

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**FEUP**

**Um sistema de apoio à decisão para afectação de  
parque de diagnóstico clínico**

Américo Gabriel Costa Gomes

Relatório de projecto realizado no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Major Energia

Orientador: Professor Doutor José Fernando Oliveira

Julho de 2009

© Gabriel Gomes, 2009

# Resumo

Desde que uma empresa é criada, o seu objectivo primordial passa por maximizar os lucros e minimizar as suas despesas, premissas estas que são indissociáveis à gestão dos recursos humanos disponíveis, equilibrada entre as expectativas dos colaboradores, a potenciação da prestação profissional destes e os objectivos que os accionistas têm.

Neste trabalho, abordou-se a distribuição de recursos humanos disponíveis numa empresa, mais concretamente no seu departamento de serviço técnico, que tem cinco técnicos à sua disposição que prestam o serviço de assistência técnica.

Esta empresa vende equipamentos de diagnostico clínico e instala-os em laboratórios privados e hospitalares, tendo os técnicos que se deslocar para estes, partindo sempre do seu local de residência e regressando no final do dia ao mesmo local.

Tendo em consideração os dados de 2008 relativos a intervenções técnicas diárias, nomeadamente os tempos das intervenções técnicas e locais onde estas foram efectuadas, afectou-se a cada um dos técnicos um determinado conjunto de laboratórios pelos quais serão responsáveis. Partindo desta afectação, cada um dos técnicos terá uma determinada carga horária diária, que terá em conta o tempo da intervenção técnica mais o tempo da deslocação. Esta carga horária é calculado a partir da resolução do “Problema do Caixeiro Viajante”, através da heurística de vizinho mais próximo, utilizando os tempos de deslocação entre códigos postais onde pertencem cada um dos locais.

O objectivo do trabalho está em possibilitar que o utilizador do sistema de apoio à decisão equilibre por todos os técnicos as diversas cargas horárias anuais das intervenções técnicas ou das deslocações efectuadas, afectadas ou não pelo coeficiente de atraso devido ao trânsito em cidades ou zonas metropolitanas, que é conseguido através da diferente afectação de técnicos a laboratórios.



# Abstract

*Since a company is created, its primary objective is to maximize profits and minimize their costs, these assumptions that are inseparable to the management of available human resources, balanced between the expectations of employees, the potentiation of the professional installment given by them and objectives that shareholders have.*

*In this work, we dealt with distribution of available human resources in a company, specifically in its technical service department, which has five technicians at your disposal to provide the service of technical assistance.*

*This company sells medical diagnostic equipment and install them in private and hospital laboratories, and technicians who go to them, always leaving his place of residence and returning later in the day at the same location.*

*Taking into account data from 2008 for daily technical assistance, including technical assistance of the times and places where they were made, affected to each of a set of technical laboratories which are responsible for. From this allocation, each of the technicians will have a daily work load, taking into account the time of the intervention technique most of the time travel. This work load is calculated from the resolution of the "Traveling salesman problem", by the nearest neighbor heuristic, using the travel time between postcodes where each of the sites belong.*

*The objective of the work is in enabling the user of the decision support system for balancing for all the technicians several annual workloads of the technical interventions or of the effectuated dislocations, affected or not for the coefficient of delay due to the traffic in cities or metropolitan zones, which is achieved through the different affectation of technicians to the laboratories.*



# Agradecimentos

Este trabalho só foi possível com a seguinte colaboração:

- Dr. Pedro Branco, director geral da Menarini Diagnósticos Portugal, por ter autorizado a elaboração deste trabalho no seio desta empresa;
- Professor Doutor José Fernando Oliveira, orientador deste projecto e distinto professor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
- Sr. Luís Gonçalves, responsável do Departamento de Serviço Técnico da Menarini Diagnósticos Portugal;
- À minha Família;
- À Goretti.

A todos o meu sincero agradecimento.



# Índice

Resumo .....	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos .....	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras .....	xi
Lista de tabelas .....	xiii
Abreviaturas e Símbolos .....	xv
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>1</b>
Introdução.....	1
1.1 - Objectivos.....	1
1.2 - Estrutura .....	1
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>3</b>
Descrição do problema.....	3
2.1 A empresa .....	3
2.2 O departamento de serviço técnico .....	3
2.3 O problema .....	4
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>7</b>
Problema do Caixeiro Viajante .....	7
3.1 - Introdução.....	7
3.2 - Perspectiva histórica .....	7
3.3 - Formulação .....	9
3.3.1 - Problema do Caixeiro Viajante Assimétrico (PCVA) .....	9
3.3.2 - Problema do Caixeiro Viajante Simétrico (PCVS).....	10
3.4 - Heurística do vizinho mais próximo .....	11
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>13</b>
Resolução do problema .....	13
4.1 - Recolha de dados - tempos e locais de intervenção.....	13
4.2 - Recolha de dados-tempos de deslocação entre laboratórios .....	15
4.3 - Separadores do Microsoft Excel .....	16

4.3.1 - Separador dados.....	16
4.4.2 - Separador zonas e procv .....	18
4.4.3 Separador distâncias.....	22
4.4.5 Separador tabelas dinâmicas.....	22
4.4.5 Separador folha de decisão.....	24
4.5 - Problema do Caixeiro viajante - execução prática de um caso .....	26
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>31</b>
Conclusões .....	31
<b>Referências .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>35</b>
Códigos postais por cliente.....	35
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>43</b>
Programa do Macro Express Pro .....	43
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>51</b>
Programa da macro do Microsoft Excel para resolução do PCV.....	51

## Lista de figuras

Fig. 3.1 - Conjunto de locais e respectivas distâncias entre estes.....	11
Fig. 4.1 - Folha de excel com os dados exportados do software S2000 .....	13
Fig. 4.2 - Circuito PCV aplicado ao dia 28 de Janeiro e em função do técnico PR.....	26
Fig. 4.3 - Circuito PCV aplicado ao dia 28 de Janeiro, em função do técnico PR e otimizado.....	29



## Lista de tabelas

Tabela 3.1 - Resolução do PCV ao longo do tempo [2] [5] .....	8
Tabela 4.1 - Tabela de dados tipo extraída do software S2000 .....	14
Tabela 4.2 - Tabela que reproduz parte do separador “dados” .....	15
Tabela 4.3 - Tabela que reproduz parte do separador “procv” e “zonas” .....	17
Tabela 4.4 - Tabela que reproduz parte do separador “procv” e “zonas” .....	18
Tabela 4.5 - Tabela que reproduz parte do separador “procv” e “zonas” .....	19
Tabela 4.6 - Parte de tabela dinâmica de soma dos tempos de deslocação.....	20
Tabela 4.7 - Matriz exemplo dos tempos de deslocação entre códigos postais.....	21
Tabela 4.8 - Tabela que reproduz parte do separador “folha de decisão” .....	22
Tabela 4.9 - Tabela que reproduz parte do separador “folha de decisão” .....	22
Tabela 4.10 - Tabela que reproduz parte do separador “folha de decisão” .....	25
Tabela 4.10- Tabela de distâncias.....	25
Tabela 4.11- Tabela de distâncias.....	25
Tabela 4.12 - Tabela de distâncias.....	26
Tabela 4.13 - Tabela de distâncias.....	26
Tabela 4.14 - Tabela de distâncias.....	26
Tabela 4.15 - Tabela de distâncias.....	26



# Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
ME	<i>Microsoft Excel</i>
PCV	Problema do Caixeiro viajante
PCVA	Problema do Caixeiro Viajante Assimétrico
PCVS	Problema do Caixeiro Viajante Simétrico
TSP	<i>Traveling salesman problem</i>
VMP	Vizinho mais próximo



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 - Objectivos

Neste trabalho, abordou-se a distribuição de recursos humanos disponíveis numa empresa, mais concretamente no seu departamento de serviço técnico, que tem cinco técnicos à sua disposição e que prestam o serviço de assistência técnica a equipamentos de diagnóstico clínico, instalados em laboratórios de análises clínicas e laboratórios hospitalares localizados em Portugal continental.

Após se analisar o desempenho dos técnicos durante o ano de 2008, nomeadamente a carga horária da assistência técnica em cada um dos laboratórios, criou-se um sistema de apoio à decisão no *Microsoft Excel* (ME), no qual se atribuiu a cada um dos técnicos a responsabilidade de cada laboratório e, em função da carga horária anual de cada um deles, contabilizando os tempos das intervenções técnicas e os tempos de deslocação para os laboratórios, pretende-se assim que estas estejam o mais equilibradas possíveis entre todos os técnicos, que será conseguido através de afectações dos técnicos a diferentes laboratórios no sistema de apoio à decisão.

### 1.2 - Estrutura

Este trabalho está dividido em cinco capítulos com os conteúdos definidos seguidamente. No capítulo 1 é feita um enquadramento deste projecto.

No capítulo 2 é definido qual o problema a resolver, descrevendo as necessidades que uma empresa tem e restrições associadas.

No capítulo 3 é explicado sob o ponto de vista matemático o problema do caixeiro viajante (PCV) e a sua aplicação à resolução do problema.

No capítulo 4 é explicada a forma de resolução do problema assim como se obtiveram os dados para a resolução do mesmo.

Finalmente no capítulo 5 são descritas as conclusões obtidas.

# Capítulo 2

## Descrição do problema

### 2.1 A empresa

A Menarini Diagnósticos Portugal, fundada em 1991, tem a sua sede em Paço de Arcos e é uma filial da Menarini Diagnostics, empresa italiana do sector farmacêutico.

Actualmente, conta com 48 colaboradores, 32 dos quais com funções nas áreas de Vendas, Marketing e Serviço Técnico, tendo facturado mais de 17 milhões de euros durante o ano de 2007.

Comercializa equipamentos de diagnóstico clínico e de utilização laboratorial ou ainda reagentes em diversas áreas tais como:

- Autoimunidade
- Banco de sangue
- Hematologia
- Hemoglobina Glicosilada
- Imunohistoquímica e histologia
- Química líquida e química seca
- Urinálise

### 2.2 O departamento de serviço técnico

O colaboradores que compõem o departamento de serviço técnico tem como função assegurar o correcto funcionamento dos equipamentos das áreas enumerados em 2.1. Este departamento é gerido pelo responsável do serviço técnico, o qual tem, entre outras funções, a responsabilidade de organizar o agendamento das deslocações dos cinco técnicos que tem à sua disposição, os quais têm um conjunto de laboratórios atribuídos e que habitam em

diversos locais de Portugal Continental, nomeadamente Amora-Seixal, S.Marcos-Sintra, Cantanhede, Rio Tinto e Vila das Aves. Esta dispersão geográfica é importante para que cada um dos técnicos dispenda o menor tempo possível nas deslocações para o local onde vai prestar o serviço e maximize o tempo a efectuar as intervenções técnicas nos equipamentos.

As intervenções técnicas nos equipamentos têm um carácter diverso e são denominadas da seguinte forma:

- Manutenções preventivas - têm uma periodicidade programada, normalmente semestral, mas existindo também com uma periodicidade anual, dependendo da fiabilidade do equipamento;
- Manutenções correctivas - têm uma periodicidade aleatória pois estão dependentes das avarias nos equipamentos, sendo estas devidas ao desgaste do próprio equipamento ou à má utilização por parte dos operadores do mesmo;
- Instalações - designação para a colocação física de equipamentos num determinado laboratório envolvendo a componente de teste da sua operacionalidade;
- Desinstalações - designação para a retirada de equipamentos num determinado laboratório;
- Actualizações - nesta vertente de intervenção técnica, o equipamento não está avariado mas apenas necessita de um ajuste de software, mecânico ou electrónico, indicado pelo fabricante, para que os resultados tenham uma fiabilidade maior ou de forma a que tenha necessidade de menos manutenções correctivas;

## 2.3 O problema

De forma a tornar mais eficiente o desempenho dos técnicos, pretende-se, utilizando o ME, equilibrar os tempos de intervenções anuais.

Os dados a usar no ME correspondem aos do ano de 2008, nomeadamente dos tempos das intervenções técnicas e a sua localização.

As deslocações diárias serão calculadas utilizando a heurística do vizinho mais próximo, formulada pelo “problema do caixeiro viajante”, tendo em consideração os tempos de deslocação entre códigos postais de cada uma das localizações (laboratórios ou residência do técnico), em função do técnico atribuído a cada um dos laboratórios, que sai sempre da sua residência, percorre os diversos laboratórios e regressa novamente à sua residência.

Deverá ainda considerar-se as deslocações dentro das áreas metropolitanas de Lisboa e Porto e ainda, as cidades de Coimbra, Viseu, Braga, Guimarães, Setúbal e Faro, utilizando um

coeficiente de agravamento do tempo das deslocações, sempre que estas sejam efectuadas dentro de um código postal correspondente a alguma destas zonas.

Partindo destes dados, pretende-se equilibrar os tempos de intervenções anuais através da afectação dos laboratórios a diferentes técnicos pelo utilizador do sistema de apoio à decisão.



# Capítulo 3

## Problema do Caixeiro Viajante

### 3.1 - Introdução

O problema do caixeiro viajante está inserido dentro da área da otimização combinatória, tema de estudo da investigação operacional.

Basicamente, assume-se como um problema em que perante um determinado conjunto de locais em que são conhecidas as distâncias entre estes, pretende-se, partindo de um local, percorrer todos os outros, sem repetir a passagem por nenhum, regressando ao local de partida e percorrendo a menor distância possível.

O problema pertence à categoria NP-difícil, campo da complexidade exponencial, ou seja, o tamanho do problema influencia exponencialmente o esforço computacional para a resolução do mesmo.

No caso tratado por este trabalho, não se pretende minimizar a distância para percorrer todos os locais mas sim minimizar o tempo que demora a percorrer todo o circuito estabelecido.

### 3.2 - Perspectiva histórica

No séc XIX o matemático irlandês William Rowan Hamilton e o inglês Thomas Penyngton Kirkman, estudaram os circuitos hamiltonianos num grafo que estão de uma forma geral, relacionados com o PCV, no entanto, abordaremos apenas a questão do PCV.

Embora não seja conhecida a origem do PCV, é assumida por vários autores [1] [2] que a primeira vez que foi abordada esta temática de uma forma consistente, foi num livro

publicado na Alemanha em 1832 chamado “*Der Handlungsreisende - wie er sein soll und was er zu thun hat, um Aufträge zu erhalten und eines glücklichen Erfolgs in seinen Geschäften gewiß zu sein - von einem alten Commis-Voyageur*“, ou seja, “O caixeiro viajante - como deve ser e o que tem de fazer para obter encomendas e estar seguro de um sucesso feliz no seu negócio-por um antigo caixeiro viajante”, que analisava a vantagem da escolha acertada do itinerário da viagem em termos de poupança de tempo, não abordando no entanto a questão numa perspectiva matemática.

Só a partir dos anos 30 do século passado na Universidade de Viena e na Universidade de Harvard, Karl Menger começou a estudar de uma forma mais séria, nomeadamente a formulação geral do problema e prosseguida posteriormente por Hassler Whitney na Universidade de Princeton.

No final dos anos 40, Julia Robinson refere num artigo “On the Hamiltonian game (a traveling salesman problem)”, tendo sido a primeira a relacionar o nome com o problema matemático que já estava a ser investigado na Universidade de Princeton.

Durante os anos 50, George Dantzig, Delbert Ray Fulkerson e Selmer M. Johnson que desenvolveram o PCV como um problema de optimização combinatoria e desenvolveram-no com o método dos planos de corte, tendo sido assim possível a resolução de um problema com 49 locais distintos, construindo assim um circuito em que na altura não era possível melhorá-lo mais.

Tabela 3.1 - Resolução do PCV ao longo do tempo [2] [5]

Ano	Investigadores	N.º cidades
1954	G. Dantzig, R. Fulkerson, and S. Johnson	49
1971	M. Held and R.M. Karp	64
1975	P.M. Camerini, L. Fratta, and F. Maffioli	67
1977	M. Grötschel	120
1980	H. Crowder and M.W. Padberg	318
1987	M. Padberg and G. Rinaldi	532
1987	M. Grötschel and O. Holland	666
1987	M. Padberg and G. Rinaldi	2,392
1994	D. Applegate, R. Bixby, V. Chvátal, and W. Cook	7,397
1998	D. Applegate, R. Bixby, V. Chvátal, and W. Cook	13,509
2001	D. Applegate, R. Bixby, V. Chvátal, and W. Cook	15,112
2004	D. Applegate, R. Bixby, V. Chvátal, W. Cook, and K. Helsgaun	24,978

### 3.3 - Formulação

#### 3.3.1 - Problema do Caixeiro Viajante Assimétrico (PCVA)

No PCVA é considerado que a distância entre dois locais não é igual em ambas as direcções, podendo até nem sequer ser possível uma ligação entre dois locais numa determinada direcção.

É definido  $n^2 - n$  zero-um variáveis  $x_{ij}$  por  $x_{ij} = 1$ , por outro lado se o circuito percorre os arcos  $ij$ ,  $x_{ij} = 0$ .

Matematicamente, o PCVA pode ser definido por [3]:

$$\min z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} x_{ij} \quad (3.1)$$

Em que:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j \in [n] \quad (3.2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i \in [n] \quad (3.3)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \text{para todos } |S| < n \quad (3.4)$$

$$x_{ij} = 0 \quad \text{ou} \quad 1, \quad i \neq j \in [n]$$

$S$  é um subconjunto das cidades  $n$

A restrição 3.2 tem como objectivo assegurar-se que o circuito entrou no vértice  $j$  exactamente uma vez e a restrição 3.3 indica que o circuito sai de cada vértice  $i$  apenas e só uma vez. Com estas duas restrições assegura-se fundamentalmente que há dois arcos adjacentes a cada vértice em que um entra e outro sai.

A restrição 3.4, chamada de restrição de eliminação de sub-circuito exige que nenhum sub-circuito próprio dos vértices  $S$ , possa ter o total dos arcos  $|S|$ .

### 3.3.2 - Problema do Caixeiro Viajante Simétrico (PCVS)

No PCVS é considerado que a distância entre dois locais é igual em ambas as direcções.

Matematicamente, o PCV simétrico tem uma formulação similar ao PCVA e pode ser definido por [3]:

$$\min z = \sum_{1 \leq i < j \leq n} w_{ij} x_{ij} \quad (3.5)$$

Em que:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 2, \quad j \in [n] \quad (3.6)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \notin S} x_{ij} \geq 2 \text{ para todos } 3 \leq |S| \leq n/2 \quad (3.7)$$

$$0 \leq x_{ij} \leq 1, \quad i \neq j \in [n]$$

$$x_{ij} \text{ é integral para todos } i \neq j \in [n]$$

$S$  é um subconjunto das cidades  $n$

Como para o problema aqui abordado, considerámos igual o tempo de deslocação entre todos os laboratórios, ou seja, quer o percurso seja feito num sentido ou no sentido inverso, se gasta o mesmo tempo, sendo assim a formulação do PCVS que iremos utilizar na resolução deste problema.

### 3.4 - Heurística do vizinho mais próximo

Neste trabalho recorreu-se à heurística do vizinho mais próximo (VMP) para resolver o PCVS. A chave deste algoritmo é considerar que estando num local, se deve visitar seguidamente o local que se encontra a menor distância.

O circuito começa sempre por escolher um local  $i$  [4], de um conjunto de locais  $(1, \dots, k)$ , de forma arbitrária, constituindo assim um primeiro circuito parcial. Escolhe-se agora o local  $k+1$ , que ainda não faz parte do circuito e está mais próximo de  $k$  e inserindo-se no circuito parcial, repetindo até todos os locais estarem inseridos.

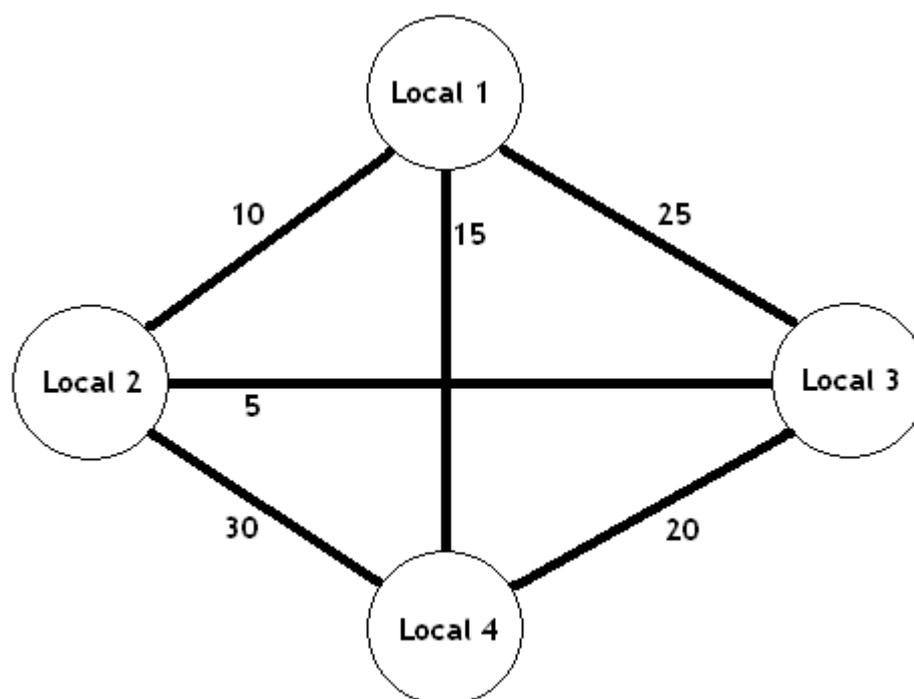


Fig. 3.1 - Conjunto de locais e respectivas distâncias entre estes

No caso da figura 3.1, aplicando a heurística do vizinho mais próximo e partindo do local 1, temos que escolher desde esta posição qual a menor distância a percorrer até chegarmos ao local seguinte. Facilmente chegaremos à conclusão que entre as possibilidades apresentadas que são o local 2, local 3 e o local 4 e que para chegar a estes tem que se percorrer as distâncias 10, 15 e 25 respectivamente, o local 2 será a deslocação correcta pois é o que apresenta menor distância para percorrer. Aplica-se o mesmo método no local 2 e assim sucessivamente a todos os locais até todos estes terem sido percorridos, com a condição acrescida de não se poder voltar a passar num local já percorrido pelo circuito. No final, o caminho passará pelo local 1, local 2, local 3 e local 4 e irá gastar-se 35 unidades de um recurso para percorrer este circuito.



# Capítulo 4

## Resolução do problema

### 4.1 - Recolha de dados - tempos e locais de intervenção

Em primeiro lugar foi necessário exportar do software S2000 para Microsoft Excel, os dados relativos à carga horária do ano de 2008 de cada um dos técnicos - fig. 4.1. O software S2000 é o sistema informático em uso na empresa, onde se inserem todos os dados relativos aos recursos que cada técnico necessitou para resolver cada uma das intervenções técnicas.

Fig. 4.1 - Folha de excel com os dados exportados do software S2000

	A	B	C	D	E	F	G	J
1								
2	Location	Engineer	Engineer	WO n°	Registered date	Call type	Problem	On site time
560	100113	1,079	PR Reparacao	28958	11/24/2008	R Reagent Rental	39 Electronic Oth.	0,50
561	100114	1,059	BR Reparacao	23603	9/16/2008	T Retrofit	NP No Problem	0,50
562	100114	1,059	BR Reparacao	25435	1/8/2008	N No Service Call	39 Electronic Oth.	2,50
563	100114	1,059	BR Reparacao	25454	1/8/2008	R Reagent Rental	HA-8160 - Check A1C R.Time	3,00
564	100114	1,059	BR Reparacao	25734	1/9/2008	C Serv Con't	49 Fluidic Other	3,50
565	100114	1,059	BR Reparacao	25735	1/9/2008	R Reagent Rental	31 Switch/Sensor	1,50
566	100114	1,059	BR Reparacao	25900	4/4/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,00
567	100114	1,059	BR Reparacao	25963	1/22/2008	C Serv Con't	NP No Problem	0,50
568	100114	1,059	BR Reparacao	26376	6/6/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	0,75
569	100114	1,059	BR Reparacao	26433	4/4/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,00
570	100114	1,059	BR Reparacao	26698	4/4/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,50
571	100114	1,059	BR Reparacao	27693	9/16/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,50
572	100114	1,059	BR Reparacao	27807	9/19/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	0,75
573	100114	1,059	BR Reparacao	27991	6/25/2008	R Reagent Rental	HA-8160 - T.38	0,75
574	100114	1,059	BR Reparacao	28169	9/16/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,00
575	100115	1,059	BR Reparacao	24719	1/7/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,50
576	100115	1,059	BR Reparacao	26386	6/4/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,00
577	100115	1,059	BR Reparacao	26410	9/8/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	0,75
578	100115	1,059	BR Reparacao	26411	6/4/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	0,75
579	100115	1,059	BR Reparacao	26798	6/4/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,00
580	100115	1,059	BR Reparacao	26961	5/9/2008	R Reagent Rental	NP No Problem	6,25
581	100115	1,059	BR Reparacao	27419	6/16/2008	Y Installation	NP No Problem	7,50
582	100115	1,059	BR Reparacao	27523	11/27/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	0,50

Tabela 4.1 Tabela de dados tipo extraída do software S2000

Location	Engineer	Engineer	WO n°	Registered date	Call type	Problem	On site time
100383	1,059	BR Reparacao	25751	1/2/2008	R Reagent Rental	39 Electronic Oth.	0,50
100489	1,099	CS Reparacao	25749	1/2/2008	R Reagent Rental	32 Electronic Pcb	1,25
100613	1,059	BR Reparacao	25752	1/2/2008	C Serv Con't	29 Mechanical Oth.	1,50
100722	1,139	GG Reparacao	25750	1/2/2008	C Serv Con't	NP No Problem	2,75
101093	1,099	CS Reparacao	25701	1/2/2008	Y Installation	NP No Problem	2,00
100105	1,059	BR Reparacao	25683	1/3/2008	C Serv Con't	39 Electronic Oth.	2,00
100403	1,099	CS Reparacao	26514	1/3/2008	Y Installation	NP No Problem	3,00
100434	1,139	GG Reparacao	25047	1/3/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,00
100434	1,139	GG Reparacao	25059	1/3/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	0,50
100434	1,139	GG Reparacao	26541	1/3/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	0,75
100577	1,119	NF Reparacao	25024	1/3/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	2,00
100579	1,079	PR Reparacao	25760	1/3/2008	R Reagent Rental	T.082- Return Lever Trouble	2,00
100644	1,119	NF Reparacao	24703	1/3/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	2,25
100644	1,119	NF Reparacao	26545	1/3/2008	R Reagent Rental	49 Fluidic Other	0,50
100716	1,139	GG Reparacao	26136	1/3/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,75
100739	1,099	CS Reparacao	25433	1/3/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,00
100094	1,119	NF Reparacao	26543	1/4/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,00
100445	1,079	PR Reparacao	25761	1/4/2008	H Phone Call	NP No Problem	0,50
100496	1,119	NF Reparacao	26544	1/4/2008	R Reagent Rental	31 Switch/Sensor	2,25
100840	1,099	CS Reparacao	23801	1/4/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,50
100889	1,059	BR Reparacao	25755	1/4/2008	\$ Billable	NP No Problem	2,00
100889	1,059	BR Reparacao	25756	1/4/2008	R Reagent Rental	NP No Problem	1,00
100889	1,059	BR Reparacao	25757	1/4/2008	\$ Billable	NP No Problem	1,00
101279	1,099	CS Reparacao	25325	1/4/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	2,00
101279	1,099	CS Reparacao	25326	1/4/2008	P Prev. Maint.	NP No Problem	1,25

Em que:

Location - Número de cliente (por motivos de sigilo profissional apenas será divulgado este número e não o nome do cliente em si)

Engineer - Número de técnico (irrelevante para este trabalho)

Engineer - Técnico que fez a intervenção técnica (irrelevante para este trabalho)

WO n° - Work Order, ou seja, número interno atribuído à intervenção técnica (importante para fazer o cruzamento de dados com o sistema S2000)

Registered date - Data em que foi feita a intervenção técnica (formato mês-dia-ano)

Call type - Tipo de intervenção efectuada como por exemplo manutenção preventiva, intervenção a facturar, etc. (irrelevante para este trabalho)

Problem - Tipo de problema que provocou a avaria no equipamento tais como mecânica, electrónico, fluidico, etc. (irrelevante para este trabalho)

On site time - Tempo que demorou a executar a intervenção técnica (em horas)

## 4.2 - Recolha de dados-tempos de deslocação entre laboratórios

Optou-se for fazer um cálculo dos tempos de deslocação entre laboratórios através do seu código postal principal, ou seja, considerando o código postal da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) que é 4200-465, apenas se consideraria o número 4200 para efeitos deste tipo de cálculos.

A razão pela qual se tomou esta opção deveu-se ao elevado número de pesquisas de tempos de deslocação que se teria de efectuar. Se neste caso e tomando em consideração a localização dos clientes, foi efectuada uma pesquisa para 201 códigos postais, tendo sido necessário efectuar cerca de 20.000 pesquisas (visto considerarmos a matriz das distâncias simétrica), caso se efectuassem as pesquisas para cada cliente, que são 409, seria necessário efectuar cerca de 83.200 pesquisas, considerando também a matriz como sendo simétrica.

No anexo I pode-se consultar os códigos postais objecto de pesquisa e por cliente.

Optou-se por efectuar as pesquisas através do Google Maps, pois apresenta a vantagem de manter os mapas actualizados mantendo assim os tempos de viagem muito aproximados à realidade.

Como seria um processo moroso estar a introduzir manualmente os dados na página do Google Maps e depois introduzir os resultados da pesquisa no Microsoft Excel, foi então efectuada a busca coma ajuda do Macro Express Pro.

O Macro Express Pro é software que após programado, reproduz exactamente o que manualmente se fizer no computador, tal como mover e executar comandos com o rato, alternar entre programas e ainda carregar em teclas. Assim, foi a forma de alternar entre a folha do Microsoft Excel, e a página do Google Maps e retirar dados e introduzir dados em ambos os programas.

No anexo II pode-se consultar o programa utilizado pelo MEP.

Nas viagens efectuadas dentro do mesmo código postal, estabeleceu-se que estas teriam a duração de 10 minutos, uma vez que as intervenções técnicas seguintes à primeira quer poderiam ser feitas em equipamentos instalados no mesmo laboratório ou poderiam ser efectuadas em laboratórios próximos.

## 4.3 - Separadores do Microsoft Excel

### 4.3.1 - Separador dados

Foi inserido neste separador a informação recolhida através do S2000 e já analisada em 4.1. Converteu-se o tempo que demoraram a executar as intervenções técnicas em minutos como se pode verificar na coluna “temp min”.

De seguida apresentam-se as colunas e qual o seu objectivo, podendo-se confirmar estes dados através da tabela 4.2:

- a. “tec def” - diz respeito ao técnico que ficará responsável por este laboratório e que por sua vez está ligado ao separador “zonas”, efectuando a busca de qual o técnico que está responsável por esse laboratório.
- b. “cp técnico” - é o separador que através da função PROCV nos indica qual o código postal do técnico inserido em “tec def”
- c. “cp lab” - indica-nos pela PROCV, a executar no separador “procv”, em função da coluna “location”, qual o código postal do laboratório
- d.”var” - diz respeito a uma variável de controlo durante a execução da macro “determinalabs”
- e. “tempo2” -corresponde à coluna que executa o programa indicado em Anexos 3, tendo em consideração a data, calcula a distância que um técnico percorreu pelos diversos locais, desde o código postal da sua residência e indicado na coluna “cp técnico”, aplicando a heurística do VMP até ao seu regresso ao mesmo código postal.
- f. “coeficiente de atraso” - diz respeito à função PROCV no separador “zonas” onde é indicado o coeficiente de atraso que a viagem vai ter pelo facto desta ter sido efectuada dentro de uma zona considerada objecto deste facto. Estes valores de coeficiente de atraso da viagem são introduzidos empiricamente pelo utilizador do sistema de apoio à decisão.

g. “tempo afectado por coeficiente de atraso” - nesta coluna está o valor da viagem calculada na coluna “tempo2” afectada pelo incremento percentual do “coeficiente de atraso”, motivado pelo atraso provocado pelo trânsito em cidades

Tabela 4.2 - Tabela que reproduz parte do separador “dados”

tempo min	tec def	cp tecnico	cp lab	var	tempo2	Coeficiente de atraso	tempo afectado por coeficiente de atraso
30	BR	2845 SEIXAL	7000 ÉVORA	1	158	0%	158
120	NF	4795 AVES	4000 PORTO	1	76	10%	83,6
90	PR	2735 CACÉM	7400 PONTE DE SOR	1	262	0%	262
165	SA	4435 RIO TINTO	3500 VISEU	1	75	3%	77,25
75	SA	4435 RIO TINTO	4200 PORTO	1	20	10%	22
60	GG	3060 CANTANHEDE	3440 SANTA COMBA DÃO	1	60	0%	60
30	GG	3060 CANTANHEDE	3440 SANTA COMBA DÃO	1	10	0%	10
45	GG	3060 CANTANHEDE	3440 SANTA COMBA DÃO	1	10	0%	10
105	GG	3060 CANTANHEDE	6270 SEIA	1	154	0%	154
120	NF	4795 AVES	5000 VILA REAL	1	70	0%	70
135	NF	4795 AVES	5050 PESO DA RÉGUA	1	31	0%	31
30	NF	4795 AVES	5050 PESO DA RÉGUA	1	97	0%	97
120	PR	2735 CACÉM	2750 CASCAIS	1	21	20%	25,2
120	PR	2735 CACÉM	1495 ALGÉS algés	1	36	20%	43,2
60	SA	4435 RIO TINTO	6300 GUARDA	1	125	0%	125
180	SA	4435 RIO TINTO	6300 GUARDA	1	135	0%	135
75	GG	3060 CANTANHEDE	6230 FUNDÃO	1	166	0%	166
30	GG	3060 CANTANHEDE	6230 FUNDÃO	1	10	0%	10
60	GG	3060 CANTANHEDE	6230 FUNDÃO	1	10	0%	10
45	GG	3060 CANTANHEDE	6230 FUNDÃO	1	176	0%	176
60	NF	4795 AVES	4760 VILA NOVA DE FAMALICÃO	1	22	0%	22
135	NF	4795 AVES	4900 VIANA DO CASTELO	1	121	0%	121
345	PR	2735 CACÉM	2580 ALENQUER	1	55	0%	55
60	PR	2735 CACÉM	2765 ESTORIL estoril	1	18	20%	21,6
30	PR	2735 CACÉM	2810 ALMADA	1	52	20%	62,4
90	SA	4435 RIO TINTO	3700 SÃO JOÃO DA MADEIRA	1	39	0%	39
120	SA	4435 RIO TINTO	3700 SÃO JOÃO DA MADEIRA	1	10	0%	10
75	SA	4435 RIO TINTO	3700 SÃO JOÃO DA MADEIRA	1	49	0%	49
120	BR	2845 SEIXAL	1150 LISBOA	1	29	20%	34,8
60	BR	2845 SEIXAL	1150 LISBOA	1	10	20%	12
60	BR	2845 SEIXAL	1150 LISBOA	1	39	20%	46,8
45	BR	2845 SEIXAL	2835 BAIXA DA BANHEIRA	1	33	0%	33
90	BR	2845 SEIXAL	1050 LISBOA	1	28	20%	33,6
30	BR	2845 SEIXAL	1050 LISBOA	1	38	20%	45,6
150	NF	4795 AVES	4760 VILA NOVA DE FAMALICÃO	1	22	0%	22
60	NF	4795 AVES	4900 VIANA DO CASTELO	1	54	0%	54
180	NF	4795 AVES	5100 LAMEGO	1	212	0%	212
60	PR	2735 CACÉM	2580 ALENQUER	1	47	0%	47
90	PR	2735 CACÉM	2130 BENAVENTE	1	36	0%	36

## 4.4.2 - Separador zonas e procv

Tem como função o arquivo de dados para a sua busca através da função “PROCV”, desde outros separadores. Contém as seguintes colunas, consultáveis nas tabelas 4.3, 4.4 e 4.5:

- a. “Código de técnico” - número interno de identificação do cliente
- b. “zona” - técnico responsável pelo cliente identificado na coluna anterior
- c. “código postal” - código postal do cliente identificado com o respectivo código
- d. Matriz de tempo de deslocação entre o código postal de cada laboratório e o código postal de residência do técnico
- e. “Coeficiente de atraso em cada código postal” - corresponde à taxa de atraso de deslocação no interior de cidades e de zonas metropolitanas de Lisboa e Porto
- f. “Código postal formado” - código postal com a configuração de código postal e morada
- g. “Código postal principal” - código postal só com quatro dígitos correspondente a cada cliente

Tabela 4.3 - Tabela que reproduz parte do separador “procv” e “zonas”

Código de Cliente	Código de técnico	Código postal
100001	BR	1050 LISBOA
100008	PR	2775 PAREDE cascais
100016	BR	1900 LISBOA
100017	PR	1600 LISBOA
100018	BR	1000 LISBOA
100019	PR	1000 LISBOA
100020	PR	2720 AMADORA
100030	BR	1350 LISBOA
100034	PR	1350 LISBOA
100035	BR	2800 ALMADA
100038	BR	1050 LISBOA
100039	PR	1600 LISBOA
100042	PR	1169 LISBOA
100048	BR	1495 ALGÉS algés
100052	NF	4500 ESPINHO
100056	PR	2615 ALVERCA
100060	GG	3060 CANTANHEDE
100061	PR	2710 SINTRA
100062	BR	2900 SETÚBAL
100065	BR	2900 SETÚBAL
100068	SA	4250 PORTO
100074	BR	1170 LISBOA
100076	BR	7900 FERREIRA DO ALENTEJO
100086	GG	3040 COIMBRA
100087	GG	3000 COIMBRA
100088	BR	2900 SETÚBAL
100090	PR	2200 ABRANTES
100092	PR	2735 CACÉM
100094	NF	4760 VILA NOVA DE FAMALICÃO
100097	BR	1099 LISBOA

Tabela 4.4 - Tabela que reproduz parte do separador “procv” e “zonas”

Matriz de tempo de deslocação entre o código postal de cada laboratório e o código postal de residência do técnico	2735 CACÉM	2845 SEIXAL	3060 CANTANHEDE	4435 RIO TINTO	4795 AVES
1000 LISBOA	24	31	134	176	201
1050 LISBOA	21	28	134	178	202
1070 LISBOA	19	27	135	180	204
1099 LISBOA	17	27	133	178	202
1150 LISBOA	22	29	140	182	206
1169 LISBOA	21	28	137	179	203
1170 LISBOA	26	33	139	181	205
1200 LISBOA	23	29	141	187	212
1250 LISBOA	20	27	138	183	207
1300 LISBOA	19	27	137	182	206
1350 LISBOA	20	27	138	182	207
1400 LISBOA	16	27	133	179	203
1495 ALGÉS algés	18	31	136	183	207
1500 LISBOA	16	30	131	175	199
1600 LISBOA	20	31	129	176	201
1700 LISBOA	21	32	130	172	197
1750 LISBOA	21	33	128	175	199
1885 MOSCAVIDE moscavide	26	38	129	171	196
1900 LISBOA	25	33	135	177	202
1950 LISBOA	24	34	131	174	198
1990 LISBOA	30	41	130	172	197
2000 SANTARÉM	57	74	104	146	171
2005 SANTARÉM	53	71	93	136	160
2070 CARTAXO	63	81	111	154	178
2080 ALMEIRIM	65	80	111	153	178
2130 BENAVENTE	49	67	127	170	194
2200 ABRANTES	94	111	102	144	169
2250 CONSTÂNCIA	98	116	107	149	173
2300 TOMAR	93	110	101	143	168
2330 ENTRONCAMENTO	76	94	85	127	151
2350 TORRES NOVAS	80	97	88	131	155
2380 ALCANENA	77	94	85	128	152
2395 MINDE	76	94	85	127	151
2400 LEIRIA	84	105	66	110	135
2410 LEIRIA	89	107	61	103	128
2415 LEIRIA	97	116	68	112	136
2425 MONTE REAL	91	111	62	108	132
2430 MARINHA GRANDE	90	111	74	120	144
2450 NAZARÉ	80	100	81	127	152
2460 ALCobaça	82	103	84	130	154
2490 OURÉM	97	115	86	128	152
2500 CALDAS DA RAINHA	67	88	99	145	170

Tabela 4.5 - Tabela que reproduz parte do separador “procv” e “zonas”

Matriz dos coeficientes de atraso correspondentes a cada código postal	Taxa de atraso
1000 LISBOA	20%
1050 LISBOA	20%
1070 LISBOA	20%
1099 LISBOA	20%
1150 LISBOA	20%
1169 LISBOA	20%
1170 LISBOA	20%
1200 LISBOA	20%
1250 LISBOA	20%
1300 LISBOA	20%
1350 LISBOA	20%
1400 LISBOA	20%
1495 ALGÉS algés	20%
1500 LISBOA	20%
1600 LISBOA	20%
1700 LISBOA	20%
1750 LISBOA	20%
1885 MOSCAVIDE moscavide	20%
1900 LISBOA	20%
1950 LISBOA	20%
1990 LISBOA	20%
2685 SACAÉM	20%
2695 Bobadela loures	20%
2700 AMADORA	20%
2705 SINTRA	20%
2710 SINTRA	20%
2720 AMADORA	20%
2725 MEM MARTINS sintra	20%
2735 CACÉM	20%
2740 PORTO SALVO	20%
2745 QUELUZ sintra	20%
2750 CASCAIS	20%
2900 SETÚBAL	3%
2910 SETÚBAL	3%
2955 PINHAL NOVO	
2970 SESIMBRA	
3000 COIMBRA	3%
3030 COIMBRA	3%
3040 COIMBRA	3%
4300 PORTO	10%
4350 PORTO	10%
3500 VISEU	3%
4700 BRAGA	5%
4710 BRAGA	5%

### 4.4.3 Separador distâncias

Neste separador estão todos os tempos de deslocação entre todos os códigos postais envolvidos. A sua construção obedeceu ao explicado em 4.3 podendo-se verificar um exemplo na tabela 4.7.

### 4.4.5 Separador tabelas dinâmicas

O objectivo deste separador é o de contabilizar, através da função “relatório de tabelas” do *Microsoft Excel*, os tempos por cada técnico e por cada cliente de deslocação anuais, de intervenção anuais e de deslocação com coeficiente de atraso, dando-se o exemplo da tabela 4.6 para um dos casos.

Tabela 4.6 Parte de tabela dinâmica de soma dos tempos de deslocação por cliente (location) e por técnico

3	Soma de tempo2	tec def					
4	Location	BR	GG	NF	PR	SA	Total Geral
332	112102	152					152
333	112104				28		28
334	112107			186			186
335	112118	388					388
336	112145				42		42
337	112246			72			72
338	112360			285			285
339	112406	74					74
340	112475	134					134
341	112626	10					10
342	112635				98		98
343	112818		430				430
344	112840	352					352
345	112849		1536				1536
346	112853			68			68
347	112854				205		205
348	112931					164	164
349	112940	16					16
350	112946		860				860
351	112951				44		44
352	112953				58		58
353	112968	60					60
354	112975		3643				3643
355	112979		230				230
356	112981	223					223
357	112996				18		18
358	113015				89		89
359	113022	397					397
360	113067				444		444
361	113073				28		28
362	Total Geral	33199	31900	26385	19928	17358	128770

	1000 LISBOA	1050 LISBOA	1070 LISBOA	1099 LISBOA	1150 LISBOA	1169 LISBOA	1170 LISBOA	1200 LISBOA	1250 LISBOA	1300 LISBOA	1350 LISBOA	1400 LISBOA	1495 ALGÉS algés	1500 LISBOA	1600 LISBOA	1700 LISBOA	1750 LISBOA	1885 MOSCAVIDE moscavide	1900 LISBOA	1950 LISBOA	1990 LISBOA	2000 SANTARÉM	2005 SANTARÉM	2070 CARTAXO	2080 ALMEIRIM
1000 LISBOA	10	4	9	8	5	4	8	12	9	11	11	13	16	16	15	15	14	16	4	10	18	74	50	60	63
1050 LISBOA	4	10	5	4	6	5	11	11	7	11	10	12	15	13	11	11	12	18	8	12	20	75	51	62	64
1070 LISBOA	9	5	10	3	9	8	14	9	4	8	6	9	12	12	12	12	13	20	11	14	22	77	53	64	66
1099 LISBOA	8	4	3	10	10	8	13	11	7	9	9	10	13	9	10	10	10	18	10	12	20	75	51	62	64
1150 LISBOA	5	6	9	10	10	2	7	9	6	10	10	11	15	18	16	16	18	22	9	15	24	79	56	66	68
1169 LISBOA	4	5	8	8	2	10	5	9	6	9	9	10	14	16	15	15	17	19	6	12	21	76	53	63	65
1170 LISBOA	8	11	14	13	7	5	10	12	11	14	14	15	19	20	19	19	19	19	5	13	21	78	54	65	67
1200 LISBOA	12	11	9	11	9	9	12	10	6	10	6	12	16	18	19	19	20	26	16	21	28	85	61	71	74
1250 LISBOA	9	7	4	7	6	6	11	6	10	8	7	9	12	16	15	15	16	23	12	17	25	80	56	67	69
1300 LISBOA	11	11	8	9	10	9	14	10	8	10	8	8	12	13	14	14	15	22	16	16	24	79	55	66	68
1350 LISBOA	11	10	6	9	10	9	14	6	7	8	10	9	13	13	14	14	15	22	16	17	25	80	56	67	69
1400 LISBOA	13	12	9	10	11	10	15	12	9	8	9	10	5	9	14	14	14	21	17	16	23	79	55	65	66
1495 ALGÉS algés	16	15	12	13	15	14	19	16	12	12	13	5	10	13	17	17	17	24	21	19	26	80	56	67	69
1500 LISBOA	16	13	12	9	18	16	20	18	16	13	13	9	13	10	7	7	8	15	14	9	17	72	49	59	61
1600 LISBOA	15	11	12	10	16	15	19	19	15	14	14	14	17	7	10	10	7	16	16	11	18	74	50	60	63
1700 LISBOA	15	11	12	10	16	15	19	19	15	14	14	14	17	7	10	10	9	12	11	6	14	70	46	56	58
1750 LISBOA	14	12	13	10	18	17	19	20	16	15	15	14	17	8	7	9	10	15	14	9	17	72	48	58	61
1885 MOSCAVIDE moscavide	16	18	20	18	22	19	19	26	23	22	22	21	24	15	16	12	15	10	15	9	6	69	45	55	57
1900 LISBOA	4	8	11	10	9	6	5	16	12	16	16	17	21	14	16	11	14	15	10	10	19	75	51	61	64
1950 LISBOA	10	12	14	12	15	12	13	21	17	16	17	16	19	9	11	6	9	9	10	10	12	71	47	57	59
1990 LISBOA	18	20	22	20	24	21	21	28	25	24	25	23	26	17	18	14	17	6	19	12	10	70	46	56	58
2000 SANTARÉM	74	75	77	75	79	76	78	85	80	79	80	79	80	72	74	70	72	69	75	71	70	10	12	30	27
2005 SANTARÉM	50	51	53	51	56	53	54	61	56	55	56	55	56	49	50	46	48	45	51	47	46	12	10	24	20
2070 CARTAXO	60	62	64	62	66	63	65	71	67	66	67	65	67	59	60	56	58	55	61	57	56	30	24	10	32

Tabela 4.7 - Matriz exemplo dos tempos de deslocação entre códigos postais

#### 4.4.5 Separador folha de decisão

Neste separador está concentrada toda a informação desta folha do *Microsoft Excel*, seleccionada desde os outros separadores.

Um dos objectivos deste separador é o de contabilizar através da função “relatório de tabelas” do Microsoft Excel os tempos por cada técnico e por cada cliente de deslocação anuais, de intervenção anuais e de deslocação com ou sem coeficiente de atraso, reproduzidas na tabela 4.8.

Está indicada as informações dos tempos de intervenção totais para cada um dos técnicos, as quais se podem equilibrar, mudando o técnico que será responsável por cada laboratório na coluna de zona indicada na tabela 4.10.

Tabela 4.8 - Tabela que reproduz parte do separador “folha de decisão”

	BR	GG	NF	PR	SA
A=Tempo de intervenção anual (horas)	913	988	866	977	853
B=Tempo anual de deslocação (horas)	553	532	440	336	289
C=Tempo anual de deslocação com taxa de atraso (horas)	642	539	465	419	317
A+B=Tempo de ocupação anual s/ taxa (horas)	1466	1519	1306	1313	1142
A+C=Tempo de ocupação anual c/ taxa (horas)	1555	1527	1331	1396	1170

Existe também a informação acerca do tempo que cada um dos técnicos demora a se deslocar para o cliente específico, ajudando na decisão de qual o técnico mais próximo do laboratório, tabela 4.10.

A tabela 4.9 é onde podemos alterar o coeficiente de atraso por deslocações em cidades, onde trânsito é responsável por atrasos na deslocação. Considerou-se as cidades de Lisboa, Porto, Coimbra, Braga, Guimarães, Viseu, Faro e Setúbal.

Tabela 4.9- Tabela que reproduz parte do separador “folha de decisão”

<b>Coeficiente de atraso de deslocações em zonas metropolitanas e cidades (trânsito)</b>	
Lisboa	20%
Porto	10%
Coimbra	3%
Braga	5%
Guimarães	3%
Viseu	3%
Faro	4%
Setúbal	3%

Tabela 4.10- Tabela que reproduz parte do separador “folha de decisão”

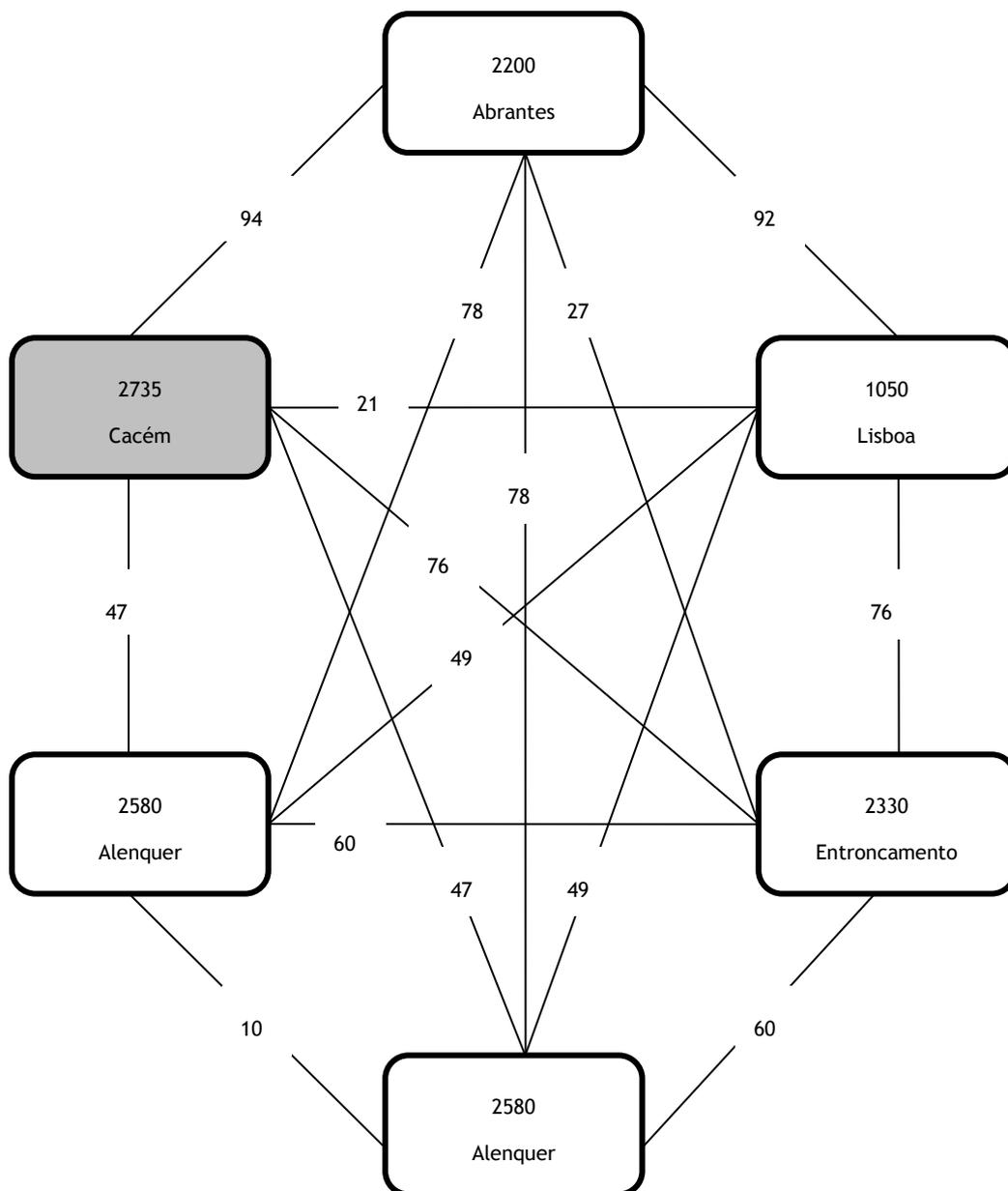
Codigo de Cliente	Zona	Tempo de deslocação dos técnicos para este cliente				
		PR	BR	GG	SA	NF
10001	BR	21	28	134	178	202
10008	PR	21	42	142	188	212
10016	BR	25	33	135	177	202
10017	PR	20	31	129	176	201
10018	BR	24	31	134	176	201
10019	PR	24	31	134	176	201
10020	PR	16	34	137	183	207
10030	BR	20	27	138	182	207
10034	PR	20	27	138	182	207
10035	BR	26	21	145	189	203
10038	BR	21	28	134	178	202
10039	PR	20	31	129	176	201
10042	PR	21	28	137	179	203
10048	BR	18	31	136	183	207
10052	NF	169	194	69	31	57
10056	PR	28	46	121	163	187
10060	GG	132	156	10	76	101
10061	PR	16	49	143	189	214
10062	BR	54	42	160	202	227
10065	BR	54	42	160	202	227
10068	SA	172	195	70	11	34
10074	BR	26	33	139	181	205
10076	BR	103	91	196	236	261
10086	GG	123	144	40	83	107
10087	GG	125	145	32	76	101
10088	BR	54	42	160	202	227

Existe ainda um botão chamado “Actualizar dados”, que executa um conjunto de macros, nomeadamente a macro descrita em 4.5.2 e a actualização das tabelas dinâmicas 4.4.5, actualizando os dados indicados na tabela 4.8.

## 4.5 - Problema do Caixeiro viajante - execução prática de um caso

Na coluna “tempo 2” do separador “dados” é executada a macro indicada em Anexos 3 que tem por base a heurística do VMP. Esta contabiliza o tempo que cada técnico demora a percorrer, numa determinada data, os laboratórios que tem de visitar.

Fig. 4.2 - Circuito PCV aplicado ao dia 28 de Janeiro e em função do técnico PR



Tomemos como exemplo a fig.4.2, correspondente ao dia 28 de Janeiro, ao técnico PR, aos códigos postais aos quais tem que se deslocar e os tempos de deslocação em minutos entre estes.

Partindo da residência do técnico, correspondente à caixa assinalada a cinzento e que é 2735 Cacém, temos que nos deslocar para o local seguinte. Temos à nossa disposição os locais e respectivos tempos de deslocação na tabela 4.10:

Tabela 4.10- Tabela de distâncias

<b>Códigos postais</b>	<b>Tempo de deslocação desde 2735 Cacém (minutos)</b>
2200 ABRANTES	94
1050 LISBOA	21
2580 ALENQUER	47
2580 ALENQUER	47
2330 ENTRONCAMENTO	76

Como o menor tempo de deslocação corresponde ao código postal 1050 Lisboa é para aí que o técnico se irá dirigir.

Estando neste local é necessário averiguar qual o local para onde se deslocará a seguir. Constrói-se novamente uma tabela, tabela 4.11, tendo em consideração que a partir de agora não poderemos repetir a passagem por uma localização, exceptuando quando estiverem esgotadas todas as localizações, altura em que o técnico tem que regressar ao código postal da sua residência.

Tabela 4.11- Tabela de distâncias

<b>Códigos postais</b>	<b>Tempo de deslocação desde 1050 Lisboa (minutos)</b>
2200 ABRANTES	92
2580 ALENQUER	49
2580 ALENQUER	49
2330 ENTRONCAMENTO	76

A menor distância seguinte corresponde à deslocação para o código postal 2580 Alenquer. Construindo novamente a tabela desde 2580 Alenquer temos a tabela 4.12.

Tabela 4.12- Tabela de distâncias

<b>Códigos postais</b>	<b>Tempo de deslocação desde 2580 Alenquer (minutos)</b>
2200 ABRANTES	78
2580 ALENQUER	10
2330 ENTRONCAMENTO	60

Como a deslocação será efectuada dentro do mesmo código postal, esta será de 10 minutos, logo está encontrada a posição seguinte.

Agora, partindo novamente de 2580 Alenquer temos ainda duas posições a percorrer, tabela 4.13:

Tabela 4.13- Tabela de distâncias

<b>Códigos postais</b>	<b>Tempo de deslocação desde 2580 Alenquer (minutos)</b>
2200 ABRANTES	78
2330 ENTRONCAMENTO	60

Assim, a próxima paragem será no 2330 Entroncamento. Então, desde esta posição restamos uma deslocação para 2200 Abrantes.

Tabela 4.14- Tabela de distâncias

<b>Códigos postais</b>	<b>Tempo de deslocação desde 2330 Entroncamento (minutos)</b>
2200 ABRANTES	27

Esgotando então todas as localizações o técnico terá que se deslocar para o código postal da sua residência.

Tabela 4.15- Tabela de distâncias

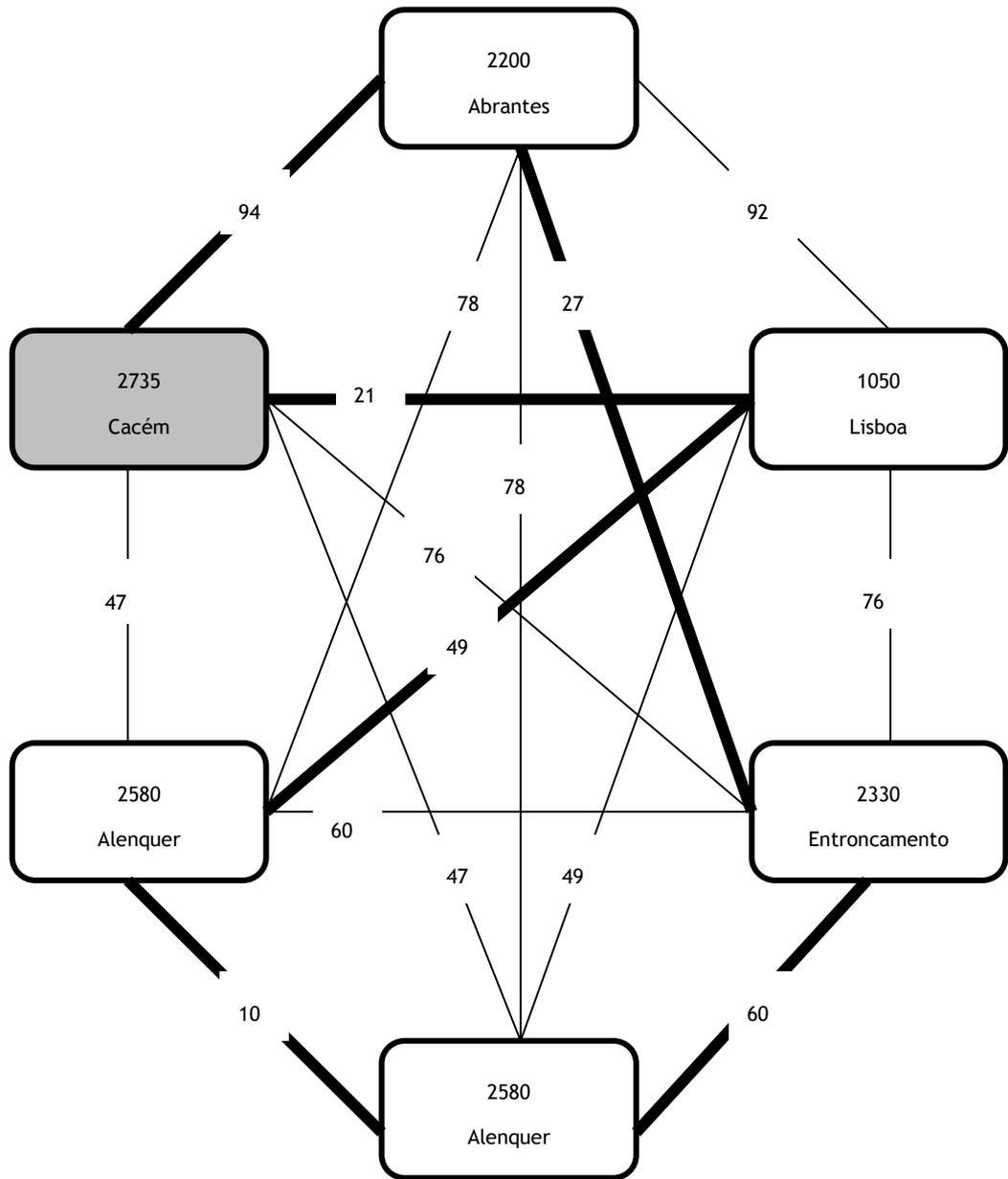
<b>Códigos postais</b>	<b>Tempo de deslocação desde 2200 Abrantes (minutos)</b>
2735 CACÉM	94

A sua deslocação será então efectuada na seguinte ordem:

2735 Cacém ▶ 1050 Lisboa ▶ 2580 Alenquer ▶ 2580 Alenquer ▶ 2330 Entroncamento ▶ 2200 Abrantes ▶ 2735 Cacém.

Com isto se chega à conclusão que o técnico PR, no dia 28 de Janeiro gastaria 261 minutos para efectuar o seu percurso, correspondente à soma das arestas evidenciadas no gráfico da fig. 4.3.

Fig. 4.3 - Circuito PCV aplicado ao dia 28 de Janeiro, em função do técnico PR e optimizado





# Capítulo 5

## Conclusões

Neste trabalho existe um grande grau de incerteza associado às deslocações dos técnico que é uma componente significativa do tempo total disponível. Poderia tentar-se, através do tempo médio de intervenção por equipamento, conjugando com o tempo médio entre avarias (MTBF-Mean time between failure), mas ainda assim restava-nos distribuir cronologicamente as deslocações aos locais de intervenção técnica que é a componente mais difícil na resolução deste problema.

A grande aleatoriedade associada à deslocação, torna difícil a construção de um algoritmo fidedigno. Assim, teve que se partir para a resolução deste problema através de métodos heurísticos, através dos quais, se reconstruiu a partir das intervenções técnicas realizadas no passado ano de 2008, atribuindo a cada técnico a responsabilidade de determinado laboratório e utilizando a heurística do PCV para a componente da deslocação, tornando esta componente da aleatoriedade minorada.

Começou-se por realizar cerca de 20.000 pesquisas no Google Maps, de forma a construir uma matriz simétrica de tempos de deslocação entre 201 códigos postais diferentes, correspondentes à localização dos clientes.

De seguida, analisaram-se os dados relativos ao ano de 2008, correspondentes aos tempos das intervenções técnicas e respectivas localizações.

Elaborou-se então, com o software Microsoft Excel, uma folha de cálculo em que partindo dos dados da matriz dos tempos de deslocação e dos dados relativos ao ano de 2008, se efectuou a contabilização da carga horária de cada um dos técnicos em diversos parâmetros tais como tempos de intervenções anuais, correspondentes ao tempo em que cada técnico efectivamente trabalhou; tempos de deslocação, calculados através da heurística do vizinho mais próximo e referentes às deslocações dos técnicos para os laboratórios; tempos de deslocação afectadas pelo coeficiente de atraso, devido ao factor do trânsito em cidades.

A soma dos tempos de intervenção anual com os tempos de deslocação, afectadas ou não pelo coeficiente de atraso, dá-nos a taxa de ocupação anual.

A partir daqui há um conjunto de soluções, através das quais se podem equilibrar as cargas horárias dos técnicos em diversos aspectos:

- Equilibrar a carga horária em tempos de intervenção

- Equilibrar a carga horária das deslocações, afectadas ou não pelo coeficiente de atraso
- Equilibrar a carga horária do tempo de ocupação anual, afectada ou não pelo coeficiente de atraso

Este equilíbrio de carga horária é conseguido através da diferentes afectações de técnicos a outros laboratórios.

As perspectivas de desenvolvimento deste trabalho são contínuas no tempo, ou seja, a todo o momento se podem retirar dados do S2000, sistema interno de software da A. Menarini Diagnósticos onde se registam os recursos utilizados por cada um dos técnicos, acrescentando dados aos já existentes no separador do ME dados, tendo apenas de se efectuar ligeiros reajustes do programa, caso por exemplo haja um cliente novo no sistema.

Mas mesmo assim convém não esquecer que esta resolução foi obtida através da utilização de métodos heurísticos, que são algoritmos que produzem uma solução aceitável sob determinados cenários mas para os quais não há provas de obtenção de uma solução óptima.

## Referências

- [1] A. Schrijver, On the history of combinatorial optimization (till 1960), “Handbook of Discrete Optimization”, Editores: K. Aardal, G.L. Nemhauser, R. Weismantel
- [2] David L. Applegate, Robert E. Bixby, Vasek Chvátal , William J. Cook, “The Traveling Salesman Problem: A Computational Study”
- [3] C. A. Floudas, P. M. Pardalos , Editores, “Encyclopedia of Optimization”
- [4] José Fernando Oliveira, Maria Antónia Carravilla;“ Metodologias de apoio à decisão”
- [5] <http://www.tsp.gatech.edu//index.html>, consultado a 2009-06-26



## ANEXO 1

Códigos postais por cliente



Código de Cliente	Código postal
100001	1050 LISBOA
100008	2775 PAREDE cascais
100016	1900 LISBOA
100017	1600 LISBOA
100018	1000 LISBOA
100019	1000 LISBOA
100020	2720 AMADORA
100030	1350 LISBOA
100034	1350 LISBOA
100035	2800 ALMADA
100038	1050 LISBOA
100039	1600 LISBOA
100042	1169 LISBOA
100048	1495 ALGÉS algés
100052	4500 ESPINHO
100056	2615 ALVERCA
100060	3060 CANTANHEDE
100061	2710 SINTRA
100062	2900 SETÚBAL
100065	2900 SETÚBAL
100068	4250 PORTO
100074	1170 LISBOA
100076	7900 FERREIRA DO ALENTEJO
100086	3040 COIMBRA
100087	3000 COIMBRA
100088	2900 SETÚBAL
100090	2200 ABRANTES
100092	2735 CACÉM
100094	4760 VILA NOVA DE FAMALICÃO
100097	1099 LISBOA
100098	4200 PORTO
100100	2910 SETÚBAL
100105	2750 CASCAIS
100106	2685 SACAÇÃO
100108	2780 CACILHAS DE OEIRAS
100109	4470 MAIA
100112	3780 ANADIA
100113	2780 CACILHAS DE OEIRAS
100114	1169 LISBOA
100115	1050 LISBOA
100117	4050 PORTO
100118	4990 PONTE DE LIMA
100130	7050 MONTEMOR O NOVO
100131	2380 ALCANENA
100134	2615 ALVERCA
100135	2430 MARINHA GRANDE
100136	2460 ALCÓBAÇA
100138	8800 TAVIRA
100139	4760 VILA NOVA DE FAMALICÃO

Código de Cliente	Código postal
100140	4750 BARCELOS
100141	2450 NAZARÉ
100143	4435 RIO TINTO
100149	4400 VILA NOVA GAIA
100154	8100 LOULÉ
100160	3030 COIMBRA
100162	6360 CELORICO DA BEIRA
100163	3860 ESTARREJA
100164	4000 PORTO
100176	4200 PORTO
100188	2070 CARTAXO
100191	4600 AMARANTE
100198	4000 PORTO
100199	4050 PORTO
100204	7520 SINES
100216	8200 ALBUFEIRA
100225	5300 BRAGANÇA
100227	2300 TOMAR
100230	4465 SÃO MAMEDE DE INFESTA
100232	2810 ALMADA
100233	4430 VILA NOVA DE GAIA
100234	6290 GOUVEIA
100239	3850 ALBERGARIA-A-VELHA
100240	4200 PORTO
100242	1600 LISBOA
100248	2400 LEIRIA
100249	7100 ESTREMOZ
100250	4405 VILA NOVA DE GAIA
100256	4415 GRIJO
100258	2780 CACILHAS DE OEIRAS
100260	2200 ABRANTES
100262	4300 PORTO
100263	8000 FARO
100264	5160 TORRE DE MONCORVO
100270	4490 PÓVOA VARZIM
100286	2870 MONTIJO
100289	3080 FIGUEIRA DA FOZ
100294	7300 PORTALEGRE
100298	1150 LISBOA
100299	5100 LAMEGO
100305	4150 PORTO
100309	2750 CASCAIS
100312	4430 VILA NOVA DE GAIA
100313	3750 ÁGUEDA
100322	3030 COIMBRA
100326	4710 BRAGA
100336	2400 LEIRIA
100337	2835 BAIXA DA BANHEIRA
100343	8600 LAGOS

Código de Cliente	Código postal
100351	4050 PORTO
100352	2350 TORRES NOVAS
100380	4000 PORTO
100383	7000 ÉVORA
100384	8000 FARO
100390	4470 MAIA
112475	1150 LISBOA
100391	8500 PORTIMÃO
100393	4480 VILA DO CONDE
100403	6300 GUARDA
100404	4099 PORTO
100405	6000 CASTELO BRANCO
100411	4730 VILA VERDE
100412	4470 MAIA
100415	8800 TAVIRA
100416	4795 AVES
100420	5000 VILA REAL
100421	3100 POMBAL
100426	4250 PORTO
100429	2300 TOMAR
100434	3440 SANTA COMBA DÃO
100436	3460 TONDELA
100437	4710 BRAGA
100440	3040 COIMBRA
100444	2400 LEIRIA
100445	2705 SINTRA
100446	4740 ESPOSENDE
100457	3000 COIMBRA
100473	2500 CALDAS DA RAINHA
100475	4560 PENAFIEL
100485	1700 LISBOA
100486	1350 LISBOA
100487	5300 BRAGANÇA
100489	4200 PORTO
100496	4900 VIANA DO CASTELO
100497	2600 ALHANDRA
100500	2200 ABRANTES
100504	4750 BARCELOS
100506	4700 BRAGA
100507	5300 BRAGANÇA
100508	3060 CANTANHEDE
100510	5400 CHAVES
100513	3865 ESTARREJA
100515	8000 FARO
100516	4810 GUIMARÃES
100519	2410 LEIRIA
100525	3100 POMBAL
100526	8800 TAVIRA
100530	2000 SANTARÉM

Código de Cliente	Código postal
100533	2300 TOMAR
100535	2350 TORRES NOVAS
100541	7000 ÉVORA
100542	2830 BARREIRO
100545	1300 LISBOA
100557	8500 PORTIMÃO
100561	3800 AVEIRO
100562	5340 MACEDO DE CAVALEIROS
100563	5400 CHAVES
100565	4445 ERMESINDE
100566	3060 CANTANHEDE
100567	5400 CHAVES
100568	4000 PORTO
100572	8000 FARO
100573	2970 SESIMBRA
100574	5300 BRAGANÇA
100577	5000 VILA REAL
100579	1495 ALGÉS algés
100582	2900 SETÚBAL
100584	1900 LISBOA
100585	7350 ELVAS
100586	2560 TORRES VEDRAS
100591	2560 TORRES VEDRAS
100592	4750 BARCELOS
100593	4490 PÓVOA VARZIM
100596	7800 BEJA
100607	1600 LISBOA
100610	4050 PORTO
100611	1600 LISBOA
100613	7400 PONTE DE SOR
100616	2350 TORRES NOVAS
100620	1050 LISBOA
100635	2830 BARREIRO
100636	2970 SESIMBRA
100637	3100 POMBAL
100638	2430 MARINHA GRANDE
100643	2395 MINDE
100644	5050 PESO DA RÉGUA
100647	5050 PESO DA RÉGUA
100649	2560 TORRES VEDRAS
100654	4600 AMARANTE
100655	5430 VALPAÇOS
100664	2670 LOURES
100678	1200 LISBOA
100681	5300 BRAGANÇA
100690	4200 PORTO
100700	3000 COIMBRA
100712	1200 LISBOA
100716	6270 SEIA

Código de Cliente	Código postal
100351	4050 PORTO
100352	2350 TORRES NOVAS
100380	4000 PORTO
100383	7000 ÉVORA
100384	8000 FARO
100390	4470 MAIA
112475	1150 LISBOA
100391	8500 PORTIMÃO
100393	4480 VILA DO CONDE
100403	6300 GUARDA
100404	4099 PORTO
100405	6000 CASTELO BRANCO
100411	4730 VILA VERDE
100412	4470 MAIA
100415	8800 TAVIRA
100416	4795 AVES
100420	5000 VILA REAL
100421	3100 POMBAL
100426	4250 PORTO
100429	2300 TOMAR
100434	3440 SANTA COMBA DÃO
100436	3460 TONDELA
100437	4710 BRAGA
100440	3040 COIMBRA
100444	2400 LEIRIA
100445	2705 SINTRA
100446	4740 ESPOSENDE
100457	3000 COIMBRA
100473	2500 CALDAS DA RAINHA
100475	4560 PENAFIEL
100485	1700 LISBOA
100486	1350 LISBOA
100487	5300 BRAGANÇA
100489	4200 PORTO
100496	4900 VIANA DO CASTELO
100497	2600 ALHANDRA
100500	2200 ABRANTES
100504	4750 BARCELOS
100506	4700 BRAGA
100507	5300 BRAGANÇA
100508	3060 CANTANHEDE
100510	5400 CHAVES
100513	3865 ESTARREJA
100515	8000 FARO
100516	4810 GUIMARÃES
100519	2410 LEIRIA
100525	3100 POMBAL
100526	8800 TAVIRA
100530	2000 SANTARÉM

Código de Cliente	Código postal
100533	2300 TOMAR
100535	2350 TORRES NOVAS
100541	7000 ÉVORA
100542	2830 BARREIRO
100545	1300 LISBOA
100557	8500 PORTIMÃO
100561	3800 AVEIRO
100562	5340 MACEDO DE CAVALEIROS
100563	5400 CHAVES
100565	4445 ERMESINDE
100566	3060 CANTANHEDE
100567	5400 CHAVES
100568	4000 PORTO
100572	8000 FARO
100573	2970 SESIMBRA
100574	5300 BRAGANÇA
100577	5000 VILA REAL
100579	1495 ALGÉS algés
100582	2900 SETÚBAL
100584	1900 LISBOA
100585	7350 ELVAS
100586	2560 TORRES VEDRAS
100591	2560 TORRES VEDRAS
100592	4750 BARCELOS
100593	4490 PÓVOA VARZIM
100596	7800 BEJA
100607	1600 LISBOA
100610	4050 PORTO
100611	1600 LISBOA
100613	7400 PONTE DE SOR
100616	2350 TORRES NOVAS
100620	1050 LISBOA
100635	2830 BARREIRO
100636	2970 SESIMBRA
100637	3100 POMBAL
100638	2430 MARINHA GRANDE
100643	2395 MINDE
100644	5050 PESO DA RÉGUA
100647	5050 PESO DA RÉGUA
100649	2560 TORRES VEDRAS
100654	4600 AMARANTE
100655	5430 VALPAÇOS
100664	2670 LOURES
100678	1200 LISBOA
100681	5300 BRAGANÇA
100690	4200 PORTO
100700	3000 COIMBRA
100712	1200 LISBOA
100716	6270 SEIA

Código de Cliente	Código postal
108123	4430 VILA NOVA DE GAIA
108163	6230 FUNDÃO
108164	8800 TAVIRA
108597	3400 OLIVEIRA DO HOSPITAL
108644	8800 TAVIRA
108682	2700 AMADORA
108834	8800 TAVIRA
108852	2765 ESTORIL estoril
108858	8800 TAVIRA
109006	4820 FAFE
109078	4450 MATOSINHOS
109161	3500 VISEU
109229	2750 CASCAIS
109300	8600 LAGOS
109460	8800 TAVIRA
109470	7050 MONTEMOR O NOVO
109483	3000 COIMBRA
109583	6270 SEIA
109585	3080 FIGUEIRA DA FOZ
109770	8800 TAVIRA
109889	4150 PORTO
109904	4500 ESPINHO
109911	2780 CACILHAS DE OEIRAS
110051	3700 SÃO JOÃO DA MADEIRA
110205	8800 TAVIRA
110253	6300 GUARDA
110500	8800 TAVIRA
110996	4950 MONÇÃO
111087	4200 PORTO
111229	8800 TAVIRA
111230	8800 TAVIRA
111231	8800 TAVIRA
111302	2780 CACILHAS DE OEIRAS
111303	5000 VILA REAL
111336	4970 ARCOS DE VALDEVEZ
111347	4490 PÓVOA VARZIM
111405	5370 MIRANDELA
111410	1050 LISBOA
111420	3750 ÁGUEDA
111429	3700 SÃO JOÃO DA MADEIRA
111430	7005 EVORA
111439	2695 Bobadela loures
111446	2800 ALMADA
111451	1050 LISBOA
111456	8800 TAVIRA
111458	2580 ALENQUER
111459	4300 PORTO
111467	1050 LISBOA
111468	2560 TORRES VEDRAS

Código de Cliente	Código postal
111472	4900 VIANA DO CASTELO
111490	1885 MOSCAVIDE moscavide
111494	3200 LOUSÃ
111497	2845 SEIXAL
111498	1600 LISBOA
111502	4830 PÓVOA DO LANHOSO
111515	2500 CALDAS DA RAINHA
111520	2780 CACILHAS DE OEIRAS
111527	2795 LINDA A VELHA
111528	4000 PORTO
111539	2300 TOMAR
111549	8000 FARO
111556	2860 MOITA
111562	3885 ESMORIZ
111564	2795 LINDA A VELHA
111568	8600 LAGOS
111569	1050 LISBOA
111575	2765 ESTORIL estoril
111582	3030 COIMBRA
111608	3860 ESTARREJA
111625	2620 RAMADA odivelas
111626	2630 ARRANHÓ
111641	4785 TROFA
111650	2500 CALDAS DA RAINHA
111651	2675 ODIVELAS
111660	8800 TAVIRA
111661	3800 AVEIRO
111664	2825 MONTE DA CAPARICA
111668	8000 FARO
111669	8800 TAVIRA
111677	2490 OURÉM
111702	2250 CONSTÂNCIA
111717	4405 VILA NOVA DE GAIA
111725	8500 PORTIMÃO
111733	1750 LISBOA
111757	1500 LISBOA
111772	1300 LISBOA
111776	8800 TAVIRA
111779	8000 FARO
111781	7370 CAMPO MAIOR
111786	3510 VISEU
111792	8500 PORTIMÃO
111799	3000 COIMBRA
111806	8800 TAVIRA
111811	8800 TAVIRA
111814	2750 CASCAIS
111821	2955 PINHAL NOVO
111832	8000 FARO
111833	8600 LAGOS

Código de Cliente	Código postal
108123	4430 VILA NOVA DE GAIA
108163	6230 FUNDÃO
108164	8800 TAVIRA
108597	3400 OLIVEIRA DO HOSPITAL
108644	8800 TAVIRA
108682	2700 AMADORA
108834	8800 TAVIRA
108852	2765 ESTORIL estoril
108858	8800 TAVIRA
109006	4820 FAFE
109078	4450 MATOSINHOS
109161	3500 VISEU
109229	2750 CASCAIS
109300	8600 LAGOS
109460	8800 TAVIRA
109470	7050 MONTEMOR O NOVO
109483	3000 COIMBRA
109583	6270 SEIA
109585	3080 FIGUEIRA DA FOZ
109770	8800 TAVIRA
109889	4150 PORTO
109904	4500 ESPINHO
109911	2780 CACILHAS DE OEIRAS
110051	3700 SÃO JOÃO DA MADEIRA
110205	8800 TAVIRA
110253	6300 GUARDA
110500	8800 TAVIRA
110996	4950 MONÇÃO
111087	4200 PORTO
111229	8800 TAVIRA
111230	8800 TAVIRA
111231	8800 TAVIRA
111302	2780 CACILHAS DE OEIRAS
111303	5000 VILA REAL
111336	4970 ARCOS DE VALDEVEZ
111347	4490 PÓVOA VARZIM
111405	5370 MIRANDELA
111410	1050 LISBOA
111420	3750 ÁGUEDA
111429	3700 SÃO JOÃO DA MADEIRA
111430	7005 EVORA
111439	2695 Bobadela loures
111446	2800 ALMADA
111451	1050 LISBOA
111456	8800 TAVIRA
111458	2580 ALENQUER
111459	4300 PORTO
111467	1050 LISBOA
111468	2560 TORRES VEDRAS

Código de Cliente	Código postal
111472	4900 VIANA DO CASTELO
111490	1885 MOSCAVIDE moscavide
111494	3200 LOUSÃ
111497	2845 SEIXAL
111498	1600 LISBOA
111502	4830 PÓVOA DO LANHOSO
111515	2500 CALDAS DA RAINHA
111520	2780 CACILHAS DE OEIRAS
111527	2795 LINDA A VELHA
111528	4000 PORTO
111539	2300 TOMAR
111549	8000 FARO
111556	2860 MOITA
111562	3885 ESMORIZ
111564	2795 LINDA A VELHA
111568	8600 LAGOS
111569	1050 LISBOA
111575	2765 ESTORIL estoril
111582	3030 COIMBRA
111608	3860 ESTARREJA
111625	2620 RAMADA odivelas
111626	2630 ARRANHÓ
111641	4785 TROFA
111650	2500 CALDAS DA RAINHA
111651	2675 ODIVELAS
111660	8800 TAVIRA
111661	3800 AVEIRO
111664	2825 MONTE DA CAPARICA
111668	8000 FARO
111669	8800 TAVIRA
111677	2490 OURÉM
111702	2250 CONSTÂNCIA
111717	4405 VILA NOVA DE GAIA
111725	8500 PORTIMÃO
111733	1750 LISBOA
111757	1500 LISBOA
111772	1300 LISBOA
111776	8800 TAVIRA
111779	8000 FARO
111781	7370 CAMPO MAIOR
111786	3510 VISEU
111792	8500 PORTIMÃO
111799	3000 COIMBRA
111806	8800 TAVIRA
111811	8800 TAVIRA
111814	2750 CASCAIS
111821	2955 PINHAL NOVO
111832	8000 FARO
111833	8600 LAGOS



## ANEXO 2

### Programa do Macro Express Pro



1		Repeat Start (Repeat 1 times)
2		Web Site, "http://maps.google.pt/maps", using Default Web Browser
3		Delay: 3 seconds
4		Mouse Move: 127, 125 Relative to Screen // mover 1 separador
5		Mouse Left Click
6		Delay: 0,5 seconds
7		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>f
8		Delay: 0,5 seconds
9		Text Type (Simulate Keystrokes): ee<ENTER>
10		Delay: 0,1 seconds
11		Mouse Move: 56, 246 Relative to Screen // mover para obter direcções
12		Mouse Left Click
13		Delay: 3 seconds
14		Mouse Move: 1021, 786 Relative to Screen // move para na barra menu iniciar
15		Mouse Left Click
16		Delay: 0,05 seconds
17		Mouse Move: 509, 786 Relative to Screen // clic a no excel
18		Mouse Left Click
19		Delay: 0,1 seconds
20		Mouse Move: 570, 183 Relative to Screen // clic a na morada de cima
21		Mouse Left Click
22		Delay: 0,05 seconds
23		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>ec // copia a celula da primeira morada
24		Mouse Move: 368, 783 Relative to Screen // move para cima do mozilla
25		Delay: 0,1 seconds
26		Mouse Left Click
27		Mouse Move: 194, 303 Relative to Screen // move para cima morada A
28		Mouse Left Click
29		Delay: 0,1 seconds
30		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>et // selecciona tudo
31		Delay: 0,05 seconds
32		Text Type (Simulate Keystrokes): t<ENTER>
33		Delay: 0,05 seconds
34		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>ep<ENTER> // apagar
35		Delay: 0,05 seconds
36		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>eo
37		Delay: 0,1 seconds
38		Repeat Start (Repeat 211 times)
39		Mouse Move: 511, 785 Relative to Screen // move para excel novamente
40		Mouse Left Click

41		Delay: 0,1 seconds
42		Mouse Move: 426, 200 Relative to Screen // <b>move para cima da segunda morada</b>
43		Mouse Left Click
44		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>ec
45		Delay: 0,1 seconds
46		Mouse Move: 364, 786 Relative to Screen // <b>move para cima mozilla</b>
47		Mouse Left Click
48		Delay: 0,1 seconds
49		Mouse Move: 129, 333 Relative to Screen // <b>move para cima morada B</b>
50		Mouse Left Click
51		Delay: 0,05 seconds
52		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>et
53		Delay: 0,05 seconds
54		Text Type (Simulate Keystrokes): t<ENTER>
55		Delay: 0,05 seconds
56		Delay: 0,1 seconds
57		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>ep<ENTER>
58		Delay: 0,1 seconds
59		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>eo
60		Delay: 0,1 seconds
61		Mouse Move: 275, 381 Relative to Screen // <b>move para cima de obter direcções</b>
62		Mouse Left Click
63		Delay: 2,5 seconds
64		Mouse Move: 12, 421 Relative to Screen // <b>inicio de copiar as moradas</b>
65		Mouse Left Button Down
66		Mouse Move: 308, 501 Relative to Screen // <b> copia morada</b>
67		Mouse Left Button Up
68		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>ec
69		Delay: 0,1 seconds
70		Mouse Move: 519, 786 Relative to Screen // <b>clica separador excel</b>
71		Mouse Left Click
72		Mouse Move: 685, 741 Relative to Screen // <b>move para cima separador folha1</b>
73		Mouse Left Click
74		Delay: 0,1 seconds
75		Mouse Move: 363, 173 Relative to Screen // <b>move para cima da coluna onde se col</b>
76		Mouse Left Click
77		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>eo
78		Delay: 0,1 seconds
79		Mouse Move: 826, 212 Relative to Screen // <b>MOVE-SE EM CIMA DA SAIDA DE DADO!</b>
80		Delay: 0,1 seconds

81		Mouse Left Click
82		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>ec
83		Delay: 0,1 seconds
84		Mouse Move: 830, 741 Relative to Screen // <b>MOVE PARA SEPARADOR distancias BR</b>
85		Mouse Left Click
86		Delay: 0,1 seconds
87		Mouse Move: 607, 200 Relative to Screen // <b>MOVE PARA CIMA DA PRIMEIRA LINHA E COLUNA</b>
88		Mouse Left Click
89		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>ea
90		Delay: 0,05 seconds
91		Text Type (Simulate Keystrokes): v<ENTER>
92		Mouse Move: 1270, 726 Relative to Screen // <b>MOVER PARA O SCROLL DO EXCEL</b>
93		Mouse Left Click
94		Delay: 0,1 seconds
95		Mouse Move: 703, 740 Relative to Screen // <b>MOVER PARA CIMA DE FOLHA 1</b>
96		Mouse Left Click
97		Delay: 0,1 seconds
98		Mouse Move: 1271, 162 Relative to Screen // <b>MOVERoscroll para cima</b>
99		Delay: 0,1 seconds
100		Mouse Left Click
101		Mouse Left Click
102		Delay: 0,1 seconds
103		Mouse Move: 376, 175 Relative to Screen // <b>CLICA EM CIMA DA MORADA - PARTE COR DE ROSA</b>
104		Mouse Left Button Down
105		Delay: 0,05 seconds
106		Mouse Move: 435, 494 Relative to Screen // <b>MOVER PARA BAIXO</b>
107		Mouse Left Button Up
108		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>em
109		Delay: 0,05 seconds
110		Text Type (Simulate Keystrokes): u
111		Delay: 0,1 seconds
112		Mouse Move: 471, 549 Relative to Screen // <b>CLICAR PARA RETIRAR O SUBLINHADO DO QUE FOI SELECIONADO</b>
113		Mouse Left Click
114		Delay: 0,1 seconds
115		Mouse Move: 190, 171 Relative to Screen // <b>mover para apagar desenhos primeira linha</b>
116		Mouse Left Click
117		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>em
118		Delay: 0,05 seconds
119		Text Type (Simulate Keystrokes): u
120		Delay: 0,1 seconds
121		Mouse Move: 191, 193 Relative to Screen // <b>mover para a segunda linha para apagar desenho</b>
122		Mouse Left Click

123		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>em
124		Delay: 0,05 seconds
125		Text Type (Simulate Keystrokes): u
126		Delay: 0,1 seconds
127		Mouse Move: 186, 216 Relative to Screen // mover para a terceira linha para apagar desenho
128		Mouse Left Click
129		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>em
130		Delay: 0,05 seconds
131		Text Type (Simulate Keystrokes): u
132		Mouse Move: 184, 271 Relative to Screen // apagar A na setima linha
133		Mouse Left Click
134		Delay: 0,1 seconds
135		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>em
136		Delay: 0,05 seconds
137		Text Type (Simulate Keystrokes): u
138		Delay: 0,1 seconds
139		Mouse Move: 183, 186 Relative to Screen // apagar o simbolo de andar a pé
140		Mouse Left Click
141		Delay: 0,1 seconds
142		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>em
143		Delay: 0,05 seconds
144		Text Type (Simulate Keystrokes): u
145		Mouse Move: 174, 207 Relative to Screen // mover para apagar A em cima da linha 3
146		Mouse Left Click
147		Delay: 0,1 seconds
148		Text Type (Simulate Keystrokes): <ALT>em
149		Delay: 0,05 seconds
150		Text Type (Simulate Keystrokes): u
151		Delay: 0,1 seconds
152		Mouse Move: 1270, 145 Relative to Screen // mover o scroll para cima
153		Mouse Left Click
154		Mouse Left Click
156		Mouse Left Click
157		Delay: 0,1 seconds
158		Mouse Move: 947, 782 Relative to Screen // mover para barra de inicio
159		Mouse Left Click
160		Delay: 2,5 seconds
161		End Repeat

162		Mouse Move: 522, 783 Relative to Screen // <b>move para cima de excel separador</b>
163		Mouse Left Click
164		Mouse Move: 1247, 741 Relative to Screen // <b>rato puxar para a direita</b>
165		Mouse Left Click
166		Delay: 0,1 seconds
167		Mouse Move: 1269, 165 Relative to Screen // <b>parte de cima do scrol para puxar para cima</b>
168		Mouse Left Click
169		Mouse Left Click
170		Mouse Left Click
171		Mouse Left Click
172		Mouse Left Click
173		Mouse Left Click
174		Mouse Left Click
175		Mouse Left Click
176		Delay: 3 seconds
177		End Repeat



## ANEXO 3

Programa da macro do Microsoft Excel para  
resolução do PCV



A macro “determinalabs” é a macro que executa o PCVS na coluna “tempo2” do separador “dados”.

Pretende-se neste capítulo fazer uma abordagem à macro utilizada, dando algumas noções do programa desta.

No programa inicialmente faz-se a declaração de variáveis:

#### **Option Explicit**

**Dim tempos() As Integer**

**Dim labs() As Integer**

**Dim inserido() As Boolean**

**Dim origem As Range**

**Dim nlabs As Integer**

**Dim data, tecnico, CPtecnico As String**

**Private Sub calculatempos()**

**Dim i, ultimo, posMinimo As Integer**

**Dim minimo, tempo As Long**

**Dim fim As Boolean**

**Dim CPlab, ultimoCP As String**

Seguidamente irá calcular qual o ponto mais próximo de partida do técnico:

**ReDim tempos(100)**

**ReDim inserido(100)**

**For i = 0 To nlabs - 1**

**inserido(i) = False**

**Next**

**fim = False**

**ultimoCP = CPtecnico**

**While Not fim**

**fim = True**

**minimo = 24 \* 60**

**For i = 0 To nlabs - 1**

**If inserido(i) = False Then**

**fim = False**

```

    CPLab = origem.Offset(labs(i), 8).Value
    tempo = Application.WorksheetFunction.VLookup(ultimoCP,
Sheets("distancias").Range("A1:HZ230"), Application.WorksheetFunction.Match(CPlab,
Sheets("distancias").Range("A1:HZ1"), 0), False)
    If tempo < minimo Then
        minimo = tempo
        posMinimo = i
    End If
End If
Next

```

Inserir no programa o código postal mais próximo

```

If fim = False Then
    inserido(posMinimo) = True
    tempos(posMinimo) = minimo
    ultimoCP = origem.Offset(labs(posMinimo), 8)
End If
Wend

```

Agora escreve os tempos e marca as linhas como tratadas

```

For i = 0 To nlabs - 1
    origem.Offset(labs(i), 9) = 1
    origem.Offset(labs(i), 10) = origem.Offset(labs(i), 10) + tempos(i)
    If i = nlabs - 1 Then
        CPLab = origem.Offset(labs(i), 8).Value
        origem.Offset(labs(i), 10) = origem.Offset(labs(i), 10) +
Application.WorksheetFunction.VLookup(CPtecnico,
Sheets("distancias").Range("A1:HZ230"), Application.WorksheetFunction.Match(CPlab,
Sheets("distancias").Range("A1:HZ1"), 0), False)
    End If
Next

End Sub

```

Efectua-se a declaração de variáveis

```
Public Sub determinaLabs()
```

```
Dim i, j As Integer
```

```
Dim fim As Boolean
```

```
Set origem = ThisWorkbook.Sheets("dados").Range("E2")
```

```
ThisWorkbook.Sheets("dados").Range("N:O").ClearContents
```

```
fim = False
```

Neste ciclo irá procurar a primeira entrada ainda não marcada com 1 (coluna "var")

```
While Not fim
```

```
    i = 0
```

```
    While origem.Offset(i, 0).Value <> "" And origem.Offset(i, 9).Value = 1
```

```
        i = i + 1
```

```
    Wend
```

Neste ciclo encontra uma entrada (coluna "var") ainda não marcada com 1 antes de chegar ao fim da lista e regista a data e o técnico para os quais se calcula o tempo e a localização dos laboratórios

```
    If origem.Offset(i, 0) <> "" Then
```

```
        data = origem.Offset(i, 0).Value
```

```
        tecnico = origem.Offset(i, 6).Value
```

```
        CPtecnico = origem.Offset(i, 7).Value
```

```
        ReDim labs(100) ' Limpa o vector
```

```
        nlabs = 0
```

```
        j = i
```

```
        While origem.Offset(j, 0).Value <> ""
```

```
            If origem.Offset(j, 0).Value = data And origem.Offset(j, 6).Value = tecnico And
```

```
origem.Offset(j, 9).Value <> 1 Then
```

```
                labs(nlabs) = j
```

```
                nlabs = nlabs + 1
```

```
            End If
```

```
        j = j + 1
    Wend
    Call calculatemposs
Else
    fim = True
End If
Wend
```

Coloca agora no cabeçalho o nome da respectiva coluna.

```
Range("N1").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "var"
Range("O1").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "tempo2"
Range("P1").Select
End Sub
```