de encontrar um óptimo (máximo ou mínimo) de uma determinada função objectivo que contempla as variáveis principais do problema em questão.

Um otimizador de rotas desenvolve exactamente um processo de optimização com uma particularidade: a complexidade inerente a um sistema com muitas variáveis. Assim sendo, qualquer problema de *Vehicle Routing and Scheduling* (VRS) desenvolve metodologias heurísticas para levar a cabo o processo de optimização. Criam-se determinadas regras e procedimentos que atingem uma solução muito boa quando comparada com as baseadas em métodos manuais ou com o esforço de computação necessário para atingir um óptimo global.

O uso de um otimizador de rotas permite o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, minimizando o custo de distribuição. Pretende-se a utilização óptima dos veículos, oferecendo um dado nível de serviço a um dado nível de trabalho. Em comparação com os métodos manuais, apresenta a possibilidade de considerar inúmeras restrições e fornecer outras tantas alternativas em apenas fracções de segundo.[6]

A generalidade dos pacotes de softwares de optimização de rotas apresenta como benefícios potenciais:

- a diminuição da distância percorrida por rota;
- a melhor utilização da frota disponível;
- o aumento do nível de serviço por horários de entrega mais consistentes e credíveis;
- o cumprimento de imposições legais, tanto a nível de circulação de pesados no meio urbano como na composição da carga dos veículos.

O objectivo final é ganhar eficiência operacional.

Existem no mercado vários softwares de VRS. Na Unicer há experiência com os seguintes softwares: Paragon, Roadshow e Optrak. As principais diferenças entre eles residem, essencialmente, no algoritmo implementado e no investimento associado à sua aquisição.

### 3.2 Descrição do software escolhido

A selecção do software a utilizar foi um processo rápido e simples. Tratando-se de um projecto-piloto e com objectivos orientados ao teste do potencial do optimizador, tirou-se partido do know-how instalado na Unicer Distribuição (UDI). A nível de distribuição primária, a UDI utiliza o software Optrak para otimizar as entregas. Para este projecto, foi feita uma extensão da licença para suportar o arranque do projecto-piloto no Centro Operacional do Porto.

O OPTRAK, tal como qualquer outro software de VRS utiliza técnicas heurísticas para solucionar o problema de *routing* e alocação de encomendas a veículos. O processo iterativo de optimização pode ser resumido em quatro etapas:

1. *Producing seeds*: Avaliação das encomendas disponíveis e combinação em grupos tendo em conta, por exemplo, as distâncias ao armazém, dimensão da encomenda, as restrições horárias, etc;
2. *Creating trips*: Criação de viagens de acordo com os grupos formados na fase 1. Inclusão adicional de encomendas excluídas da fase 1 e processo iterativo até não serem possíveis mais inclusões e uso de recursos disponíveis;
3. *Exchange*: fase de comparação e troca de encomendas entre viagens até n trocas ou até não ser possível melhorar mais a solução;
4. *Iterações finais* de acordo com os parâmetros do optimizador.

O processo de optimização é suportado por uma base de dados que tem de ser alimentada por toda a informação necessária para a definição do problema por forma a produzir soluções.

A informação mais básica de qualquer optimizador de rotas é a rede rodoviária. Assim sendo, o Optrak constrói as rotas com base num mapa fornecido pela Navtek™. Este, para além de todas as vias de comunicação, possui toda a caracterização da rede rodoviária: sentidos de trânsito, classificação de tipos de ruas e respectivas velocidades médias, sentidos proibidos e caracterização visual da área urbana, rural e de infra-estruturas relevantes.

O segundo nível de informação da base de dados é toda a informação sobre clientes, viaturas, produtos, recursos humanos e respectiva caracterização. Refere-se ainda a caracterização dos parâmetros de optimização. Estes devem ser dinâmicos o suficiente para se adaptarem a mudanças de consumo, mas suficientemente estáticos para não terem de ser constantemente alterados.

O terceiro, e último nível de informação, contempla a informação mais variável: as encomendas.

No modo de funcionamento do software há que distinguir *templates* e *projects* (projectos operacionais). Estes armazenam toda a informação necessária ao optimizador (informação sobre clientes, veículos, etc) e são modelos dinâmicos, variando de dia para dia (com as encomendas). Por outro lado, os *templates* são projectos mais estáticos, nos quais se encontra toda a informação de base aos projectos operacionais. Por exemplo, um *template* básico contém apenas o mapa, o primeiro nível de informação da base de dados.

Em termos de funcionalidades, o Optrak assemelha-se a qualquer outro software, possibilitando a manipulação de dados por *drag & drop* e *bulk update* (actualização, simultânea, de um campo em vários items).

### 3.3 Variáveis do software escolhido

A caracterização do segundo nível de informação é fundamental para a implementação do otimizador de rotas. Isto porque, é a esse nível que o grau de liberdade do utilizador é grande e é possível adaptar o otimizador à realidade do negócio. É importante perceber de que modo o otimizador permite caracterizar as adversidades do meio na criação de rotas. Não convém, no entanto, descurar o compromisso de tempo com o proveito marginal da introdução de dados. Ou seja, nem sempre valerá a pena investir mais tempo na recolha de informação se a vantagem que daí advier for marginalmente significativa.

A informação modelada no otimizador resume-se a grandes grupos:

- Clientes;
- Produtos;
- Viaturas;
- Equipa de entregas;
- Parâmetros de optimização.

A Tabela 1 evidencia as diferentes variáveis configuráveis dos grupos de informação do otimizador.

**Tabela 1 – Dados configuráveis no otimizador**

| Clientes                               | Produto             | Veiculo                   | Condutor                                  |
|--|---------------------|---------------------------|---|
| Código cliente                         | Código produto      | Matricula                 | Código condutor                           |
| Nome cliente                           | Nome do produto     | Capacidade em Kg          | Restrições legais                         |
| Localização (x,y)                      | Peso bruto unitário | Capacidade em volume      | Horário de trabalho                       |
| Morada                                 | Volume unitário     | Velocidade e custo por km | Veiculo associado                         |
| Janela de entrega                      |                     | Tipo de veiculo           | Custo do turno                            |
| Modo de descarga do produto            |                     |                           | Custo por hora                            |
| Acessibilidade automóvel               |                     |                           | Custo por hora de trabalho extraordinário |
| Tempo fixo de descarga (check-in time) |                     |                           |   |

Em termos de clientes, a informação mestre é a respectiva localização, traduzida em coordenadas cartesianas:  $x,y$  que resulta da planificação de Portugal, de coordenadas cilíndricas *Hayford-Gauss Datum73* para um sistema plano de coordenadas rectangulares. Os restantes dados são uma selecção de campos disponíveis para configuração no optimizador, que serão detalhados com maior profundidade no capítulo 4.

As encomendas são o *input* diário no optimizador, dado o *lead time* imposto de 24 h de entrega. A informação sobre encomendas é traduzida em dois ficheiros: *orders* e *order parts*. Em conjunto, permitem definir cada encomenda: data de entrega, cliente, produtos associados e respectiva quantidade. Como *outputs* do optimizador, obtém-se a descrição das rotas e informação de gestão. As rotas vêm, igualmente, descritas em 2 ficheiros: *trips* e *calls*. Estes ficheiros definem a rota por inteiro: a relação de encomendas por rota, respectiva sequência e o veículo usado em cada rota.

## 4 Levantamento de dados para a implementação do otimizador

A fase fundamental deste projecto foi a recolha de toda a informação necessária ao carregamento dos dados do otimizador. Esta tarefa, para além de extensa, foi complexa devido à dependência dos dados de diversas variáveis, conforme já exposto na secção 2.3. Requereu imaginação e capacidade de questionar hábitos e rotinas impostos ao longo do tempo. Na exposição da metodologia seguida para o levantamento da informação, agruparam-se os grandes tipos de informação: clientes, capacidade de entrega e tempo de entrega, respeitante aos tópicos referenciados na Tabela 1.

### 4.1 Informação sobre clientes

#### 4.1.1 Localização espacial

A localização dos clientes é o ponto de partida para a implementação do otimizador de rotas. Sem esta tarefa concluída, todo o trabalho seria inútil ou sem aplicabilidade. Sendo uma das tarefas principais, foi também a mais crítica em termos de concretização a nível temporal.

O Centro Operacional do Porto possui uma carteira de clientes extensa, dado o peso das marcas Unicer no mercado a Norte. Por isso mesmo, não é pretensioso dizer-se que todos os estabelecimentos do canal Horeca e Pequeno Alimentar são clientes da Unicergeste. Dito isto, foi necessário localizar geograficamente os cerca de 3000 clientes da cidade do Porto, bem como o armazém, situado na Maia, de onde partem todos os veículos.

As alternativas disponíveis para esta tarefa foram as apresentadas na Tabela 2:

**Tabela 2 – Alternativas para a localização geográfica dos clientes**

| Alternativa         | Esforço financeiro | $\Delta T$ | Fiabilidade              |
|---------------------|--------------------|------------|--------------------------|
| Localização manual  | 0€                 | 15/20 d    | Alta                     |
| Address matching    | 6000€              | 15/20 d    | Média                    |
| Localização por GPS | 0€                 | 30/40 d    | Alta (erro GPS +/- 10 m) |

De entre as alternativas disponíveis, a localização manual foi a que se apresentou como mais económica, fiável e célere.

Escolhido o método de localização, foi necessário reflectir sobre as características operacionais e urbanas que influenciam a distribuição. É fácil perceber que em determinadas zonas do Porto, a densidade de estabelecimentos comerciais é tal que, por cada paragem, é possível abastecer 3 ou 4 pontos de venda. Todavia, tanto a dificuldade de estacionamento bem como a difícil circulação, em determinadas ruas, obrigam, em certos casos, a uma paragem estratégica e ao abastecimento multiponto.

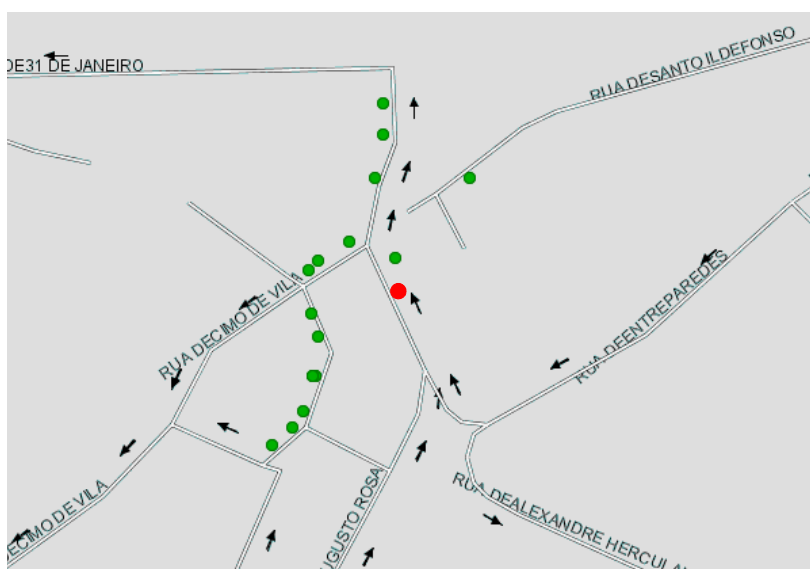
Mediante esta particularidade, é óbvio que, em termos de distribuição, o cliente deverá ser identificado pelo ponto de paragem associado. Contudo, e dada a importância das estratégias de geomarketing que começam a surgir, a localização do cliente, pelo ponto físico “real”, não deixa de ser extremamente importante. A metodologia adoptada foi identificar pontos de venda e posteriormente identificar o ponto de paragem associado.

Para a realização desta tarefa foi necessário o envolvimento tanto da área comercial como da área operacional. Sabendo que cada vendedor tem uma determinada área de influência, foi-lhe fornecido um mapa da sua área de venda para então proceder à localização dos clientes. A identificação foi feita manualmente (marcar no mapa o cliente), estando os clientes representados pelo código atribuído pelo sistema de informação.

A tarefa seguinte foi a introdução no optimizador dessas localizações. Essa passagem foi feita manualmente, clickando no mapa da aplicação no ponto geográfico do cliente e introduzindo o código de cliente de modo a identificá-lo imediatamente.

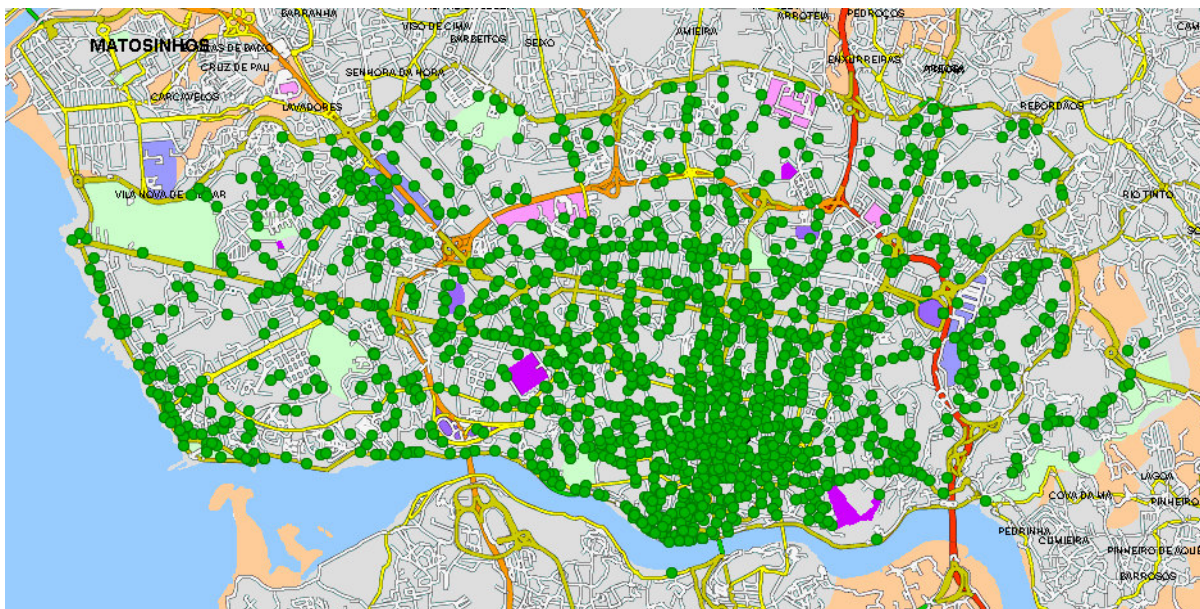
A segunda fase deste processo consistiu na transformação de pontos de venda em pontos de paragem. Nesta fase, houve o envolvimento das equipas de entrega por forma a permitir identificar as dificuldades de estacionamento e de acesso a determinados clientes.

A Figura 7 evidencia a passagem no software de pontos de venda para pontos de paragem. Pode dizer-se, para efeitos de entrega, que existem pequenos centros comerciais nas ruas do centro do Porto.



**Figura 7– Transformação de ponto de venda em ponto de paragem: o círculo vermelho representa o ponto de paragem dos restantes pontos verdes**

O resultado final é o evidenciado na Figura 8. Os pontos verdes representam pontos de paragem. A cada um poderão estar associados mais de 10 clientes em zonas de grande densidade comercial.



**Figura 8 – Representação dos clientes do Centro Operacional do Porto**

#### 4.1.2 Janela de entrega

A janela de entrega é o intervalo de tempo no qual o cliente está disponível para receber a encomenda sem quaisquer impedimentos, quer a nível horário como diário, contemplando assim o dia de descanso semanal, frequente nalgumas tipologias de cliente.

Esta restrição temporal depende, essencialmente, de dois grandes factores: os hábitos adquiridos pelo cliente e as restrições urbanas.

##### *Hábitos adquiridos*

1. A presença da entidade de poder afecta a janela de entrega. Sendo que uma das funções da equipa de entrega é efectuar cobranças em clientes de pronto pagamento, tem de, obrigatoriamente, proceder a essa cobrança no acto de entrega. Caso a entidade de poder – “o patrão”- não esteja presente e não tenha havido delegação da mesma para efectuar o pagamento, a entrega terá de ser suspensa e realizada em período de distribuição posterior. Existem casos em que, pela confiança existente entre a equipa de entrega e o próprio cliente, a entrega é efectuada com a ressalva de uma próxima passagem para efeitos de cobrança.
2. Alguns clientes impõem janelas de entrega reduzidas devido aos mais diversos motivos. A grande afluência de consumidores em determinadas alturas do dia, o espaço exíguo de armazenamento ou de passagem, a abertura tardia ou fecho precoce ou a presença de colaboradores para verificação da encomenda são alguns dos motivos que levam a janelas de entrega mais apertadas.

### *Restrições urbanas*

1. Nos centros históricos das cidades, é frequente a existência de zonas pedonais com horários de circulação controlados pelas entidades competentes. Em zonas com mecos, a circulação fica interdita, normalmente, no período entre as 11:00 e as 24:00.
2. Nos grandes centros urbanos, a zona mais central e histórica encontra-se protegida do trânsito de veículos pesados em determinadas alturas do dia. Essa zona encontra-se evidenciada na Figura 14 do Anexo B.
3. O estacionamento nas áreas urbanas pode ser bastante crítico em determinadas alturas do dia. Existem zonas e ruas em que os clientes deverão ser, preferencialmente, abastecidos quando houver maior disponibilidade de estacionamento.
4. A existência de bairros e zonas perigosas pode pôr em risco a segurança da equipa de entrega e a integridade do produto. É, portanto, essencial garantir o abastecimento destas áreas nos horários mais convenientes.

A metodologia adoptada para o levantamento das janelas de entrega consistiu no inquérito às equipas de entrega com incidência nos clientes que normalmente abastecem (da rota de entrega) sobre as respectivas janelas de entrega e dias de descanso. Exemplo de um formulário de inquérito encontra-se no anexo C na Figura 15. A iteração seguinte foi a normalização e uniformização das janelas de entrega. Foram mantidas inalteradas as janelas mais restritivas.

Adicionalmente, e como um dos objectivos do sistema de optimização de rotas é melhorar o serviço, considerou-se que:

- Zonas perigosas são abastecidas preferencialmente da parte da manhã, salvaguardando assim tanto a segurança das equipas de entrega como a integridade do produto;
- Zonas de difícil estacionamento são abastecidas quando se encontram mais desimpedidas; normalmente da parte da manhã;
- Clientes cuja entidade pagadora apenas está presente num determinado período horário, têm como janela de entrega esse mesmo intervalo.

Subjacente a estas opções considerou-se um esforço de melhoramento da qualidade de trabalho das equipas de entrega, bem como a “imposição” de alguma disciplina ao cliente.

A correcta definição das janelas de entrega e sua representação da realidade é um factor extremamente importante para a obtenção de resultados fiáveis pelo optimizador. A diferença entre “o cliente é abastecido à tarde porque sim” ou “porque está na volta da tarde” são questões que foram levantadas para perceber aqueles clientes em que a janela de entrega tem de ser mais reduzida e aqueles em que pode ser mais flexível.

#### **4.1.3 Acessibilidade automóvel**

A distribuição capilar urbana está fortemente dependente da infra-estrutura de vias de comunicação das áreas metropolitanas. As condições dos arruamentos influenciam a acessibilidade das viaturas; concretizando, existem ruas nas quais a circulação de automóveis pesados é impossível pelas dimensões dos veículos, tanto o nível da largura, como da altura e

do comprimento. A Figura 9 evidencia uma das zonas da cidade do Porto que se caracteriza pelo difícil acesso a pesados.



**Figura 9 – Detalhe ilustrativo das difíceis acessibilidades da cidade do Porto**

O levantamento dos clientes que têm a particularidade de só poderem ser abastecidos por determinadas viaturas foi feito através da elaboração de uma listagem pelos supervisores de distribuição.

Simultaneamente, realizou-se a caracterização das viaturas existentes por dimensões e peso bruto de modo a contornar as restrições encontradas.

#### **4.2 Capacidade de entrega**

Numa operação de distribuição existem 2 vectores que condicionam a capacidade de entrega: a capacidade de transporte instalada, traduzida em termos de carga e volume útil, e a dimensão humana.

Em termos de capacidade de transporte, temos de apreciar por um lado o portfolio de produtos transportados com as respectivas características e por outro lado, a dimensão das viaturas.

As viaturas do Centro Operacional do Porto são viaturas próprias com características físicas focalizadas no negócio da distribuição capilar. A frota é constituída por veículos pesados e ligeiros. As viaturas pesadas estão equipadas com uma caixa robusta de 6 ou 8 divisões denominadas por *boxes*. Cada *box* tem, aproximadamente, as dimensões em largura e profundidade de uma palete (anexo D Figura 16). Em termos de viaturas ligeiras, a frota é constituída por viaturas com caixa robusta dividida em 6 boxes e por carrinhas.

Os produtos que compõem a carga de uma viatura são acondicionados em paletes da melhor forma possível (normalmente por família de produtos) e só depois carregados nas viaturas. Devido à diversidade morfológica do portfolio de produtos da Unicer, o acondicionamento torna-se uma tarefa com algum grau de dificuldade. É necessário garantir uma carga correcta para assegurar a segurança no transporte, a agilização da descarga e a preservação da qualidade do produto entregue no cliente. A Figura 17 (anexo E) exemplifica uma paletização dos produtos. Convém referir a existência de algumas restrições, por razões de segurança, ao nível de empilhamento; por exemplo, a proibição de empilhamento de 3 níveis de barris de 30L.

A metodologia seguida para determinar a capacidade de transporte instalada consistiu no cálculo tanto das dimensões e peso bruto dos produtos como da capacidade de carga útil das viaturas e respectiva dimensão das boxes. Este cálculo tem de ser aproximado devido à variedade dos produtos. Por exemplo, uma box tem capacidade para 12 barris ou para 48 grades ou para 96 tabuleiros de latas. Em termos de volume real, os produtos não são equivalentes. Isto porque há espaços mortos na paletização; o mais evidente é no caso do barril, por causa da sua forma cilíndrica.

Existem 2 vertentes de análise: dimensões relativas vs dimensões reais. Foi escolhida esta última pela facilidade de manutenção do sistema e fiabilidade dos dados. As dimensões migram directamente do sistema de informação para o otimizador, o que simplifica o papel do utilizador.

A capacidade dos veículos foi determinada pela medição das *boxes*. A medição da altura entrou em consideração com o limite máximo empilhável, tendo em contas questões de segurança. Contudo, o cálculo não se extingue neste passo. Posteriormente houve uma adaptação da volumetria dos veículos à volumetria dos produtos, devido à existência de espaços mortos na paletização. Foi recolhido o histórico de rotas anteriores e feito um *overlook* do volume total por rota, pelo cálculo do volume dos produtos dessa mesma rota.

Em termos de peso, a carga útil das viaturas é calculada com base no livrete das viaturas. O peso relevante para os produtos é o peso bruto, ou seja, o peso líquido e respectiva embalagem.

O segundo vector na capacidade de entrega é o factor humano. Não houve nenhum tratamento exaustivo neste domínio, até porque, o que é permitido configurar no otimizador refere-se apenas ao condutor, representativo da equipa e sem nome específico. Assim, o estudo realizado teve apenas a ver com as restrições legais em termos de horas de trabalho e horas extraordinárias.

### 4.3 Tempo de rota

O tempo total em rota é composto pelo tempo de descarga mais o tempo de condução, sendo esta a variável mais difícil de apurar, pela sua dependência de inúmeros factores. O tempo de condução varia em função da fluidez do tráfego automóvel, das condições meteorológicas, do próprio motorista, da época do ano e de outros factores imprevisíveis. O tempo de descarga, por sua vez, pode ser decomposto numa componente fixa e numa componente variável.

A componente fixa do tempo de descarga, traduzida por *check-in time* no otimizador, tem a ver com as tarefas que têm de ser realizadas independentemente da quantidade transportada; a abertura das cortinas, a cobrança e a abordagem ao cliente são exemplos dessas tarefas. Os factores que influenciam esta componente do tempo de entrega são essencialmente de natureza comercial, isto é, as condições de pagamento, a atenção a dispensar a cada cliente, a necessidade de emissão de documentos e a disponibilidade da entidade pagadora. Um cliente de crédito poderá ter um *check-in time* menor que um cliente de pronto pagamento.

A componente variável agrega as seguintes fases da descarga:

- a. Remoção dos produtos da encomenda da viatura e colocação nos carrinhos de transporte;
- b. Deslocação com os carrinhos até ao cliente e caminho inverso;
- c. Descarga no cliente e arrumação do produto.

Nestas diferentes fases, existem variáveis que influenciam o tempo gasto em cada uma delas.

Na fase (a), os factores que afectam a performance são a taxa de ocupação da viatura e a variedade de produtos constituintes da encomenda. Quanto mais próxima a taxa de ocupação for de 100%, mais difícil é retirar o produto da paletização, pois menor é o espaço de manobra. Se uma encomenda incluir grande variedade de produtos, em termos de embalagem, é mais morosa a sua remoção pela pesquisa que tem de ser feita em termos de localização nas boxes e da verificação da encomenda.

Na fase (b), os factores que influenciam são: o estacionamento e o limite máximo de produtos empilháveis nos carrinhos de mão (ou o número de deslocações necessárias para a descarga). Estes são auxiliares na descarga e encontram-se exemplificados na Figura 18 no anexo F.

É um facto que o estacionamento em cidades é uma tarefa complicada. Se a oferta de estacionamento for escassa e as viaturas se virem forçadas a ter de estacionar afastadas do ponto de venda, a distância percorrida para o abastecimento vai aumentar proporcionalmente. Logo, o tempo dispendido na deslocação desde a viatura até à porta do ponto de venda aumenta. O limite máximo empilhável nos carrinhos de mão está relacionado com o tempo de deslocação e número de deslocações numa proporção não linear. A Tabela 3 evidencia a diferença no número de deslocações, consoante a quantidade de produto.

**Tabela 3 – Comparação de número de deslocações do ponto de paragem para o cliente variando a quantidade de produto**

| encomenda     | Deslocações carrinho |
|---------------|----------------------|
| 1 Barril 50 L | 1                    |
| 2 Barris 50 L | 1                    |
| 3 Barris 50 L | 2                    |
| 5 TR 0,33 L   | 1                    |
| 7 TR 0,33 L   | 1                    |
| 10 TR 0,33 L  | 2                    |

Na fase (c), a variabilidade do tempo é influenciada pelas características de armazenamento do cliente, pela existência, ou não, de obstáculos e pela necessidade de arrumação de produto. As normas de higiene e segurança, embora amplamente notificadas e legisladas, não são cumpridas por grande parte dos estabelecimentos comerciais. Como tal, existem pontos de venda sem condições de armazenamento do produto. Nestes casos, a tarefa de descarga e de acondicionamento do produto é prejudicada. Quando se fala na presença de impedimentos à descarga, referimo-nos à existência de escadas que têm de ser percorridas para abastecer o cliente, tanto com ou sem o uso de carrinho de mão. A arrumação de produto no cliente tem, fundamentalmente, a ver com a tarefa de compor o vasilhame para o retorno.

Por fim, existem três aspectos comuns a todas estas fases e que exercem a maior influência no agravamento ou não do tempo de descarga: o factor humano, a descarga multiponto e a dimensão da encomenda.

A equipa de entregas é composta, normalmente, por 2 colaboradores: o motorista e o ajudante. Pode eventualmente ser constituída apenas por um ou por três, dependendo da carga da viatura e do tipo de clientes a ser abastecido. Partindo do pressuposto que equipa é sinónimo de 2 colaboradores, o tempo de descarga é influenciado pelo exposto no ponto 4.1.1 *Localização espacial*.

A paragem para abastecimento multiponto é diferente da paragem para abastecimento de um único cliente, na medida em que o trabalho é dividido e cada membro da equipa desempenha funções distintas.

A dimensão da encomenda é o factor mais óbvio, pois uma encomenda de maior dimensão vai requerer mais tempo para a descarga. A única excepção é quando existem meios auxiliares de descarga para além dos carrinhos de mão, como é o caso do empilhador.

Dada a complexidade e o esforço requerido para a correcta análise dos factores acima referidos, optou-se por um cálculo mais evidente e rápido, poupando todo o esforço de análise que aqueles implicariam. Não deixa de ser sensato, visto a quantidade de factores imprevisíveis e estatisticamente independentes que afectam o tempo da rota.

A metodologia seguida para o levantamento do tempo de rota foi:

- Para o tempo de condução, fazer uma análise à posteriori e proceder à afinação necessária;
- Para o tempo de descarga:
  - Classificação empírica das variáveis que mais condicionam a descarga;
  - Estudo do método de tratamento das variáveis mais importantes;
  - Medição dos tempos de descarga e cálculo da taxa de descarga;

O conhecimento empírico dita que são as condições do cliente, a dimensão da encomenda e o tipo de descarga (multiponto ou não) que mais influenciam a taxa de descarga de produto. O estudo do tipo de descarga, principalmente o impacto da descarga multiponto, levaria a um estudo extenso e complexo. Por este motivo, o estudo ficou concentrado na influência das condições de descarga e armazenamento do cliente e da dimensão da encomenda.

Para incluir as condições de armazenamento na contabilização do tempo de descarga, foi elaborada uma escala empírica de dificuldade de abastecimento por cliente; representa o

modo de descarga nos parâmetros do otimizador (Tabela 1 na secção 3.3). A escala tem 5 níveis: Muito Fácil, Fácil, Médio, Difícil e Muito Difícil. A metodologia seguida para a classificação dos clientes foi a atribuição pela entidade supervisora de distribuição dos referidos graus de dificuldade relativa a cada cliente. A título de exemplo, um cliente é considerado difícil quando há um número substancial de escadas que têm de ser percorridas, ou o armazém é de pequenas dimensões e de difícil acesso. A Figura 10 exemplifica a descarga num cliente considerado difícil.



**Figura 10 – Descarga num cliente classificado com a categoria Difícil**

O tempo de descarga foi determinado por kg de produto. Esta aproximação linear do tempo de descarga deve-se à dificuldade de parametrização no otimizador do tempo em patamares, correspondentes às deslocações com os carrinhos.

A metodologia seguida para o levantamento do tempo de descarga foi a medição, *in loco*, de tempos em vários clientes situados em zonas distintas da cidade do Porto. Com isto pretendeu-se obter uma amostra fiável e afectada dos vários factores sendo, assim, susceptível de ser representativa da totalidade dos clientes do Centro Operacional do Porto.

## 5 Interface com o sistema de informação da empresa

### 5.1 Interface do otimizador com o sistema de informação

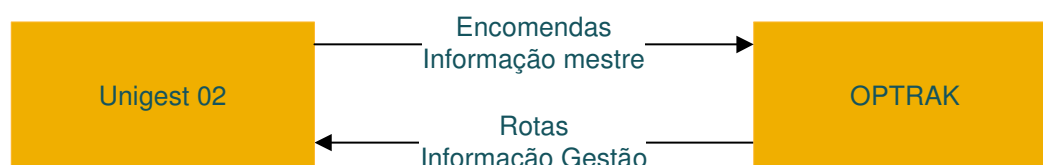
A integração do otimizador com o sistema de informação da empresa - Unigest02 - foi uma parte fundamental do projecto desenvolvido. Garantir a consistência, fiabilidade e actualização da informação são pontos-chave para obter um sistema robusto e credível.

O Unigest02 é um sistema de informação pensado à medida das necessidades e especificidades do negócio da Unicergeste. O sistema foi desenvolvido em SQL a partir do modelo conceptual do Unigest01, em Access. Em termos de integração no grupo Unicer, comunica com o sistema de informação SAP, usado na UDI. A criação da interface entre o Unigest02 (Unigest) e o Otimizador foi resultado da colaboração com a equipa de desenvolvimento da Unicer.com.

Os requisitos fundamentais para a interface entre o Optrak e o Unigest são:

- Garantir a fiabilidade da informação no Optrak;
- Elaborar um mecanismo de sincronização entre os dois sistemas;
- Manter uma interface simples e intuitiva.

De modo a dar resposta a estes requisitos, estabeleceu-se como único ponto de entrada da informação, o Unigest. Ou seja, toda a informação necessária no Optrak é obtida a partir do Unigest e cada alteração aos dados mestres é feita no Unigest. No entanto, o fluxo de informação entre o Optrak e o Unigest não deixa de ser bidireccional, como se pode observar na Figura 11.



**Figura 11 – Fluxo de informação entre o Unigest e o Optrak**

A comunicação do Optrak com os demais sistemas de informação é suportada pela importação e exportação de ficheiros de dados nos formatos xml e csv. Por uma facilidade de manipulação dos dados, optou-se por utilizar preferencialmente o formato csv (formato de

texto separado por vírgula ou ponto e vírgula, reconhecido pelo Excel), pela rápida manipulação dos dados em Excel.

O desenvolvimento da interface Optrak no Unigest processou-se em 2 fases: fluxo OUT e fluxo IN da perspectiva do Unigest.

Relativamente ao fluxo OUT, este subdividiu-se em duas tarefas. A primeira consistiu na adaptação dos menus do Unigest, de modo a contemplarem a informação necessária ao optimizador. A informação mencionada na Tabela 1 foi adicionada como campos aos menus correspondentes do Unigest. Será de referir que no menu clientes foram adicionados 4 campos para guardar 2 pares de coordenadas: a do ponto de venda e a do ponto de paragem. Assim se garante o armazenamento da informação que, embora não sendo útil em termos de distribuição, de certeza o será para efeitos de marketing.

A manutenção da informação de clientes é suportada pelo preenchimento de uma ficha H (anexo G Figura 19), que contempla a localização dos clientes e respectivas janelas de entrega. Os dados sobre os produtos migram directamente de SAP para Unigest, estando o utilizador liberto dessa tarefa.

A segunda tarefa foi a criação de um mecanismo de exportação de encomendas e da informação de clientes, viaturas e produtos. Deve ser garantida a concordância do nome dos campos dos ficheiros exportados de modo a garantir uma importação no optimizador sem erros.

A exportação das encomendas teve de ter em conta aspectos operacionais de modo a seleccionar apenas aquelas encomendas sobre as quais deve incidir a optimização:

- Encomendas seleccionadas por data de entrega;
- Encomendas sem erros (por exemplo, falta de stock numa referência);
- Encomendas de clientes activos vs encomendas de clientes bloqueados (relacionado com o incumprimento nos prazos de pagamento).

A informação de clientes, de produtos e de viaturas tem necessidade de ser exportada directamente do Unigest para garantir que a informação do Optrak é fiável e está actualizada. O processo de introdução de informação é facilitado, evitando-se assim a duplicação de registos. Esta questão surge principalmente aquando do aparecimento de novos clientes, alterações das características já existentes ou lançamento de novas referências de produtos.

No que concerne ao fluxo IN, foi produzida uma interface de importação dos dados de rotas, de janelas de entrega e do modo de descarga. A importação é um processo mais complexo que a exportação. Neste caso, foi necessário fazer uma correspondência segundo quatro especificações:

- O primeiro requisito foi a garantia de consistência na relação entre a encomenda e a viatura no optimizador e no Unigest.
- O segundo tem a ver com a relação da viatura com o entregador. Na secção 2.4, *Procedimentos actuais de geração de rotas*, referiu-se a ligação do entregador à encomenda e ao cliente. É necessário garantir que as encomendas pós optimização recuperam esta ligação, que tem de ser entendida no sentido inverso. Ou seja, a relação

viatura/entregador é uma relação de um para muitos. Como tal, precisamos de certificar que à viatura utilizada na optimização lhe corresponde o entregador correcto.

- O terceiro tem que ver com o processamento de encomendas. O Unigest tem que garantir que encomendas não inseridas em rota, no optimizador, ficam suspensas no sistema, bloqueando a sua facturação.
- O quarto e último requisito foi a adaptação dos relatórios de acompanhamento das rotas de modo a contemplar a informação adicional relacionada com o optimizador.

A importação das janelas de entrega e do modo de descarga (grau de dificuldade) deve-se à própria especificação do optimizador. Tratam-se de parâmetros definidos internamente, mas cujas denominações devem figurar no ficheiro de clientes. Logo, fazendo uma exportação de Optrak desses nomes e posterior importação no Unigest, está garantida a fiabilidade e consistência da informação desejada. No anexo H a Figura 20, a Figura 21 e a Figura 22 evidenciam as interfaces criadas e a adaptação dos menus para suporte da informação do optimizador.

## 5.2 Interface do sistema de route tracking com o sistema de informação

O avanço das novas tecnologias e a massificação do sistema GPS (Global Positioning System) propiciaram a revolução dos sistemas de controlo de rotas.

O Sistema de Posicionamento Global é um sistema de localização por satélite. A informação sobre um determinado local é tridimensional, de grande qualidade e elevada disponibilidade.[7] O sistema de localização de veículos tem como suporte a tecnologia GPS, materializando-se numa unidade instalada em cada veículo. São registadas várias informações, nomeadamente posição, velocidade e direcção que posteriormente comunicam por GPRS para a unidade central. Estas informações são enviadas minuto a minuto, caso a ignição esteja ligada. Não estando, é enviada a última posição com a ignição desligada.

Paralelamente à implementação do optimizador de rotas foi reconhecida a necessidade de possuir um sistema de controlo e validação das rotas de distribuição capilar. Neste âmbito, a integração com um sistema de GPS fez todo o sentido, para além de ter sido uma ferramenta importante na afinação do optimizador.

A integração com o sistema de controlo de rotas pressupõe a existência de duas fases. Nesta primeira fase, a utilidade deste sistema esgotou-se no apoio à implementação do optimizador de rotas. Para isso, o acompanhamento das rotas, tanto a nível de percurso como de tempos de paragens, e a validação da sua viabilidade e operacionalidade adquiriram um papel relevante. Numa segunda fase, está prevista a completa integração das rotas criadas pelo optimizador e a detecção de desvios à rota e ao tempo de paragem estipulado. A Figura 23 do anexo I esquematiza a integração dos dois sistemas na estrutura central da operação.

## 6 Implementação do otimizador de rotas

A implementação de um otimizador de rotas vem revolucionar todo o modelo operacional da distribuição. Como qualquer processo desta natureza porque mexe com rotinas e hábitos instalados, no fundo com a cultura organizacional, deve merecer a devida ponderação. É por isso importante não descuidar os aspectos culturais, os quais deverão ser equacionados na implementação do software.

A resistência à mudança deve-se principalmente ao abalo do conforto que o indivíduo tem na sua posição. Ao ocorrerem mudanças, cada pessoa sente-se ameaçada, tanto por temer alteração do nível salarial como pelo medo do desconhecido, pela ambiguidade e pela incerteza que a mudança acarreta. Neste caso, veja-se o passado da empresa e a constituição das equipas de entrega; há entregadores que desempenham as mesmas funções há 30 anos.

A mudança de rotas fixas para rotas dinâmicas implica, por parte das equipas de entrega, maior capacidade de adaptação, conhecimento de uma área de entrega mais extensa e uma maior atenção ao cliente. A visita aos mesmos clientes cada dia da semana, cada semana no ano, deixa de ser uma realidade; a rota óptima, idealizada por cada equipa, deixa de ser válida, para ser a sugerida pelo otimizador. São exemplos de mudanças ao nível mais operacional da distribuição.

A equipa de vendas oferece igualmente resistência à mudança, uma vez que os hábitos de entrega vão ser alterados e as equipas de entrega habituais para um determinado ponto de venda deixam de o ser, quebrando-se o binómio: vendedor/entregador associado à lógica:rota de venda/rota de distribuição.

A nível de *backoffice*, a mudança não é menor. Em vez de uma pessoa dedicada cerca de hora e meia a fazer a distribuição das cargas, haverá um otimizador a fazê-lo.

De modo a tornar a mudança um processo o mais harmonioso possível, seguiram-se 3 medidas de combate à resistência à mudança: participação, comunicação e argumentação.

- Ao longo do processo de *Levantamento de dados para a implementação do otimizador*, descrito no capítulo 4, foram envolvidos os colaboradores que mais directamente participam ou são afectados na mudança.
- A comunicação da mudança foi essencial para haver, da parte de todos, compreensão sobre a mudança e desmistificação de possíveis medos existentes.
- Houve uma constante preocupação no conhecimento prático da operação, tanto por questões de parametrização, como para criar empatia com as equipas de entrega e consciencialização que os seus principais problemas foram tidos em conta no processo.

Esta atitude foi igualmente importante para possuir poder de argumentação perante as equipas de entrega.

Por toda esta herança cultural, o processo de implementação teve de ser faseado. Poderemos falar em 2 fases fundamentais: fase de testes teóricos e fase de testes reais. A fase de testes teóricos teve início na introdução de toda a informação recolhida no otimizador. Findo o seu carregamento, os primeiros testes tiveram início e logo os primeiros ajustes foram concretizados. Este processo foi um processo em espiral, descrito na fase de afinação. A fase de testes reais resumiu-se a três dias, para garantia de interfaces testadas e para causar um primeiro impacto nas equipas de distribuição.

## 6.1 Afinação de parâmetros

O processo de afinação de parâmetros foi moroso e iterativo, requerendo uma constante reavaliação do modelo. Foi essencial para garantir a conformidade dos parâmetros do otimizador relativamente à realidade.

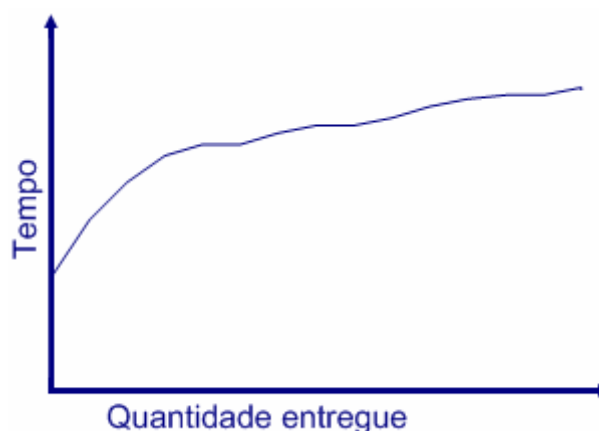
A análise deste processo deverá ser entendida nas suas quatro vertentes principais: a afinação do tempo de rota, das janelas de entrega, da localização dos clientes e dos parâmetros de optimização puros (aqueles que dizem respeito ao próprio algoritmo de optimização).

### 6.1.1 Afinação de tempo de rota

O tempo de descarga foi, indubitavelmente, o parâmetro mais difícil de tratar. A sua dependência em relação a diversos factores levou a vários desvios na apreciação. Na contagem de tempos de paragem, foi desprezado o caso multiponto pela extrema dificuldade de análise, como referido na secção 4.3- *Tempo de rota*. Apesar de se ter verificado que no caso multiponto, os tempos assumidos estariam sobreavaliados; por se tratarem de diferenças marginais, optou-se por não considerar este efeito, permitindo alguma tolerância no tempo total de rota, para situações imponderáveis.

A metodologia adoptada foi, numa primeira fase já descrita na secção 4.3, a medição, no local, do tempo de descarga e respectiva média por grau de dificuldade. Após generalização das respectivas taxas de descarga e com base nos testes realizados, reconheceu-se a necessidade de nova iteração, por desajuste à realidade. Nesta fase e com o auxílio do sistema de GPS, obteve-se uma amostra maior: tempos de descarga para 80% da frota. Esta tarefa foi realizada a partir da visualização gráfica dos clientes que constituem a rota e por comparação com o percurso descrito pela viatura. O tempo de descarga foi associado a cada cliente pela proximidade entre o local de paragem real GPS (ignição OFF) e o ponto de paragem teórico. É um processo moroso pois implica replicação das rotas actuais no mapa e comparação com GPS. Além do mais, requer conhecimento do *modus operandi* das equipas no terreno, alguma imaginação para associar paragens a descargas em clientes e atenção para perceber desvios anormais às rotas. A Figura 12 exemplifica a rota descrita para um dado dia.



**Gráfico 2 – Tempo de descarga em função da quantidade entregue**

O levantamento da velocidade da rede de estradas, conforme descrito na secção 4.3 *Tempo de rota*, foi feito à posteriori. Ou seja, admitindo as velocidades definidas no optimizador como correctas, produziram-se rotas. Da sua comparação com a realidade, reconheceu-se a necessidade de afinar as velocidades devido ao seu valor demasiado elevado para uma realidade 100% urbana.

A metodologia adoptada para a afinação recorreu ao sistema GPS, de modo a tornar o modelo o mais próximo da realidade. Assim, fez-se um levantamento das velocidades praticadas durante um dado período, fazendo uma média por tipo de via (estradas, vias rápidas e ruas).

### 6.1.2 Afinação das janelas de entrega

A afinação das janelas de entrega foi igualmente trabalhosa. A grande questão em volta das janelas de entrega é a capacidade em se obter informação objectiva. Como descrito em 4.1.2, o levantamento das janelas de entrega envolveu as equipas de entrega, pois são os entregadores que, melhor que ninguém, conhecem as janelas de entrega dos clientes.

Devido à subjectividade implícita num levantamento desta natureza, as janelas de entrega obtidas foram variadas e não uniformizadas. Na posse dos dados recolhidos, procedeu-se a uma iteração mais fina, de modo a filtrar os hábitos das equipas de entrega. Desta vez, o inquérito foi conduzido equipa a equipa, e procurando uniformizar o mais possível as janelas de entrega. Nesta fase procurou-se responsabilizar mais os entregadores pela informação dada, pois a performance do optimizador está muito dependente das janelas de entrega definidas.

A última iteração das janelas de entrega foi, à semelhança do procedimento do tempo de descarga, apoiada pelo sistema GPS. Ou seja, simultaneamente à iteração dos tempos de descarga, foram recolhidas as horas de abastecimento dos clientes. Estas foram confrontadas com os dados da primeira iteração. Aquelas janelas de entrega que foram gravemente violadas, foram de novo revistas, consultando novamente as equipas de distribuição.

Por fim, com o feedback diário das equipas de distribuição foi possível detectar os casos de clientes com folga semanal, ou clientes abertos apenas à noite.

### 6.1.3 Afinação da localização dos clientes

Sendo que a localização dos clientes é essencial para uma boa criação de rotas, foi necessário igualmente afinar a georeferenciação dos clientes. Este ajuste foi realizado simultaneamente à afinação dos tempos de descarga e janelas de entrega, pela análise da rota efectivamente realizada, recorrendo à consulta de GPS. Nesta fase foi essencial o input dos entregadores, nos casos que suscitaram mais dúvidas pelo desconhecimento da área de entrega.

### 6.1.4 Afinação dos parâmetros puros de optimização

A afinação dos parâmetros puros de optimização foi feita segundo a seguinte metodologia: tendo um projecto com uma base de dados estática, em termos de informação de clientes, viaturas e entregadores e com encomendas reais, fizeram-se variar os seguintes parâmetros que mais afectam a performance do optimizador:

- Custo da mão-de-obra: custo por hora de trabalho normal, custo por hora de trabalho extraordinário e custo do turno de trabalho;
- Características do turno de trabalho: tempo estipulado do turno, tempo máximo de trabalho, intervalo de almoço, máximo de horas de trabalho sem intervalo;
- Características da rede de estradas: custo por km e custo por hora;
- Prioridade das encomendas;
- Parâmetros de geração de grupos de encomendas.

Os parâmetros foram ponderados de forma a traduzir a proporção dos custos operacionais na distribuição capilar. Contudo, os valores não correspondem à realidade porquanto se tratam de parâmetros de optimização, de agregação de encomendas e atribuição de viaturas.

## 6.2 Resultados preliminares

Nesta secção pretende-se evidenciar a comparação numérica da situação actual face à solução optimizada. Teve-se como base 31 dias de entrega, amostra bastante ampla para concluir sobre a eventual mais valia teórica do optimizador. A análise correspondeu a um período de dias representativos de Agosto e Setembro,

O método utilizado para comparar os resultados reais face aos resultados optimizados partiu de uma mesma base, ou seja, do mesmo template (ver definição em 3.2 *Descrição do software escolhido*), recriando-se as rotas actuais no optimizador e produzindo-se as soluções optimizadas, para os mesmos dias de entrega. A replicação das rotas actuais no optimizador consistiu na introdução manual da relação entre as encomendas e as respectivas viaturas.

Como o modelo é o mesmo para as duas soluções, existe uma base comparativa fiel para se poder retirar conclusões. A criação do template óptimo foi iterativa e demorada. Isto porque, para conseguir comparar soluções, os parâmetros do optimizador têm de estar de tal

forma ajustados que, pelo menos, a agregação real das rotas no optimizador segue dentro de parâmetros reais. O processo de afinação encontra-se descrito na secção 6.1.

A optimização diária das rotas foi construída com base nos seguintes pressupostos, de modo a garantir igualdade de circunstâncias entre a situação actual e a optimizada:

- A solução optimizada partiu do mesmo conjunto de viaturas disponíveis que a solução actual;
- O registo das rotas actuais traduziu o que foi realmente executado. A existência de encomendas anuladas por falta de capacidade de carga pós-facturação foi ignorada, tal como as entregas urgentes e os pedidos de levantamento de vasilhame, que representam, por si só, deslocações;
- Foram inseridas em rota exactamente o mesmo número de encomendas, representando o mesmo peso e volume.

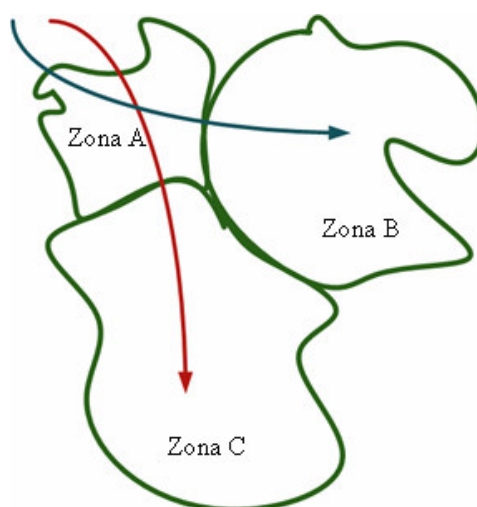
Contudo, mesmo tendo uma base fiel de comparação, a afinação dos parâmetros descrita em 6.1, quando errada determina falhas na igualdade dos projectos difíceis de ultrapassar

Para proceder à comparação, foi necessário fazer uma selecção de critérios de avaliação, ou seja, construir indicadores que permitissem aferir os resultados. Como já referido em 2.3, o que realmente determina a eficiência deste negócio é produzir rotas que, ao gozar plenamente do horário laboral, utilizam a capacidade instalada da melhor forma. Como tal, identificaram-se como essenciais os seguintes indicadores:

- I. Número de viaturas utilizadas e número de rotas produzidas;
- II. Tempo total de rota;
- III. Taxa de ocupação da viatura;
- IV. Taxa de capacidade de entrega kg/equipa de entrega;
- V. Distâncias totais.

### **I- Número de viaturas utilizadas e número de rotas produzidas**

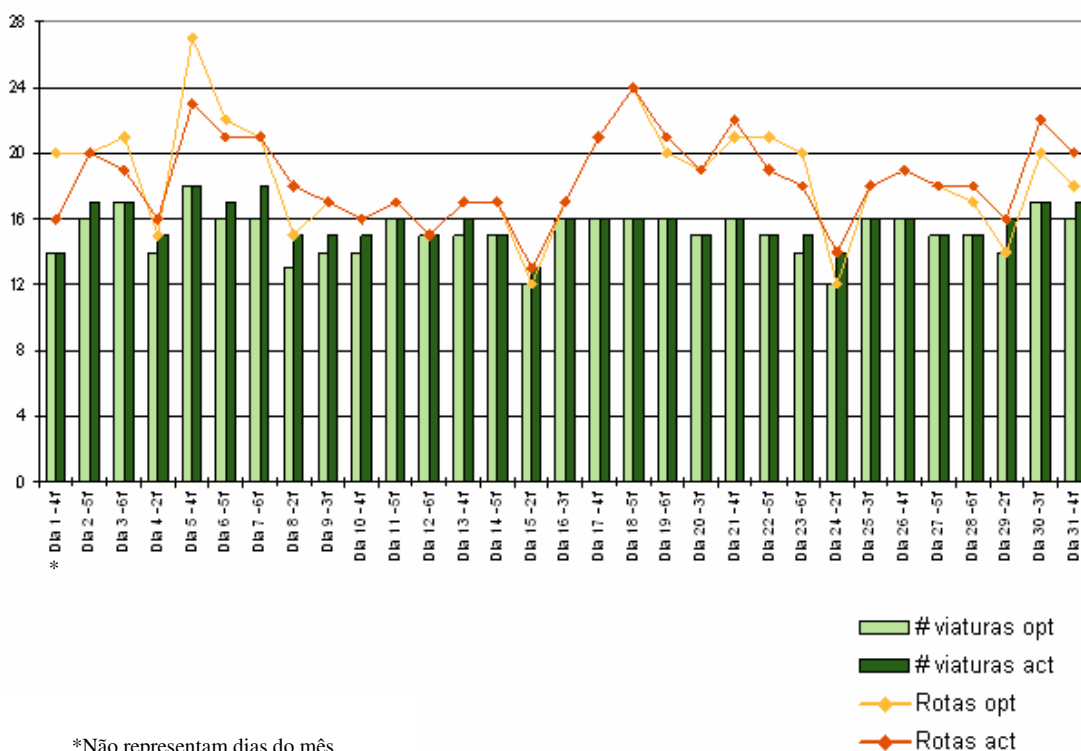
Em termos de rota, nem sempre é evidente que a produção de rotas por área é a solução mais eficiente. É de considerar a hipótese que tendo 3 áreas contíguas e 3 veículos a elas afectos, com cerca de 70% de ocupação da viatura, pode-se passar a ter apenas 2 veículos, ambos a passar numa das áreas e ir para as outras duas (com maior ocupação), conforme mostra a Figura 13. Pretende-se evidenciar que ter duas viaturas numa mesma área não é sinónimo de menor eficiência, se tal ocorrer por estes motivos.



**Figura 13 - Representação de 3 áreas de entrega contíguas com apenas 2 rotas de entrega**

Partindo deste princípio, e sabendo que assim há uma melhor utilização da capacidade instalada, obteve-se uma poupança a nível de viaturas utilizadas. É consequência a maior produção de rotas. No entanto, a nível global, obtém-se uma melhoria na ordem dos 3,5% do número de viaturas necessárias. O Gráfico 3 evidencia a comparação entre a solução actual e optimizada, fazendo referência ao dia da semana a que respeita a solução.

**Gráfico 3 – Comparação entre a solução actual e a optimizada no número de viaturas utilizadas e número de rotas realizadas**

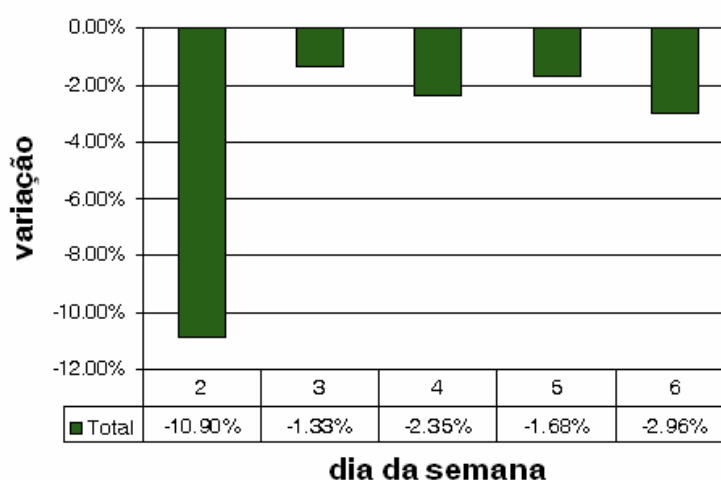


\*Não representam dias do mês

É evidente a maior poupança às segundas-feiras, traduzindo a sazonalidade semanal referida na secção 2.4. O Gráfico 4 evidencia esse ganho por dia da semana. Dado o carácter estático das rotas, a capacidade instalada é subaproveitada devido à dificuldade de manipulação das rotas quando nos referimos à situação actual.

As economias identificadas, tendo em conta a variabilidade das entregas, e considerando apenas o Centro Operacional do Porto não são de forma a traduzir-se na poupança evidente de uma viatura. Diferente seria o resultado se se considerassem todos os Centros Operacionais da Unicergeste. Nesta situação seria possível reduzir o número total de viaturas, face ao actual.

**Gráfico 4 – Variação do número de carros necessários por dia da semana entre a solução otimizada e a solução actual**



## II - Tempo total de rota

A poupança a nível de viaturas, traduzida no aumento de segundas rotas, faria adivinhar um aumento do tempo de rota. Porém, a análise e comparação dos tempos totais de rotas de ambas as soluções diz o contrário. Quer isto dizer, que para além de potenciar uma poupança de viaturas, a solução otimizada é teoricamente mais eficiente. Em termos numéricos, esse ganho é de 1,5%.

## III - Taxa de ocupação da viatura

Em termos de taxa de ocupação das viaturas, não existem diferenças consideráveis no aproveitamento da taxa de ocupação da viatura. A Tabela 4 evidencia o impacto entre as duas metodologias na taxa de ocupação da viatura. De notar a maior flexibilidade do actual processo em produzir rotas que, ocasionalmente, possam exceder a capacidade legal do veículo pelo curto raio de acção da operação. Ou seja, a distância ao primeiro cliente é reduzida, originando ligeiras sobrecargas para evitar segundas rotas com taxa de ocupação reduzida.

**Tabela 4 – Comparação da taxa de ocupação da viatura entre a solução otimizada e a situação actual**

| Dia                  | Taxa ocupação viatura |              |
|----------------------|-----------------------|--------------|
|                      | Optimizada.           | Actual       |
| Dia 1 - 4f           | 86.5%                 | 108.2%       |
| Dia 2 - 5f           | 96.8%                 | 96.9%        |
| Dia 3 - 6f           | 91.2%                 | 99.1%        |
| Dia 4 - 2f           | 91.3%                 | 87.0%        |
| Dia 5 - 4f           | 81.3%                 | 91.8%        |
| Dia 6 - 5f           | 96.2%                 | 107.8%       |
| Dia 7 - 6f           | 85.2%                 | 89.7%        |
| Dia 8 - 2f           | 84.3%                 | 70.2%        |
| Dia 9 - 3f           | 87.2%                 | 84.7%        |
| Dia 10 - 4f          | 93.2%                 | 91.1%        |
| Dia 11 - 5f          | 88.4%                 | 89.8%        |
| Dia 12 - 6f          | 90.8%                 | 90.8%        |
| Dia 13 - 4f          | 98.7%                 | 99.2%        |
| Dia 14 - 5f          | 90.0%                 | 92.1%        |
| Dia 15 - 2f          | 80.2%                 | 76.4%        |
| Dia 16 - 3f          | 91.8%                 | 91.8%        |
| Dia 17 - 4f          | 90.7%                 | 87.3%        |
| Dia 18 - 5f          | 85.3%                 | 85.3%        |
| Dia 19 - 6f          | 87.9%                 | 81.8%        |
| Dia 20 - 3f          | 88.9%                 | 86.5%        |
| Dia 21 - 4f          | 87.8%                 | 81.4%        |
| Dia 22 - 5f          | 78.0%                 | 84.9%        |
| Dia 23 - 6f          | 76.4%                 | 87.5%        |
| Dia 24 - 2f          | 86.0%                 | 75.6%        |
| Dia 25 - 3f          | 81.6%                 | 83.4%        |
| Dia 26 - 4f          | 89.6%                 | 81.4%        |
| Dia 27 - 5f          | 83.7%                 | 82.0%        |
| Dia 28 - 6f          | 87.7%                 | 88.3%        |
| Dia 29 - 2f          | 79.8%                 | 71.8%        |
| Dia 30 - 3f          | 94.2%                 | 83.5%        |
| Dia 31 - 4f          | 85.8%                 | 79.1%        |
| <b>Média</b>         | <b>87.6%</b>          | <b>87.3%</b> |
| <b>Desvio padrão</b> | <b>5.4%</b>           | <b>8.9%</b>  |

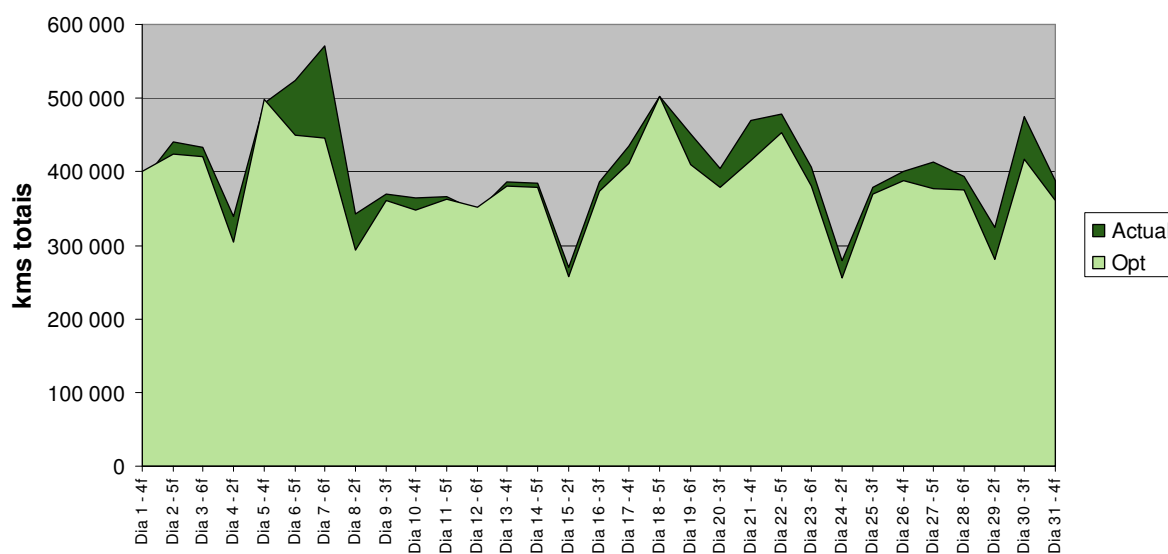
#### IV - Taxa de capacidade de entrega kg/equipa de entrega;

O rácio kgs por equipa de entrega traduz a eficiência da distribuição. Em termos comparativos, a solução otimizada apresenta um resultado de 3,9 % superior ao da solução actual. Ou seja, cada equipa de entrega transportaria em média mais 200kg, considerando a frota actual.

## V - Distâncias totais

Ao nível dos kms percorridos, o Gráfico 5 evidencia uma diminuição das distâncias percorridas. Essa diminuição ronda os 6%, representando uma poupança relevante quer em termos de combustíveis como desgaste das próprias viaturas (manutenção, pneus).

**Gráfico 5 – Comparação do total de kms percorridos na solução actual e otimizada**



### 6.3 Integração futura

Um sistema de optimização de rotas pode estar integrado com o sistema de controlo de rotas (apresentado em 5.2) e com um sistema de navegação no próprio veículo de distribuição.

Após afinação completa e implementação do optimizador de rotas, fará sentido partir para uma total integração dos sistemas. O recurso a sistemas de navegação será uma grande ajuda prestada para as equipas de entrega, principalmente quando são obrigadas a abastecer zonas desconhecidas. Funcionam como um complemento à implementação do optimizador para apoiar o trabalho de entrega e aconselhar os melhores percursos.

O projecto desenvolvido debruça-se na optimização das rotas de entrega. No entanto, a estas estão subjacentes rotas de venda. O estudo do impacto das rotas de venda (e o seu eventual ajustamento) na distribuição e a análise da articulação entre a área comercial e a área logística podem constituir uma oportunidade para tratamentos futuros. As rotas de venda terão de ter uma perspectiva diária, semanal e até mensal, de modo a suavizar a sazonalidade existente. De nada serve uma optimização diária, se no global subsistirem incongruências inaceitáveis.

Por fim, destaca-se a integração com sistemas de apoio à decisão baseado em GIS (Geographic Informations Systems). Os sistemas existentes de geomarketing auxiliam a análise do mercado, escolha das melhores políticas comerciais, cruzamento com informação demográfica, análise gráfica das rentabilidades dos clientes, etc.

## 7 Conclusões e crítica

O objectivo principal deste projecto era a avaliação das potencialidades de um optimizador de rotas quando aplicado à distribuição capilar. Para isso, desenvolveu-se a infraestrutura necessária para preparar a sua implementação no Centro Operacional do Porto da Unicergeste, de forma a comparar a solução actual com a solução optimizada.

Os resultados teóricos obtidos sugerem uma mais valia significativa no uso de um optimizador de rotas na distribuição capilar. A mais valia estimada é traduzida na poupança média de 11% às segundas-feiras e de 2% no resto da semana no número de viaturas utilizadas, fruto da sazonalidade semanal existente nas vendas. Adicionalmente prevê-se uma diminuição de cerca de 6% no total de kms percorridos, representando uma poupança de combustível importante, tendo em conta o peso que este representa num negócio de distribuição.

O estudo permitiu ainda identificar outros modelos de funcionamento, nomeadamente o recurso a:

- Um homem, um camião;
- Horários semanais diferenciados.

A aplicabilidade destes procedimentos obriga ao recurso a um optimizador, pelo esforço de informação que obriga, nomeadamente, através da segmentação de clientes em função da tripulação necessária.

A comparação entre o real e o teórico optimizado incidiu durante o período de Verão, altura em que há grande tráfego de distribuição, estando a estrutura dimensionada para níveis de eficiência elevados. A mesma comparação efectuada no Inverno permitiria identificar a eventual redução da estrutura humana e de viaturas.

Note-se, porém, que os valores avançados têm por base uma implementação teórica de um optimizador de rotas. Apesar do esforço feito na adequação dos parâmetros do optimizador à realidade, é necessário salientar as aproximações feitas que mais afectam os resultados:

- a aproximação linear do tempo de descarga;
- a veracidade das janelas de entrega;
- a aproximação da velocidade da rede de estradas (problema da variação da velocidade ao longo do dia);

- a actualização do mapa no que concerne a sentidos, proibições, condicionalismos devido a obras, abertura de novas vias, etc.

De referir que o software de optimização utilizado foi o Optrak, uma vez que, apesar de haver outros pacotes semelhantes no mercado, este estava disponível no grupo Unicer. Assim, será útil mencionar os seus aspectos positivos e negativos. O Optrak, como qualquer sistema de *Vehicle routing*, trata um problema complexo de difícil modelação. Permite parametrizar as variáveis que mais pesam num problema de distribuição e integra um mapa bastante bom em termos gráficos.

No entanto, encontrámos pontos em que se esperava mais de um software tão técnico e profissional. Em termos de interface, o utilizador tem dificuldade em realizar certas tarefas, pela sua complexidade. O drag & drop, em vez de ser facilitador, é difícil e moroso, mesmo para utilizadores experientes. As interfaces não são adaptadas para uma distribuição tão fina e pormenorizada como a definida na implementação descrita neste trabalho.

O mapa, apesar das reconhecidas especificidade e qualidade é, no meu entender, um obstáculo à integração com outras funcionalidades. O sistema de coordenadas, por não ser o utilizado pela grande maioria de sistemas de navegação ou geomarketing, dificulta a comunicação, o que implica um custo acrescido para o fazer – a conversão de coordenadas.

Ainda sobre o mapa, esperava-se que o sistema disponibilizasse alguma capacidade de parametrização da rede rodoviária, ou seja, alteração de ruas, das suas velocidades pontuais e fácil inclusão da variabilidade associada a diferentes alturas do dia, de sentidos de trânsito e proibições existentes. Seria ainda positiva a possibilidade de impressão de mapas com as rotas para serem usados operacionalmente, gerando maior confiança nas equipas de entrega, quando têm de abastecer clientes que desconhecem. Em termos de relatórios de gestão e consolidação da informação das rotas, qualquer base de dados terá de ser construída adicionalmente.

A implementação do optimizador de rotas envolve um processo complexo de mudança, processo esse que implica uma ruptura com as rotinas existentes. A meu ver, para vingar as mais valias que o optimizador aponta, será necessário:

- Diminuir a variabilidade introduzida pelos clientes, tanto a nível das janelas de entrega como dos tempo de descarga e da necessidade de passagens para cobranças;
- Alterar os hábitos de trabalho enraizados na cultura das equipas de distribuição;
- Preparar a flexibilização das equipas de entrega para uma rotatividade de elementos nas actuais rotas, de modo a permitir um conhecimento de uma zona mais alargada;
- Conjuguar o apoio de toda a organização, comprometendo tanto a área comercial, como a administrativa e a logística.

O trabalho realizado revelou-se extremamente aliciante. Na fase de levantamento da informação, a tarefa mais morosa foi a localização dos clientes e a aferição dos tempos de descarga. Este parâmetro foi, sem dúvida, o mais complexo de afinar, pela variabilidade introduzida pelos clientes, pela aleatoriedade do tráfego na rede urbana e pelos demais acontecimentos que influenciam o tempo dispendido nas diversas actividades que compõem a rota. Na fase de implementação, a gestão da mudança foi crítica e sê-lo-á, seguramente no

futuro, quando o novo modelo for definitivamente levado à prática. Isto porque mudar hábitos, depois de 20 ou 30 anos a cumprir as mesmas rotinas, está longe de ser uma tarefa fácil e pacífica.

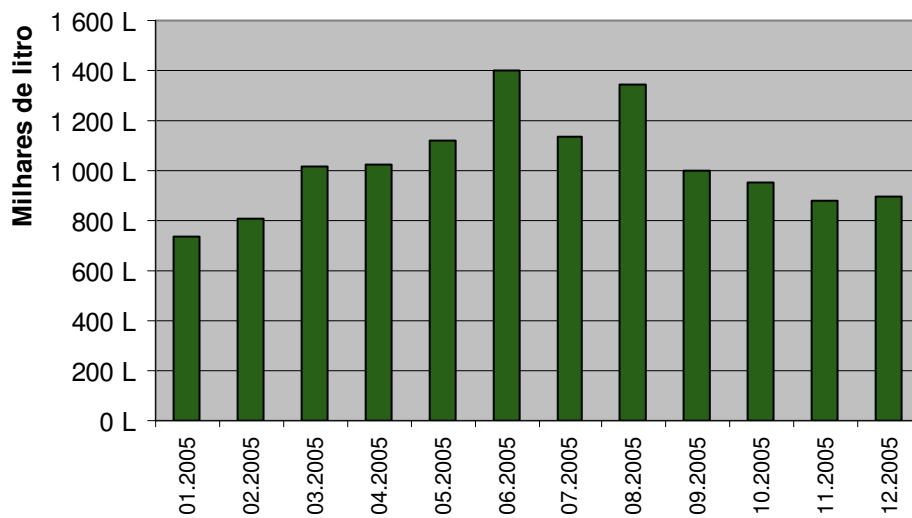
## 8 Referências e Bibliografia

1. Unicer - Bebidas de Portugal SGPS S.A., *Relatório e contas 2001*. p. 38.
2. Unicer - Bebidas de Portugal SGPS S.A., *Relatório e contas 2004*. p. 29.
3. Unicer - Bebidas de Portugal SGPS S.A., *Relatório e contas 2005*. p. 7,8, 38-41.
4. Alcibiades, P.G., *Sebenta de Distribuição 5º ano*, in *DEMEGI*. 2003, FEUP: Porto.
5. Novaes, A.G., *Logística e Gerenciamento da cadeia de distribuição*. 2ª ed. 2004: Elsevier Editora Ltda. 408.
6. Rushton, A., J. Oxley, and P. Croucher, *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. 2<sup>nd</sup> ed. 2000: Kogan Page.
7. Neves, J. *Logística: Spatial Decision Support para Planeamento de Redes de Serviços e Gestão de frotas*. 2002 [cited; Available from: [www.novabase.pt/showNews.asp?idProd=reslogisticasdss](http://www.novabase.pt/showNews.asp?idProd=reslogisticasdss)].
8. Optrak Distribution Software Limited, *Manual OPTRAK*. 2006.
9. Inosat, *Manual Inofrota - Sistema de controlo de frotas*. 2006.

## **Anexos**

## Anexo A: Sazonalidade anual das vendas

Gráfico 6 – Volume facturado no Centro Operacional do Porto em 2005



## Anexo B: Zona com limitação de trânsito a viaturas pesadas

A zona representada com os pontos verdes é a área com a restrição de circulação de veículos pesados entre as 14:00 e as 19:00.

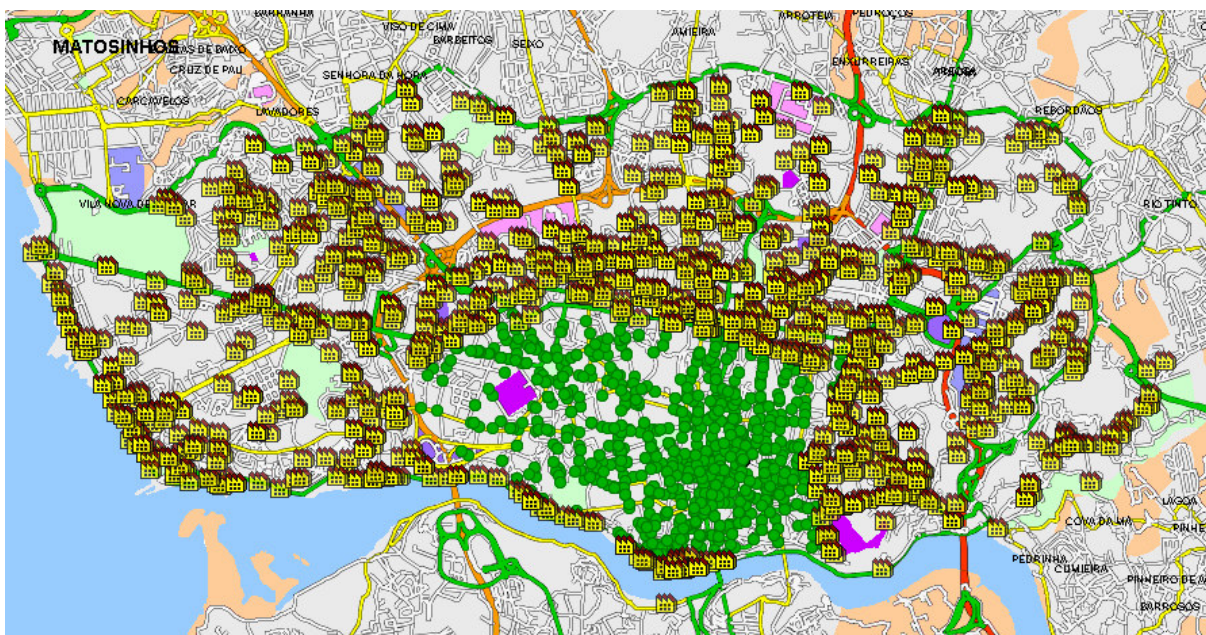


Figura 14 – Representação da zona com limitação de trânsito a veículos pesados

### Anexo C: Recolha de informação sobre janelas de entrega dos clientes

| Nome                               | Morada                               | das   | às    | das   | às    | descanso |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| TERESA CALISTO CATERING (SALAO BI  | PR. GENERAL HUMBERTO DELGADO, 325 1ª |       |       |       |       |          |
| O SÍTIO DO ALMADA                  | RUA DO ALMADA, 151                   | 10.00 | 12.00 | 15.00 | 15.30 |          |
| INTERNACIONAL - HOTEL              | RUA DO ALMADA, 131                   | 9.00  | 12.00 | 14.30 | 17.00 |          |
| KATY - BUFETE                      | R. ALFERES MALHEIRO, 98              | 8.00  | 12.30 | 14.00 | 17.00 |          |
| MENINA DOS ALIADOS - SNACK BAR     | R. DR. ARTUR MAGALHÃES BASTO, 12     | 8.00  | 12.00 | 14.00 | 17.00 |          |
| RESTAURANTE LARICA                 | RUA CONDE VIZELA 14/16               | 10.00 | 12.00 | 15.00 | 17.00 |          |
| RESTAURANTE PATO BRAVO             | RUA CONDE VIZELA, 74                 |       |       |       |       |          |
| VIA GARRET RESTAURANTE             | RUA CLUB DOS FENIANOS, 1 - 5         | 8.00  | 12.00 | 15.00 | 17.00 |          |
| ASSOCIAÇÃO DE SURDOS DO PORTO      | RUA DO ALMADA, 18 - 1º.              | 9.00  | 13.00 | 14.00 | 17.00 |          |
| CENTRAL DOS CLERIGOS - CHURRASQ.   | R. DA FABRICA, 73                    | 9.00  | 12.00 | 14.30 | 17.00 |          |
| INFANTE SAGRES - HOTEL             | R. DA FABRICA                        | 9.00  | 12.30 | 14.30 | 17.00 |          |
| FENIANOS PORTUENSES - CLUB         | R. DOS FENIANOS                      |       |       | 13.00 | 17.00 |          |
| CAPITOLIO CAFE                     | PR. GENERAL HUMBERTO DELGADO, 295    | 8.00  | 12.00 | 14.30 | 17.00 |          |
| SA REIS CERVEJARIA                 | PR. DA LIBERDADE, 54                 | 8.00  | 11.30 | 14.30 | 17.00 |          |
| SAFARI - CAFE                      | R. RAMALHO ORTIGÃO, 27               | 8.00  | 12.00 | 14.30 | 17.00 |          |
| C. M. P. - BARES DO MUNICIPIO (CD) | PR. GENERAL HUMBERTO DELGADO         | 9.00  | 11.30 | 14.30 | 15.00 |          |
| C. M. P. - REFEITORIOS (CD)        | PR. GENERAL HUMBERTO DELGADO         | "     | "     | "     | "     |          |
| PORTO SABOR                        | R. DA FÁBRICA, 34                    | 9.00  | 12.00 | 15.00 | 17.00 |          |
| TRIC-TRIC - BUFETE                 | R. ALFERES MALHEIRO, 211             | 9.00  | 13.00 | 14.00 | 17.00 |          |
| A MINHOTA                          | RUA ELISIO DE MELO N 31              | 9.00  | 12.00 | 14.30 | 17.00 |          |
| MONTE CATINI - CAFETARIA           | RUA DR ARTUR MAGALHAES Nº            | 9.00  | 12.00 | 14.30 | 17.00 |          |
| ATENEIA                            | AV. DOS ALIADOS                      | 9.00  | 12.00 |       |       |          |
| PORTUENSE - CLUB                   | R. CONDE VIZELA, 33                  | 9.00  | 12.30 | 14.30 | 17.00 |          |
| KIABICA- CAFETARIA                 | R. ALFERES MALHEIRO, 203             | 9.00  | 12.30 | 14.30 | 17.00 |          |
| ALIADOS - PENSÃO                   | RUA ELISIO DE MELO                   | 9.00  | 12.00 | 14.00 | 17.00 |          |
| MONTE CATINI CONFEITARIA           | R. DR. ARTUR MAGALHAES BASTO 24      |       |       |       |       |          |
| APOLO - CAFE                       | R. RAMALHO ORTIGÃO, 53               | 8.00  | 12.00 | 14.30 | 17.00 |          |
| GUARANY - CAFE                     | AV. DOS ALIADOS, 83                  | 9.00  | 11.00 |       |       |          |
| PORTO TRINDADE                     | R. DE CAMOES, 89                     | 8.00  | 12.00 | 14.30 | 17.00 |          |

SÓ À NOITE

**Figura 15 – Exemplo de um inquérito distribuído para preenchimento pelas equipas de entrega**

## Anexo D: Característica da carroçaria das viaturas pesadas



**Figura 16 – Box de uma viatura**

## Anexo E: Paletização dos produtos



Figura 17 – Paletização dos produtos

## Anexo F: Carrinho auxiliar de descarga



**Figura 18 – Ferramenta auxiliar de descarga e transporte**

## Anexo G: Mapa H

Este formulário é preenchido simultaneamente à abertura de clientes e fornece a informação sobre a localização esquemática do cliente e respectiva janela de entrega.

### Anexo à Ficha de abertura de cliente

Horário possível para entrega: 9 as 18

Dia de descanso semanal: \_\_\_\_\_

Aberto ao sábado/dom: \_\_\_\_\_

### Posicionamento geográfico

|                  |  |   |               |  |
|------------------|--|---|---------------|--|
|                  | R.   | <p>RUE<br/>                 RAIMHA<br/>                 D. AMELIA</p> | R.            |  |
| R. SANTOS POUADA |  |   |               |  |
|                  | <p>Pra. Oliveira do<br/>                 Sousa</p> | +   | LATINO COELHO |  |

Figura 19 – Exemplo de uma ficha H preenchida

## Anexo H: Interface do Unigest02

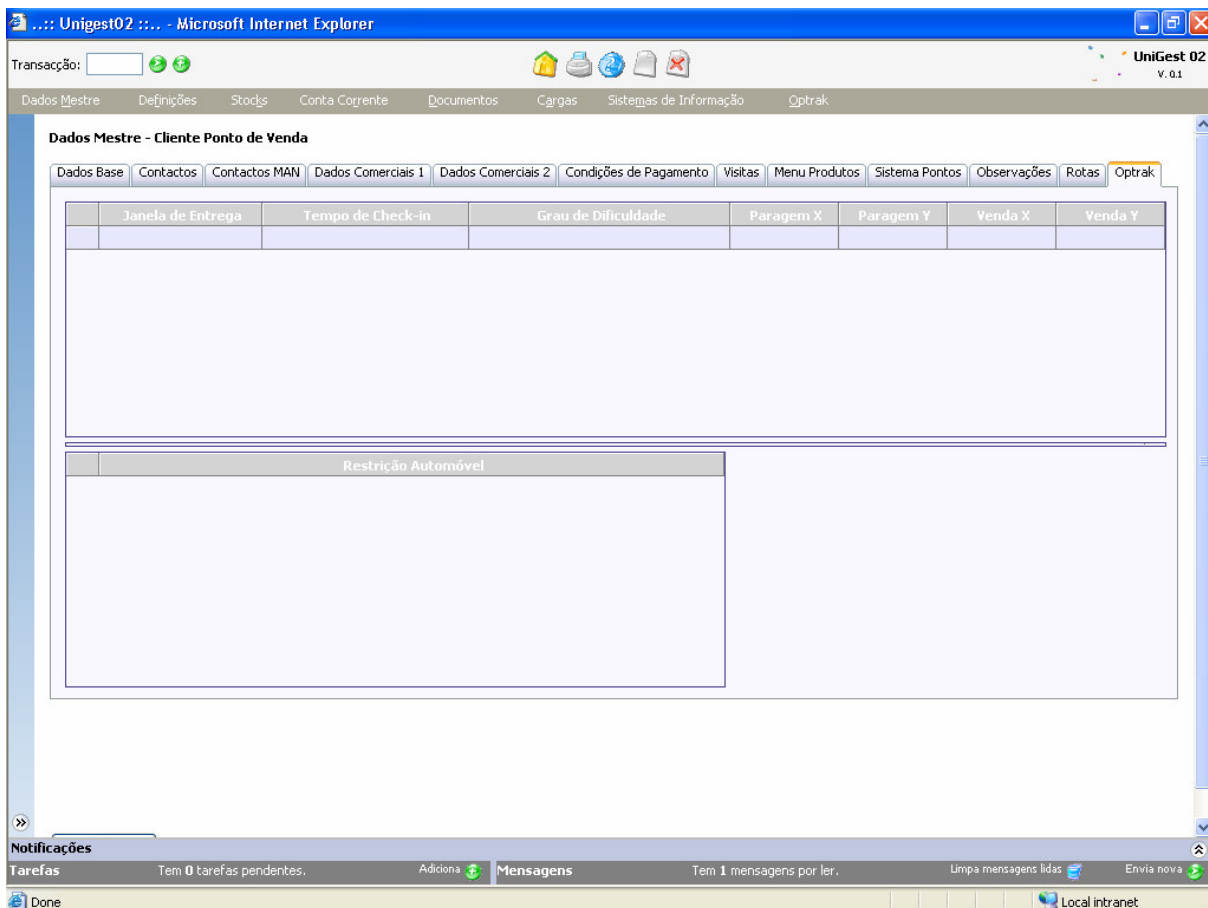
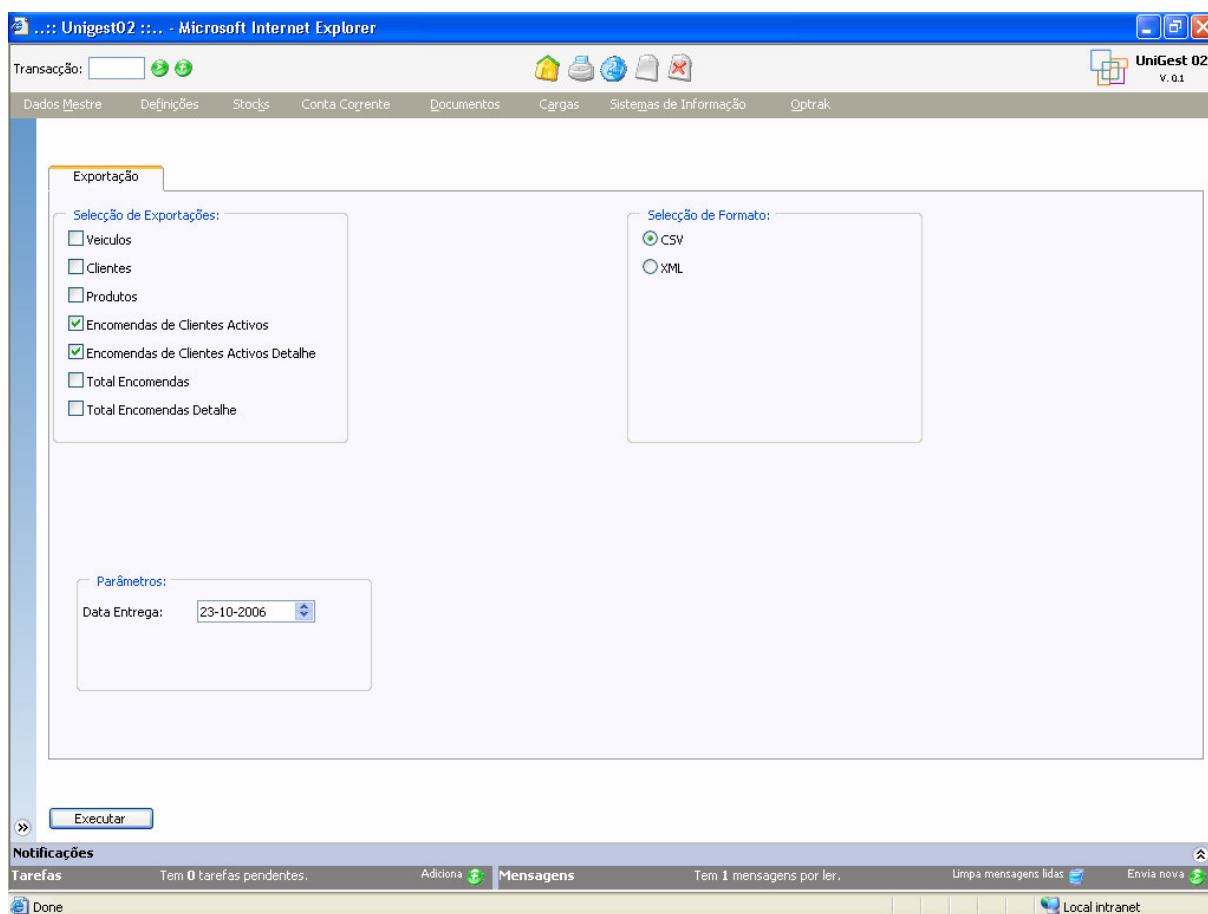


Figura 20 – Menu de clientes no Unigest02



**Figura 21 – Menu de exportação no Unigest02**

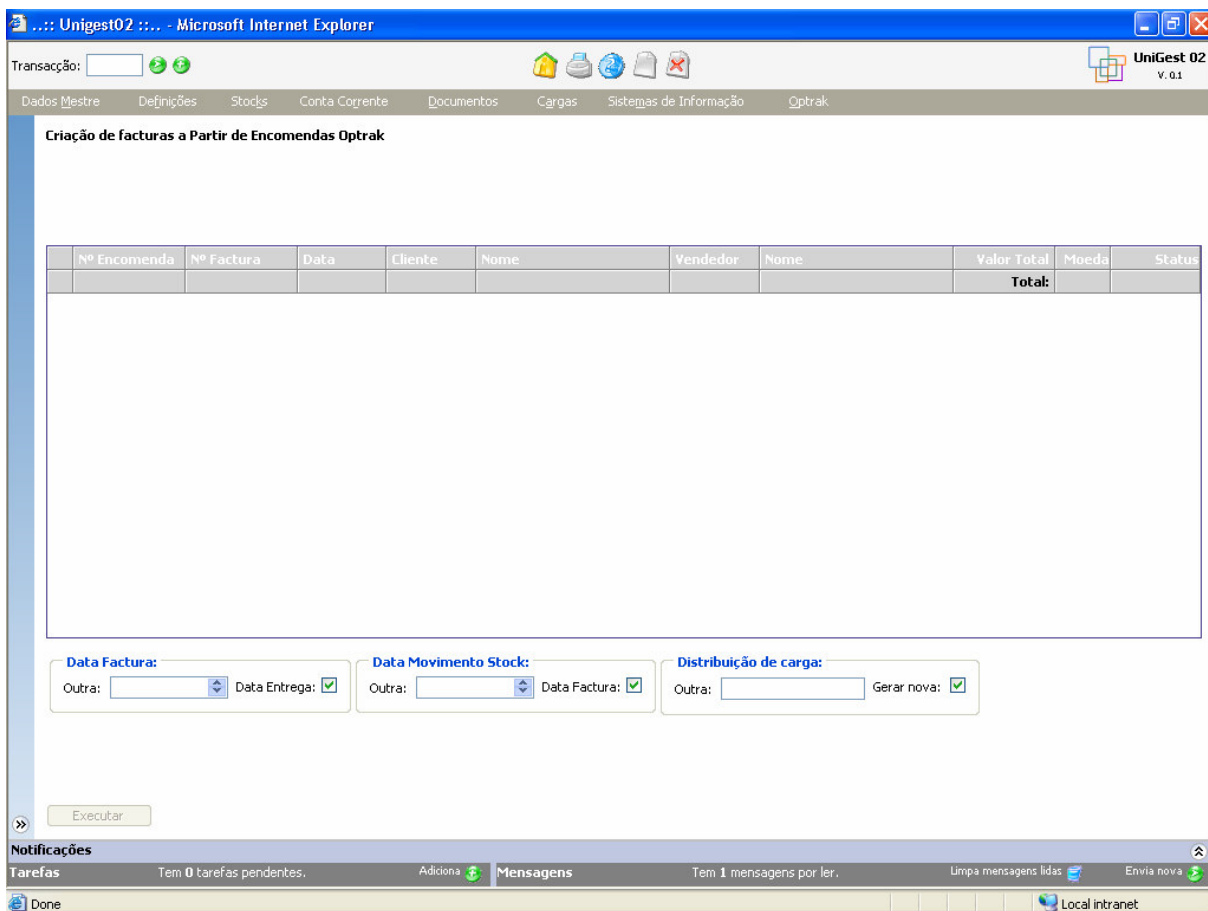


Figura 22 – Menu facturação OPTRAK no Unigest02

### Anexo I: integração do Unigest02 com o sistema de route tracking

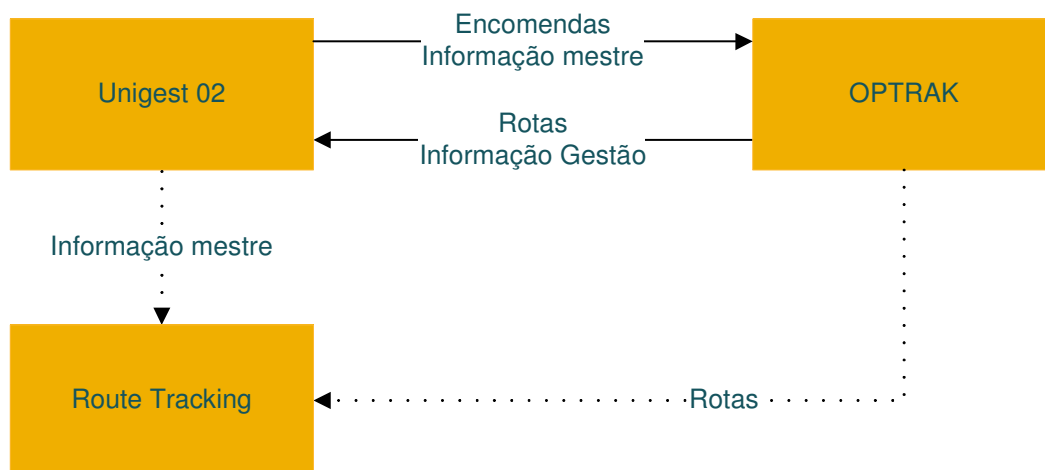


Figura 23 – Fluxo de informação do Sistema de controlo de rota