

# **eTourism – Mobile Data Interface (Sistema de Apoio On-Line ao Turista em Dispositivos Móveis com Adaptação de Tours Personalizados)**

Departamento de Engenharia Informática

2008/2009

**I096357 Rui Filipe Nogueira Marques**



## **Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática**

Área de especialização em Tecnologias do Conhecimento e Decisão

**Orientador ISEP:** Prof. Doutor Carlos Ramos

**Júri:**

**Presidente:** Doutora Maria de Fátima Coutinho Rodrigues (Professora Coordenadora do ISEP)

**Vogais:** Doutor Paulo Jorge Freitas de Oliveira Novais (Professor Auxiliar da Universidade do Minho) Doutor Carlos Fernando da Silva Ramos (Professor Coordenador com Agregação do ISEP) Doutora Ana Maria Neves Almeida Baptista Figueiredo (Professora Adjunta do ISEP) Doutor Luiz Felipe Rocha Faria (Professor Adjunto do ISEP)

(Versão Provisória)

Porto, Outubro de 2009



...à Elsa e aos meus pais pelo seu fulcral apoio.



## Resumo

O intuito principal desta Tese é criar um interface de Dados entre uma fonte de informação e fornecimento de Rotas para turistas e disponibilizar essa informação através de um sistema móvel interactivo de navegação e visualização desses mesmos dados.

O formato tecnológico será portátil e orientado à mobilidade (PDA) e deverá ser prático, intuitivo e multi-facetado, permitindo boa usabilidade a públicos de várias faixas etárias.

Haverá uma componente de IA (Inteligência Artificial), que irá usar a informação fornecida para tomar decisões ponderadas tendo em conta uma diversidade de aspectos.

O Sistema a desenvolver deverá ser, assim, capaz de lidar com imponderáveis (alterações de rota, gestão de horários, cancelamento de pontos de visita, novos pontos de visita) e, finalmente, deverá ajudar o turista a gerir o seu tempo entre Pontos de Interesse (POI – Points of Interest).

Deverá também permitir seguir ou não um dado percurso pré-definido, havendo possibilidade de cenários de exploração de POIs, sugeridos a partir de sugestões *in loco*, similares a Locais incluídos no trajecto, que se enquadravam no perfil dos Utilizadores.

O âmbito geográfico de teste deste projecto será a zona ribeirinha do porto, por ser um *ex-libris* da cidade e, simultaneamente, uma zona com muitos desafios ao nível geográfico (com a inclinação) e ao nível do grande número de Eventos e Locais a visitar.

### **Palavras-chave:**

Mobilidade, Turismo, Pedestre, GPS, Percursos, Pontos de Interesse, Tours



## Abstract

The main objective of this Thesis is to successfully create a Mobile Data Interface, that would interconnect a Tourism Route Supplier System and output the resulting data to a Graphic User Interface used to present and navigate, based on input and imported data.

This will be an Intelligent and Mobile-oriented Software that would proactively solve unforeseen situations and generate conditions for an optimal Tour Day. It will be user-friendly and easy to use by a variety of different audiences. It will be able to manage Points of Interest regarding to geographic location and time of event, providing rapid Tour update adding or removing Tour Points and supporting group visits.

“Ribeira” is the geographic area used to test this project. The charismatic river-side zone of Oporto, has been chosen because of multiple challenges regarding navigation, and also the multiple sites and variety of events in this area alone.

### **Keywords:**

Mobility, Tourism, Pedestrian, GPS, Tours, Points of Interest



# Índice

Resumo.....	4
Abstract .....	6
Índice de Figuras e Quadros .....	12
Lista de Abreviaturas.....	16
1. Introdução .....	18
1.1. Âmbito do projecto .....	18
1.2. Conceitos gerais da aplicação .....	19
1.3. Limites Conceptuais e Programáticos .....	21
1.4. Projecto e Timings.....	21
2. Estado de Arte .....	22
2.1. GPS para Navegação Pedestre e Exercício Físico .....	22
2.2. GPS para Navegação Automóvel.....	23
2.3. Navegação Móvel.....	24
2.4. Segurança Georeferenciada.....	27
2.5. GPS para Invisuais .....	29
2.6. Precisão do Sinal GPS / Evolução para GPS v2.0 .....	29
2.7. GPS para Visitas Guiadas.....	30
3. Pressupostos eTourismDI.....	36
3.1. Traços Gerais da Estrutura de Integração de Dados .....	36
3.2. Princípio Para a Aquisição de Dados .....	37
3.3. Interligação e Comunicação Entre Partes .....	38
4. Dispositivos Móveis Empregues.....	40
4.1. Características Gerais.....	40
4.2. Vantagens e Desvantagens .....	41
4.3. Limites Tecnológicos .....	42
4.4. Tecnologia Envolvente .....	43
5. GPS Hardware .....	46
5.1. GPS Utilizado .....	46
5.2. Comunicação Com o Dispositivo .....	46
5.2.1. Através de PDA.....	46
5.2.2. Através de PC .....	47
5.2.2.1. Driver BT.....	47
5.2.2.2. RemoteTools Framework Shell .....	47

5.2.2.3.	Emulador WM .....	50
5.3.	Métodos de Aquisição.....	50
6.	GPS Data.....	52
6.1.	GPS, Características e Limitações Tecnológicas .....	52
6.2.	Especificações NMEA .....	55
6.3.	Refinamento da Informação .....	58
7.	Distâncias e Heurísticas.....	60
7.1.	Distância Linear .....	60
7.2.	Distância de Manhattan .....	62
7.3.	Distância Heurística.....	63
8.	Problema do Caixeiro Viajante.....	66
8.1.	Problema .....	66
8.2.	Descrição do TSP .....	66
8.3.	Solução Proposta.....	67
8.4.	Algoritmo A* .....	69
8.5.	Heurísticas.....	70
8.6.	A* em C# .....	70
8.7.	Aplicação Teórica Versus Prática - Limites tecnológicos.....	74
9.	Tours.....	76
9.1.	Especificações de Tour .....	76
9.2.	Especificações de POI's .....	78
9.3.	Especificações de POI Relations .....	80
9.4.	Especificações de Tags .....	82
9.5.	Especificações de Utilizadores .....	82
9.6.	POI's Seleccionados.....	83
9.7.	Tours Gerados .....	83
9.8.	Importação de Tours .....	84
9.8.1.	Solução XML, CSV, TXT .....	84
9.8.2.	Importação Directa .....	85
10.	Simulação .....	86
10.1.	Importância do Módulo de Simulação .....	86
10.2.	Adaptações ao Programa .....	86
10.3.	Geração de Pontos - KMZ/KML .....	86
10.4.	Parser PHP, KML para string NMEA.....	88

10.5.	Resultados Práticos .....	89
11.	eTourismDI - Descrição aplicacional .....	90
11.1.	Módulos Programáticos .....	90
11.2.	Estrutura Form .....	90
11.3.	Connector/Simulador .....	91
11.4.	Base de Dados .....	96
11.5.	POIs.....	97
11.6.	Util .....	98
11.7.	eTourismDI .....	100
12.	eTourismDI - Comunicação Inter-Applicacional.....	106
12.1.	Comunicação interna, método científico.....	106
12.1.1.	Sockets .....	106
12.1.2.	XML.....	107
12.1.3.	DB (Esquema inner_comm).....	108
12.2.	Método Actual.....	109
13.	Resultados práticos .....	110
13.1.	Resultados eTourismDI.....	110
13.2.	Aplicabilidade .....	110
13.3.	Demonstração de um Tour Gerado.....	111
14.	Conclusão .....	116
14.1.	Solução gerada .....	116
14.2.	Possíveis aperfeiçoamentos .....	116
15.	Referências.....	118
Anexos.....		124
A.	Modelo Aplicacional.....	124
B.	Modelo Relacional.....	125
C.	Diagrama de Classes.....	126
D.	Quadro de Projecto eTourism .....	128



# Índice de Figuras e Quadros

## Índice Fig.

Fig. 1 (Garmin).....	22
Fig. 2 (NDrive).....	22
Fig. 3 (Garmin).....	23
Fig. 4 (Fly Master).....	23
Fig. 5 (Tom Tom).....	24
Fig. 6 (NDrive).....	24
Fig. 7 (Nokia).....	25
Fig. 8 (iPhone).....	26
Fig. 9 (HTC Touch HD).....	26
Fig. 10 (Android).....	27
Fig. 11 (BlackBerry).....	27
Fig. 12 (BlackBerry).....	27
Fig. 13 (Sistema Proprietário).....	28
Fig. 14 (InoSat).....	28
Fig. 15 (InoSat).....	28
Fig. 16 (OmniLink).....	29
Fig. 17 (TORMES).....	29
Fig. 18 (EGNOS).....	30
Fig. 19 (RedTour).....	30
Fig. 20 (GoCar).....	30
Fig. 21 (GyPSy).....	31
Fig. 22 (City Navigator).....	31
Fig. 23 (Ranger).....	32
Fig. 24 (Node Explorer).....	32
Fig. 25 (PDA HTC Touch).....	40
Fig. 26 (PDA PIDION).....	41
Fig. 27 (BT GPS Blumax).....	46
Fig. 28 (Stack de funcionamento do FreeBT USB Driver em conjugação com o RemoteTools Framework).....	48
Fig. 29 (Seleção de Dispositivo).....	49
Fig. 30 (Estado de conexão: A conectar).....	49
Fig. 31 (WM sem sinal de BT).....	49
Fig. 32 (WM com BT ligado).....	49
Fig. 33 (Descreve um sequência de ligação).....	50
Fig. 34 (Distância esférica).....	61
Fig. 35 (Diferença da distância de Manhattan e a Eucladiana).....	62

Fig. 36 (Exemplificação num ambiente com quarteirões)...	62
Fig. 37 (Splash Screen eTourismDI) .....	91
Fig. 38 (GPS Cfg). .....	92
Fig. 39 (GPS Cfg com dados)...	92
Fig. 40 (GPS Status)...	95
Fig. 41 (DB Cfg)...	96
Fig. 42 (eTourismDI retorno de sugestões)...	101
Fig. 43 (utilizador por id)...	102
Fig. 44 (resultado para id 1)...	102
Fig. 45 (para id 2)..	102
Fig. 46 (5 tags)...	102
Fig. 47 (3 sugestões associadas ao POI 214)...	102
Fig. 48 (POIs por tag “and”, 2 resultados) ...	102
Fig. 49 (POIs por tag “or”, 2 resultados)...	103
Fig. 50 (POIs por nome, 2 resultados)...	103
Fig. 51 (POIs por type “or”, 3 resultados)...	103
Fig. 52 (POIs por tipo “and”, 3 resultados)...	103
Fig. 53 (POIs por id)...	103
Fig. 54 (Actual ponto no Tour)...	103
Fig. 55 (Próximos 3 POIs do Tour)...	103
Fig. 56 (Últimos 2 POIs no Tour)...	103
Fig. 57 (Todos os POIs do Tour)...	103
Fig. 58 (Tour original)...	103
Fig. 59 (Troca POIs, passo switchpoi)...	103
Fig. 60 (Tour alterada)...	103
Fig. 61 (3 POIs mais próximos do POI id 300)...	104
Fig. 62 (3 POIs do Tour mais próximos do POI id 300)...	104
Fig. 63 (Distancia entre POIs id 300 e id 277)...	104
Fig. 64 (Melhor caminho pela Tour ainda não visitada, vista de Tour parcial)...	104
Fig. 65 (Melhor caminho pela Tour geral)...	104
Fig. 66 (Continuação da Fig 63 - Melhor caminho pela Tour geral)...	104
Fig. 67 (POIs mais próximos da nossa posição actual)...	105
Fig. 68 (POIs que pertencem ao Tour, mais próximos da nossa posição actual)...	105
Fig. 69 (Distância da nossa posição actual a um dado POI)...	105
Fig. 70 (Horário de funcionamento do POI actual da Tour)...	105
Fig. 71 (Horário de funcionamento do POI definido)...	105
Fig. 72 (Obtenção do tournum actual)...	105
Fig. 73 (tournm’s disponíveis)...	105

Fig. 74 (Tour usado na simulação)...	111
Fig. 75 (tour usado na simulação) ..	112
Fig. 76 (tourall usado na simulação...	112
Fig. 77 (cálculo do bestwayalltour)...	112
Fig. 78 (tour otimizado)...	113
Fig. 79 (Calcular bestwayalltour, salvar e definir como Tour actual)...	114
Fig. 80 (Verificação da Tour actual)...	114
Fig. 81 (Tours disponíveis)...	114
Fig. 82 (POI actual para visita)...	115
Fig. 83 (definir actual como visitado)...	115
Fig. 84 (verificação dos seguintes 3 POI a visitar)...	115
Fig. 85 (Modelo Aplicacional)...	124
Fig. 86 (Modelo POI-Tour-Relações de POIs)...	125
Fig. 87 (Tabela Inner_comm)...	125
Fig. 88 (Modelo Users-Tags)...	125
Fig. 89 (Diagrama de Classes - Métodos)...	126
Fig. 90 (Diagrama de Classes - Variáveis)...	127

### Índice Quadros

Quadro 1 (Projecto de Timings do eTourismDI)..	19
Quadro 2 (Esquema eTourismDI proposto)...	39
Quadro 3 (Erros por tipo de sinal)..	54
Quadro 4 (Heurística de Erros)...	64
Quadro 5 (Tabela de Tours)...	77
Quadro 6 (Tabela de POIs)...	79
Quadro 7 (Tab de Relações entre POIs)..	81
Quadro 8 (Tabela de Tags)...	82
Quadro 9 (Cedência de coordenadas)...	108
Quadro 10 (Adicionar e cancelar item)...	109
Quadro 11 (Tempos e Descritivos dos Módulos Criados)..	128



## **Lista de Abreviaturas**

**BD - Base de Dados**

**DAL - Data Access Layer**

**DI - Data Integration**

**GPS - Global Positioning System**

**GUI - Graphic User Interface**

**IA – Inteligência Artificial**

**JPL - Jet Propulsion Laboratory**

**KML - Keyhole Markup Language**

**MFC - Medidor de Frequência Cardíaca**

**MSSQL - MicroSoft SQL**

**NASA - National Aeronautics and Space Administration**

**POI- Point of Interest**

**PDA - Personal Digital Assistant**

**RISC – Reduced Instruction Set Computer**

**SW - Software**

**SQL - Structured Query Language**

**TSP - Travelling Salesmen Problem**

**WM - Window Mobile**



# 1. Introdução

## 1.1. Âmbito do projecto

“O turismo europeu é o mais importante a nível mundial” - afirma o EUROSTAT, tanto pelo público de origem como locais de destino, pois grande parte dos visitantes da Europa são europeus [EUROSTAT, 2009].

Esta posição mantém-se mesmo perante locais de grande crescimento actual, como a Ásia.

Portugal ocupa apenas 2% em noites dormidas por turistas europeus e 2.8% por turistas não europeus. São números baixos, mas que chegam para colocar Portugal no Top 10 (9º lugar mais especificamente) desta lista. No topo está Espanha, com 16,4% de europeus e 23.4% de não europeus - valores de peso. Este estudo prevê também que, entre 2000 e 2006, tenha ocorrido um aumento de cerca de 6% nos empregos relacionados com turismo na Europa a 27. O mesmo relatório afirma que “o desenvolvimento da Internet, e e-Commerce, a convergência entre a informação e tecnologias de comunicação e multimédia, assim como a generalização de tecnologias móveis e sistemas de navegação (...) tem um forte impacto sobre as decisões de viagem dos consumidores, e portanto uma maior competitividade entre destinos.”

O turismo em Portugal assume cada vez mais um papel preponderante nas finanças nacionais. O INE apresenta resultados do último ano analisado (2006) onde o turismo nacional gera cerca de 6.7M€ Brutos, cerca de 16.5% do PIB Nacional, no entanto, com apenas 4.79% de valor acrescentado pelo turismo nas finanças nacionais. Neste mesmo estudo, o INE afirma que a GAMP<sup>1</sup> atingiu alguns indicadores que, na sua maioria, são positivos mas ainda insuficientes para serem relevantes para os municípios envolvidos e para o País [INE, 2009]. De seguida são expostos alguns dos indicadores mais preponderantes:

- Crescimento de 5.4% no Aeroporto do Porto
- Aumento de 26% em oferta hoteleira entre 1994 e 2004
- Aumento em 40% do número de hóspedes desde 1994 a 2004
- 30% (grande maioria) são Espanhóis, 10% Franceses, seguidos de Alemanha, Itália, Reino Unido e Japão
- Ainda abaixo da GAML (Lisboa) e da média Nacional
- Turismo ainda muito associado a eventos de carácter internacional.

---

<sup>1</sup> A GAMP – Grande Área Metropolitana do Porto, é composta por 14 municípios. Aos nove correspondentes à delimitação inicial (Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo, Vila do Conde e Vila Nova de Gaia), juntaram-se, em 28 de Janeiro de 2005, Arouca, Santa Maria da Feira, Santo Tirso, São João da Madeira e Trofa.

Em suma: o Porto está, na sua generalidade, subaproveitado no que toca ao turismo, embora tenha apresentado indicadores ascendentes. Tem como público predilecto, turistas associados a eventos internacionais que acabam por descobrir o Porto um pouco “por acaso”. No reforço desta ideia, alguns autores referem que o Turismo e Herança Cultural são boas áreas aplicacionais para a “Inteligência Ambiental” com base em Tours imersivos e ricos em experiências [Park *et al*, 2006]

Neste cenário, o Projecto eTourism pode constituir uma importante mais-valia.

O teor principal do trabalho a desenvolver envolve a tecnologia GPS (Global Positioning System), numa vertente terrestre e pedestre, com intenção de fornecer novas potencialidades a esta tecnologia vastamente explorada e dada a novas e inovadoras facetas.

Actualmente, existem GPS de praticamente todas as dimensões possíveis, a desempenhar tarefas multi-formato e de variados graus de importância: desde Personal Trainers, com ou sem MFC (Medidor de Frequência Cardíaca) orientados a diversos desportos (Corrida, Ciclismo, Treking, etc); passando pela segurança com localização de pessoas e bens, para evitar/controlar males de *car jacking*, rapto de pessoas ou até encarceramento; até orientação por caminhos e estradas desconhecidas, fornecendo optimização no encaminhamento de pessoas e bens, com eficácia horária. O GPS é ainda usado para orientação de invisuais e o fornecimento de caminhos pedestres por entre Pontos de Interesse (POI) a interessados.

## **1.2. Conceitos gerais da aplicação**

“Inteligência Artificial é a Ciência que permite que uma máquina faça coisas que necessitem de inteligência quando realizadas pelo homem” [Minsky, 1968].

Em termos gerais, a aplicação actual utiliza diversas áreas informáticas com o objectivo claro de as interligar e fornecer um resultado homogéneo e simplificado de uma solução multi-fonte de dados, em base móvel, com capacidades de IA (Inteligência Artificial).

Na aplicação actual, o recurso a vários aspectos distintos tomam um papel preponderante para solucionar a demonstração de Tour:

- Algoritmos de cálculo de melhor caminho entre pontos, com recurso a heurísticas;
- O recurso ao GPS, que toma um papel mais preponderante na georeferenciação pedestre, uma nova vertente actualmente em exploração pelo motor de busca de

referência, o Google<sup>2</sup>, onde é fornecida uma opção de rota, dentro do trajecto escolhido, para ser realizada a pé, sendo assim negligenciados os sentidos de ruas e privilegiados factores como a proximidade e a assertividade do trajecto;

- Recurso a dados contextualizados e consequentes da interacção com o visitante, contidos em BD (Base de Dados).

Neste sentido, a aplicação construída (eTourismDI) é, uma ferramenta com uma capacidade exímia de direccionalidade, assertividade, noção de contexto e objectividade. No fornecimento dos POIs (Pontos de Interesse – Points of Interest) pesaram critérios como: sua descrição; sua inserção no âmbito da cidade e da visita, assim como sua distância entre outros interesses a visitar.

A rota será fornecida por um serviço externo e num formato generalista de BD (Base de Dados) para ambiente móvel. A sua especificação encontra-se no Capítulo 9 - Tours. A mesma pode ser alterada e até re-calculada nesta aplicação.

A sua base operacional é em PDA (Personal Digital Assistant) e, como tal, foi essencial ter uma sensibilidade contínua quanto à volatilidade e inconsistência de algumas estruturas programáticas próprias das tecnologias móveis, efectuando assim um esforço constante na eliminação de problemas *a priori*.

A componente discutida nesta Tese é o eTourismDI (Data Integration) com auxílio IA, responsável pela componente de processamento e fornecimento de informação ao eTourismGUI (Graphic User Interface)<sup>3</sup> [Guedes, 2009].

A vertente principal como Integrador de Dados é agir como se de uma DAL (Data Access Layer) aplicacional se tratasse, ofuscando a BD, Dados estáticos e Dados GPS físicos ou simulados. Esta vertente integradora desempenha um papel de uma estrutura lógica, transpondo diversos níveis de informação num esquema simples e directo de exposição, em formato pergunta resposta, de forma a apresentar dados ao utilizador final, apenas de acordo com a sua necessidade, fornecendo, paralelamente, controlo de erros e excepções e uma gestão de *outputs* direccionados exclusivamente ao ambiente GUI.

---

<sup>2</sup> <http://maps.google.com> - caso prático:  
[http://maps.google.com/maps?f=d&source=s\\_d&saddr=porto,+portugal&daddr=41.1648853,-8.606323+to:De:+R.+de+S%C3%A3o+Tom%C3%A9+166-684,+4200+Paranhos,+Porto+\(ISEP-+Instituto+Superior+Engenharia+do+Porto\)&hl=en&geocode=%3BFVUgdAldja18\\_ypm3XG2UGQkDTHQjge0vesAEw%3BFVZUdAldN6J8\\_yGF2C0HbHQeQ&mra=pe&mrcr=0&dirflg=w&sl=41.149968,-8.610243&sspn=0.205522,0.220413&ie=UTF8&z=14&via=1](http://maps.google.com/maps?f=d&source=s_d&saddr=porto,+portugal&daddr=41.1648853,-8.606323+to:De:+R.+de+S%C3%A3o+Tom%C3%A9+166-684,+4200+Paranhos,+Porto+(ISEP-+Instituto+Superior+Engenharia+do+Porto)&hl=en&geocode=%3BFVUgdAldja18_ypm3XG2UGQkDTHQjge0vesAEw%3BFVZUdAldN6J8_yGF2C0HbHQeQ&mra=pe&mrcr=0&dirflg=w&sl=41.149968,-8.610243&sspn=0.205522,0.220413&ie=UTF8&z=14&via=1)

<sup>3</sup> Guedes, Tese de Mestrado eTourismGUI, 2009

O objectivo máximo da aplicação é o acompanhamento do turista por entre um Tour, escolhido por si, pela cidade do Porto.

### 1.3. Limites Conceptuais e Programáticos

O objecto de trabalho, o PDA, é um dispositivo tecnológico e informático com um potencial imenso, sendo imperativo, para tal, estar atento às suas características mais marcantes ou lacunas mais graves, dependendo da perspectiva.

Questões físicas relacionadas com o espaço disponível e capacidade de processamento foram temas largamente reflectidos e avaliados ao longo da Tese, no intuito da melhor escolha possível, de forma a evitar um SW:

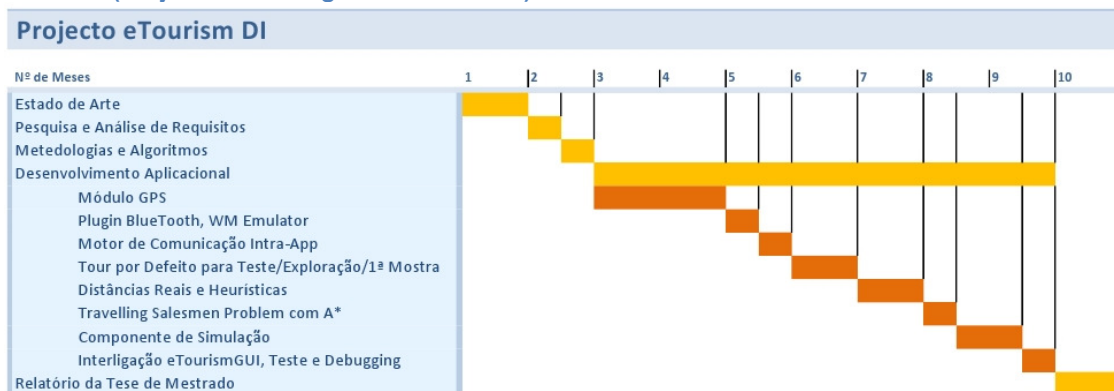
- Altamente consumista a nível energético;
- Demasiado interrelativo, e que ocupe espaço de computação vital à componente GUI;
- Que exija demasiada intervenção;
- Que possua um grande volume de dados.

Em suma, que inviabilize o projecto num todo.

Em termos programáticos, especificamente no que toca à elaboração de algoritmos de gestão de rotas, o PDA apresenta limitações fortes e persistentes na análise de dados altamente hierárquicos (frutos, por exemplo, de funções recursivas), onde a geração de resultados num índice de crescimento exponencial leva o dispositivo a agir de forma errática e a escoar rapidamente a memória, tornando o seu comportamento imprevisível numa situação real e, por sua vez, possível de comprometer a sua robustez. Foram aplicados, portanto, limites de segurança baseados nestes factores, para que a robustez não seja posta em causa.

### 1.4. Projecto e Timings

Quadro 1 (Projecto de Timings do eTourismDI)



O Quadro 1 mostra as várias fases de desenvolvimento deste projecto, numa versão sucinta, a respectiva versão descritiva do mesmo quadro encontra-se em Anexos.

## 2. Estado de Arte

Neste Capítulo iremos discutir-se-á o Estado de Arte ao nível tecnológico que é encontrado actualmente ao nível do GPS e exemplificar a sua plenitude e abrangência presencial em vários cenários da nossa vida quotidiana.

### 2.1. GPS para Navegação Pedestre e Exercício Físico

O Estado de Arte geral destes equipamentos demonstra uma forte evolução tecnológica quanto ao seu tamanho, resistência, durabilidade e resiliência aliado a uma baixa manutenção e baixos consumos energéticos.

Em termos de GPS orientados ao desporto, salientam-se algumas características dominantes como o tamanho, peso, resistência e durabilidade. Como tal, existem vários GPS em formato de relógio, como o Garmin Forerunner 305 (Fig. 1), com MFC, que disponibiliza um elevado número de informações ao desportista: tempo de treino; média horária; média por zona; mapa de elevação do percurso; frequência cardíaca e comparação com o treino anterior no mesmo percurso [Garmin, 2009].



Fig. 1 (Garmin)



Fig. 2 (NDrive)

A Ndrive possui um exemplo similar, o NSports (Fig. 2), com direcção multi-desporto e com características idênticas ao Garmin [Ndrive, 2009]. Há outros exemplos ainda onde a percepção geográfica é tomada de forma mais marcante. O Garmin Edge 705 (Fig. 3), por exemplo, toma como principal preocupação o terreno não marcado, vocacionado para BTT, tenta resolver os casos de percursos referenciados por entre montes e vales e devolver toda a informação acima descrita para o seu “irmão” mais pequeno, fornece ainda visualizações do percurso actual na sua envolvente, a cores [Garmin, 2009]. Um exemplo importante ao nível nacional é também o exemplo do Fly Master (Fig. 4), um equipamento de georeferenciação para Parapente e outros desportos onde haja necessidade de controlo de correntes de ar (quente e frio) para poder manter altitude. Este equipamento permite ao desportista corrigir a sua direcção, podendo aproveitar poços de vento quente na sua proximidade. Existem ainda outros exemplos, com a devida amálgama de variantes, onde se combinam desportos como

o Golf e a Vela, sempre com os benefícios da Georeferenciação em mente [Ramos *et al*, 2007].



Fig. 3 (Garmin)



Fig. 4 (Fly Master)

## 2.2. GPS para Navegação Automóvel

Outro grande sector é o da navegação, seja ela na sua vertente pedestre, automóvel, marítima, de consumo ou frotas. Este é o campo de acção comercial que mais objectos distintos envolve, desde SW a telefones, PDA's, smart phones, equipamentos dedicados de automóvel e equipamentos sem visor para servirem de pontos georeferenciáveis.

Em termos de SW temos duas importantes referências a aprofundar: a Tom Tom; e a NDrive, pelas características técnicas e propriedades generalistas que os levam a ser a grande escolha a nível nacional.

A Tom Tom (Fig. 5) é líder mundial, com um SW testado e funcional, de uso intuitivo e sem necessidade de aprendizagem prévia, tanto na escolha entre menus como no mapa. Oferece roteamento fiável com redireccionamento eficaz, mas é na navegação de escolhas entre menus e opções que a verdadeira diferença se implanta. Dispõe de navegação intuitiva, sustentada por pilares de simplicidade e univocidade de simbologia, atingindo uma comunicação directa com o utilizador. A Tom Tom representa pois um patamar importante com um SW dado à utilização imediata/urgente, cuja percepção do objectivo é um escalar muito mais relevante que o trajecto para a sua consumação. Aplicado em diversos cenários, desde PDA's a telefones a dispositivos dedicados, disponibiliza também um sistema colaborativo denominado de "IQ Routes", onde permite a geração de informação pelos seus utilizadores e outros serviços não especificados, servindo assim, o fim de informar terceiros sobre condições que irão encontrar num dado percurso [Tom Tom, 2009].



Fig. 5 (Tom Tom)



Fig. 6 (NDrive)

O Ndrive (Fig. 6) é um produto nacional e de relevo devido a algumas das suas interessantes especificações. Ganha relevo mundial utilizando o canal “Espanha” para atingir a Europa Ocidental, num interessante percurso de desenvolvimento de produto e de marca. Em termos de roteamento, existem pequenas diferenças face ao “gigante” holandês (Tom Tom), que só se podem tornar defeitos devido ao efeito ISO, gerado por qualquer tecnologia dominante, que se mantém líder por tempo suficiente.

Após uma utilização exhaustiva e atenta, é perceptível que as diferenças são para melhor e que a sua utilização recorrente o comprova. Menus simples e directos de funções explícitas e de pouca profundidade, mapa com *drag'n'drop*, possibilitando espreitar a área circundante, boa área de visualização com toda a informação necessária (bateria, rotação do mapa, zoom, qualidade do sinal GPS) além da cada vez mais fundamental navegação 3D, extremamente útil na contextualização citadina. Esta é uma aplicação destinada a dispositivos dedicados, telefones e PDA's [Ndrive, 2009].

A navegação móvel evoluiu imenso continuando, no entanto, a ter dois enormes entraves: o input de dados e a visualização da informação. Em suma, o visor. Este tem de ser grande suficiente (sem ser grande demais) e capaz de subsistir a condições de sol e calor, impossíveis de suportar para muitos dos seus antepassados tecnológicos, sem perder a visualização dos dados.

### 2.3. Navegação Móvel

Neste campo entram em cena os telemóveis, que têm sofrido uma evolução profunda nestes últimos anos. A navegação GPS, a este nível, é ainda um pouco limitada, mas fortemente impulsionada pelo “gigante” finlandês Nokia, cuja aposta no telemóvel que também fornece navegação e vai muito em contra-corrente com recentes “gigantes” como a HTC, que optam por computadores de bolso, que também fazem chamadas.

Em termos de Telefones (não smart phones e distintos de PDA's) é um bom exemplo o Nokia 6210 Navigator (Fig. 7). Este dispositivo é orientado à navegabilidade não

*touch-screen*, através de teclas bem definidas e exteriores ao ecrã, SW proprietário e adaptado ao ambiente Nokia, que aclama navegabilidade simples e intuitiva. Existem ainda outros modelos superiores, mas que partilham estas premissas. Modelos como o 6710 Navigator, por exemplo, onde os mapas contêm variantes interessantes como a componente “Drive”, “Walk” e “Traffic”, onde os modos “Drive” e “Walk” são vocacionados às respectivas vertentes enquanto que o modo “Traffic” destina-se ao apoio à navegação através de serviço de trânsito [Nokia, 2009][Cnet, 2009].



Fig. 7 (Nokia)

No campo dos Smart Phones e PDA's, há exemplos de vastas gamas de inúmeras marcas a mostrar o seu valor no mercado global. A diferença entre Smart Phone e PDA's reside, sobretudo, nos tipos de função (Smart Phone destinado à comunicação de voz e que pode suportar manipulação de dados, PDA orientado à manipulação de dados que suporta telefonia). Porém, não deixa de ser tudo uma questão de estilo e semântica, levando a aceitar estas nomenclaturas mais como fenómenos de marketing [E-Thesis, 2009][Webopedia, 2009][TheSmartPDA, 2009].

Existem vários exemplos de não conformidade:

- Popular Apple iPhone é uma combinação de Smart Phone com iPod;
- HP iPAQ Mobile Messenger é denominado como um Pocket PC;
- LG Prada é um Telefone com touch screen sem, no entanto, ser um Smart Phone;
- BlackBerry 8800 é considerado um Smart Phone, mas podia também ser considerado um PDA, devido às suas características físicas e técnicas;
- Palm Treo 700p é um PDA;
- Motorola Q também é considerado um PDA, embora limitado.

Neste contexto, e seguindo o “Hype” tecnológico, vão-se enquadrando estas “pequenas maravilhas” onde for comercialmente mais “interessante” [Wikipedia Hype, 2009].

Como o objectivo é a avaliação de Estado de Arte de aparelhos com GPS, a busca será limitada aos seguintes exemplares; Apple iPhone, HTC Touch HD, Android HTC Dream e o BlackBerry Storm.

Em primeiro lugar, o incontornável, “trendsetter”, Apple iPhone (Fig. 8), com um design irrepreensível e com uma usabilidade a toda a prova. Na sua estética de mercado de SW proprietário, a Apple faz aqui algumas concessões a fornecimentos externos, onde sites com aplicações para iPhone abundam. Para marcar a diferença e demarcar-se tecnologicamente das demais, a Apple afirma que a sua georeferenciação pode ser feita por GPS ou por triangulação do dispositivo numa rede Wireless ou Telefónica, com as respectivas limitações a este tipo de afirmações “comerciais”. Em termos de mapas, uma aposta no apoio à informação de trânsito e na fácil navegabilidade pelos mapas através do interface “Multi-Touch”. Possui uma componente pedestre, com fotos de locais de interesse para fácil identificação, ao estilo do Google Street View, numa versão mais simplista [Apple, 2009].



Fig. 8 (iPhone)



Fig. 9 (HTC Touch HD)

O HTC Touch HD (Fig. 9), um equipamento mais “mainstream”, que reúne as características de relevo na descrição sucinta, vídeo-chamada, câmara digital e um óptimo ecrã para completar o conjunto [HTC, 2009].

Em termos de GPS, oferece uma licença por 6 meses de utilização do sistema NDrive com mapas em 3D, em equipamentos Nacionais (onde o sistema NDrive é idêntico ao já referido).

Possui também uma possibilidade interessante de navegabilidade por Google Maps, a funcionar como aplicação *stand-alone*, independente de browser, infelizmente não independente da internet para carregamento dos mapas, o que se torna uma forte limitação.

Relativamente ao Android HTC Dream (Fig. 10), envolve o novo sistema Android, um sistema *open-source* para a comunicação móvel, que muito terá a demarcar nos mercados do futuro, tanto em tecnologia como em preços [HTC, 2009].

A componente georeferenciação parece estar muito bem entregue ao já bem estruturado Google Maps. Só não é claro se os mapas estão pré-carregados ou se será necessário uma ligação à internet. Se esse for o caso, é uma solução que pode gerar problemas, pois não é bem claro para já, se existe alguma “Tom Tom” ou “Garmin” pronta para entrar neste mercado.

O interface é feito através de toque no ecrã e de um teclado QWERTY por debaixo do ecrã.



Fig. 10 (Android)



Fig. 11 (BlackBerry)



Fig. 12 (BlackBerry)

Entre os “gigantes” americanos surge também o BlackBerry, uma máquina talhada pelo público americano, para ambiente empresarial, com teclado total compacto, para facilitar a entrada de dados, mas com um espaço limitado de ecrã (devido ao teclado). Vê-se agora “forçada” a mudar de visual e a erradicar do seu design o tão típico teclado total (Fig. 11) (por simples incompatibilidade de espaços), dando assim mais visor ao dispositivo e também características *touch-screen*. Assim surge o novo Storm (Fig. 12). Em termos de GPS, possui apenas o hardware e remete os mapas tanto para a Garmin, Trimble ou Telenav [Blackberry, 2009].

Outras empresas, como a Palm por exemplo, estão a usar este método para se poderem concentrar na produção/distribuição de equipamentos.

O modelo de testes do projecto eTourismDI é uma escolha realista e adaptada a um ambiente de produção, o HTC Touch sem GPS com recurso a GPS externo via BT (Bluetooth).

## 2.4. Segurança Georeferenciada

No âmbito do GPS há ainda mais para explorar, e um sector incontornável é o da segurança. Na década do *Carjacking* e raptos mediáticos este tipo de segurança activa torna-se uma aliada, quer para desactivar uma bomba de combustível de um automóvel a 3 km do recente furto, quer na localização dos percursos daquela pequena criança rebelde que tanto espaço nos ocupa no coração. Por exemplo, até mesmo animais de companhia ou transporte, podem ser localizados por estas tecnologias.

Existe também uma preocupação crescente no campo do encarceramento, com o aumento de presos e necessidade de reinserção social, sobretudo em penas curtas. O controlo do encarceramento de um preso, em ambiente local, é de uma grande importância social e económica, desde que, claro, a pena seja cumprida.

Existem algumas empresas com serviços proprietários no ramo da Segurança, com tecnologia fechada e proprietária, sendo esta característica também o seu principal segredo. São, normalmente, dispositivos sem visor, similares a uma caixa negra, que se mesclam na viatura através do sistema eléctrico e centraline (centro nevrálgico de qualquer viatura), de forma a poder manter dados diversos e ter a capacidade de controlo sobre: velocidade; ignição e bateria; podendo proceder à imobilização por SMS, por chamada telefónica para centro de controlo ou acesso internet para pedir S.O.S.(Fig. 13) . Há outros produtos, mais direccionados para provas desportivas motorizadas, que gerem ainda outros dados como a cronometragem de voltas e gestão de tempos. Existem inúmeros produtos a serem comercializados actualmente com o cruzamento destas características (Fig. 14 e 15) [Inosat, 2009][Carblock, 2009][Anti-Carjacking, 2009][ SafetyRally, 2009].



Fig. 13 (Sistema Proprietário)



Fig. 14 (InoSat)



Fig. 15 (InoSat)

Em termos de encarceramento, a tecnologia é ainda mais fechada, com equipamentos mais resistentes e sólidos. Este tema choca directamente com a sobrepopulação que ocorre nas cadeias, com novos números todos os anos (nos Estados Unidos são estimados 15 milhões novos presos por ano, um número verdadeiramente assustador) a um custo de \$40/dia em média por preso (para o caso de Clark County em Indiana – EUA)[Larsson *et al*, 2004]. Aqui toma especial peso a componente de georeferenciação, que permite a prisão domiciliária, com contornos muito à imagem de sistemas de segurança automóvel já discutidos, mas com 2 novos componentes para segurança distribuída: as comunicações de Internet são encriptadas e a zona de segurança é vigiada 24/7 (24h por dia, 7 dias por semana). Assim, o preso acaba por pagar \$10 por dia para poder estar em casa, o estado Americano ganha e a reinserção é facilitada. A tecnologia é um pouco limitada a uso dentro de portas, mas com soluções implementadas através da rede telefónica móvel, que resolvem estas lacunas (caso Omni Link) (Fig. 16) [Omnilink, 2009][Rashkind, 2009].



Fig. 16 (OmniLink)

## 2.5. GPS para Invisuais

Os invisuais são também um público interessado na evolução da tecnologia GPS, pois esta poderá ser o seu apoio para a mobilidade e liberdade de movimentos no que toca a georeferenciação, deixando assim de depender de terceiros para chegar a um caminho desconhecido de forma não planeada e intuitiva. Um projecto de grande relevo à Tese actual e ao apoio ao invisual é o TORMES, um projecto partilhado entre a ONCE (Organização Nacional Espanhola de Invisuais) e a ESA (European Space Agency) que fornece um aparelho com capacidades de georeferenciação e teclado Braille [National Federation of the Blind , 2009][Wired, 2009]. A grande diferença para um vulgar dispositivo de GPS actual é a prevista exactidão e garantia de obtenção de dados válidos. Para tal está planeado poder vir a trabalhar com o sistema EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) que, além de possuir características bastante interessantes, também interage com o GPS a vários níveis, a analisar no tópico seguinte. Já existem alguns modelos adaptados para Braille (Fig. 17) [ESA, 2009][Sendero Group, 2009].



Fig. 17 (TORMES)

## 2.6. Precisão do Sinal GPS / Evolução para GPS v2.0

O EGNOS é um projecto da ESA e que tem como principais características o facto de fornecer maior precisão ao sinal de GPS, e avisar o utilizador se o sinal que recebe é real e fidedigno. Como a base deste sistema é também a rede de satélites, acaba por ceder também a alguns dos problemas conhecidos do GPS: o bloqueio do sinal por estruturas físicas circundantes. Para tentar resolver esta questão, a ESA apresenta o EGNOS mas em formato Internet através do SISNeT (Signal in Space Through Internet), possibilitando assim um cenário de cobertura total onde o utilizador (invisual

por exemplo) sabe exactamente onde estão os limites da via pedestre por onde caminha.

Existem outros sistemas GPS, como o tão promissor Galileu, um sistema criado pela ESA, ainda em propagação, planeado para 30 satélites (27 operacionais e 3 extras para substituição) (Fig. 18). A ESA planeia com este sistema, disponibilizar precisão abaixo do 1m para público geral (sem precedentes) e fornecer informações, tais como, se o satélite se encontra ou não em funcionamento normal, possibilitando que o sistema seja alvo de escrutínio para o seu uso em situações onde a fiabilidade do sinal é fulcral. Terá também características importantes ao nível do SAR (Search And Rescue), que possibilitará avisar o interveniente a necessitar de auxílio que a ajuda vai a caminho, caso a mensagem tenha sido devidamente recebida. Este conjunto de capacidades é visto como de alto-relevo mundial num projecto estritamente Europeu [ESA, 2009].

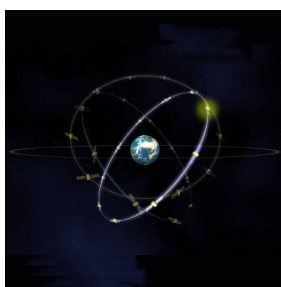


Fig. 18 (EGNOS)

## 2.7. GPS para Visitas Guiadas

Por fim analise-se o GPS direccionado ao âmbito principal desta Tese - o GPS para visitas guiadas. Existe um projecto a ser aplicado a nível nacional, o RedTour (Fig. 19), que possui como ponto de interesse ser um GPS com características áudio que direccionam o utilizador para áreas de destaque [Redtour, 2009]. Os Tours são predefinidos e com pouco espaço para o improvisado, fazendo do produto um pacote quantificado e controlado, apto para quem tem um orçamento (temporal e/ou financeiro) bem definido. Infelizmente, não existem muitas mais informações sobre SW, equipamentos ou características gerais da componente GPS deste projecto.



Fig. 19 (RedTour)



Fig. 20 (GoCar)

Existem também outras empresas a operar com características idênticas, como a GoCar (Fig. 20), mas com informações ainda mais redutoras sobre o sistema usado [GoCar, 2009]. Sabe-se que é um ambiente Tour predefinido que contém informação sobre os POIs a visitar. Esta foi uma das primeiras empresas a empregar este tipo de sistemas, com uma boa base de operações em São Francisco, EUA.

Tour Coupes, uma empresa rival, do mesmo sector na mesma área geográfica faz uma aposta ligeiramente diferente: Tours livres, sem destino ou rota, mas com indicação de onde poderão estar POIs e a sua descrição quando a proximidade é detectada. O SW usado não é proprietário, ao contrário da GoCar, mas sim adquirido a uma outra empresa, a Intellitours.

A Intellitours tem como acção focalizada a geração de SW específico para empresas no ramo do Turismo, e é responsável pelo Tour audio, levado a cabo em 3 autocarros a cargo de “Montgomery, Alabama, Area Transit System” sobre o tema “Civil War/Civil Rights”.

Outro caso ainda é o da GPS Tour Guide Inc., que criou o GyPSy (Fig. 21), que pode ser alugado para dar uma introspectiva razoável do Canadian Rockies, um local com Km’s de extensão, que possui mais de 3500 POIs. Contém informações sobre cenário, contos e história e até informações estatísticas. O esquema de aluguer funciona como “pick up and drop off”, ou seja, o aluguer do equipamento é feito num local diferente do da sua entrega [GyPSy, 2009].

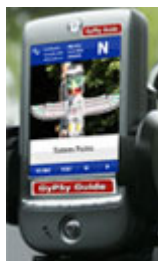


Fig. 21 (GyPSy)

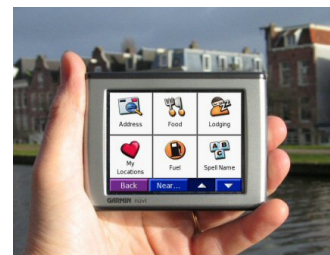


Fig. 22 (City Navigator)

Amsterdão e Barcelona possuem também um sistema de aluguer de GPS – o City Navigator (Fig. 22). Muito à imagem de um vulgar Tom Tom, com uma boa representação gráfica e um índice especificado de POIs a visitar, a 16€ pelo 1º dia e

10€ nos restantes, torna-se, sem dúvida, apetecível e com um valor razoável a pagar por liberdade de deslocação [City Navigator, 2009].

Praga possui também um sistema estatal de relevo. O “Prague Information Service” (PIS) que fornece ao turista (preferencialmente individual) um guia turístico GPS, com todas as atracções turísticas, história, eventos de relevo, restaurantes e agenda cultural actualizada. O Sistema é “emprestado” ao turista por 600 CZK e deverá ser devolvido até ao fim do dia [Prague Information Service, 2009].

Itália também tem ao seu dispor dois sistemas interessantes que focam as suas actividades na alta densidade artística aí patente. Um dos sistemas é o MEGA, descrito como um Guia Virtual *user-friendly* que permite apoiar visitantes ao “Parco Archeologico della Valle del Temple” em Agrigento, fornecendo diversas informações sobre o local [Pilato et al , 2006]. Outro sistema descrito é o DALICA, construído para actualizar o perfil de utilizadores que visitam a “Villa Adriana” [Constantini, 2008].

Direccionado aos Parques Naturais, o GPS Ranger (Fig. 23), com um design robusto e simplista, marca presença pela sua uni-direccionalidade, sendo usual o seu uso em Zoológicos e Parques Naturais. Fornece Tours livres, a pé ou de automóvel, com apoio multi-média e com Pop-Quizzes (pequenos jogos de pergunta-resposta), certamente para entreter as crianças a bordo. O mais relevante é o aspecto distinto deste aparelho, fazendo parecer mais uma ferramenta de trabalho que um aparelho tecnologicamente frágil. O desenvolvimento deste produto é levado a cabo por BarZ Adventures, [GPS Ranger, 2009].



Fig. 23 (Ranger)



Fig. 24 (Node Explorer)

No capítulo Linux surge o Node Explorer (Fig. 24), com GPS, WiFi, com som e componente multimédia. É um dispositivo de alta-resolução sendo descrito como um aparelho versátil e ágil, digno da sua base Linux e com óptimas críticas internacionais [Node Explorer, 2009].

Muitos dos sistemas descritos falham em exemplificação on-line do seu funcionamento. Outros há, no entanto, que disponibilizam um exemplo de navegação do dispositivo em ambiente Flash. A Digi Guide Seville permite um estudo do sistema, logo a partir de casa [Sightseeing in Seville, 2009]. O sistema arranca com uma

escolha da língua, depois deixa o utilizador escolher o tipo de Tour: “A pé”; “Modo Livre”; “Monumentos” ou “Restaurantes”. No modo “A pé” por exemplo, são mostrados vários Tours pré-definidos, que o utilizador escolhe. Para cada Tour tem a informação do que irá ver, mapa, e informações de ambiente para melhor contextualização. Na opção “Modo Livre”, o GPS é accionado sem nenhum percurso, apenas com a representação gráfica dos POIs, onde a sua selecção disponibiliza foto, descrição e horário de funcionamento. Em “Monumentos” disponibiliza uma escolha alfabética de nomes de monumentos. Após escolha é possível ver fotos e informações, com opção de direccionamento para o local pretendido. Em termos de “Restaurantes”, o funcionamento é similar ao do “Monumentos”. É de referir o volume de informação disposta neste dispositivo, considerando uma cidade com a dimensão de Sevilha. Infelizmente, não foi encontrada nenhuma empresa que opere a este nível no Porto.

“O meu Tour Virtual é melhor que o teu”.

Num cenário de globalização, onde o negócio se mistura cada vez mais com prazer e onde o planeamento escrupuloso de uma visita é cada vez mais difícil (porque é fim-de-semana prolongado e a viagem foi mesmo em cima da hora, e o orçamento já era curto) são disponibilizados on-line alguns exemplos engenhosos de “Faça o seu Tour”. O primeiro exemplo é o da Geovative, que permite o registo gratuito on-line, com a respectiva geração de uma Tour, adequada ao gosto pessoal de cada um, com a sequência dos vários locais a visitar num dado destino. Este Tour pode ser depois importado para um dispositivo com SW Geovative GeoTours (SW proprietário), ou para formato TourGuide destinado aos Garmin (certamente através de um acordo). A Geovative apresenta números de 150.000 visualizações de Tours, com um aumento de 1.000/mês. Esta tecnologia é, actualmente, utilizada numa panóplia de situações como: Tours de Helicóptero; Visitas Imobiliárias e Visitas a Parques Naturais, permitindo ao utilizador descarregar a Tour directamente do site do representante do serviço. Este serviço pode ser disponibilizado através de Widgets mesclados no site e mini-sites [Geovative, 2009].

A Garmin, talvez aproveitando este *momentum*, inclui também nos seus novos modelos, capacitados de “TourGuide”, a possibilidade do utilizador gerar Tours para este formato, com fotos e outros media, de forma a serem apresentados ao ser detectada a sua proximidade geográfica [Garmin, 2009].

Existem até teorias sobre um possível serviço/SW para iPhone (a ser distribuído pela iTunes), que poderia fornecer aos aparelhos essa mesma capacidade, de estarem preparados para serem guias turísticos, por algumas horas.

Há, no entanto, uma série de problemas recorrentes com o Tour “Faça-voce-mesmo”. Exige tempo, pesquisa, planeamento e capacidade de contexto sobre o que é realmente importante visitar, podendo ser deixados de parte importantes marcos que foram descartados pelo utilizador, simplesmente porque são longe, ou caros, ou fora da temática, ou até, simplesmente, por só ser conhecido pelos locais. O mesmo tipo de questão coloca-se ao nível dos sites direccionados a turistas, que isolam a informação em cenários simplistas de “gostei” ou “não gostei”, baseados na percepção pessoal e muito pouco determinísticos (“não gostei porque chovia imenso naquele dia”, não implica que a visita ou o local seja mau, há também casos onde “gostei imenso pois serviram *piña colada*”, onde o utilizador-leitor pode nem ser fã deste tipo de Cocktails). Por último, há o caso relatado de um percurso GPS no Brasil, que levou vários turistas directamente para o âmago de uma das piores Favelas Brasileiras, a “Mare”, colocando em risco a vida dos próprios turistas com resultados dramáticos, (motorista baleado no ombro e o carro incendiado).

Em suma, o acto de produzir um Tour automatizado acarreta sempre alguns riscos, pois o mesmo deverá ser controlado, ter a obrigatoriedade de conter informação fidedigna e profundamente contextualizado com o perfil do utilizador alvo.



## 3. Pressupostos e TourismDI

No Capítulo 3 é apresentado o grupo de pressupostos fundamentais para a Tese eTourismDI: desde projectos dependentes a traços gerais do que poderá ser esperado como resultado do trabalho desenvolvido.

### 3.1. Traços Gerais da Estrutura de Integração de Dados

Os campos de IA e BD (no sentido de fontes de dados), têm sido explorados tradicionalmente como lados opostos do espectro das linguagens de representação. [Rei 1988, LB 1987]: em termos de IA, com grande foco na modelação de domínios complexos com pequena quantidade de dados; no que toca a fontes de dados, na escalabilidade de grandes quantidades de dados, num modelo relacional predominante.

A Integração de Dados é, portanto, uma clássica representação dessa aproximação, que exige técnicas apreendidas por ambos os extremos da mesma área.

Relativamente a termos gerais, Integração de Dados significa o fornecimento de um interface uniforme para uma diversidade de fontes de dados [Levy 1999]. A grande vantagem deste sistema está em potenciar o interesse do utilizador no que ele necessita, em vez de se preocupar em como obter os dados que precisa [Levy 1999].

Especificamente, no que toca a pressupostos iniciais, a Tese eTourismDI foi planeada de forma multi-facetada, pensada para funcionar com diversos outros projectos, dispostos como se de elos numa cadeia se tratassem.

Nos elos directos de ligação, existiriam dois Sistemas, um directamente abaixo (base), da qual a Tese actual dependeria, e um outro directamente acima, por sua vez, dependente da Tese actual.

Respeitante a projecto base, seria de esperar uma série de informações predispostas e disponíveis para utilização que, infelizmente, não vieram a surgir, por circunstâncias alheias a este projecto.

Neste conjunto de informações e estruturas, teoricamente a serem fornecidas, encontrar-se-iam um conjunto de tarefas consumidoras de tempo e perfeitamente escusadas para o projecto actual, mas vitais para a sua demonstração de funcionalidade e imperativas para fornecer os resultados esperados para projectos dependentes.

As tarefas alheias a esta Tese seriam: a definição de Tour; detalhes de POI (nome, local, coordenadas, descrição, horários e relação entre locais); Estrutura de Dados; Base de Dados de POIs contextualizados no projecto; Tours exemplo relativos ao projecto; inserção, organização e disponibilização de toda a informação; relações entre POIs e Tags de descrição por POI.

Para a Tese actual, seria de esperar uma integração dos extensos dados fornecidos com dados GPS recolhidos, através de algoritmos e heurísticas, de forma a representar, o mais fielmente possível, a realidade escolhida pelo transeunte visitante. As características tecnológicas dos dispositivos seriam, por si só, uma variável vinculativa da eficácia (ou até impossibilidade de desenvolvimento) de algoritmos de optimização e procura. Ocupando assim estes, uma ordem de importância secundária, que potencialmente colocaria a Tese actual, num patamar mais desinteressante quanto à sua utilidade prática.

Para os resultados gerados, seria de esperar uma comunicação simples e linear entre a Tese actual e o projecto dependente (eTourismGUI), fornecendo, assim, informações simplificadas dos dados detalhados recolhidos.

Esta componente teria, necessariamente, muito entendimento entre ambos os projectos, componente imponderável que se poderia transformar num imponente problema por várias razões, tais como: Timings diferentes dos dois projectos; objectivos incongruentes, ou simplesmente perspectivas diferentes. Como tal, esta seria uma grande questão ao longo da Tese.

### **3.2. Princípio Para a Aquisição de Dados**

No campo da aquisição de informação, a aplicação será pensada em duas fortes potencialidades. A primeira, mais prática e directa, onde é esperado que o suporte responsável pela importação da Tour forneça uma Base de Dados SDF pronta para funcionamento em formato eTourismDI. Alternativamente, poderá aceder ao dispositivo e que lá actualize a BD com os novos dados necessários.

Uma segunda possibilidade é a da importação ficar a cargo da aplicação de Integração de Dados, onde a informação seria recebida num formato de texto (XML ou CSV) e que seria, posteriormente, convertida no formato usado para utilização em cenário eTourism.

A escolha entre métodos levou, posteriormente, a intensos testes realizados em SW que já empregam soluções similares, cuja análise de resultados levou a conclusões

determinísticas para o caso actual. O processo é detalhadamente justificado no Capítulo 9 – Tours, Secção: Importação de Tours.

O formato da informação a importar teria de compreender diversas estruturas; de POI, Tour, Relações entre POI, Tags e Dados do Utilizador.

A especificação de todos estes dados encontra-se também no Capítulo 9.

### **3.3. Interligação e Comunicação Entre Partes**

Um projecto da Stanford University com a IBM, o TSIMMIS, que resultou num paper que faz alusão a alguns pressupostos interessantes sobre Integração de Dados [Chawathe et al, 1998].

Este projecto parte do princípio que existem várias fontes de dados heterogéneas. Cada fonte tem um “tradutor” que, tal como o nome indica, traduz informação para um “modelo de informação comum”.

Existem também “mediadores” que estão hierarquicamente acima dos “tradutores”, e cuja função é a de refinar a informação obtida e de a orientar para o destino correcto. Este juízo é feito a partir de regras e padrões, de forma a eficazmente dissimular entre títulos idênticos com significados opostos.

Os “mediadores” podem também realizar tarefas de fusão entre os dados recebidos. Este formato permite uma transparência total entre a fonte de dados e o “mediador”, que necessita apenas de um “tradutor” para adicionar uma fonte de dados ao projecto [Chawathe et al, 1998].

Algumas destas estratégias foram adoptadas na Tese actual, de forma a que um “mediador” final receba dados dos tradutores de GPS, BD e algoritmos e os converta em dados homogéneos de output. Novas fontes de dados podem ser adicionadas com o respectivo tradutor.

Para a interligação de ambos os projectos (eTourismDI+GUI), foi planeado um de quatro cenários possíveis: interligação por *sockets*; ficheiro partilhado, potencialmente XML; tabela partilhada em BD ou até; importação global deste projecto para o GUI, para testes e apresentação (opção mais realista, mas que iria exigir uma óptima afinação de timings por parte de ambos os projectos).

Após interligação, seria também necessária uma estratégia de comunicação, vital para capacitar o novo canal para a passagem de pequenos pedaços de informação baseada em dados atómicos (*int*, *string*, *boolean*) e também dados complexos (como classes POI) tudo a um ritmo *on-demand* por parte do GUI.

Seguidamente apresenta-se o Quadro 2 que ilustra como essa interligação é realizada, enunciando as fontes dos vários tipos de dados nos seus vários níveis, a camada de Integração de Dados e o Tour resultante.

Quadro 2 (Esquema eTourismDI proposto)



## 4. Dispositivos Móveis Empregues

Neste Capítulo são apresentados os vários equipamentos disponíveis para desenvolvimento da Tese eTourismDI. Será exposto o motivo de escolha pelo dispositivo alvo desta Tese e também, um comparativo entre outro dispositivo potencialmente interessante. Serão também mencionados alguns limites característicos deste tipo de aparelhos e como esses aspectos afectam a Tese actual.

### 4.1. Características Gerais

O dispositivo usado para testes é um PDA generalista (HTC Touch), normalmente usado como Telefone/PDA, que dispõe do WM (Windows Mobile) como base tecnológica. Em termos de características gerais, este equipamento é munido dos seguintes dados [HTC, 2009]:

- Windows Mobile 6 Professional;
- Processador OMAP850-201MHz;
- Ecrã de 240x320 / 65.536 cores;
- W: 58mm, H: 99.9mm, D: 13.9mm;
- Peso: 112g;
- Memória 64MB;
- Com possibilidade de expansão de Memória através de cartão;
- Bateria de 1100mAH.



Fig. 25 (PDA HTC Touch)

O dispositivo corre eficazmente soluções generalistas aproximadas ao cenário actual, como por exemplo: Tom Tom Navigator 7.450.9028

Em termos de usabilidade, o teste em dispositivo móvel físico tem alguns inconvenientes, como é o de ter algumas questões ao nível da gestão de memória e de processos no teste e desenvolvimento das várias versões do SW gerado nesta Tese, levando a um segundo cenário de equipamento virtual usado [Microsoft, 2009]:

- Windows Mobile 6 Professional;
- Processador ARM920T;
- Memória 94MB;
- Sem expansão de Memória.

Refira-se que não contém outras aplicações instaladas para além da estudada.

## 4.2. Vantagens e Desvantagens

Estes equipamentos são dotados de elevada mobilidade, tanto devido ao baixo peso como à excelente ergonomia. Duração da bateria e ecrã generoso são também vantagens relevantes.

O HTC Touch possui som próprio e dedicado, que possibilita ao visitante ouvir qualquer aviso, mesmo num ambiente atribulado.

Possui igualmente Wi-Fi e BT (Bluetooth), para gestão de conectividade e possível interligação com equipamentos auxiliares (como auriculares, dispositivos de som ou GPS externos).

Quer seja interno ou externo, o GPS como elemento central desta Tese, é também um equipamento simples, e essencial nos tempos actuais e bastante comum num grande número destes equipamentos

Extraordinariamente, dispõe características multimédia (como a câmara fotográfica e de filmar) além dos mais variadíssimos reprodutores dos mais vulgares formatos de multimédia.

É conectável com qualquer PC por um comum USB, possibilitando acesso ao dispositivo e respectiva estrutura de dados, e por onde se pode também recarregar.

Em comparação directa com um aparelho de índole profissional verifica-se que as diferenças são muitas, sendo a primeira, o preço (cerca do dobro), mas também algumas das suas características. O dispositivo de comparação foi o PIDION BIP-5000<sup>4</sup>, um equipamento profissional utilizado em tarefas ditas como “pesadas”. Em termos de características temos [Pidion, 2009]:

- Processador Intel PXA270 520MHz;
- Windows Mobile 5.0;
- 3.5”, 240 x 320 / 260,000 cores;
- Bateria de 2000mAH;
- W: 79.5mm, H: 150.3mm, D: 34.9mm;
- Peso: 314g.



Fig. 26 (PDA PIDION)

---

<sup>4</sup> [http://www.mypidion.com/products/bip\\_5000/default\\_02.asp](http://www.mypidion.com/products/bip_5000/default_02.asp)

O Pidion destaca-se pela sua superior capacidade de processamento, bateria de longa duração (2000mAH), com possibilidade de escolha de bateria de ainda maior duração (4000mAH) e teclado alfanumérico, teclas de atalho (*enter*, *backspace*, cursor, atender e desligar), que facilita imenso a interação. Contém também componentes adicionais como é o leitor de códigos de barras, que não deixa de ser um componente caro (embora desnecessário no projecto actual), e o de infra-vermelhos. Possui uma característica vital: a robustez de montagem, com caixa de bateria aparafusada, presilha para a mão e visivelmente bem protegido de agressões do exterior, com ecrã recolhido e rodeado de plástico rígido. Do lado negativo salientam-se as grandes dimensões, o peso excessivo, a baixa ergonomia e o facto de ainda ser WM5.

Neste cumulativo, fica sensação de que as vantagens são avassaladoras para um aparelho mais pequeno e altamente nómada, capaz de se resguardar num bolso para apreciação dos POIs – como é o caso do HTC Touch.

No entanto, também é perceptível o baixo *endurance* energético pode fazer deste (Touch) um alvo fácil num longo dia de trabalho.

Outro potencial problema poderia ser a durabilidade em cenário de produção, (exposto às mãos, suor, quedas, apertos e abusos sempre frequentes de um ambiente mais descontraído).

Contudo, a elevada disponibilidade em mercado, baixo peso e custo, elevada expansibilidade, forte vertente multimédia e a extrema similaridade com o emulador apoiam a sua candidatura, tornando realista a sua escolha perante equipamentos específicos e dotados de mais processamento e duração energética.

Outro benefício de efectuar o desenvolvimento de um SW num dispositivo não “topo-de-gama” é o de potenciar que o seu desenvolvimento seja direccionado a dispositivos menos eficazes, sendo assim possível obter uma performance aceitável num equipamento banal, enquanto que o contrário, não é garantido (desenvolver para “topo-de-gama” e tentar correr em equipamentos banais). Esta política de desenvolvimento, ao permitir uma subida de performance ao correr a Aplicação em dispositivos mais rápidos, possibilita também uma selecção ao nível comercial (pós-desenvolvimento) do tipo de performance requerido pelo utilizador final.

### **4.3. Limites Tecnológicos**

Nem tudo são pontos positivos. Desde os equipamentos às tecnologias de desenvolvimento, há limites bem delineados e persistentes, que obrigam muitas vezes, a mudanças estratégicas.

No plano dos equipamentos, estes têm o seu limitador ao nível do processamento e da memória disponível. O processamento por razões tangíveis: se o processador é rápido, consome demasiado mesmo nas operações mais básicas, enquanto se o contrário acontece, o processador tem mais possibilidade de ficar sobrecarregado com processos, limitando a sua acção. A linha de equilíbrio é, portanto, muito ténue e leva a que caiba, muitas vezes, a quem planeia e desenvolve, a escolha da melhor solução de forma a não sobrecarregar o equipamento.

No âmbito tecnológico, foi encontrada uma limitação simples, mas de forte impacto para a Tese actual. O emulador não permite ligações BT ao GPS, levando a empregar soluções mais ou menos engenhosas para utilizar estes recursos, (descrito no Capítulo seguinte: 5 – GPS Hardware) [Microsoft, 2009].

Estas questões, aliadas às já sentidas pelo dispositivo físico, tornariam o desenvolvimento insustentável.

De uma forma mais aprofundada, o emulador possui uma componente de interligação de portas COM do Computador, que aloja o emulador com portas COM intrínsecas ao Emulador. No entanto, quando um dispositivo de BT é ligado ao PC em questão, esta comunicação não é passada para o emulador, chegando até a acusar que o COM está fechado.

O caso não é, de todo, desconhecido nem incomum. Há diversos comentários na comunidade *on-line* em como evitar ou circundar o problema.

#### **4.4. Tecnologia Envolvente**

No contexto de tecnologia paralela, que funciona com o PDA de forma a potenciar a sua amplitude aplicacional, existem várias vertentes com resultados francamente positivos.

- ActivSync: que actua como um SW elementar na interligação com o dispositivo, físico ou emulado e que permite o acesso à sua estrutura de ficheiros. Permite, igualmente sincronização com o PC local, (não sendo esta uma propriedade interessante para o projecto actual) [Microsoft BT WM Emulator, 2009].
- BT: nas ligações por rádio-frequência em dispositivos não ligados fisicamente. Usado para criar uma camada de protocolo entre o PDA e o GPS. Produziu um trabalho contínuo e sem falhas [Blu-max GPS Hardware, 2009].
- BD SQLCE: portátil e com características interessantes ao nível de SQL, API partilhada com edições do MSSQL, modelo de acesso a dados ADO.NET, possui partilha de Classes e propriedades de MS Sync Framework. A pegada de memória é mínima, de apenas 2MB e corre embebido no processo da aplicação que a acede. Tal como o MSSQL (e a globalidade das BD para soluções profissionais) responde aos parâmetros ACID

(*atomicity, consistency, isolation, durability*). Possibilita múltiplas transacções, “constraints” entre campos tabelados. Permite transacções paralelas (a tabelas diferentes), mas inibe transacções agregadas. Não suporta “Stored Procedures”, mas usa uma subversão de T-SQL, tornando-o reconhecível e amigável [Microsoft SQL CE, 2009] [Wikipedia ACID, 2009].

- O CE SQL: é ainda muito fácil de aceder sendo indexável junto do motor de Bases de Dados do Visual Studio, com estruturas de acesso reconhecidas no C#, com os comuns *DataReader* e *ExecuteReader*, assim como a mesma tipologia de acesso a dados, tornando todo o processo, a este nível, muito transparente e simplificado [Microsoft SQL CE, 2009] [Microsoft BT WM Emulator, 2009].



## 5. GPS Hardware

O Capítulo actual discute o equipamento de GPS usado, sua descrição e características mais marcantes. É discutida também a interacção deste *Hardware* com ambos os sistemas: o PDA e o Emulador WM.

No campo da ligação BT no Emulador são identificados problemas de conectividade e propostas soluções.

### 5.1. GPS Utilizado

O GPS utilizado é um equipamento externo com conexão por BT. Possui características vulgares mas que cumprem com o objectivo e que se indicam de seguida [Blu-max GPS Hardware, 2009]:

- Chip SIRF Star III - 20 canais de para GPS;
- Suporta A-GPS;
- BT v2.0;
- NMEA 0183 v2.2 (GGA,GSA,GSV,RMC,VTG,ZDA).



Fig. 27 (BT GPS Blumax)

É portátil e eficaz. Quando desligado do contexto de satélites durante algumas horas, pode demorar um pouco mais a recuperar. O desempenho piora com nuvens ou outros obstáculos entre o GPS e o Satélite.

Actualmente, existem Chips com capacidade para gerir mais Satélites.

### 5.2. Comunicação Com o Dispositivo

A comunicação com o dispositivo PDA dá-se pela forma comum de emparelhamento.

#### 5.2.1. Através de PDA

Através do menu de detecção de equipamento BT usa-se a opção: “Adicionar novo dispositivo...” com definição de respectiva porta COM. Essa porta COM poderia ser, mais tarde, atribuída à componente “GPS Externo”, em “Definições”, para estabelecimento da máscara COM a ser usada por SW que pretenda aceder ao equipamento BT.

Internamente à aplicação, seria apenas necessário abrir um porta para a COM pré-estabelecida e obter dados enviados.

## 5.2.2. Através de PC

Aqui, o caso assume outros contornos. A impossibilidade do emulador aceder ao BT do PC torna-se um factor limite, levando a tomar soluções engenhosas. Uma solução amplamente comentada nos fóruns é a “Free BT USB Driver”<sup>5</sup> [Roberts, 2009] em conjugação com o “RTFx Plugin” sob o projecto “bthmsdevemul”<sup>6</sup>. [Klionsky, 2009]

O projecto consiste em duas partes distintas e igualmente importantes. Uma primeira que fornece uma solução de Driver BT adaptado, que conecta e retorna os dados de um equipamento GPS. Outra final que interliga com o Emulador, fazendo-se passar por um equipamento BT e que faz a transposição dos dados do Driver para o Emulador.

### 5.2.2.1. Driver BT

O Driver BT é um componente primário mas importante: funciona ao ser associado a uma porta USB que tenha ligado uma antena BT. Esta antena é então ligada ao sistema como se fosse uma antena BT interna. O Driver comuta informação entre a antena e o Sistema, mais especificamente, directamente com o *RemoteTools Framework Shell*.

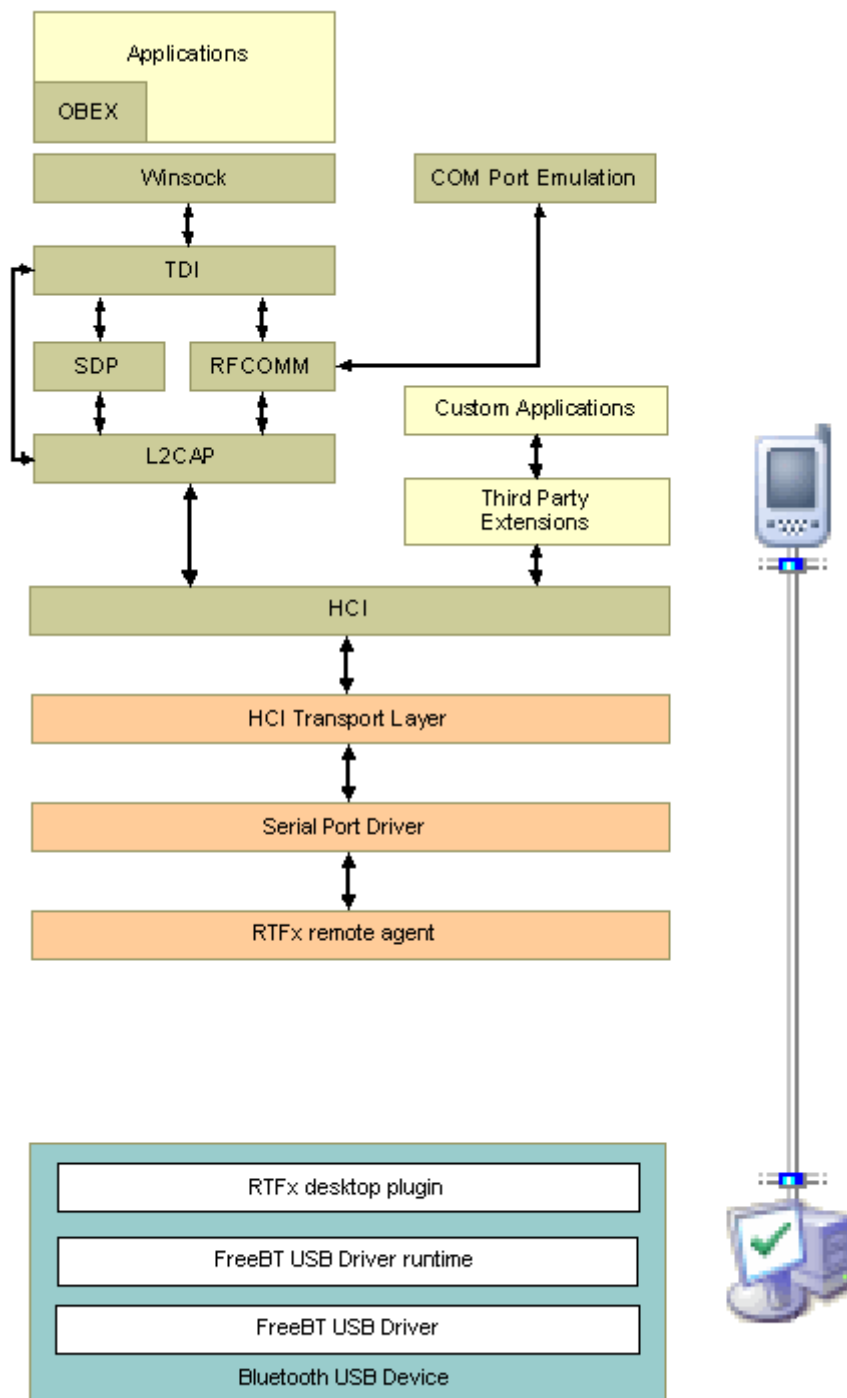
### 5.2.2.2. RemoteTools Framework Shell

O RemoteTool Framework Shell é um SW feito à medida para casos de ligação de módulos BT a Emuladores WM. A sua função principal é a de comunicar com o Emulador, conectando-se a ele como se de um dispositivo se tratasse. Seguidamente, com a ligação estabelecida, tenta contactar um dispositivo BT externo através da antena BT e do respectivo driver proprietário. O funcionamento desta solução é expressa pela seguinte Figura:

---

<sup>5</sup> <http://www.freebt.net/downloads/dist/unpacked/docs/driver.html>

<sup>6</sup> <http://code.google.com/p/bthmsdevemul/>



**Fig. 28 (Stack de funcionamento do FreeBT USB Driver em conjugação com o RemoteTools Framework)**

Na Figura anterior verifica-se que o RTFx utiliza a camada HCI (Human-Computer Interaction) para aceder ao dispositivo. Este processo culmina na activação do BT no Emulador.

O processo de activação do BT do Emulador WM é descrito sucintamente nas páginas seguintes:

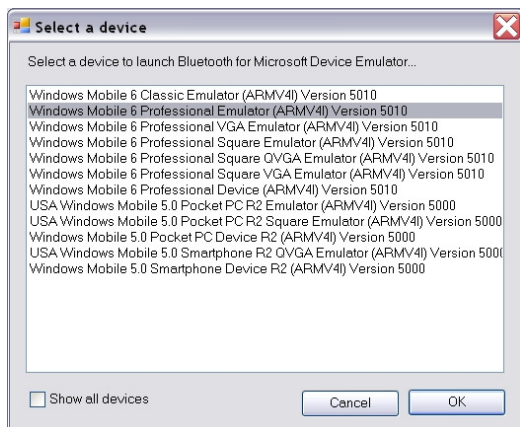


Fig. 29 (Seleção de Dispositivo)

Escolher a versão do Emulador actualmente activado.



Fig. 30 (Estado de conexão: A conectar)

O SW tenta uma ligação com o Emulador



Fig. 31 (WM sem sinal de BT)

O Emulador não tem qualquer sinal de BT activado



Fig. 32 (WM com BT ligado)

Ate que surge o BT: "On"

Nesta altura o SW de interligação começa a descrever a comunicação que ocorre entre o Dispositivo GPS e o WM, como podemos ver na figura seguinte:

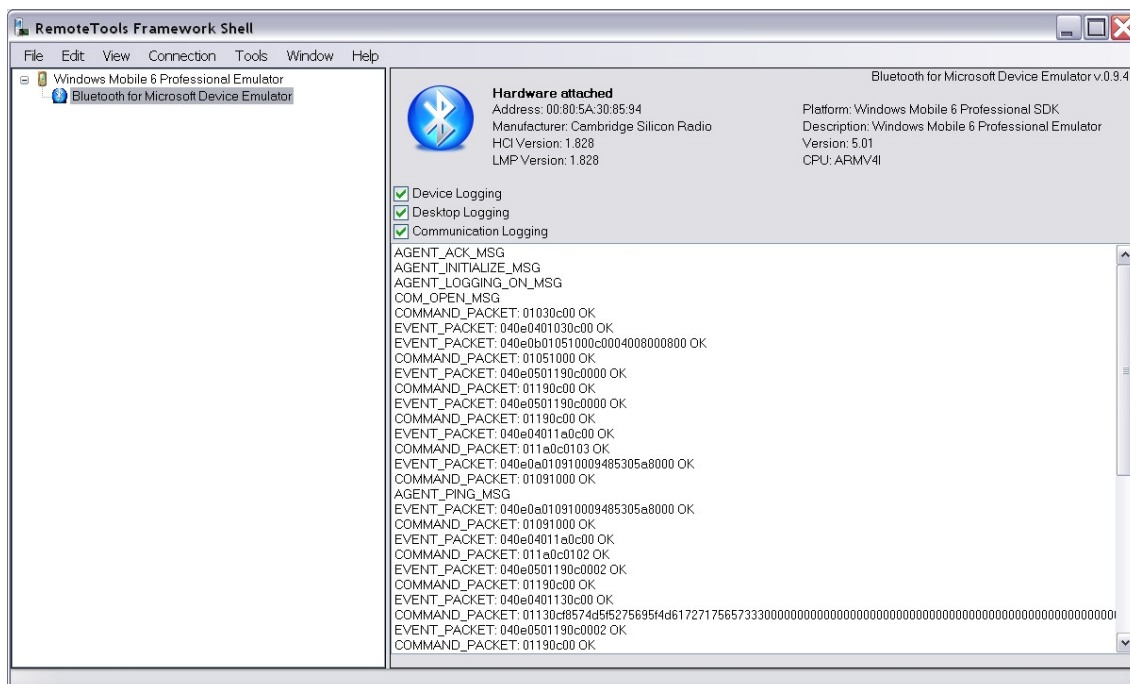


Fig. 33 (Descreve um sequência de ligação)

Aqui é feita uma leitura dos pacotes lidos através do Driver BT, que são depois remetidos ao Emulador.

O projecto encontra-se activo, tendo contado recentemente com uma adição para Windows7.

### 5.2.2.3. Emulador WM

O emulador WM está agora pronto para reagir tal como um PDA vulgar. Para finalizar a configuração do BT, é necessário definir uma porta COM para o BT. Seguindo um procedimento idêntico ao PDA Físico: aceder a Ligações, Bluetooth, adicionar dispositivo, configurar porta. Esta porta é a usada na aplicação para que possa receber os dados GPS.

## 5.3. Métodos de Aquisição

Nesta fase, o conteúdo GPS jorra literalmente do dispositivo, num ritmo frenético e numa estrutura específica regulada pela norma NMEA (discutida no Capítulo 6).



## 6. GPS Data

A informação recebida por GPS tem diversos trâmites, sofrendo alterações e distorções desde a sua origem (satélite) ao destino (GPS). Algumas das distorções são naturais, mas outras há que são de origem artificial, como se verá neste Capítulo.

O resultado é um conjunto de dados com uma codificação própria e específica, denominada de Especificação NMEA. Esta linha de caracteres (*string*), para ser correctamente compreendida, deve ser primeiro processada segundo aspectos pré-definidos, explicados em detalhe mais à frente.

### 6.1. GPS, Características e Limitações Tecnológicas

GPS é um sistema mundial, contínuo e fiável. Oferece indicações de posição, navegação e medição de tempo. É um sistema composto de 3 componentes: 24 a 32 satélites que orbitam a terra; 4 estações de controlo e monitorização e dispositivos GPS dos utilizadores.

Operacional desde 27 de Abril de 1995, tem, actualmente, aplicações infundáveis em praticamente qualquer âmbito de negócio actual.

O modo de funcionamento de um GPS é simples. O satélite envia continuamente uma mensagem com as seguintes informações [Wikipedia NMEA, 2009]:

- O tempo em que a mensagem foi enviada;
- Informação orbital precisa sobre objectos espaciais conhecidos<sup>7</sup>;
- Estado geral do sistema e orbitas gerais dos satélites restantes<sup>8</sup>.

O aglomerado de informação dos corpos espaciais é denominada de “Ephermis” [Wikipedia GPS Ephermis, 2009].

O compêndio da informação obtida dos restantes satélites é denominado por “Almanaque”. Este “catálogo” pode ser acedido on-line, e tem a seguinte configuração para a globalidade dos satélites [Navigation Center GPS Almanac, 2009]:

...

---

<sup>7</sup> Ephemeris, disponibiliza, dependendo do caso, dados sobre planetas, suas luas, asteróides e cometas, podendo chegar a apresentar as suas velocidades.

<sup>8</sup> Almanaque, fornecido em <http://www.navcen.uscg.gov/gps/almanacs.htm>

\*\*\*\*\* Week 529 almanac for PRN-03 \*\*\*\*\*

ID: 03  
Health: 000  
Eccentricity: 0.1256990433E-001  
Time of Applicability(s): 147456.0000  
Orbital Inclination(rad): 0.9265804291  
Rate of Right Ascen(r/s): -0.8087226888E-008  
SQRT(A) (m 1/2): 5153.605469  
Right Ascen at Week(rad): 0.2217547894E+001  
Argument of Perigee(rad): 0.952304721  
Mean Anom(rad): 0.1160087943E+001  
Af0(s): 0.4596710205E-003  
Af1(s/s): 0.3637978807E-011  
week: 529

...

Actualmente, o sistema GPS possui uma precisão interessante e passível de enquadrar na generalidade dos cenários empregues. Mas nem sempre foi assim.

Quando foi criado (o sistema GPS) foi pensado como uma possível arma capaz de ser usada contra os Estados Unidos da América (ou seus Aliados). Para evitar tal situação, o sistema implementava um método denominado por SA – Selective Availability [Wikipedia GPS, 2009].

O SA empregava erros intencionais de temporização que resultavam num erro associado de 100 metros para os sistemas públicos. Estes erros eram gerados de uma forma pseudo-aleatória por um algoritmo criptográfico com um incremento conhecido apenas por utilizadores autorizados (Forças Armadas Norte-Americanas, Aliados e Forças Governamentais). Utilizadores autorizados necessitavam de um equipamento específico, assim como a chave diária para ter acesso aos dados GPS sem SA.

Antes de ser desactivado, o sistema gerava erros médios de 10m horizontais e 30m verticais [National space-based Positioning, Navigation, and Timing Executive Committee, 2008].

Uma solução original foi implementada, nesta altura, a fim de minorar ou eliminar este erro associado. Como o erro gerado era comum a um conjunto de GPS numa dada área, foram criadas estações de DGPS (Differential GPS). Estas estações tinham consciência da sua posição real e, por isso, eram capazes de obter o erro exacto que estava a ocorrer naquela zona, naquele momento, sendo assim possível transmitir aos utilizadores circundantes para que assim conseguissem obter a sua posição real, de forma diferencial [Wikipedia GPS, 2009].

O SA foi desactivado a 1 de Maio de 2000 por ordem do Presidente Clinton. Um dos fortes argumentos para desactivação foi a ineficácia do sistema devido às estações de

DGPS Defense Link, 2007]. Contudo, as estações mantêm-se funcionamento para a minoração de erros impostos ao sinal GPS pela atmosfera terrestre.

O sistema GPS tem ainda mais uma defesa contra replicação do sinal. O sistema possui 2 códigos: o C/A (Coarse/Acquisition) e o P-code (Precision Code).

O C/A é um código conhecido pseudo-aleatório de 1023 bits (código PRN), que transmite a uma velocidade de 1023 Mbit/s. Resulta num envio generalizadamente não correlacionado, onde cada satélite envia um código PRN distinto dos seus semelhantes, e que apenas fazem sentido no contexto global, pois possui uma ordem específica. O sistema consegue assim associar vários satélites numa só frequência, emitindo cada um deles de forma alternada e em sincronismo. [Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces, 2004]

O P-code (P(Y)), por sua vez, é um código de  $6.1871 \times 10^{12}$  bits transmitido a uma velocidade de 10.23 Mbit/s, o que implica uma repetição semanal do P-code. A sincronização a este nível é deixado para fins militares.

Ao nível das limitações, estas estão patentes na própria atmosfera, fazendo um filtro sobre a qualidade do sinal. A distribuição dos erros pode dever-se também ao desvio matemático associado às variáveis do sistema. Encontram-se no envio no envio do sinal GPS os seguintes erros: erros no código C/A; erros na Ephemeris; erros de relógio. Dispostos da seguinte forma:

**Quadro 3 (Erros por tipo de sinal)**

Tipo	Erro (m)
Sinal C/A	± 3 m
Sinal P(Y)	± 0.3 m
Efeito Ionosfera	± 5 m
Erros da Ephemeris	± 2.5 m
Erros de relógio do Satélite	± 2 m
Efeito Troposfera	± 0.5 m
Desvio C/A	± 6,7 m
Desvio P(Y)	± 6,0 m

Em termos gerais, é de notar a diferença significativa de precisão entre C/A (±3m) e P(Y) (±0.3m), respectivos desvios e a grande componente de erro associado à

Ionosfera [Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces, 2004] [Wikipedia, GPS Precision, 2009]..

## 6.2. Especificações NMEA

As especificações GPS são uma forma de uniformizar os dados emitidos e os dados recolhidos, potenciando um funcionamento óptimo de qualquer equipamento com qualquer SW, desde que partilhem a especificação.

A especificação utilizada neste trabalho foi a mais amplamente usada para sistema GPS Americano, o Standard NMEA<sup>9</sup> [National Marine Electronics Association, 2004].

O Standard implementa a passagem de informação ASCII, sobre comunicação em Série, para equipamentos tão diversos como: ressonância acústica do leito do oceano; sonar; Anemômetro (equipamento que mede a velocidade do vento); Girocompasso (equipamento de obtenção do norte “real”, não magnético); equipamentos de auto-pilotagem, e, claro, equipamentos de GPS.

Na comunicação por série, para a obtenção de dados GPS apresenta-se uma lista de caracteres (*string*) interminável, composta de pontos de separação de componentes e os respectivos componentes. Estes, por sua vez, possuem diversos subtipos de informação, desde data, hora, latitude, longitude, velocidade, precisão, número de satélites, qualidade do sinal e diversas outras informações especificadas seguidamente.

O aspecto bruto de uma *string* NMEA é o seguinte:

...

```
$GPGLL,4109.8265,N,00835.9439,W,192004.000,A,A*49$GPGSA,A,3,19,03,06,20,,,,,
,,,3.0,2.8,1.0*35$GPGSV,3,1,11,19,70,101,28,32,43,190,,03,42,129,19,06,32,124,21*
74$GPGSV,3,2,11,14,20,081,,20,20,208,18,26,15,058,,11,52,285,18*79$GPGSV,3,3,1
1,28,22,314,,22,21,046,,08,02,276,*4D$GPRMC,192004.000,A,4109.8265,N,00835.94
39,W,2.63,238.05,270909,,A*70$GPZDA,192005.000,27,09,2009,,*5E$GPGGA,1920
05.000,4109.8324,N,00835.9450,W,1,04,2.8,292.2,M,51.3,M,,0000*44$GPGLL,4109.8
324,N,00835.9450,W,192005.000,A,A*43$GPGSA,A,3,19,03,06,20,,,,,,,3.0,2.8,1.0*35
$GPGSV,3,1,11,19,70,101,28,32,43,190,,03,42,129,19,06,32,124,21*74$GPGSV,3,2,1
1,14,20,081,,20,20,208,18,26,15,058,,11,52,285,18*79$GPGSV,3,3,11,28,22,314,,22,
21,046,,08,02,276,*4D$GPRMC,192005.000,A,4109.8324,N,00835.9450,W,2.00,243.2
0,270909,,A*74$GPZDA,192006.000,27,09,2009,,*5D$
```

...

---

<sup>9</sup> National Marine Electronics Association

Em termos de características da *string* NMEA apontam-se as seguintes especificações:

- a *string* NMEA usa o carácter '\$' como item de separação entre os diversos componentes;
- os componentes começam todos por "GP" (para posição GPS, "GL" para GLONASS<sup>10</sup>) e são compostos por mais 3 caracteres que indicam o tipo de mensagem (perfazendo 5 caracteres no total);
- todos os constituintes são delimitados por vírgulas. ("...,1,2,3,4,...");
- quando a informação se encontra indisponível, o campo em questão apresenta-se vazio e sem conteúdo. ("...,13,,15,...");
- o último dado útil da *string* é finalizado com um asterisco "\*";
- quando o asterisco é seguido por 2 dígitos, esses representam o *checksum* da *string* actual. Embora não obrigatório na generalidade, é imperativo o seu uso nas *strings* RMA,RMB e RMC. O *checksum* confirma (ou não) a viabilidade do uso da *string*;
- cada tipo de mensagem tem um determinado número de campos, podendo ser repetidos entre eles. Por exemplo, mais do que um tipo transporta a Latitude e Longitude, mais do que um tipo transportam data e/ou hora, embora nem todos.

Na pluralidade de tipos de mensagens, cada uma foi processada de forma individual, tendo especificações distintas, tanto devido ao número e tipos de campos envolvidos, mas também devido à existência ou não de validações de *checksum*, ou até devido à necessidade de algum tipo de conversão a aplicar aos dados obtidos.

No que toca aos tipos de mensagens, salientam-se as seguintes especificações:

- GGA - Global Positioning System Fix Data, Declaração que se segue:
  - Exemplo: GGA,123519,4807.038,N,01131.324,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M, , \*42
  - 123519 Hora Sinal 12:35:19 UTC
  - 4807.038,N Latitude 48 deg 07.038' N
  - 01131.324,E Longitude 11 deg 31.324' E
  - 1 Qualidade do Sinal:
    - 0 = invalido
    - 1 = GPS
    - 2 = DGPS<sup>11</sup>
  - 08 Número of satélites
  - 0.9 DOP<sup>12</sup> Diluição horizontal da posição

---

<sup>10</sup> GLObal NAVigation Satellite System, uma alternativa soviética para o sistema GPS Norte-americano. Projecto iniciado em 1976 pelo Governo Russo com prazo de término a 1991. Foi terminado apenas em 1995. Com a queda da economia russa, o sistema rapidamente entrou em declínio (falta de manutenção, declínio de interesse e respectiva utilidade). [Kramer, 2007] Possui actualmente (Fev. de 2009) 20 Satélites onde 19 estão operacionais. Necessita de 24 para dar apoio mundial e ser um forte concorrente do GPS (esperados para 2011) [Gov. Russo, 2001].

<sup>11</sup> DGPS – Differential GPS, sistema intermédio usado para resolver as questões associadas ao SA. Sistema que usava uma estação fixa, consciente da sua posição fidedigna, que comunica os erros patentes nas medições actuais.

- 545.4,M Altitude em metros, da média do altura do mar
- 46.9,M Altura do Geoid
- (empty field) tempo em segundos desde a última actualização DGPS
- (empty field) ID DGPS
- GLL - Geographic position, Latitude and Longitude, Declaração que se segue:
  - Exemplo:GLL,4916.45,N,12311.12,W,225444,A
  - 4916.46,N Latitude 49 deg. 16.45 min. North
  - 12311.12,W Longitude 123 deg. 11.12 min. West
  - 225444 Hora Sinal 22:54:44 UTC
  - A Dados válidos
- GSA - GPS DOP and active satellites, Declaração que se segue:
  - Exemplo: GSA,A,3,04,05,,09,12,,,24,,,,,2.5,1.3,2.1\*39
  - A Selecção automática entre Sinal 2D e 3D (M = manual)
  - 3 Sinal 3D
  - 04,05... PRNs dos satélites usados na obtenção do sinal (espaço para 12)
  - 2.5 PDOP<sup>13</sup> Posição da diluição da precisão
  - 1.3 HDOP<sup>14</sup> Diluição horizontal da precisão
  - 2.1 VDOP<sup>15</sup> Diluição vertical da precisão
- GSV - Satellites in view, Declaração que se segue:
  - Exemplo:  
GSV,2,1,08,01,40,083,46,02,17,308,41,12,07,344,39,14,22,228,45\*75
  - 2 Número de frases de informação
  - 1 frase 1 de 2
  - 08 Número de satélites à vista
  - 01 Número PRN do satélite
  - 40 Elevação, em graus
  - 083 Azimute, em graus
  - 46 Força do sinal, maior é melhor
  - Repetição desta frase até mais 4 satélites, possível existência de mais tipos GSV no envio processados, foram implementados os seguintes parsers:
- RMC - Recommended minimum specific GPS/Transit data, Declaração que se segue:
  - Exemplo:  
RMC,225446,A,4916.45,N,12311.12,W,000.5,054.7,191194,020.3,E\*68
  - 225446 Hora Sinal 22:54:46 UTC
  - A Aviso de receptor, A = OK, V = warning
  - 4916.45,N Latitude 49 deg. 16.45 min North
  - 12311.12,W Longitude 123 deg. 11.12 min West
  - 000.5 Velocidade em nós
  - 054.7 "Course Made Good", Verdadeiro<sup>16</sup>

---

<sup>12</sup> DOP é a indicação do efeito da geometria elíptica de navegação dos satélites, na precisão do sinal obtido [Gov. Americano, 1996].

<sup>13</sup> PDOP, é dito inversamente proporcional ao espaço resultante da união dos pontos entre os satélites visíveis [Langley, 1991].

<sup>14</sup> HDOP, DOP Horizontal. Relativo a dados de Latitude e Longitude [Wilson, 2009].

<sup>15</sup> VDOP, DOP Vertical. Relativo a Altitude [Wilson, 2009].

- 191194 Data d do sinal, 19 Novembro 1994
- 020.3,E Variação magnética, 20.3 deg East
- \*68 checksum obrigatório

O Standard NMEA é proprietário e pago para quem disponibiliza equipamentos.<sup>17</sup>

### 6.3. Refinamento da Informação

Para aproveitamento das partes isoladas da *string* NMEA foi utilizado um conjunto de interpretadores específicos que tratavam cada um dos elementos mencionados. Nesse processo, foram necessárias algumas conversões para adaptação de dados a outros cenários intra-aplicacionais ou, simplesmente, conversão unitária europeia.

O caso mais flagrante foi o da representação de Latitude e Longitude.

A representação escolhida foi a de [GRAUS]°[MIN]'[SEG]'[ORIENTAÇÃO]. No entanto, a notação obtida era de [GRAUS][MIN].[MIN] com a [ORIENTAÇÃO] à parte. Além de não ter os graus divididos, tinha os segundos embebidos nos minutos. Além disso, o número de dígitos dos [GRAUS] podia ser de 2 para Latitude (ex:41) e 3 para a Longitude (ex:008) [Wikipedia Decimal Degrees, 2009].

Para a obtenção dos graus foi necessário perceber se era a frase maior ou menor. Para obtenção dos minutos foi seccionada a frase remanescente. Para cálculo dos segundos, foi isolada a parte decimal dos minutos e multiplicada por 60. A Orientação foi adicionada ao fim efectivando o *parsing*:

- Original: Lat:4106.7895,N ; Lon:00839.6824,W
- Parsed: 41° 8'25.76"N ; 8° 39'40.94"W

Outra conversão necessária foi a transformação da velocidade em Nós para Km/h usando a seguinte ordem de conversão [Google, 2009]:

- 1 Nó = 1.85200 Km/h

Validação do *checksum*: para a componente RMC, é necessária a validação de *checksum* para avaliação de congruência dos dados. Esse *checksum* foi calculado da seguinte forma:

- A soma dos caracteres pertencentes à frase, até ao asterisco, num formato de byte, hexadecimal (ex: 12 24 :7A 61 CC 86 C7 BD CE B2 F1 8F B3 BF);
- Se coincidir com o *checksum* a informação é válida.

Existe também validações de dimensionamento de uma *string* NMEA;

<sup>16</sup> COURSE-MADE-GOOD, medida usada na navegação marítima, obtida de um dispositivo que mede o desvio entre o vector velocidade da rota actual e o vector da posição objectivo. [Pounder, 1972]

<sup>17</sup> Publicações e Standards da "National Marine Electronics Association" (NMEA) / NMEA 0183

- não pode ser menor que 6 nem maior que 82.

Para cálculos internos efectuados ao nível do cálculo das distâncias (visto em pormenor no Capítulo 7), são utilizados dados de Latitude e Longitude decimais. Essa conversão é feita da seguinte forma (41°8'25.76"N, 8°36'52.26"W para 41.140489,-8.614517) [National Marine Electronics Association, 2004]:

- Se 'W' ou 'S' então negativo;
- Obtenção dos segundos e divisão por 60;
- Obtenção dos minutos e divisão por 60, seguida de adição dos segundos;
- Adição do resultado anterior aos graus;
- Atribuição do sinal (+ ou -).

## 7. Distâncias e Heurísticas

A ferramenta mais importante ao dispor de um Tour é a capacidade de medir distâncias (sobretudo quando existe uma lacuna ao nível de mapeamento, como é o caso).

O desconhecimento da morfologia espacial e segregação de quarteirões são problemas de grande ordem, que obrigam a utilizar duas variáveis: sabermos para onde temos de ir, por indicação geo-espacial, e confiar no turista, fundamentando, sempre que possível, as suas escolhas.

O Porto, particularmente, apresenta problemas interessantes que testam o limite destas soluções. Alguns dos cenários limite são descritos por:

- Elevada verticalidade;
- Compêndios prediais indefinidos, com várias ruas com fim;
- Baixa ortogonalidade, ruas com curvatura, ruas levam a locais inesperados;
- Elevada desorientação do visitante;
- Obstáculos naturais de grande dimensão (rio, pontes).

Como forma de minorar estas questões, foram implementados alguns métodos nesta Tese.

### 7.1. Distância Linear

Em termos de distância linear de um ponto A a um ponto B, o cálculo foi feito com auxílio da distância obtida por trigonometria esférica, baseada Formula de Haversine.

Existe ainda outro método capaz de medir esta distância, denominado por “Lei dos Cossenos”. Todavia, o método de Haversine é mais fiável, pois lida com maior exactidão com as distâncias mais pequenas, tal como afirma Bob Chamberlain do JPL (NASA) [Chamberlain, 2001].

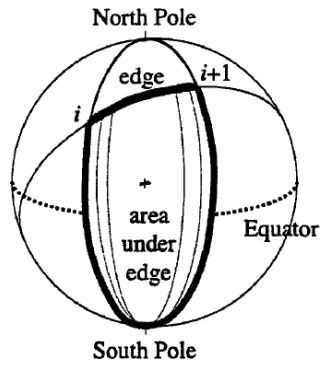


Fig. 34 (Distância esférica)

A partir da figura anterior pode observar-se o conceito que suporta a distância esférica, expressa matematicamente pela Fórmula de Haversine, exposta abaixo [Hedges, 2009]:

$$\sin^2 \frac{d}{2} = \sin^2 \frac{\phi_{i+1} - \phi_i}{2} + \cos \phi_i \cdot \cos \phi_{i+1} \cdot \sin^2 \frac{\lambda_{i+1} - \lambda_i}{2}$$

Para resolução desta fórmula será também necessária a conversão matemática de Graus decimais para Radianos:

$$\text{Grau Radiano} = \text{Grau Decimal} \cdot \text{PI}/180$$

O último componente necessário para a aplicação da fórmula é o raio da esfera em questão, neste caso a Terra [Wikipedia Raio Terrestre, 2009].

$$\mathbf{R= 6378.8 Km}$$

A unidade “metros” é utilizada na aplicação, por uma questão de precisão.

Em termos programáticos, a distância é expressa desta forma:

```
dlon = lon2 - lon1
dlat = lat2 - lat1
a = sin^2(dlat/2) + cos(lat1) * cos(lat2) * sin^2(dlon/2)
c = 2 * arcsin(min(1, sqrt(a)))
d = R * c
```

A Distância Linear é um componente de máxima importância nesta Tese. Permite o cálculo directo da distância entre pontos que, como já foi abordado, pode ser carente de precisão. Contudo, torna-se um componente elementar noutros cálculos levados a cabo para aumentar o índice realista, de que a Distância Rectangular ou de Manhattan é um exemplo.



$$\mathbf{P} = (p_1, p_2, \dots, p_n)$$

Para o caso actual onde é calculada a distância entre  $P1(x1,y1)$  e  $P2(x2,y2)$ , os pontos escolhidos para o cálculo são  $P1$ ,  $P2$  e  $Pi$  (Ponto intermédio) composto por  $(x1,y2)$ , na seguinte forma programática:

```
d = distLinBetweenPois(lat1,lon1,lat1,lon2) +  
distLinBetweenPois(lat1,lon2,lat2,lon2);
```

Actualmente, uma parafernália de autores discute este tema, por ser uma solução prática para uma questão complexa. Poder-se-á assim chegar a soluções interessantes, até com limitações tecnológicas sérias e sem grande consumo de processamento aplicacional.

Na Tese actual esta distância é utilizada no cálculo da distância entre POIs, uma vez que representa uma medição não positivista (ou seja, realista) entre 2 pontos.

### 7.3. Distância Heurística

Sendo o Porto uma cidade particular, apresenta de imediato vários desafios a qualquer teoria linear de resolução que não responda caso a caso. A particularização do problema é elevada e condicionada pelos seguintes factores:

- Cidade histórica com elevada estratificação de tipos e épocas de edifícios;
- Alta complexidade morfológica entre diferentes tipos de edifícios de diferentes datas;
- Enorme diferencial estrutural (edifícios grandes ou megalómanos embebidos em centros populacionais de elevada densidade, ex: Sé, Clérigos);
- Dotado de barreiras naturais de relevo (rio,mar,verticalidade);
- Atrações e POI's dividem-se entre Porto e V.N. Gaia;
- Estruturas de comunhão são na sua maioria auto-estradas de acesso impedido ou indesejado a pedestres;
- Na generalidade as pontes não têm tabuleiros inferiores para qualquer tipo de travessia (como é o caso das Pontes da Arrábida, do Freixo, de D. Maria Pia, S. João e Ponte do Infante).

Com esta conjuntura, foi delineado um plano de distância heurística entre 2 pontos que implementa resoluções para algumas destas condicionantes.

Esta solução é meramente teórica, embora tenha sido estudada para implementação.

Implica o cálculo do desvio médio real entre 2 conjuntos de pontos (um medido, e outro calculado), segregados por grupos de distâncias, onde é obtido um erro. Este erro é posteriormente associado ao cálculo da distância, de forma a aproximar o resultado ao valor real.

Serão expostos de seguida os pressupostos e métodos para a obtenção de valores.

Pressupostos:

- Recurso a POI's conhecidos, preferencialmente que participem no Tour;
- Calcular a sua Distância Linear entre os 2 pontos;
- Obter a distância Mínima por Google Maps;
- Obter a distância Máxima por Google Maps;
- Distribuir entre grupos de distâncias (0-100, 101-250,251-500,501-1000,1001-2000, 2001-4000,4001-8000), medidas em metros;

Método:

- Cálculo da média entre distâncias Min e Max Google;
- Desvio médio entre as 2 medidas em cada grupo de distâncias (Linear e Google);
- Cálculo do desvio acumulado e médio pelo número de POIs nesse grupo para respectiva diluição do valor calculado.

O resultado serviria então para contextualizar a medição directa entre pontos com um desvio médio realista para um dado intervalo, sendo a distância final o resultado da adição dos dois.

No Quadro seguinte, pode observar-se a subida justificada dos desvios médios de acordo com o aumento da distância e do desvio acumulado:

**Quadro 4 (Heurística de Erros)**

DESV/DIST	0-100	101-250	251-500	501-1000	1001-2000	2001-4000	4001-8000
DESVIO ACUM	32	2871	6778	6760	4901	10374	6535
Nº POIS	2	20	22	20	12	15	6
DESVIO MEDIO	16	144	308	338	408	692	1089

Pode concluir-se que na topografia analisada, usando como exemplo uma distância de 250 metros, pode conter um erro de 150% a 50%, enquanto que, de 250 a 1000 metros de distância, podem encontrar-se desvios de 125% a 30%, (que, na verdade, pode ser verificado devido ao elevado número de ruas não ortogonais e sem fim, dispostas na zona em estudo – Ribeira da Porto).

O método heurístico está disponível na Classe POI, revista no Capítulo 11, sem, no entanto, estar aplicada em prática no SW por ser apenas uma sugestão teórica desta Tese, mas com lacunas ao nível do estudo prático neste campo para testes de níveis da eficácia.



## 8. Problema do Caixeiro Viajante

No Capítulo actual é debatido o tema do Problema do Caixeiro Viajante – TSP (Travelling Salesman Problem), implementada aqui ao nível do WM como forma de solucionar o melhor caminho entre POIs e respectivos algoritmos usados.

São também discutidas formas de implementação dos algoritmos e respectivos limites tecnológicos impostos, assim como heurísticas aplicadas com o fim de minorar o esforço aplicacional.

### 8.1. Problema

A limitação típica dos dispositivos móveis (já discutida em Capítulos anteriores) punha em dúvida a aplicabilidade ou funcionalidade de qualquer método de procura, pelas suas características exaustivas ao nível dos recursos de processamento e memória.

No caso actual, essas questões não foram excepção. No entanto, a necessidade de implementação bem sucedida foi maior, dando lugar ao ajuste de características, de forma a potenciar um resultado positivo.

Qual foi a necessidade afinal?

O eTourismDI tem uma característica importante ao nível da edição do Tour, pois permite ao utilizador alterar POIs de acordo com a sua vontade. Nesse acto, o utilizador altera deliberadamente o plano pré-estipulado delineado pelo SW fornecedor de Tours, e que o cede ao eTourismDI.

Neste caso, a aplicação fica dependente da capacidade de contextualização e localização do utilizador, o que não é de todo aceitável, pois é esperado, da parte da aplicação, uma ajuda no campo da orientação.

Aqui o problema coloca-se ao nível do cálculo da rota entre os pontos que faltam visitar, para a otimizar.

A sugestão de resolução foi para o Caixeiro Viajante ou TSP.

### 8.2. Descrição do TSP

O TSP tem como objectivo a descoberta do melhor caminho entre cidades, sem repetir cidades. Uma visita apenas a cada cidade, cujo cumulativo de viagens tenha o menor custo possível.

É um problema de optimização combinatória primeiramente formulado em 1930 por Karl Menger e é um dos problemas mais intensamente estudado na busca de melhores resultados que esgotem um menor número de recursos.

Uma das questões principais no cálculo de um problema TSP é o número de resultados, onde para  $n$  cidades seriam analisados  $n!$  (factorial) de soluções, impraticável logo a partir das 20 cidades.

Alguns casos de interesse:

- Já em 2001, a solução exacta para 15,112 cidades Alemãs foi calculada recorrendo a técnicas de programação linear, métodos propostos por George Dantzig, Ray Fulkerson, and Selmer Johnson em 1954, usando tecnologia actual, uma rede com 110 processadores. Uma média de 22.6 anos num processador 500MHz Alpha (64-bit RISC)<sup>18</sup> [Wikipedia DEC Alpha, 2009];
- Em Maio de 2004, foi provada uma rota mais curta de 72,500 Km em torno de 24,978 cidades Suecas;
- Em Março de 2005 um TSP ainda maior de 33,810 cidades colocou à prova o Concorde TSP Solver (programa específico de resolução do TSP, escrito em C para uso académico) [Applegate *et al* 2005]. A solução ronda as 66,048,945 unidades de medida e rondou os 15.7 Anos de CPU. Este programa foi também usado em muitas outras áreas como: Mapeamento de genes [Aldous, Percus, 2003], Previsão de características de proteínas [Johnson *et al* 2006], Rotas de veículos [Applegate *et al* 2002], Conversão de fotos bitmaps em imagens contínuas [Bosch *et al* 2004], Agendamento de viagens de navios de pesquisa sísmica [Gutin *et al* 2005] e estudo das propriedades de escalabilidade das propriedades combinatórias na resolução de problemas [Aldous *et al* 2003];
- Em Abril de 2006, o algoritmo Branch-and-bound é o mais bem sucedido no cálculo de um grande número de cidades. Especificamente TSP para 85,900 pontos, com uns impressionantes 136 Anos de CPU [Applegate, 2006] [Wikipedia Concorde TSP Solver, 2009].

O problema actual é um problema TSP de grafos simétricos (custo de A->B é igual também na direcção inversa) com distâncias métricas.

### 8.3. Solução Proposta

Para capacitar o utilizador de algoritmos “inteligentes”, que possam averiguar o melhor caminho entre  $n$  pontos, com certeza aplicacional de que o equipamento iria ser capaz de lidar com o processamento, foram efectuados alguns testes tanto a nível de número máximo de pontos a calcular, como ao nível dos tipos de pontos a incluir no cálculo, algoritmos potenciais para a resolução do TSP e heurísticas a considerar.

---

<sup>18</sup> RISC – Reduced Instruction Set Computer

A solução colocada foi dividida em várias partes:

- Um número máximo de 6 pontos (1 de início, 1 de fim e 4 intermédios);
- Para maximizar a solução, são escolhidos os 5 pontos mais longínquos a partir do último ponto visitado (o início e fim estão pré-determinados, o início como o ponto actual e o último o mais longínquo);
- A algoritmo escolhido foi o A\*, por possuir características do branch-and-bound e potenciar o uso de heurísticas, permitindo assim uma boa solução para o caso empregue;
- Heurísticas, no sentido de encontrar a melhor solução dentro de um determinado cenário.

Neste contexto, a resolução é bastante directa e prática. Leva pouco tempo no processamento de uma solução viável (cerca de 3 segundos) e a limitação de 6 pontos (4+2) acaba por não ser de todo, relevante, por algumas razões:

- O número médio de visitas num Tour de um dia é 8 (9 em casos raros), onde 6 cobre 75% a 67% do total;
- É esperado que o resultado da Tour seja já óptimo, sendo portanto um recurso importante para acerto do Tour;
- A alteração de POIs num PDA não é tão directa e prática como num Computador preparado para o efeito, por isso é esperado existirem poucas alterações;
- Se, todavia, tudo o resto falhar, o PDA poderá resolver os 6 POIs mais complexos, o actual e os mais distantes por A\*.

Ainda assim, no sentido de solucionar a incapacidade do dispositivo de gerir eficientemente resultados superiores a 4!, gerado pelo TSP com A\* com mais de 6 pontos (onde 4! resultados são os gerados por 6 – 4+2 – pontos), foi introduzido um conceito fácil de dominar pelo dispositivo - o Caixeiro Viajante Clássico. Pensado para funcionar como um TSP paralelo e vocacionado para os 2 a 3 pontos deixados de fora, este algoritmo é capaz de ordenar a visita pelos POIs mais próximos, conseguindo assim uma solução híbrida de TSP Clássico+A\* que retorna o objectivo máximo (8 a 9 POIs) no cálculo da melhor rota para a globalidade do Tour num dispositivo móvel.

Esta solução soma valências a diversos níveis:

- Consome poucos recursos ao retornar resultados;
- Lida com uma minoria de pontos das localizações mais próximas, onde o grau de erro associado, embora existente, é forçosamente menor ao associado ao TSP com A\* (que lida com as distâncias maiores, com maior precisão);
- Para o caso de cálculo de 6 ou menos pontos, esta solução não entra no cenário de processamento.

## 8.4. Algoritmo A\*

O A\* é um algoritmo interessante, pois mede passo a passo a eficácia do caminho actual, ao contrário de outros métodos (como o Branch-and-bound, por exemplo, insensível à distância de um dado nó ao seu ponto de término).

Para a efectivação de um bom algoritmo de pesquisa, é necessário, portanto, juntar pontos positivos de alguns algoritmos conhecidos: a noção de distância à solução existente no Primeiro Melhor e o conhecimento de custos acumulados e capacidade de comutar entre soluções da árvore de pesquisa, como no Branch and Bound. O resultado é o A\*.

Aqui a heurística é considerada tal como:

$$f' = g + h'$$

A heurística  $f'$  equivale ao custo  $g$  conhecido, do estado inicial ao ponto actual somado  $h'$  que é uma estimativa do custo para chegar à solução, sujeita, portanto, a erro. [Ramos, 2008]

Um caso de aplicação do A\* em Prolog serviu de exemplo particular para este cenário:

```
astar(O,D,CUS,CAM):-estimativa(O,D,E),
    astar2(D,[E,0,[O]],CUS,CAM).

astar2(D,[(_,CUS,[D|T])|_],CUS,[D|T]).

astar2(D,[(_,C,[H|T])|Outros],CUS,CAM):-
    findall((EC,NC,[X,H|T]),(H\==D,estrada(H,X,Cx),\+member(X,[H|T]),
    NC is Cx+C,estimativa(X,D,E),EC is NC+E),Novos),
    append(Novos,Outros,Todos),
    sort(Todos,Ord),
    astar2(D,Ord,CUS,CAM).
```

Para uma base de conhecimento do tipo:

```
cidade(a,45,95).
cidade(b,90,95).
cidade(c,15,85).
...
estrada(a,b,45).
estrada(a,c,32).
estrada(a,d,16).
```

...

A simplicidade do Prolog é avassaladora. A conversão para C# estudada seguidamente foi bem mais trabalhosa devido à elevada especificação de estruturas necessária para a sua implementação.

## 8.5. Heurísticas

No presente caso, devido ao trabalho com coordenadas e distâncias, houve acesso a heurísticas com algum nível de precisão, estando a incerteza associada ao cálculo da distância rectangular, como já foi discutido anteriormente.

Como tal, foi possível um comparativo  $f=g+h'$  onde  $h'$  é a distância calculada entre o ponto actual e a solução.

Esta componente é importantíssima, pois permite embeber o algoritmo de procura na realidade desejada.

## 8.6. A\* em C#

Na adaptação existiram diversos problemas ao nível da especificação de objectos e variáveis, estando aqui patentes apenas as linhas principais com respectiva descrição do trabalho produzido por subrotinas:

```
public ArrayList astar(POI d, ArrayList outros, ArrayList locais)
{
    double cx = 0, nc = 0, e = 0, ec = 0;
    ArrayList novos = new ArrayList();
    ArrayList tmp = new ArrayList();
    //retirar a "outros" a AL que está no início, que tem a
    soma de distancias mais pequena, calculada na última volta
    ArrayList al = (ArrayList)outros.ToArray()[0];
    //O ponto inicial(0), o mais rápido até esta altura é
    agora removido, para seguidamente serem associados as respectivas
    ligações a próximos pontos
    outros.RemoveAt(0);
    //Do ponto na árvore, retirar o último elemento, pois será
    a partir dele que se irá tentar encontrar um caminho
    POI p = (POI)al.ToArray()[al.Count - 1];
    POI x;

    //Se o ponto é o destino, então o trabalho está
    finalizado, pois foi encontrado o caminho mais rápido que leva ao
    destino, retorna ArrayList com o caminho
    if (p.id.Equals(d.id) && al.Count > locais.Count) return
al;

    //Corre os locais
    for (int i = 0; i < locais.Count; i++)
    {
        //Copia o objecto POI, sem o associar
```

```

        x = POICopy((POI) locais.ToArray()[i]);
        //Se o POI não existe na nossa lista actual e se não
é o destino
        if (!myContainsPOI(al, x) && !x.id.Equals(d.id))
        {
linhas
            tmp = AListCopy(al);
            //Distância de x a p
            cx =
distRectBetweenPois(convertGPSToDecimal(x.lat),
convertGPSToDecimal(x.lon), convertGPSToDecimal(p.lat),
convertGPSToDecimal(p.lon));
            //Distância x a p + p ao inicio
            nc = cx + p.disttosource;
            //Distância do ponto x ao fim
            e =
distRectBetweenPois(convertGPSToDecimal(x.lat),
convertGPSToDecimal(x.lon), convertGPSToDecimal(d.lat),
convertGPSToDecimal(d.lon));
            //guardar a distancia
            x.addDistToSource(nc + e);
            //Adicionar x ao caminho
            tmp.Add(x);
            //Adicionar caminho aos novos caminho
            novos.Add(tmp);
        }
    }

    if (novos.Count == 0)
    {
        //Se não existem novos caminhos, implica que o destino será
o proximo ponto
        tmp = AListCopy(al);
        //x equivale ao destino, e respectivamente calculado o
processo heurístico
        x = d;
        cx = distRectBetweenPois(convertGPSToDecimal(x.lat),
convertGPSToDecimal(x.lon), convertGPSToDecimal(p.lat),
convertGPSToDecimal(p.lon));
        nc = cx + p.disttosource;
        e = distRectBetweenPois(convertGPSToDecimal(x.lat),
convertGPSToDecimal(x.lon), convertGPSToDecimal(d.lat),
convertGPSToDecimal(d.lon));
        x.addDistToSource(nc + e);
        tmp.Add(x);
        novos.Add(tmp);
    }

    for (int j = 0; j < novos.Count; j++)
        outros.Add((ArrayList) novos.ToArray()[j]);
    //Método importantissimo que organiza os grupos de caminhos
de forma a colocar o caminho com menos custos no topo da lista
    outros = astarSort(outros);
    //Entrada recursiva
    return astar(d, outros, locais);
}

```

O método é chamado pelo geral “travelSalesmenProblem”, que dispõe os dados e obtém o resultado:

```
public ArrayList travelSalesmanProblem(POI origem, POI
destino, double estim, ArrayList locais)
{
    int[] cam = new int[locais.Count];
    double cus = 0;
    ArrayList al = new ArrayList();
    //Definição de origem
    al.Add(origem);
    ArrayList al2 = new ArrayList();
    //arranque de “outros”
    al2.Add(al);

    return astar(destino, al2, locais);
}
```

Uma subrotina de grande relevo, o “astarSort”, é imperativa para a resolução deste problema, pois analisa a globalidade do caminho, dos caminhos analisados, na busca do caminho mais curto, organizando do mais curto para mais longo. Este método foi implementado de raiz pela especificidade do mesmo:

```
public ArrayList astarSort(ArrayList outros)
{
    ArrayList al = new ArrayList();
    ArrayList sort = new ArrayList();
    ArrayList orig = new ArrayList();
    ArrayList aidx = new ArrayList();
    double d = 0;
    int idx = 0, sidx = 0;
    POI p;

    try
    {
        //ArrayList de ArrayList
        for (int i = 0; i < outros.Count; i++)
        {
            al = null;
            al = (ArrayList)outros.ToArray()[i];
            d = 0;
            //Sub-ArrayList actual
            for (int j = 0; j < al.Count; j++)
            {
                p = (POI)al.ToArray()[j];
                d += p.disttosource;
            }
            //Vector global que irá sofrer sequenciamento
            sort.Add(d);
            orig.Add(d);
        }
        //sequenciamento
        sort.Sort();
        //analisa caso a caso, organiza as distâncias entre os
        //POIs e organiza por diferenças
        while (sort.Count > 0)
        {
            sidx = 0;
```

```

do
{
    //Método específico que busca o indexOf numa
    //AL, mesmo com índices repetidos
    idx = myIndexOf(orig,
(double) sort.ToArray()[0], sidx);
    sidx++;
    //Método específico de verificação de valor
    //existem em AL
} while (myContains(aidx, idx));
aidx.Add(idx);
sort.RemoveAt(0);
}
//Geração do vector final, ordenado por distância
al = new ArrayList();
for (int l = 0; l < aidx.Count; l++)
{
    al.Add(outros.ToArray()[aidx.ToArray()[l]]);
}
}
catch
{
    al = AListCopy(outros);
}
return al;
}
}

```

Disposição de 2 métodos elementares:

```

//se item existem em AL
public bool myContains(ArrayList al, int idx)
{
    for (int i = 0; i < al.Count; i++)
        if (idx == (int)al.ToArray()[i]) return true;

    return false;
}
//qual o índice do item, mesmo quando o item é repetido numa AL
public int myIndexOF(ArrayList al, double val, int idx)
{
    int turn = 0;
    for (int i = 0; i < al.Count; i++)
        if (val == (double)al.ToArray()[i])
        {
            if (turn == idx) return i;
            else turn++;
        }
    return 0;
}
}

```

Para terminar, a disposição do TSP Clássico:

```

public ArrayList travelSalesmanProblemLinear(POI origem, POI destino,
ArrayList locais)
{
    return lineartsp(origem, new ArrayList(), locais);
}

```

```

public ArrayList lineartsp(POI origem, ArrayList caminho, ArrayList
locais)
{
    if (locais.Count == 0) return caminho;

    POI x;
    POI mx=POICopy(origem);
    int rx = 0;
    double dx=double.MaxValue;
    for (int i = 0; i < locais.Count; i++)
    {
        x = POICopy((POI)locais.ToArray()[i]);

        x.addDistToSource(distRectBetweenPois(convertGPSToDecimal(x.lat),
convertGPSToDecimal(x.lon), convertGPSToDecimal(origem.lat),
convertGPSToDecimal(origem.lon)));
        if (dx > x.disttosource)
        {
            dx = x.disttosource;
            mx = POICopy(x);
            mx.addDistToSource(origem.disttosource+dx);
            rx = i;
        }
    }

    caminho.Add(mx);
    locais.RemoveAt(rx);

    return lineartsp(mx, caminho, locais);
}

```

## 8.7. Aplicação Teórica Versus Prática - Limites tecnológicos

Na prática, o tempo de cálculo é verdadeiramente rápido: cerca de 3 segundos para a globalidade dos POIs num Tour. Sendo seguro portanto afirmar que a limitação tecnológica foi ultrapassada.

A solução híbrida tem resultados interessantes sobretudo em Tours extensas, de 9 POIs, que leva a que o dispositivo forneça uma segunda opção da trajectória, sem que haja um exagerado tempo de resposta. Esta rápida resposta é traduzida em boa usabilidade no extremo visual, ou seja, na aplicação GUI.



## 9. Tours

O Capítulo 9 analisa em profundidade o Tour e seus constituintes. Desde POIs, suas características e descrição, relações entre POIs a conceito Tag (ou Keywords) relativas a POIs.

É discutido também o Utilizador e informações relevantes mantidas pela estrutura de dados.

Neste Capítulo é também analisado o processo de importação de dados para clientes externos de fornecimento de Tours, vocacionado a projectos de terceiros.

### 9.1. Especificações de Tour

O Tour é o ponto central deste trabalho. Aqui está centrado o esforço da aplicação de apoio a esta Tese, que se pretende que produza um resultado baseado nestas especificações.

Em termos de pressupostos, a aplicação precedente à actual deverá ser capaz de reunir as seguintes características no cálculo de uma Tour:

- Compreender a necessidade do utilizador;
- Caracterizar e definir um perfil pormenorizado do mesmo e do seu grupo;
- Fornecer soluções baseadas em gosto do próprio e do seu grupo;
- Fornecer soluções baseadas em “engenharia social” (escolhas clássicas, escolhas sugeridas por outros que partilham nacionalidade, gostos, interesses, características físicas ou até de grupo social ou faixa etária);
- Fornecer soluções baseadas em IA para gerar novas soluções na: persistência de um dado problema; no aparecimento de um novo problema e no aparecimento de novas soluções;
- Gerar dados de acordo com a informação recolhida nos seguintes formatos:
  - Tour principal com 2 *fail-safes*, para que, se o 1º falhar possa tentar explorar outros gostos do utilizador;
  - Lista de POIs que participam no Tour além de outros clássicos, ou simplesmente direccionados ao nosso público-alvo;
  - Relações entre os POIs, que não dependam da distância (relação por tipologia, época de construção, vertente arquitectónica, contexto, funcionalidade ou até âmbito de actuação);
  - Tags. Palavras-chave descritivas dos gostos expressos;
  - Dados sobre os utilizadores, que incluam conceitos de experiências e de características emocionais.

O Tour é expresso em base de dados com o seguinte formato:

- Id (identificador do POI no dado Tour\_num);
- Poi\_id (id associado à tabela POI);
- Visited (se o actual já foi visitado na Tour actual);
- Planned (se foi planeado, ou seja, se foi importado ou se foi inserido pelo utilizador);
- Descritivo (descritivo adicional a ser inserido pelo SW importador que deverá conter informação do POI no contexto do Tour, pois o POI inclui já um campo descritivo);
- Tour\_num (número actual do Tour, 1 de 3 pré-geradas, novos Tours podem ser adicionados e acedidos pelos seus novos números);
- Hr\_ini (da visita/hora de chegada programada);
- Hr\_fim (da visita/hora de saída programada);
- Nxt\_poi\_id (próximo POI no Tour), o último tem o campo a “NULL”;
- Inactivo (para POIs que o utilizador decidiu apagar, faz sentido para que o SW de importação possa construir informação sobre os processos de alteração sucedidos).

Um exemplo de Tour é mostrado seguidamente onde podemos ver os Ids dos vários POIs a visitar na coluna “POI” e a respectiva ordem imposta pelo Id no Tour do POI seguinte descrito pelo campo “NXT\_POI\_ID”:

Quadro 5 (Tabela de Tours)

ID	POI	VISITED	PLANNED	DESC	INACTIVO	TOUR_NUM	HR_INI	HR_FIM	NXT_POI_ID
1	214	False	True	NULL	False	1	900	1030	2
2	219	False	True	NULL	False	1	1045	1130	3
3	305	False	True	NULL	False	1	1200	1245	4
4	222	False	True	NULL	False	1	1300	1400	5
5	224	False	True	NULL	False	1	1430	1530	6
6	243	False	True	NULL	False	1	1600	1730	7
7	281	False	True	NULL	False	1	1800	1900	8
8	284	False	True	NULL	False	1	2000	2200	9
9	302	False	True	NULL	False	1	2230	0	NULL

É importante referir que o formato da ordenação escolhida através do “NXT\_POI\_ID”, pelo facto de ser possível ter mais do que um Tour nesta tabela, enumerados pelo campo “TOUR\_NUM”. Além disso, pode ser também possível ter o mesmo POI em mais do que uma posição numa mesma Tour, na situação, por exemplo, do turista ter visitado um local, que gostou bastante, mas cuja visita em inglês só iria arrancar dali a umas horas. Neste caso, o “NXT\_POI\_ID” garante a posição seguinte do mesmo POI, num dado Tour.

A coluna de “INACTIVO” serve para “apagar” um dado POI sem no entanto o remover da BD.

A coluna “PLANNED”, possibilita adicionar um dado POI com “PLANNED” a “FALSE”. Este processo, juntamente com o “INACTIVO”, visa fornecer um conceito de histórico

do que foi removido em prol do que foi escolhido pelo utilizador, numa perspectiva de apurar o seu perfil, permitindo um incremento na eficácia em alocar a perfis em utilizadores futuros.

O horário é pré-estipulado e dentro das escolhas do próprio.

No Tour actual, produzido propositadamente para a Tese, o utilizador é convidado a visitar, por ordem de visita os seguintes POIs: Casa do Infante, Mercado Ferreira Borges, Café Muralha Da Barca, Muralha Fernandina, Paços do Concelho, Igreja e Torre dos Clérigos, Caves do Vinho do Porto, Restaurante Chez Lapin terminando na Esplanada Uma Velha Tinha Um Gato.

Este Tour tem representação real no módulo de simulação, discutido mais à frente.

Os restantes dois Tours foram elaborados no sentido da isenção, usufruindo, portanto, de propostas similares, mas paralelas a estes. Numa visão geral, dos Tours *fail-safe* fazem parte os seguintes POIs: Estação de S. Bento, Museu do Vinho do Porto, Palácio da Bolsa, Restaurante Típico Mal Cozinhado, Museu do Carro Eléctrico (S.T.C.P.), Alfândega Nova, Restaurante Filha da Mãe Preta, Café do Cais, Mercado do Bolhão, Capela das Almas, Museu Nacional Soares dos Reis, Café Majestic, Livraria Lello, Cadeia da Relação - Centro Português de Fotografia, Restaurante Postigo do Carvão da Ribeira e Amo-te Porto.

## 9.2. Especificações de POI's

No que toca a POI, este é o elemento basilar de toda a Tese. A elaboração e tratamento deste elemento implica um forte investimento, pois se os POIs forem congruentes, será mais simples formar um Tour com qualquer sub-conjunto destes.

Em termos de POIs importados foi antevisto que deveriam ser listados 100 POIs, de interesse genérico do Tour ou específico ao utilizador. Para cumprir uma média de 8 a 9 POI's por Tour, deixando uma grande variedade para interligar entre POI's relacionados, POIs por Tipo e POIs por Tag.

Especificando:

- Id;
- Name (nome do POI em inglês);
- Type (tipo de POI em inglês) dividem-se entre:
  - Monuments;
  - Churches;
  - Musem;
  - Restaurant;
  - Café/Bar/Esplanada;

- Lat (itude);
- Lon (gitude);
- Desc (nome do POI em português, com informação extra em inglês, esta descrição acompanha sempre o POI);
- Desc\_hor\_func (descritivo do horário, quando necessário especificar visitas ou horários de interregno, dias de fecho e afins);
- Hr1\_ini;
- Hr1\_fim (inicio e fim da 1ª hora);
- Hr2\_ini;
- Hr2\_fim (início e fim da 2ª hora);
- Dt\_ini;
- Dt\_fim (data início e fim para actividades dependentes de época);
- Keywords (palavras chave que descrevem o POI actual), as palavras escolhidas foram:
  - river, ribeira, downtown, secular, charismatic, sea, beautiful, historical, military, architecture, riverside, plaza, city center, stores, shopping, religious, city limits, catholic, city view ,archeology, art, modern art, transportation, bus, university, museum, money, archive, river side, british, flowers, bookstore, store, nature, city park, science, experiments, stars, constellations, universe, jewish, music, show, spectacles, city, center, contemporary, typical, food, hotel, all day, outside, lightmeal, night life, beverage, regular meal;
- Cp (código postal);
- Contacto.

No âmbito das *keywords*, estas foram criadas com o propósito de serem Tags afectas aos POIs, que dependem do POI e que podem ser um dos factores de peso pelo qual o POI foi aceite, e introduzido, na listagem de POIs “aceites” ou até “a visitar”. A escolha das *keywords* foi um processo complexo, pois deveriam ser usadas o mínimo de *keywords* possíveis, para não divergir conceitos, sem, simultaneamente, duplicar significados com *keywords* similares em sentido.

A escolha remeteu-se, portanto, às 56 apresentadas, geradas na virtude dos POIs seleccionados.

Um exemplo de 3 POIs de relevo é exposto no seguinte quadro relativo à tab. POI:

**Quadro 6 (Tabela de POIs)**

ID	NAME	TYPE	LAT	LON	DESC	DESC_HOR_FUNC	HR1_INI	HR1_FIM
219	Ferreira Borges Market	Monuments	41° 8'30.31"N	8°36'53.58 "W	MERCADO FERREIRA BORGES		1000	1600
	HR2_INI	HR2_FIM	DT_INI	DT_FIM	KEYWORDS	MORADA	CP	CONTACTO
	NULL	NULL	NULL	NULL	architecture, riverside, ribeira, charismatic	Rua Ferreira Borges		+351 222 002 022

ID	NAME	TYPE	LAT	LON	DESC	DESC_HOR_F UNC	HR1_IN I	HR1_FIM
243	Clérigos Tower and Church	Churches	41° 8'45.28"N	8°36'49.31 "W	IGREJA E TORRE DOS CLÉRIGOS		900	1800
	HR2_INI	HR2_FIM	DT_INI	DT_FIM	KEYWORDS	MORADA	CP	CONTACTO
	NULL	NULL	NULL	NULL	catholic,charisma tic,secular,city view	Rua S. Filipe Nery		
ID	NAME	TYPE	LAT	LON	DESC	DESC_HOR_F UNC	HR1_IN I	HR1_FIM
277	Planetarium	Museum	41° 9'1.77"N	8°38'20.58 "W	PLANETÁRIO		1000	1900
	HR2_INI	HR2_FIM	DT_INI	DT_FIM	KEYWORDS	MORADA	CP	CONTACTO
	NULL	NULL	NULL	NULL	stars,constellatio ns,universe	Rua das Estrelas		+351 226 089 800

No Quadro anterior pode ver-se a descrição do Mercado Ferreira Borges, Torre dos Clérigos e Planetário. Da especificação destes POIs fazem da parte mais relevante: o tipo, latitude, longitude, descrição (normalmente o seu nome original na língua de origem), horário de funcionamento, morada, contacto e keywords.

Todas estas informações foram recolhidas de cerca de 100 POIs que constam nesta Tese, para fornecer uma base realista e pragmática de trabalho.

### 9.3. Especificações de POI Relations

No que toca aos POI Relations, a tabela, tal como o conceito, é simples - o de relacionar POIs tabelados, para rápida assimilação por associação. “Se gosta de A, então também gostará de B”.

Nessa analogia, a tabela “poi\_relations” é dividida em apenas duas colunas:

- Poi\_a\_id;
- Poi\_b\_id.

A intenção é a de gerar uma tabela bi-direccional, recursiva se necessário, das relações existentes entre POIs. Alguns exemplos de relações estão expostos no seguinte Quadro:

Quadro 7 (Tab de Relações entre POIs)

POI_A_ID	POI_A_NAME	POI_B_ID	POI_B_NAME
214	House of Henry, the Navigator	219	Ferreira Borges Market
214	House of Henry, the Navigator	225	Stock Exchange Palace
214	House of Henry, the Navigator	295	Restaurante Típico Mal Cozinhado
300	Café Do Cais	214	House of Henry, the Navigator
301	Bar O Meu Mercedes	300	Café Do Cais
300	Café Do Cais	297	Restaurante Presuntaria Transmontana
281	Port Wine Cellars	283	Restaurante Filha Da Mãe Preta
281	Port Wine Cellars	267	Port Wine Museum
214	House of Henry, the Navigator	269	Porto Municipal Historical Archives
243	Clérigos Tower and Church	244	Trindade Church
215	S. Bento Railway Station	270	CAFÉ MAJESTIC
270	CAFÉ MAJESTIC	274	Lello Bookshop
215	S. Bento Railway Station	274	Lello Bookshop
275	Bolhão Market	247	Almas Chapel
245	Cathedral	222	Dom Fernando Wall
306	Amo-te Porto	281	Port Wine Cellars
281	Port Wine Cellars	280	Port Wine Bar
310	Café Guarany	224	City Hall
224	City Hall	274	Lello Bookshop
302	Esplanada Uma Velha Tinha Um Gato	303	Ryan`S Irish Pub
313	Customs	299	Restaurante Bar Solar Do Pátio
299	Restaurante Bar Solar Do Pátio	308	Pé D`Água Music Pub
309	Café Batalha	215	S. Bento Railway Station
305	Café Muralha Da Barca	292	Restaurante A Marina

- 214 (Casa do Infante) com 219, 225, 295 e 300;
- O 300 (Café do Cais) que também nos associa a 214, 301 e 297;
- 270 (Majestic) está por exemplo, ligado tanto a São Bento como à Livraria Lello;
- 215 (S. Bento) que se relaciona com o Café Batalha e também os anteriores por afinidade.

O conceito na geração deste emaranhado de relações foi o de fornecer sempre algo mais além do pedido, num sentido de fio que ao ser puxado, revela mais de si mesmo, mais por descobrir, e por relacionar.

Este conceito é do maior relevo para a ampliação do apoio ao turista, longe de uma rede de perfis, conectividade e poder computacional.

#### 9.4. Especificações de Tags

As Tags usadas foram retiradas da lista de *Keywords* que, simbolicamente, define o quadrante de um dado POI.

Destas *Keywords* foi depois dado um grau de relevância a cada uma, transformando-as em Tags. Neste contexto são consideradas as Tags do Quadro seguinte:

Quadro 8 (Tabela de Tags)

TAG	RELEVANCE
ribeira	90
charismatic	80
river	75
historical	70
secular	65
downtown	60
city center	62
port wine	85
food	55
night life	30
light meal	10
outside	20
river side	72
catholic	52
sea	35
military	25
stores	57
shopping	42
architecture	82
art	47

Este conceito é importante visto possibilitar a construção de uma nuvem de Tags (comuns em alguns sites actuais) que permite ao utilizador ver um reflexo dos seus próprios interesses no PDA de acompanhamento. Com tamanhos associados ao interesse (índice relevância), os interesses mais significativos iriam reluzir num tamanho mais presente, enquanto que o contrário também aconteceria às Tags de relevância menor.

#### 9.5. Especificações de Utilizadores

Os Utilizadores - Users, são representados por uma tabela simples que possui informação abrangente sobre os principais utilizadores do dispositivo. Nesse sentido, identifica o utilizador e destaca-o em termos de gostos e características emocionais, dentro da seguinte grelha:

- Id;
- Name;
- Age;
- Nationality;
- Gender;
- Civil\_state (para tentar obter a relação com o outro utilizador);
- Religious\_preference (para direccionar tipos de igrejas);
- Keywords (lista geral dos temas mais importante para o utilizador);

- Mobility (índice de 1-5 sobre mobilidade e boa forma física para um percurso pedestre);
- Ambient\_awareness (índice 1-5 sobre a consciência ambiental do utilizador);
- Introverted (índice 1-5 sobre componente emocional);
- Outdoor (índice 1-5 sobre tipologia de actividade ar livre/dentro de portas);
- Profile (reservado para tipologias de perfis).

Esta tabela resume algum do trabalho que será feito pela aplicação de preparação de Tours. Nesse domínio a tabela existe para fornecer algum apoio periférico à aplicação eTourismDI sem, no entanto, se envolver directamente no seu funcionamento, excepto campos nome e afins.

## **9.6. POI's Seleccionados**

A selecção de POIs foi um processo pouco linear. A informação existe, mas não em formato tabelar ou BD. Muitas vezes, existe preparada para o turista (em flyers, folhetos e guias). Mesmo em suporte digital, são apresentadas em PDF ou outros formatos vocacionados para impressão. Nesse contexto, a angariação de informação foi mais demorada que o esperado, sendo necessário consultar ficheiros de mapas da cidade para a selecção dos pontos.

Após este processo mais visual, dá-se a necessidade de contextualização geográfica. Neste ponto foi necessário recolher moradas de todos os pontos e cruzar dados com o Google Earth, com o objectivo de obter coordenadas fidedignas.

Este processo foi manual e ponto a ponto, sem automatismos.

A fase seguinte contempla a apresentação da informação em BD, como está actualmente para ser acedida.

## **9.7. Tours Gerados**

Com os Tours, o processo foi em tudo similar. A grande facilidade da elaboração do Tour seria a reutilização de pontos angariados. A parte complexa foi tentar simular o funcionamento de um sistema de sugestão que fará escolhas e associações sobre o seu utilizador: manutenção de congruência; escolhas plausíveis e realistas; focando pontos fortes de preferências foram as direcções tomadas.

Culminando na tentativa de não influenciar resultados com informação demasiado “perfeita”.

## **9.8. Importação de Tours**

A importação do Tour foi um tema em aberto até bem perto do fim da Tese actual, até porque estava indefinido se existiria algum outro projecto a completar essa lacuna, ou se, simplesmente, as escolhas cairiam na Tese actual.

Tendo consciência da delicadeza do processo de importação, foram ponderadas várias soluções, cada uma como prós e contras.

### **9.8.1. Solução XML, CSV, TXT**

A solução que privilegia a portabilidade envolve o XML, CSV ou TXT, é uma solução à base de texto, estruturada ou não, que iria potenciar a aplicação no cenário do desprendimento físico a uma estação de actualização (utilizando, por exemplo, ActivSync), possibilitando que o ficheiro pudesse ser enviado por e-mail, (FTP, download site Web, etc) directamente para o local onde é necessário.

As vantagens são claras e óbvias. São formatos conhecidos, o seu processamento é simples e depende apenas da quantidade de informação. No campo de XML as vantagens aumentam, visto permitir estruturação e classificação da informação, o que é muito útil neste cenário de diversos subtipos de dados (Tour, POIs, Relações entre POIs, tags e dados do utilizador).

Na utilização de CSV e TXT, este problema poderia ser resolvido ao serem utilizados vários ficheiros para o mesmo fim.

Há, porém, uma questão relevante. No intuito desta Tese foi estudado um SW diferente, mas com uma componente interessante para o trabalho actual: a importação por CSV para uma aplicação WM 5.0.

O SW denomina-se de XMobile, comercializado pela empresa Infos (Matosinhos) e trata dados de gestão de vendas em terminais portáteis (PDAs).

Este SW trata de importação de dados por CSV, passados por ActivSync onde se denotam algumas características interessantes.

Na importação de dados tabelares, o PDA é capaz de processar 500 registos por segundo (registos simplificados com cerca de 20 campos), que é uma velocidade aceitável. No entanto, é necessária atenção para que o aparelho, não se desactive ou que o ecrã não se desligue. Se tal acontecer (que é normal que aconteça para poupar bateria), a importação pára até à próxima reactivação.

Actualmente, o eTourism tem para baixo de 500 registos, sendo simples e directa a sua actualização por este método. Mas, em funcionamento, pode não ser uma opção

válida inserir a globalidade de POIs e respectivas relações sendo, portanto, necessário, nesta fase, proceder a “updates” e “deletes” de CE SQL, para além dos comuns “inserts”.

Desta condicionante podem surgir problemas pontuais ou repetitivos de baixa velocidade e de necessidade de atenção da parte do utilizador, onde é necessário que o mesmo esteja consciente que se trata de um processo normal e, como tal, deverá aguardar.

Em ambiente de férias ou de desconcentração associado a uma volta na cidade, não será, de todo, adequado colocar sobre o utilizador essa responsabilidade, não deixando no entanto de ser uma opção.

### **9.8.2. Importação Directa**

A importação directa assume um controlo total dos dados, por vezes importante no manuseamento de dados interligados e dotados de contexto como os actuais.

A importação pode ser realizada de duas formas:

- Usar a BD do PDA (.sdf) e fazer uma ligação directa onde coloca os dados;
  - Tem como vantagens o facto de necessitar de ligação ao PDA, garantindo que o mesmo tem a sua mais alta taxa de processamento (por estar ligado à corrente); que não é desligado a meio do processo por automatismo do PDA; permite ao PDA mais tempo para recuperar carga.
  - Como desvantagens tem o importante aspecto de necessitar que o processamento do PDA permita uma actualização rápida dos dados.
- Copiar uma BD já preparada para o local da anterior;
  - Tem como vantagem a velocidade computacional de cópia linear de ficheiros para PDA, que é bastante aceitável; permite um maior controlo do produto a ser entregue ao PDA, sendo irrelevante o historial do equipamento, se tem pedaços de informação relevantes ou não.
  - Como desvantagens a descontextualização, ao desaproveitar o historial do equipamento pode estar a refazer dados na sua maioria que já lá estavam.
- Manter uma BD constante e copiar uma BD de actualizações;
  - Tem como vantagens só ser movido o grupo de dados que realmente importa;
  - Tem como desvantagens os 2 grupos de dados, que tornam a gestão de Tours muito mais complexa, pois terão de ser interligados e preparar a aplicação para essa interligação.

Esta componente de actualização, por importação directa, é mais interessante, pois permite várias soluções a curto e médio prazo, capacitando a equipa de gestão dos equipamentos de reagir de acordo com as limitações detectadas em terreno.

## 10. Simulação

Neste Capítulo será descrita a componente de simulação levada a cabo, que efectua um trabalho de demonstração de capacidades do aparelho, mesmo sem um GPS ligado, simulando o decorrer de um Tour a uma dada velocidade.

É discutido também a forma como a simulação foi pensada e implementada, descrevendo toda a tecnologia circundante necessária para a sua efectivação.

### 10.1. Importância do Módulo de Simulação

O módulo de simulação foi criado para poder simular o processo de um Tour com o dispositivo num estado estacionário, permitindo o estudo e análise do dispositivo, seus componentes, gestão e resolução de problemas com o Tour e com o dispositivo. Permite, igualmente, uma análise laboratorial quando em desenvolvimento e uma análise operacional quando em utilização.

Com este módulo espera-se ser possível detectar problemas antes de o turista os enfrentar, detectar melhores tipologias de Tours com estudo de tempos de espera e tempos de reacção.

### 10.2. Adaptações ao Programa

Para possibilitar a aplicação deste módulo foram necessárias algumas funções de temporização (*Threads*) que, de uma forma simplista, se limitam a repetir uma determinada tarefa num intervalo definido. No entanto, a aplicação tem na sua génese outras funções temporizadas deste género, que realizam uma panóplia de outras funções. A mais relevante é a função de levantamento de dados, que verifica a última informação contida no GPS e fornece ao utilizador.

A verdadeira dificuldade foi sincronizar estes temporizadores de forma a produzir o resultado desejado.

Outra dificuldade foi também a geração de *strings* NMEA eficazes, que forneceriam o resultado desejado, mas para os dados intrínsecos à Tour simulada.

### 10.3. Geração de Pontos - KMZ/KML

Numa primeira fase, a geração do Tour simulado começou num ambiente de Google Earth, onde eram desenhados “caminhos” pela cidade, que interligam POIs. Estes caminhos são guardados como favoritos e, mais tarde, exportados como um caminho global.

O formato de exportação é o KML (Keyhole Markup Language) ou KMZ, onde o KMZ é um KML comprimido. O KML é uma linguagem que define um Standard Internacional coordenado pela Open Geospacial Consortium [Wikipedia KML, 2009].

Em termos de características, o KML possibilita a descrição de:

- Placemarks (POIs);
- Imagens;
- Polígonos;
- Modelos 3D;
- Descrições Textuais;
- e também um subconjunto de dados associados a cada uma das categorias anteriores.

O KML descende do GML (Geography Markup Language) herdando a sua capacidade de definir áreas e muita da sua estrutura gramatical.

Um exemplo de KML:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
<Placemark>
  <name>New York City</name>
  <description>New York City</description>
  <Point>
    <coordinates>-74.006393,40.714172,0</coordinates>
  </Point>
</Placemark>
</kml>
```

As estruturas fundamentais são os *Placemarks* e os *Linestrings*, pois permitem definir os POIs e respectivos caminhos para os mesmos, no seguinte formato:

```
(caminho até o POI)...
-8.614817837074289,41.14172848333527,0
-8.614879989548017,41.14175415406769,0
-8.614896741910854,41.1417569637451,0 </coordinates>
  </LineString>
</Placemark>
(Fim da definição de caminho até o POI)
(Definição de POI)
  <Placemark>
    <name>219 - MERCADO FERREIRA BORGES</name>
    <open>1</open>

    <styleUrl>#default+nicon=http://maps.google.com/mapfiles/kml/pal3/icon60
.png+hicon=http://maps.google.com/mapfiles/kml/pal3/icon52.png</styleUrl>
  <Point>
    <coordinates>-
8.614883333333333,41.14175277777778,0</coordinates>
  </Point>
</Placemark>
(Fim de definição de POI)
(Início de caminho para novo POI)
  <Placemark>
    <name>219-&gt;305</name>
    <styleUrl>#msn_y1w-pushpin</styleUrl>
    <LineString>
      <tessellate>1</tessellate>
      <coordinates>
```

```
-8.614856868566479,41.14174400933481,0
-8.614793902861798,41.14174645789815,0
-8.614730681595356,41.14174891637318,0
...
```

## 10.4. Parser PHP, KML para string NMEA

Considere-se que neste ponto existe um Tour disposto em KML, com cerca de 900 pontos referenciados e aptos para integrar o Simulador eTourismDI.

É necessário efectuar a separação da informação, construir uma listagem volumosa de todos os pontos, em sequência, separando Latitude e Longitude por vírgulas e cada “passo” por um ‘\r’.

Em seguida foi necessário construir um *Parser* suficientemente simples, mas simultaneamente capaz de lidar com muita informação textual. A escolha recaiu no PHP, por algumas razões basilares [PHP, 2009]:

- Extrema simplicidade na formatação do ficheiro;
- Alto desempenho com elevados níveis de informação;
- Linguagem não tipada, portanto linear no intercâmbio e tratamento de conteúdos de variáveis.

O programa usado foi o seguinte:

```
<?php
//string de apresentação do GPS
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$GPGLL,,,,,\".date("his").".000,V,N*7Dno $\\");<br>";
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$PSRFTXTGreat-Well 20061201*33\\");<br>";
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$PSRFTXTTOW: 69912*0C\\");<br>";
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$PSRFTXTWK: 1551*49\\");<br>";
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$PSRFTXTPOS: 4754668 -718988 4176373*1A\\");<br>";
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$PSRFTXTCLK: 93836*06\\");<br>";
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$PSRFTXTCHNL: 12*5F\\");<br>";
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$PSRFTXTBaud rate: 57600 *51\\");<br>";
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$GPRMC,\".date("His").".000,A,$gru_lat,N,$gru_lon,W,3.33,000.00,021009,,A*00\\");<br>";
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$GPGGA,\".date("His").".000,$gru_lat,N,$gru_lon,W,1,03,0.3,100.0,M,00.0,M,0000*4A\\");<br>";
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$GPGSV,2,1,04,01,33,033,33,02,34,034,34,03,35,035,35,04,36,036,36*37\\");<br>";
$gbl_str.="sal.Add(\"\\$GPGSV,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15*16\\");<br>";

//separação de strings pelo carácter '-', divide coordenadas entre elas
$gbl_str_arr=explode('-',$_POST["parse_txt"]);

//ciclo FOR que trata cada par de coordenada, converte no formato do GPS e
//compila a string NMEA
for($i=1;$i<count($gbl_str_arr);$i++){
    //divide as coordenadas Lat e Lon
    $tmp=explode(",",$gbl_str_arr[$i]);
    $lon=$tmp[0];
    $lat=$tmp[1];
    //converter cada coord para o formato gps do dispositivo, ex:
    //4108.4293,N,00836.8710,W
    $gru_lat_arr=explode(".", $lat);
    $gru_lon_arr=explode(".", $lon);
    $gru_lat=$gru_lat_arr[0];
```

```

$gru_lon="00".$gru_lon_arr[0];
$min_lat="0".$gru_lat_arr[1];
$min_lon="0".$gru_lon_arr[1];
$min_lat=fillwithzeros(round($min_lat*60,4));
$min_lon=fillwithzeros(round($min_lon*60,4));
$ms=fillwithzerosprev($i);
$tmp2=explode(".", $min_lat);
if(strlen($tmp2[0])==1)$min_lat="0".$min_lat;
$gru_lat.=substr($min_lat,0,9);
$gru_lon.=substr($min_lon,0,9);
//criar a string GPS
$res="sal.Add(\\"$GPGLL, ".$gru_lat.",N, ".$gru_lon.",W, ".date("His").".".$ms.",A,A*4B\");";
$gbl_str.=$res."<br>";
}

function fillwithzeros($coord){
    $tmp=explode(".", $coord);
    for($i=strlen($tmp[1]); $i<4 ;$i++)
        $coord.="0";

    return $coord;
}

function fillwithzerosprev($ms){
    for($i=strlen($ms); $i<3 ;$i++)
        $ms="0".$ms;

    return $ms;
}

//impressão do resultado
print $gbl_str;

//captação da string inicial e endereço do script no servidor local para
//processamento
print "<form action=\"http://127.0.0.1:8080".$_SERVER["PHP_SELF"]."\\"
method=post><textarea rows=20 cols=60 name=\"parse_txt\">
-8.614516666666667,41.14048888888889,0
-8.614516666666667,41.14048888888889,0
...
-8.613049999999999,41.14058888888889,0
-8.613049999999999,41.14058888888889,0
-8.613049999999999,41.14058888888889,0
</textarea><input type=submit value=go></form>";
?>

```

## 10.5. Resultados Práticos

O resultado prático é o de ser possível desencadear um Tour, no eTourismDI, com toda a informação resultante de um Tour real, mas em simulação. Retornando coordenadas em cadência do trajecto dado pelo transeunte ficcional, passo-a-passo literal, que descreve um trajecto minucioso pelo Porto, que passeia pelas ruas e visita os POIs integrantes do Tour, voltando por fim ao local de origem.

Assim é possível fisicamente validar componentes do SW em plena utilização, simultaneamente fornecendo uma capacidade de demonstração ao componente GUI.

## 11. eTourismDI - Descrição aplicacional

O Capítulo actual culmina na ponte entre todos os componentes analisados anteriormente ao longo desta Tese, e o resultado aplicacional global, desde o parte gráfica à parte de retorno de dados, passando pelas componentes de configuração e gestão de módulos.

Serão discutidos os componentes mais presentes na Tese, desde o Form geral, ao gestor de GPS e Simulador, passando pelo assistente de conexão à BD, falando da Classe POI e sua relação íntima com a Classe eTourismDI (responsável por todo o output realizado ao nível da Integração de Dados). Não esquecendo o componente Util que suporta alguns dos métodos mais pertinentes ao nível do TSP e não só.

### 11.1. Módulos Programáticos

Como tudo funciona afinal?

A aplicação está dividida nos seguintes componentes fundamentais:

- Form principal;
- Connector/Simulador;
- DB\_DI;
- POI;
- eTourismDI;
- Util.

### 11.2. Estrutura Form

O Form deste interface eTourismDI está distribuído de uma forma muito prática, por tabulações, onde cada página contém as configurações de um dado componente.

Para iniciar a apresentação dos componentes, a aplicação arranca com um *splash-screen* que tem como responsabilidade a introdução à aplicação, permitindo o carregamento adequado de todas as componentes.



**Fig. 37 (Splash Screen eTourismDI)**

Este ecrã certifica que a aplicação arranca de forma uniforme e controlada, proibindo o acesso a porções interactivas antes do seu carregamento devido. Em termos práticos, serve apenas para a análise da componente eTourismDI em separado. Ao ser embebida na aplicação geral, o *splash-screen* geral deixará de ter essa responsabilidade.

O controlo exercido é sobretudo no acesso à BD e ao respeito dos requisitos necessários ao arranque da aplicação.

Em matéria de distribuição de funções, o Form é o “maestro” das operações, pois coordena todas as funções necessárias ao funcionamento da aplicação. Arranca o conector GPS, o simulador, o acesso BD e a interface eTourismDI com o eTourismGUI e tem a seu cargo a manutenção de grande parte dos *Threads* necessários.

### **11.3. Connector/Simulador**

Para ligação ao GPS, foi desenvolvida uma Classe específica, “Connector.cs”, que tem a seu cargo toda a gestão dos dados GPS, e também, o módulo de Simulação.

Tem 2 *Tabs* de funcionamento no Form, o GPS Cfg e o GPS Status.

O GPS Cfg é disposto da seguinte forma:



Fig. 38 (GPS Cfg)



Fig. 39 (GPS Cfg com dados)

No ecrã GPS Cfg é possível adquirir uma listagem das portas COM disponíveis para conexão, através do botão “Actualizar COM’s” que faz uma busca de COMs disponíveis e conectáveis.

O método é simples mas de grande relevância, pois a ligação a um COM inexistente poderia bloquear a aplicação por alguns segundos.

O método está disposto como se segue:

```
public string getAvailablePorts()
{
    string str = "";
    foreach (string s in SerialPort.GetPortNames())
    {
        str = str + "\n" + s;
    }
    return str;
}
```

Na escolha da COM correcta onde está definido o GPS, é então possível escolher “Definir COM p/ Defeito”.

Surge depois a opção de “Activar Simulação” e o “Output GPS”, que retorna no estilo *Debug* a *string* NMEA numa forma crua, pré-processada e pronta para estratificação.

Se o resultado do pré-processamento for (como se viu anteriormente) um erro do tipo :

- “too short” – para NMEA’s demasiado curtas, menores que 6 caracteres;
- “no \$” – para NMEA’s sem o símbolo de início de frase;
- “too long” – para NMEA’s demasiado longas, maiores que 82 caracteres.

Em qualquer um destes casos, o erro aparecerá em vez do resultado.

Neste campo apenas, o resultado do erro (e dos erros em geral que possam surgir na aplicação) é encapsulado para que pareçam erros secundários próprios da função de aquisição de dados (quando são impossíveis de esconder), ou apenas falta de novos dados (quando são possíveis de esconder como é o caso).

Para encapsular eficazmente os dados GPS, foram criadas estruturas de dados que suportam os dados retornados do GPS. Estas variáveis são actualizadas apenas quando existem dados novos e válidos.

Esta opção foi retirada do conceito de mobilidade constante do turista desconhecedor de seu ambiente, que se debruça no SW na esperança de obter direccionamento e contexto de uma forma contínua e fidedigna. Esta opção permite ao utilizador saber onde está (se existir um sinal válido) ou onde esteve (até o ponto onde teve sinal válido). Neste aspecto, o cenário de posição atrasada mas presente parece mais interessante que o cenário de desconhecimento total de posição.

Outros SW que usam convenientemente esta característica de disposição de informação são os SW de GPS para automóvel. Ao encontrar um túnel, fornecem de forma contínua o caminho, mesmo admitindo que perderam acesso ao GPS, mantendo velocidade e direcção até voltar a receber dados actualizados.

O eTourismDI actualiza também a informação de conectividade, sendo da opção do GUI se a mostra ou não ao seu utilizador.

Ainda no processamento da *string* NMEA apresenta-se a seguinte função, que toma o papel unificador do processamento deste tipo de dados:

```
private string parseNmeaStr(string nmeaSentence)
{
    // Limitações à NMEA string
    if (nmeaSentence.Length < 6) return "too short";
    if (nmeaSentence[0] != '$') return "no $";
    if (nmeaSentence.Length > 82) return "too long";

    // Remove '$'
    string sentence = nmeaSentence.Substring(1);

    // Control de checksum (se '*' encontrado)
    int starpos = sentence.IndexOf('*');
    if (!simulation && starpos >= 0)
        if (!checksum(sentence.Substring(0, starpos),
            sentence.Substring(starpos + 1)))
            return "wrong cs";

    // busca de identificador (GLL, GGA, ...)
    string identifier = sentence.Substring(2, 3);

    // procura de campos (separados por ',')
    string[] fields = sentence.Substring(6).Split(',');
```

```

switch (identifier)
{
    case "GGL":
        GGL(fields);
        break;
    case "GGA":
        GGA(fields);
        break;
    case "GSA":
        GSA(fields);
        break;
    case "GSV":
        GSV(fields);
        break;
    case "RMC":
        RMC(fields);
        break;
    default:
        break;
}

return nmeaSentence;
}

```

O *Checksum* é avaliado pelo seguinte método:

```

private bool checksum(string s, string checksum)
{
    //compara o checksum da string com o calculado,
    //apresentado em bytes hexadecimais
    //12 24 :7A 61 CC 86 C7 BD CE B2 F1 8F B3 BF
    int sum = 0;
    for (int i = 0; i < s.Length; i++)
        sum = sum ^ (int)(s[i]);
    return (checksum == string.Format("{0:X2}", sum));
}

```

As funções GGL, GGA, GSA, GSV e RMC têm todas o mesmo formato e implementam a função de actualização de *string* NMEA válida. O código da função mais simples, é disposto desta forma:

```

private void GGA(string[] f)
{
    utc = f[0];
    lat = u.convertGPSCoordToLiteral(f[1] + "" + f[2]);
    lon = u.convertGPSCoordToLiteral(f[3] + "" + f[4]);
    qlt = f[5];
    satrk = f[6];
    hzdil = f[7];
    hgtsl = f[8];
    hgtgd = f[9];
    ssu = f[10];
    sid = f[11];
}

```

As variáveis presentes são globais à classe e transpostas para outras classes por métodos de output (métodos Get - métodos de leitura de dados).

O GPS Status é disposto da seguinte forma:



Fig. 40 (GPS Status)

No monitor de dados específicos obtidos do GPS pode observar-se distintamente alguns dos métodos mencionados a funcionar.

Todos os dados aqui presentes são obtidos por métodos *Get* distintos na Classe Connector e com base na seguinte nomenclatura:

- *getLat* – Latitude no formato leitura humano GG<sup>o</sup>MM'SS.SS'';
- *getLon* – Longitude no formato leitura humano;
- *getLastUpdt* – Data (DDMMAA) + tempo UTC (HHMMSS.MsMsMs);
- *getSpeed* – Velocidade em Km (convertida de nós);
- *getNumSat* – Número de Satélites;
- *getHght* – Altura ao nível médio do mar;
- *getDop* – DOP, diluição da precisão com especificação Horizontal e Vertical;
- *getSatStat* – Números dos satélites encontrados, respectivas forças e qualidades de sinal.

A gestão de erros é também cumulativa. Ao ser gerado um erro, este é colocado numa *pool* que é esvaziada no momento de impressão neste ecrã na área de erros. A impressão dos erros é então apresentada num formato listagem para que haja uma noção de erro imediato e erro histórico contextualizado.

## 11.4. Base de Dados

A ligação à Base de Dados é simples de gerir e extremamente imediata na sua gestão funcional. Como podemos ver na figura seguinte:



Fig. 41 (DB Cfg)

Uma das questões pertinentes desta Tese foi a elevada potencialidade de uso da BD, ou seja, a correcta avaliação do âmbito e cadência de pedidos, a serem empregues no sistema, em cada um dos seguintes cenários de utilização:

- Cenário 1, onde poderia ser necessário a especificação da BD a ser usada, no caso, por exemplo, de serem usadas diferentes BD's para evitar actualizações difíceis. Neste caso, o botão "alterar" permite escolher a localização da nova DB a usar e o estado descreve o estado actual da ligação a esta nova BD.
- Cenário 2, onde estaria implementado o módulo de comunicação inter-aplicacional denominado de inner-comm (discutido no Capítulo seguinte). Neste caso, o botão "popular" carrega o "Pedidos pendentes em BD", explicados descritivamente no Capítulo seguinte.

A Classe responsável por este componente é a DB\_DI e contém todos os métodos de acesso necessários, assim como os interfaces exigidos para disponibilizar eficazmente a informação nos formatos nativos necessários.

A estrutura de funcionamento desta DB\_DI é equivalente a uma DAL (Data Access Layer). Este tipo de programação permite um alto nível de abstracção das camadas seguintes, pois inibe o uso de programação direccionada à exploração de SQL. Optou-se antes por usar métodos generalistas de *Push* (métodos de inserção e actualização de dados) e *Get* que inserem e retornam objectos nativos da aplicação.

Aliás, esse é o tema principal por trás de toda a Tese, que visa funcionar como uma DAL para o GUI, uniformizando os vários patamares e fontes de dados.

Os métodos gerais presentes desta Classe são os seguintes:

- connect e closeConnect – ligar e desligar a BD;
- query – que retorna um objecto *SqlCeDataReader*, usado na extracção local de tabelas inteiras;
- queryStr – que retorna uma string do campo pedido, para extracção rápida do conteúdo de um dado campo;
- getValueByStr e getValueByOrd – que são métodos de acesso a dados permitindo aceder na linha actual, a um dado campo pelo nome (Str) ou pelo seu índice (Ord).

### 11.5. POIs

Esta é uma das Classes mais importantes deste trabalho que representa a unidade de medida de referência deste projecto – o POI.

É aqui que se processa a definição objectivo, assim como algumas características importantes e interessantes como são, por exemplo, a distância à origem (ou ao ponto anterior) e o cálculo teórico do erro à fonte de forma heurística.

A classe possui os seguintes métodos de inicialização:

- Inicialização de POI em branco;
- POI com definição de id, nome, tipo, latitude, longitude, descrição, horários de funcionamento, *keywords*, morada e código postal;
- POI com definição de POI e contextualização de Tour, id do Tour, estado de visitado, estado de planeado, número do Tour, horário previsto de visita e próximo POI no Tour.

Possui ainda métodos de adicionar POI com ou sem contexto de Tour. Uma das características importantes, a distância à origem, é utilizada na definição da distância a um dado ponto de origem ou, simplesmente, ao ponto anterior no Tour (como expresso na Capítulo 8 que descreve o A\*).

Nesta classe foi implementado um método de avaliação heurística do erro entre distâncias, utilizando um método expresso também no Capítulo 8, sendo baseado em distâncias lineares verídicas entre locais, e respectivas distâncias reais em Google Earth. O algoritmo usa o erro da diferença entre estas duas medições para expressar um erro contextualizado à cidade e aos seus locais.

O algoritmo descreve a tabela do Capítulo supra-citado e executa uma associação para intervalos de distâncias entre POIs e o respectivo erro:

```

private double getDistToSourceError(double d)
{
    if (d <= 100) return 8;
    else if (d > 100 && d <= 250) return 70;
    else if (d > 250 && d <= 500) return 150;
    else if (d > 500 && d <= 1000) return 150;
    else if (d > 1000 && d <= 2000) return 200;
    else if (d > 2000 && d <= 4000) return 350;
    else if (d > 4000 && d <= 8000) return 500;
    return 0;
}

```

É relevante reforçar que esta representação é meramente académica, num sentido de resolução adaptada ao caso da “invicta”, baseada em casos reais e deduções vistas como realistas.

## 11.6. Util

Esta é uma Classe fundamental ao programa, agregadora de grande parte dos módulos funcionais necessários a todo o programa. Compreende funções elementares que medem distâncias lineares e rectangulares entre POIs, conversores decimais de GPS, conversores de GPS para leitura humana, resoluções do TSP, ordenadores de POI por distância, copiadores de ArrayLists e POIs e algumas funções generalistas.

Especificamente, os principais métodos estão aqui enumerados em termos de função e algoritmo.

Na componente de distância entre pontos foi usada a fórmula descrita no Capítulo 7, para distância linear entre POIs.

```

public double distLinBetweenPois(double lati, double loni, double
latf, double lonf)
{
    //r é o raio terrestre em metros
    double d = 0, r =
6378800, d2=0, a=0, b=0, c=0, dlon=0, dlat=0, rad_fac=0;

    //Formula de Haversine baseada na Lei dos Cossenos para
//Trigonometria esférica
    rad_fac = Math.PI / 180;
    dlon = lonf *rad_fac - loni *rad_fac;
    dlat = latf *rad_fac - lati *rad_fac;
    a = Math.Pow(Math.Sin(dlat / 2), 2) + Math.Cos(lati
*rad_fac) * Math.Cos(latf *rad_fac) * Math.Pow(Math.Sin(dlon / 2), 2);
    //c = 2 * Math.Atan2(Math.Sqrt(a), Math.Sqrt(1 - a));
    c = 2 * Math.Asin(Math.Min(1, Math.Sqrt(a)));
    d = r * c;

    return d;
}

```

Na medição rectangular entre pontos, no cálculo da distância de Manhattan, apresenta-se a seguinte representação:

```

public double distRectBetweenPois(double lati, double loni,
double latf, double lonf)
{
    double d = 0;

    //a distância rectiliena entre 2 pontos p1 e p2, pode ser
    //atingida ao calcular a distancia aos seus compostos
    //ou seja, sendo p1(x1,y1) e p2(x2,y2) e v(x1,y2) onde
    //d(p1,p2)=d(p1,v)+d(v,p2)
    d = distLinBetweenPois(lati, loni, lati, lonf) +
distLinBetweenPois(lati, lonf, latf, lonf);

    //fórmula clássica para coordenadas cartesianas d =
    //Math.Abs(lati - latf) + Math.Abs(loni - lonf);
    return d;
}

```

No campo das conversões são aqui executadas comutações importantes entre cenários segregados da mesma Tese, na sua natureza da Integração de Dados. Em termos de conversão decimal (discutida no Capítulo 6) de GPS apresenta-se:

```

public double convertGPSToDecimal(string gps)
{
    double seg = 0, min = 0, grau = 0;
    string[] tmp, tmp2;
    int sinal = 1;
    /*
    Degrees Minutes Seconds to Degrees Minutes.m (GPS)
    Degrees = Degrees, Minutes.m = Minutes + (Seconds / 60)
    Degrees Minutes.m to Decimal Degrees
    .d = M.m / 60, Decimal Degrees = Degrees + .d
    *
    * 41° 8'25.76"N, 8°36'52.26"W -> 41.140489, -
8.614517
    */

    //processar a string em termos de graus, min e seg
    tmp = gps.Split('\\');
    if (tmp[1][tmp[1].Length - 1] == 'S') sinal *= -1;
    if (tmp[1][tmp[1].Length - 1] == 'W') sinal *= -1;
    try { seg = double.Parse(tmp[1].Substring(0, tmp[1].Length
- 2)); }

    catch { seg = 0; }
    seg /= 60;
    tmp2 = tmp[0].Trim().Split('°');
    try { min = double.Parse(tmp2[1]); }
    catch { min = 0; }
    min += seg;
    min /= 60;
    try { grau = double.Parse(tmp2[0]); }
    catch { grau = 0; }
    grau += min;
    grau *= sinal;

    return grau;
}

```

Outro método executa ainda a função contrária de oferecer legibilidade ao sistema de coordenadas:

```
public string convertGPSCoordToLiteral(string gpscoord)
{
    string tmp = "", deg="", min="", sec="";
    double dsec = 0;
    int idx = 0;
    //passar de formato Lat:4106.7895,N , Lon:00839.6824,W
    //Latitude 41 deg. 06.7895 min North
    //para formato 41° 8'25.76"N,
    if (gpscoord.Equals("")) return tmp;
    try
    {
        if (gpscoord.Length == 10) idx = 2;
        else if (gpscoord.Length == 11) idx = 3;
        else return tmp;

        deg = int.Parse(gpscoord.Substring(0,
idx)).ToString();
        deg+="° ";
        tmp = gpscoord.Substring(idx, gpscoord.Length - idx);
        min = int.Parse(tmp.Substring(0, 2)).ToString();
        min += "'";
        dsec = double.Parse("0."+tmp.Substring(3, 4))*60;
        sec = dsec.ToString();
        sec += "\"";
        tmp = deg +""+ min +""+ sec +""+
gpscoord.Substring(gpscoord.Length - 1,1);
    }
    catch{tmp = "";}

    return tmp;
}
```

Refira-se ainda outras funções relevantes, devido à sua função de execução de cópia, como é exemplo AListCopy e a POICopy, cujo objectivo é gerar objectos idênticos aos originais, mas sem a referência aos mesmos, podendo assim explorar destrutivamente as cópias sem detrimento dos termos comparativos originais.

### 11.7. eTourismDI

O eTourismDI é uma Classe homónima do nome da Tese pois representa a sua parte visível no todo. Acaba por funcionar como face visível de todo o trabalho empregue e que, como tal, acaba por herdar o nome de referência.

Em termos de ecrã apresenta-se de acordo com a figura abaixo que compreende uma série de funções agregadoras de todo o trabalho mencionado, neste caso com a Acção “suggestions”:



Fig. 42 (eTourismDI retorno de sugestões)

No plano de *input* foram abordados dados simples: a escolha da “Acção” a executar e, depois, o preenchimento de 2 campos “Var1” e “Var2”, que ocupam lugares específicos no seio de cada função, no objectivo de um dado conjunto de resultados.

O botão “Exec” retorna os resultados.

Em termos de *input/output*, a Classe tem apenas 2 métodos de referência: o “getMe”, que serve para obter todas as respostas que o eTourismDI pode fornecer e o “setMe”, que permite alterar definições do eTourismDI como aplicação (neste caso específico definir o número do Tour actualmente em foco), para que as distâncias, POIs e todos os pedidos a serem remetidos tenham o mesmo Tour como contexto.

O *output* dos dados é feito através de ArrayList, por ser um método expansível a outros cenários, dependente apenas do tipo de objectos que inclui.

Em termos do método getMe, as opções são as seguintes:

- userdatabyid – Dados do utilizador por id (Figura abaixo);
- mainuserdata – Dados do utilizador principal (Figura 44);
- secuserdata – Dados do utilizador secundário, ambos os métodos partem do princípio que haverá apenas 2 utilizadores (Figura 45);

Fig. 43 (utilizador por id)

- gpsprecision – valor de precisão do sinal GPS;
- gpsstate – estado do GPS, em valor;
- gpsstrength – força do sinal GPS;
- gpscoord – coordenadas GPS;
- gpslastupdate – data/hora da última actualização dos dados GPS;
- gpspspeed – velocidade do utilizador;
- gpsnumsat – número de satélites;
- gpsheight – altura actual relativamente ao nível médio do mar;
- tags – *n* registos de Tags (Keywords) do utilizador, (Figura abaixo)
- suggestions – *n* registos de Sugestões a partir de um dado *id* de POI fornecido (Figura abaixo);
- poisbytagsand – retorna *n* POIs que contenham as Tags fornecidas divididas por virgulas, (Figura abaixo), neste caso 2 registos com as tags “ribeira” e “architecture”;

Fig. 44 (resultado para id 1)

Fig. 45 (para id 2)

Fig. 46 (5 tags)

Fig. 47 (3 sugestões associadas ao POI 214)

Fig. 48 (POIs por tag “and”, 2 resultados)

- poisbytagsor – retorna *n* POIs que contenham alguma das Tags fornecidas, (Figura abaixo), revisitação do caso anterior;
- poisbyname – retorna *n* POIs que partilhem o *nome*, (Figura abaixo), 2 resultados cujo nome inclua a palavra “ribeira”;
- poisbytypeor – retorna *n* POIs de qualquer dos *tipos* fornecidos, (Figura abaixo), cujo tipo seja “monument”;

Acção: poisbytagsor

Var1: 2

Var2: eira,architecture

Exec

214 House of Henry, the Navigator (Monuments) D:0m ,219 Ferreira Borges Market (Monuments) D:0m

Fig. 49 (POIs por tag “or”, 2 resultados)

Acção: poisbyname

Var1: 2

Var2: ribeira

Exec

290 Restaurante Postigo Do Carvão Da Ribeira (Restaurant) D:0m ,296 Restaurante Pesa Arroz Ribeira (Restaurant) D:0m

Fig. 50 (POIs por nome, 2 resultados)

Acção: poisbytypeor

Var1: 3

Var2: monument

Exec

214 House of Henry, the Navigator (Monuments) D:0m ,215 S. Bento Railway Station (Monuments) D:0m ,216 S. Miguel Lighthouse (Monuments) D:0m

Fig. 51 (POIs por type “or”, 3 resultados)

- poisbytypeand – retorna  $n$  POIs que contenha todos os *tipos* fornecidos, (Figura 52), cujo tipo contenha “bar” e “esplanada”;
- poisbypoiid – retorna  $n$  POIs dos respectivos *id’s* fornecidos, (Figura abaixo), cujo id do POI seja “214”;
- tournow – POI actual do Tour, (Figura abaixo), POI actual no Tour;

Acção: poisbytypeand

Var1: 3

Var2: bar,esplanada

Exec

300 Café Do Cais (Café/Bar/Esplanada) D:0m ,301 Bar O Meu Mercedes (Café/Bar/Esplanada) D:0m ,302 Esplanada Uma Velha Tinha Um Gato (Café/Bar/Esplanada) D:0m

Fig. 52 (POIs por tipo “and”, 3 resultados)

Acção: poisbypoiid

Var1: 1

Var2: 214

Exec

214 House of Henry, the Navigator (Monuments) D:0m

Fig. 53 (POIs por id)

Acção: tournow

Var1:

Var2:

Exec

305 Café Muralha Da Barca (Café/Bar/Esplanada) D:0m

Fig. 54 (Actual ponto no Tour)

- tournextn – próximos  $n$  POIs a visitar, (Figura abaixo), 3 próximos POIs;
- tourprevn – últimos  $n$  POIs visitados, (Figura abaixo), 2 anteriores POIs;
- tourall – todos os POIs do Tour actual, (Figura 57), todos os POIs;

Acção: tournextn

Var1: 3

Var2:

Exec

305 Café Muralha Da Barca (Café/Bar/Esplanada) D:0m ,222 Dom Fernando Wall (Monuments) D:0m ,224 City Hall (Monuments) D:0m

Fig. 55 (Próximos 3 POIs do Tour)

Acção: tourprevn

Var1: 2

Var2:

Exec

214 House of Henry, the Navigator (Monuments) D:0m ,219 Ferreira Borges Market (Monuments) D:0m

Fig. 56 (Últimos 2 POIs no Tour)

Acção: tourall

Var1:

Var2:

Exec

214 House of Henry, the Navigator (Monuments) D:0m ,219 Ferreira Borges Market (Monuments) D:0m ,305 Café Muralha Da Barca (Café/Bar/Esplanada) D:0m ,222 Dom Fernando Wall (Monuments) D:0m ,224 City Hall (Monuments) D:0m ,243 Clérigos Tower and Church (Churches) D:0m ,281 Port Wine Cellars (Museum) D:0m ,284

Fig. 57 (Todos os POIs do Tour)

- switchpoi – troca um dado POI do Tour por um novo POI, (Figuras abaixo), troca o POI id “214” pelo POI na “241” do Tour;

Acção: tourall

Var1:

Var2:

Exec

214 House of Henry, the Navigator (Monuments) D:0m ,219 Ferreira Borges Market (Monuments) D:0m ,305 Café Muralha Da Barca (Café/Bar/Esplanada) D:0m ,222 Dom Fernando Wall (Monuments) D:0m ,224 City Hall (Monuments) D:0m ,243 Clérigos Tower and Church (Churches) D:0m ,281 Port Wine Cellars (Museum) D:0m ,284

Fig. 58 (Tour original)

Acção: switchpoi

Var1: 241

Var2: 214

Exec

True

Fig. 59 (Troca POIs, passo switchpoi)

Acção: tourall

Var1:

Var2:

Exec

241 S. Nicolau Church (Churches) D:0m ,219 Ferreira Borges Market (Monuments) D:0m ,305 Café Muralha Da Barca (Café/Bar/Esplanada) D:0m ,222 Dom Fernando Wall (Monuments) D:0m ,224 City Hall (Monuments) D:0m ,243 Clérigos Tower and Church (Churches) D:0m ,281 Port Wine Cellars (Museum) D:0m ,284 Restaurante Chez

Fig. 60 (Tour alterada)

- nearestpoi –  $n$  POIs mais próximos a partir do POI fornecido, por ordem de proximidade, podem ou não pertencer à Tour, (Figura 61), 3 POIs mais próximos do POI 300 – Café do Cais;
- nearesttourpoi –  $n$  POIs do Tour mais próximos do POI fornecido, por ordem de proximidade, (Figura 62), 3 POIs, presentes no Tour actual, mais próximos do POI 300;

**Fig. 61 (3 POIs mais próximos do POI id 300)**

**Fig. 62 (3 POIs do Tour mais próximos do POI id 300)**

- disttopoi – distância entre 2 POIs, (Figura abaixo), distância entre POI1 e POI2;
- bestwaynonvisitedtour – melhor caminho a efectuar da Tour não visitada (Figura 64);
- bestwayalltour – melhor caminho a efectuar da totalidade da Tour, independentemente do seu estado seja de visitado ou não (Figura 65 e 66);

**Fig. 63 (Distancia entre POIs id 300 e id 277)**

**Fig. 64 (Melhor caminho pela Tour ainda não visitada, vista de Tour parcial)**

**Fig. 65 (Melhor caminho pela Tour geral)**

**Fig. 66 (Continuação da Fig 63 - Melhor caminho pela Tour geral)**

- nearestpoifromgps –  $n$  POIs mais próximos a partir do ponto GPS onde o dispositivo se encontra, por ordem de proximidade, podem ou não pertencer à Tour, (Figura abaixo), 3 POIs mais próximos;
- nearesttourpoifromgps –  $n$  POIs do Tour mais próximos do ponto GPS onde o dispositivo se encontra, por ordem de proximidade, (Figura abaixo), 2 POIs, presentes no Tour actual, mais próximos;
- disttopoi – distância entre 2 POIs, (Figura abaixo), distância entre POI1 e POI2, sendo POI1 a posição GPS actual do dispositivo;

Fig. 67 (POIs mais próximos da nossa posição actual)

Fig. 68 (POIs que pertencem ao Tour, mais próximos da nossa posição actual)

Fig. 69 (Distância da nossa posição actual a um dado POI)

- `tournowopenhours` – retorna o horário de abertura do POI actual (Figura abaixo);
- `poiopenhours` – horário de funcionamento do POI estipulado (Figura abaixo);
- `tournownum` – retorna o número da Tour actual (Figura abaixo);
- `tournumavailable` – números possíveis de Tour passíveis de serem seleccionados, conjuga com o método (SET)`tournum`, que define o Tour actual (Figura abaixo);

Fig. 70 (Horário de funcionamento do POI actual da Tour)

Fig. 72 (Obtenção do tournum actual)

Fig. 73 (tournum's disponíveis)

Fig. 71 (Horário de funcionamento do POI definido)

Estes foram os métodos de obtenção de informação, no entanto existem outros que fornecem informação à aplicação, o método `setMe` que opera dentro dos seguintes cenários:

- (SET)`tournum` – que define o número a ser submetido como o número da Tour actual;
- (SET)`poivisited` – define o POI actual como visitado;
- (SET)`poivisitedunvisit` – permite um *undo* ao método anterior;
- (SET)`tourasbestwaynonvisitedtour` – que cria uma nova Tour através do resultado gerado pelo método “`bestwaynonvisitedtour`” e define a nova Tour como actual;
- (SET)`tourasbestwayalltour` – que cria uma nova Tour através do resultado gerado pelo método “`bestwayalltour`” e define a nova Tour como actual.

Este último conjunto de métodos é demonstrado em funcionamento no Capítulo 13, na demonstração de um Tour gerado.

## 12. eTourismDI - Comunicação Inter-Aplicacional

Desde o arranque deste projecto, a comunicação entre eTourismDI e GUI foi um tópico de vital importância, pois iria ter forte impacto em ambos os projectos e seria capaz de fornecer soluções com limitações diferentes, dependendo da tecnologia a ser aplicada.

Neste Capítulo é discutido esse tema, em toda a sua vertente experimental, na busca de uma solução capaz, evolutiva e congruente com a Tese a ser desenvolvida.

### 12.1. Comunicação interna, método científico

O conceito principal da comunicação interna albergava certas características chave:

- Ser um conceito simples;
- Interdependente de parte a parte, modular, suportado numa classe e alguns métodos;
- Providenciar capacidade de simulação de eTourismDI ao GUI;
- Ser capaz de ser implementado em qualquer fase do projecto, independentemente do estado de desenvolvimento do eTourismDI;
- Possuir uma comunicação própria, simples de processar, mas robusta na resolução de problemas comunicacionais.

A informação a ser transferida, que nesta fase estava ainda a ser definida de acordo com a evolução dos projectos de parte a parte, seria composta por:

- Informação simples; coordenadas, horas e datas;
- Informação complexa; informações do POIs, acções de pedido de funcionalidades (adicionar POI, trocar POI), ou até de obtenção de respostas múltiplas sobre um mesmo tópico (tags de um POI, relações de um POI).

Nesta busca foram exploradas as soluções a seguir referidas, no interesse colectivo e no espírito científico de tentativa-erro.

#### 12.1.1. Sockets

Os Sockets são um método banal de ligação entre componentes de SW isolados que, por alguma razão, necessitam de comunicar. O seu comportamento é similar ao de um canal (pipe) onde é colocada informação numa dada direcção (ou até em ambas). Estes mecanismos usam portas do SO (Sistema Operativo) para efectuar estas ligações e passar a informação.

Em termos de WM, o formato Socket tem um funcionamento um pouco débil e pouco fiável, levando ao congelamento temporário, ou mesmo *crash* do SW, obrigando a demasiadas validações para um componente secundário.

A classe socket foi realizada e aplicada, mas não tem, actualmente, utilidade prática no contexto do projecto.

Uma outra limitação do socket é a sua incapacidade de lidar com informação fortemente estruturada, como é a informação necessária para o caso actual. Densa e por vezes interpelativa, levava a que uma solução demasiado simples, ou seja, que não tire partido do polimorfismo e a taxonomia relaxante digna de uma linguagem de classes como o C#, deixe algo a desejar ou, simplesmente, exige demasiado dos componentes de controlo envolventes.

No que toca à simulação, este modelo iria necessitar de uma classe para o efeito, resultando numa meia solução que não contribuiria suficientemente para justificar a sua implementação.

### 12.1.2. XML

O XML foi uma das primeiras escolhas, apesar disso foi remetido para segundo na lista de tentativas, por apresentar limitações fortes ao nível do formato (ficheiro de sistema).

Algumas das suas qualidades mais interessantes incluem a alta estruturação e a elevada versatilidade, tanto na escrita como nos métodos de escrita e leitura.

A solução estudada usava dois ficheiros XML, "eTDI\_rqst\_to\_server.xml" e o "eTDI\_rspns\_to\_client.xml" que partilhavam a estrutura:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<data>
  <send>
    <cmd name="adicionar" type="evento/jantar" id="456">
      Adega Regional - O Gimbras
    </cmd>
    <cmd name="cancelar" type="visita" id="123">
      Caves Real Companhia Velha
    </cmd>
  </send>
  <request>
    <cmd name="coordenadas" />
    <cmd name="pois" type="evento" dthr_ini="200906291830"
dthr_fim="200906300000" />
  </request>
</data>
```

Em termos informacionais o XML seria suficiente, porém, em questões de partilha de ficheiros seria um caos total.

Alguns testes demonstraram que, mesmo num processo de escrita por um dos SW e leitura pelo seu homónimo, daria lugar a situações não isoladas de bloqueios e falta de

resposta por *timeout* de acesso. Esta situação seria inviável para um SW deste género, que não deverá apresentar qualquer *downtime*.

Em termos de simulação, a solução XML seria ideal, pois permitiria um cenário teatral que forneceria soluções à medida da simulação, bastando, para tal, alterar o XML no sentido da solução (ou do teste ao GUI).

### 12.1.3. DB (Esquema inner\_comm)

Numa esperada evolução do tema “comunicação” foi pensado um esquema de “inner\_comm” que, na sua génese, iria tentar juntar o melhor do socket (uma comunicação fiável) com o melhor do XML, (uma estrutura de dados invejável).

O resultado foi aplicado da seguinte forma:

- id - da linha de comunicação;
- action – nome da acção a tomar (adicionar, cancelar, coordenadas, pois);
- type – tipo da acção (evento/jantar, visita, diversão nocturna);
- evento\_id – referência ao POI em questão;
- value – valor textual, descritivo do evento\_id (Caves Real Companhia Velha ou 40,34567 ; -0,8992 de acordo com o “action”);
- dthr\_ini e dthr\_fim – dependendo do evento\_id;
- server2client – campo booleano que especifica a direcção da comunicação;
- responded – campo de validação de leitura;
- read\_by\_sender – campo de validação de leitura pelo receptor;
- extra\_attr – atributos extra;
- attr\_name e attr\_value 1,2 e 3 – para situações imponderáveis onde serão necessários mais valores;
- responded\_ids – para soluções de 1 para n, várias respostas para uma questão.

Um caso exemplo para a cedência de coordenadas está expresso no Quadro seguinte:

Quadro 9 (Cedência de coordenadas)

Id	Action	Type	Evento_id	Value	dthr_ini	dthr_fim	server2client	responded	read_by_sender
3	coordenadas	NULL	NULL	40,34567 ; -0,8992	NULL	NULL	True	False	False

Outro caso para o pedido de adicionar 1 POI e de cancelamento de um outro, expresso no Quadro abaixo:

**Quadro 10 (Adicionar e cancelar item)**

Id	Action	Type	Evento _id	Value	dthr_ini	dthr_fim	server2 client	responded	red_ by_ sender
1	adicionar	jantar	evento/ 456	Adega Regional - O Gimbras	NULL	NULL	False	False	False
2	cancelar	visita	123	Caves Real Companhia Velha	NULL	NULL	False	False	False

Ao ser utilizado, este método, seria o mais capaz de demonstrar uma boa relação entre o tempo investido para desenvolvimento (pois seria apenas necessário uma Classe DAL), uma boa reacção a objectos estruturados (devido à amplitude de campos extra) e também uma óptima capacidade de simulação acessível por ambos os SW.

Neste cenário, o esquema de inner\_comm ficou exposto na BD actual não sendo, para já, necessária a sua utilização, tendo feito um excelente trabalho como segunda melhor solução, capaz de entrar no cenário a qualquer altura de desenvolvimento.

## **12.2. Método Actual**

Actualmente, o método de comunicação usado é disponibilizado pelo próprio eTourismDI. Tal foi possível pela eficiente gestão de tempo e uma coordenação exaustiva entre projectos, possibilitando um encaixe livre de imponderáveis, e orientado à solução.

O GUI pode agora receber informações reais e actuais obtidas pela Tese actual, assim como usar cenários simulados, para teste de *features* ou análise e teste de percursos.

A simulação usada está expressa na Classe Connector, activada através de um método específico já mencionado.

## 13. Resultados práticos

Em jeito de balanço, é seguro enquadrar este num projecto académico, com perspectivas comerciais, mas ainda em desenvolvimento.

Este Capítulo permite uma introspecção nas expectativas e resultados práticos desta Tese, com uma pequena demonstração de um Tour visto pelo *Google Earth*.

### 13.1. Resultados eTourismDI

A aplicação possui nesta fase, os conceitos e ideias principais propostas no seu arranque, desde a estruturação à especificação dos vários componentes mas também a devida escalabilidade e capacidade de crescimento basilar neste tipo de projectos.

O eTourismDI, nesta fase, consegue eficazmente traduzir dados GPS, informações de BD e gerar conhecimento, numa base altamente heterogénea, num resultado extremamente peremptório e simplificado.

A estrutura permite ainda o encaixe numa outra estrutura GUI, cedendo, para tal, as suas capacidades de agregador de informação.

O eTourismDI finaliza o seu cumprimento de tarefa quando possibilita importação e actualização de informações utilizadas na realização de trabalho, consumando assim o fim de Integração de Dados a que se propôs.

### 13.2. Aplicabilidade

Em termos de realidade prática pode-se antever como uma base de crescimento para algo mais denso, mais específico, mais abrangente e, sobretudo, mais testado no terreno.

Na consciência de quem desenvolve SW ao nível comercial, aponta-se sempre o *debugging* e afinação como uma das partes mais importantes e mais morosas de todo o processo. Tal leva a constatar que é exactamente nesta fase do amadurecimento que se encontra o eTourismDI, numa fase pós-embrionária, mas pré-natal, onde fica a faltar um pequeno mas significativo passo final.

Actualmente o eTourismDI pode fazer um Tour, enunciar POIs, desde as suas características a pontos relevantes, pode fornecer sugestões baseados noutros POIs ou em palavras-chave sugeridas pelo utilizador, ou por outros utilizadores. Pode alterar POIs da Tour por outros escolhidos no momento pelo utilizador, sugerir um

caminho pelo meio dos novos POIs. Pode ainda fornecer constantemente uma versão actualizada de onde se encontra o utilizador e como pode chegar ao próximo POI.

### 13.3. Demonstração de um Tour Gerado

O Tour original usado para simulação é o apresentado seguidamente. Este Tour será usado na demonstração de algumas capacidades da aplicação gerada. A Figura seguinte mostra o grau de dispersão do Tour, assim como a distância em linha recta entre os vários pontos:



Fig. 74 (Tour usado na simulação)

O Tour é composto pelos seguintes POIs na seguinte ordem:

- A. 214 – Casa do Infante
- B. 219 – Mercado Ferreira Borges
- C. 305 – Café Muralha da Barca
- D. 222 – Muralha Fernandina
- E. 224 – Paços do Concelho
- F. 243 – Igreja e Torre dos Clérigos
- G. 281 – Caves do Vinho do Porto (caminho para, pela Ponte D. Luis I)
- H. 284 – Restaurante Chez Lapin
- I. 302 – Esplanada a Velha tinha um Gato

É assumido que esta Tour foi gerada por um SW externo e que levou em conta diversos aspectos onde a proximidade e optimização não era uma informação vinculativa. Podemos até supor que foi o utilizador a escolher este ordenamento.

O eTourismDI também permite que o utilizador altere POIs entre si, ou por novos através do método “switchpoi” discutido no Capítulo 11.

Em termos pedonais, o Tour anterior teria um possível representação expressa na figura seguinte, onde é apresentada uma rota de 4Km, calculada e otimizada pelo Google Maps:



Fig. 75 (tour usado na simulação)

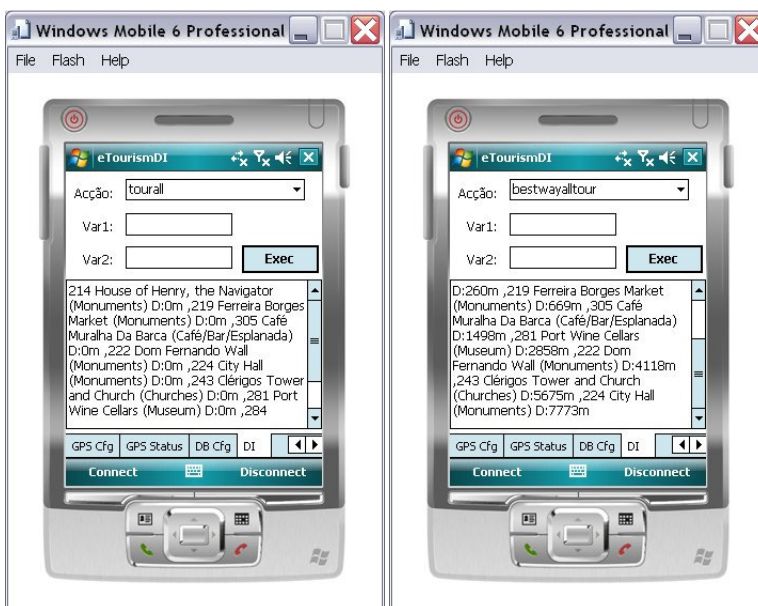


Fig. 76 (tourall usado na simulação) Fig. 77 (cálculo do bestwayalltour)

Através do dispositivo (interface eTourismDI) seria visível apenas informação textual do percurso na forma da Acção “tourall” (Figura anterior).

No calculo do “bestwayalltour” (Figura anterior), para cálculo de todo o Tour, independentemente de POIs já visitados, obtemos o seguinte Tour otimizado:

- A. 214 – Casa do Infante
- I. 302 – Esplanada a Velha tinha um Gato
- H. 284 – Restaurante Chez Lapin
- B. 219 – Mercado Ferreira Borges
- C. 305 – Café Muralha da Barca
- G. 281 – Caves do Vinho do Porto (caminho para, pela Ponte D. Luis I)
- D. 222 – Muralha Fernandina
- F. 243 – Igreja e Torre dos Clérigos
- E. 224 – Paços do Concelho

O mesmo Tour expresso em Google Maps retorna um resultado de 3.3 Km de Tour, uma poupança de 18% em 4 Km, exposto seguidamente, muito devido à optimização zonal de visita de POIs levada a cabo pelo algoritmo de Caixeiro-viajante:



Fig. 78 (Tour otimizado)

O desrespeito pela tipologia do POI é intencional, pelo facto de um restaurante ou esplanada poder ter sido seleccionado pelo seu interesse cultural arquitectónico. Poderá também existir o caso onde o turista não tenciona determinar horários específicos de refeição. Em ambos estes casos, o algoritmo fornece informações de optimização que o turista não poderia obter de outro modo.

Caso o utilizador pretenda identificar os restaurantes como espaços de refeição, nos horários de seu interesse, então poderá fazê-lo através do “switchpoi”.

De qualquer das formas foi proposta uma escolha ponderada no factor de optimização, tendo o turista a última palavra.

Voltando ao exemplo, poderíamos nesta fase guardar a Tour actual, marcar o primeiro ponto como visitado e analisar que pontos há seguidamente para visitar, do seguinte modo:

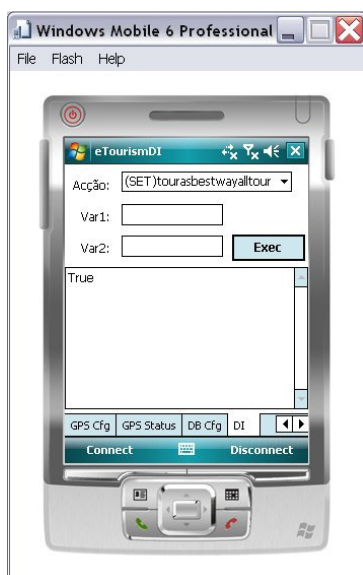


Fig. 79 (Calcular bestwayalltour, salvar e definir como Tour actual)



Fig. 80 (Verificação do número do Tour actual)



Fig. 81 (Números de Tours disponíveis)



Fig. 82 (POI actual para visita)



Fig. 83 (definir actual como visitado)



Fig. 84 (verificação dos seguintes 3 POI a visitar)

O restante Tour decorreria dentro desta forma, onde o GUI iria inserindo os métodos de acordo com as necessidades do Utilizador.

É importante referir que a informação aqui expressa é meramente sumária no que toca a cada POI. O GUI tem acesso à globalidade da Classe POI, analisada anteriormente, permitindo obter, a cada passo, todas as informações sobre o POI e seu contexto (Tour).

Toda a pluralidade de métodos lida com estes objectos, tornando multi-facetado o manuseamento com o eTourismDI e potencia agilidade e redundância na informação, na procura de fornecimento de dados de uma forma constante, congruente e com a devida cadência.

## 14. Conclusão

No Capítulo actual de conclusão será discutida a solução geral gerada, assim como a sua importância e respectivos aperfeiçoamentos.

### 14.1. Solução gerada

A solução gerada como um todo fornece ferramentas importantes de compreensão e continuação do trabalho efectuado, sendo um compêndio de informação completo e descritivo a todos os níveis considerados relevantes:

- tipos de dispositivos e soluções existentes, modos de utilização, estruturação de um componente de Integração de Dados, GPS em termos de Hardware e formas de comunicação, especificações de dispositivos e comunicações com o satélite;
- formas de debug no dispositivo e no emulador, BT no emulador e drivers específicos e proprietários;
- distâncias, seus tipos e especificações e respectivas formas de melhor aproximar ao cenário real e ao específico;
- heurísticas nas distâncias, TSP e respectiva resolução por A\* e Caixeiro Viajante Linear;
- Tours, POIs, relações de POIs, Tags e dados de utilizador;
- importação de dados e soluções empregues (funcionais e conceituais);
- módulo de simulação, manutenção de pontos KML e parser em PHP;
- e por último, é feita uma descrição específica dos módulos programáticos incluindo o Form usado, a Classe Util e o eTourismDI.

Neste sentido, eTourismDI adquire importância, pois contribui para o preenchimento de uma lacuna de geração de Tours na Cidade do Porto, com um sentido de investigação e de extrema relevância do conhecimento preponderante para a inovação e empreendimento de novas e melhores tecnologias, que fomentam ideias, soluções e, porque não, ideias de negócio.

Nesta vertente o eTourismDI, associado a um módulo GUI, poderia ser facilmente evoluído para lidar com condições específicas de um dado Tour proposto, de um qualquer local do globo, preparado para zonas históricas por excelência, mas capaz de lidar com imprevistos de outras ordens.

### 14.2. Possíveis aperfeiçoamentos

As sugestões são vastas quando consideramos possibilidades de aperfeiçoamento, e algumas delas já foram incluídas nos pressupostos de elaboração deste trabalho, no seu arranque. Não foram empregues devido a complicações emergentes e falta de tempo em geral.

De extrema importância, seria a inclusão de som e o acompanhamento do Tour na língua do utilizador, ou pelo menos, em Inglês.

Importante também, seria um Tour que detectaria (por exemplo: devido à existência ou não de sinal) se o utilizador estaria num local de visita, passando para um modo “dentro-de-portas” que iria iniciar uma Tour do local, no seu interior, com uma descrição à vista e do que poderia ver mais adiante.

Poder-se-á também dar uso às capacidades de SMS e MMS e comunicar com o utilizador eventos e outras informações úteis, permitindo até actualização de Tour e de POIs. Este método poderia, por exemplo, fornecer informação que o espectáculo de logo acabou de esgotar, ou que afinal houve duas desistências.

Internet e outros modos de comunicação também seriam relevantes para ceder informação *on-the-fly* e maior especificação no serviço cedido ao utilizador.

## 15. Referências

**INE** [Online]

[http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0000739&selTab=tab2](http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000739&selTab=tab2),

[http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0000738&selTab=tab2](http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000738&selTab=tab2),

[http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0000734&selTab=tab2](http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000734&selTab=tab2),

[http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_destaquas&DESTAQUESdest\\_boui=73979&DESTAQUESmodo=2](http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaquas&DESTAQUESdest_boui=73979&DESTAQUESmodo=2), 2009

**EUROSTAT** [Online] [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-30-08-550/EN/KS-30-08-550-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-30-08-550/EN/KS-30-08-550-EN.PDF), 2009

**D. Park, T. Nam, C. Shi, G. Golub, C. Van Loan**, Designing an immersive tour experience system for cultural tour sites, ACM Press, New York, NY. pp. 1193-1198, 2006

**Sérgio Guedes**, Tese de Mestrado em Engenharia Informática - eTourismGUI, Interfaces Adaptativas, 2009

**Garmin** [Online] <https://buy.garmin.com/shop/shop.do?cID=142&pID=349>,  
<https://buy.garmin.com/shop/shop.do?cID=160&pID=10885#>, 2009

**Ndrive** [Online] <http://www.ndriveweb.com/products/product/54/>,  
<http://www.ndriveweb.com/products/product/62/>, 2009

**Engadget** [Online] <http://www.engadget.com/2006/08/22/casio-unveils-gpr-100-smallest-gps-enabled-watch/>, 2009

**Maps-Gps-Info** [Online] <http://www.maps-gps-info.com/gp-wtchs.html>, 2009

**Nuno Gomes, Carlos Ramos, Cristiano Pereira, and Francisco Nunes**, Ubiquitous Ambient Intelligence in Flight Decision Assistance System, Lectures Notes in Artificial Intelligence, vol. 4874, pp.296-308, Springer Verlag, 2007

**Flymaster** [Online] <http://www.flymaster.net/Products/FlymasterB1Vario/tabid/102/Default.aspx>, 2009

**Tom Tom** [Online] <http://www.tomtom.com/products/maps/index.php?Lid=17>, 2009

**Cnet** [Online] <http://www.cnet.com.au/mobilephones/phones/0,239025953,339285935,00.htm>,  
<http://www.cnet.com.au/cartech/gps/0,2000438599,339286866,00.htm>, 2009

**Nokia** [Online] <http://www.nokia.pt/produtos/todos-os-modelos/nokia-6710-navigator/especificacoes>, 2009

**E-Thesis** [Online] [http://www.e-thesis.inf.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=2686&Itemid=57](http://www.e-thesis.inf.br/index.php?option=com_content&task=view&id=2686&Itemid=57), 2009

**Webopedia** [Online]

[http://webopedia.com/DidYouKnow/Hardware\\_Software/2008/smartphone\\_cellphone\\_pda.asp](http://webopedia.com/DidYouKnow/Hardware_Software/2008/smartphone_cellphone_pda.asp), 2009

**TheSmartPDA** [Online]

[http://www.thesmartpda.com/50226711/what\\_exactly\\_is\\_a\\_smartphone\\_and\\_what\\_exactly\\_is\\_a\\_pda.php](http://www.thesmartpda.com/50226711/what_exactly_is_a_smartphone_and_what_exactly_is_a_pda.php), 2009

**Apple** [Online] <http://www.apple.com/iphone/features/maps.html>, 2009

**Wikipedia Hype** [Online] [http://en.wikipedia.org/wiki/Hype\\_cycle](http://en.wikipedia.org/wiki/Hype_cycle), 2009

**HTC** [Online] <http://www.htc.com/www/product/touchhd/specification.html>, <http://www.htc.com/www/product/dream/specification.html>, 2009

**Google Phone** [Online] <http://www.google-phone.com/>, <http://www.google-phone.com/google-phone-gphone-features-and-specifications>, <http://www.google-phone.com/google-phone-or-gphone-concept-designs>, 2009

**Blackberry** [Online] [http://na.blackberry.com/eng/devices/blackberrystorm/storm\\_specifications.jsp](http://na.blackberry.com/eng/devices/blackberrystorm/storm_specifications.jsp), [http://na.blackberry.com/eng/devices/features/blackberry\\_maps.jsp](http://na.blackberry.com/eng/devices/features/blackberry_maps.jsp), 2009

**Inosat** [Online] <http://inosat.inovadesign.pt/home/carjacking-localizacao-pessoas.aspx>, [https://loja.acp.pt/mostra\\_produto.php?MIT=500000000&produto\\_id=1082&pag=1&tipo\\_produto\\_id=&cat=](https://loja.acp.pt/mostra_produto.php?MIT=500000000&produto_id=1082&pag=1&tipo_produto_id=&cat=), <http://www.geo24.pt/porgeofinder.html>, [http://online.equipolarcar.com/catalog/product\\_info.php?cPath=34&products\\_id=936&osCsid=d2efc44d391e907855f0dea641fc05c1](http://online.equipolarcar.com/catalog/product_info.php?cPath=34&products_id=936&osCsid=d2efc44d391e907855f0dea641fc05c1), 2009

**Carblok** [Online] <http://www.carblok.com/>, 2009

**SafetyRally** [Online] <http://www.safetyrally.pt/>, 2009

**Anti-Carjacking** [Online] <http://www.anti-carjacking.net/carjacking.html>, 2009

**Rashkind** [Online] [http://www.rashkind.com/alternatives/dir\\_05/Williams\\_roleGPS.ppt](http://www.rashkind.com/alternatives/dir_05/Williams_roleGPS.ppt), 2009

**Questguard** [Online] [http://www.questguard.com/GPS-Tracking-Solutions\\_GPS-Alternatives-to-Incarceration.html](http://www.questguard.com/GPS-Tracking-Solutions_GPS-Alternatives-to-Incarceration.html), 2009

**Omnilink** [Online] [http://www.omnilink.com/omnilink\\_judicial/curfew\\_housearrest.aspx](http://www.omnilink.com/omnilink_judicial/curfew_housearrest.aspx), 2009

**Universidade de Umea, Stefan Adolfsson, Emil Gunnarsson, Niklas Larsson** [Online] <http://www.cs.umu.se/kurser/TDBD15/VT04/report4.pdf>, 2004

**ESA** [Online] [http://www.esa.int/esaNA/SEMVQOS1VED\\_index\\_0.html](http://www.esa.int/esaNA/SEMVQOS1VED_index_0.html), [http://www.esa.int/esaNA/ESAAZZ6708D\\_galileo\\_0.html](http://www.esa.int/esaNA/ESAAZZ6708D_galileo_0.html), 2009

**Wired** [Online] <http://www.wired.com/medtech/health/news/2003/06/59174>, 2009

**National Federation of the Blind** [Online] <http://nfb.org/legacy/bm/bm06/bm0602/bm060206.htm>, 2009

**Sendero Group** [Online] <http://www.senderogroup.com/shop.htm#GPS>, 2009

**RedTour** [Online] <http://www.redtourgps.com>, 2009

**GoCar** [Online] <http://www.gocartours.pt>, 2009

**GyPSy** [Online] <http://www.gpstourscanada.com>, 2009

**City Navigator** [Online] <http://www.citynavigators.com>, 2009

**Prague Information Service** [Online] [http://www.pis.cz/en/prague/abc\\_for\\_tourists](http://www.pis.cz/en/prague/abc_for_tourists), 2009

**G. Pilato, A. Augello, A. Santangelo, A. Gentile, S. Gaglio**, An intelligent multimodal site-guide for the Parco Archeologico della Valle del Temple in Agrigento, Proc. of the First Workshop in Intelligent Technologies for Cultural Heritage Exploitation, European Conference on Artificial Intelligence, 2006

**Stefania Costantini, Leonardo Mostarda, Arianna Tocchio, and Panagiota Tsintza**; DALICA: Agent-Based Ambient Intelligence for Cultural-Heritage Scenarios; Special Issue on Ambient Intelligence, IEEE Intelligent Systems magazine, vol 23, n. 2, pp 34-41, 2008

**GPS Ranger** [Online] <http://www.toursbygps.com>, 2009

**Node Explorer** [Online] <http://www.nodeexplore.com>, 2009

**Sightseeing in Seville** [Online] <http://www.sightseeing-in-seville-spain.com/seville-guide.html>, 2009

**Geovative** [Online] <http://www.geovative.com>, 2009

**Bluetooth** [Online] <http://electronics.howstuffworks.com/bluetooth1.htm>, 2009

**Pidion** [Online] [http://www.mypidion.com/products/bip\\_5000/default\\_02.asp](http://www.mypidion.com/products/bip_5000/default_02.asp), 2009

**Microsoft BT WM Emulator** [Online]

<http://search.microsoft.com/results.aspx?form=MSHOME&mkt=en-US&setlang=en-US&q=mobile+emulator+bluetooth>, <http://32feet.net/forums/p/2431/7464.aspx>, <http://social.msdn.microsoft.com/Forums/en-AU/microsoftdeviceemu/thread/2e6174a7-0fa7-4523-9d66-5227fbc77a98>, <http://social.msdn.microsoft.com/Forums/en-US/microsoftdeviceemu/thread/bb5c2290-f94c-4a6e-afc4-e4e5f18f900f>, <http://social.msdn.microsoft.com/Forums/en-AU/microsoftdeviceemu/threads>, 2009

**Microsoft SQL CE** [Online] <http://social.msdn.microsoft.com/Forums/en-US/sqlce/thread/6a74c1f8-eaeb-4e07-964c-817121459989/>, [http://en.wikipedia.org/wiki/SQL\\_Server\\_Compact](http://en.wikipedia.org/wiki/SQL_Server_Compact), 2009

**Wikipedia ACID** [Online] <http://en.wikipedia.org/wiki/ACID>, 2009

**Blu-max GPS Hardware** [Online] [http://www.blu-max.com/products/gps\\_101\\_receiver.html](http://www.blu-max.com/products/gps_101_receiver.html), 2009

**FreeBT Bluetooth Driver, Antony C. Roberts** [Online] <http://www.freebt.net/downloads/dist/unpacked/docs/driver.html>, 2009

**BT Emulator, Dmitry Klionsky** [Online] <http://code.google.com/p/bthmsdevemul/>, 2009

**Marvin Minsky**, "Semantic Information Processing", 1968

**Alon Y. Levy**, "Combining Artificial Intelligence and Databases for Data Integration", 1999

**Jack Copeland**, "Artificial intelligence: a philosophical introduction", 1993

**Sudarshan Chawathe, Hector Garcia-Molina, Joachim Hammer, Kelly Ireland, Yannis Papakonstantinou, Jeffrey Ullman, Jennifer Widom**, "The TSIMMIS Project: Integration of Heterogeneous Information Sources", 1998

**GLONASS, Russian Space Agency (RSA)**, "GLONASS constellation status for 18.01.08 under the analysis of the almanac and accepted in IANC (UTC)". [Online] <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/pls/htmldb/f?p=202:20:4969607893141445194::NO>, 2008

**GLONASS, Andrew E. Kramer**, "Russia Challenges the U.S. Monopoly on Satellite Navigation". New York Times [Online] <http://www.nytimes.com/2007/04/04/business/worldbusiness/04gps.html>, 2007

**National Marine Electronics Association**, "NMEA-0183 Messages", 2004

**Wikipedia NMEA**, [Online] [http://en.wikipedia.org/wiki/NMEA\\_0183](http://en.wikipedia.org/wiki/NMEA_0183), [http://en.wikipedia.org/wiki/Echo\\_sounder](http://en.wikipedia.org/wiki/Echo_sounder), <http://pt.wikipedia.org/wiki/Anem%C3%B4metro>, <http://en.wikipedia.org/wiki/Gyrocompass>, [http://en.wikipedia.org/wiki/Self-steering\\_gear](http://en.wikipedia.org/wiki/Self-steering_gear), 2009

**Wikipedia GPS** [Online] <http://en.wikipedia.org/wiki/GPS>, 2009

**Wikipedia Decimal Degrees** [Online]

[http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic\\_coordinate\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_coordinate_system), [http://en.wikipedia.org/wiki/Decimal\\_degrees](http://en.wikipedia.org/wiki/Decimal_degrees), 2009

**Navigation Center GPS Almanac** [Online] <http://www.navcen.uscg.gov/gps/almanacs.htm>, 2009

**Wikipedia GPS Ephemeris** [Online] <http://en.wikipedia.org/wiki/Ephemeris>, 2009

**Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces**, Space and Missile Systems Center (SMC), Navstar GPS Joint Program Office (SMC/GP), 2004

**National space-based Positioning**, Navigation, and Timing Executive Committee, 2008

**Defense Link** [Online] <http://www.defenselink.mil/>, 2007

**America.Gov.**, "United States Updates Global Positioning System Technology". [Online] <http://www.america.gov/xarchives/display.html?p=washfile-english&y=2006&m=February&x=20060203125928lcnirellep0.5061609.>, 2006

**Richard Langley** "The Mathematics of GPS", 1991

**David L. Wilson's** "GPS Accuracy Web Page A thorough analysis of the accuracy of GPS", 2009

**Wikipedia, GPS Precision** [Online] [http://en.wikipedia.org/wiki/GPS\\_signals](http://en.wikipedia.org/wiki/GPS_signals), 2009

**Edwin Pounder e John R. Casini**, US Patent No. 3,685,352, 1972

**Andrew Hedges** [Online] <http://andrew.hedges.name/experiments/haversine/>, 2009

**Robert G. Chamberlain, William H. Duquette**, "Some Algorithms for Polygons on a Sphere", 2007

**Wikipedia Raio Terrestre** [Online] [http://en.wikipedia.org/wiki/Earth\\_radius](http://en.wikipedia.org/wiki/Earth_radius), 2009

**Erols DOP**, [Online] <http://users.erols.com/dlwilson/gps.htm>, 2009

**Bob Chamberlain**, "COMPUTING DISTANCES" [Online] <http://cs.nyu.edu/visual/home/proj/tiger/gisfaq.html>, 2001

**Wikipedia Manhattan**, [Online] [http://en.wikipedia.org/wiki/Manhattan\\_distance](http://en.wikipedia.org/wiki/Manhattan_distance), 2009

**Carlos Ramos**, "Métodos de Pesquisa", 2006

**Applegate, D. L.; Bixby, R. E.; Chvátal, V.; Cook, W. J.** "The Traveling Salesman Problem: A Computational Study, Princeton University Press", ISBN 978-0-691-12993-8 , 2006

**David Aldous, Allon G. Percus** "Scaling and Universality in Continuous Length Combinatorial Optimization" CoRR cond-mat/0301035, 2003

**Olin Johnson, Jing Liu** "A traveling salesman approach for predicting protein functions. Source Code for Biology and Medicine 1", 2003

**David Applegate , William Cook, Sanjeeb Dash, André Rohe** "INFORMS Journal on Computing archive Volume 14 , Issue 2 - Solution of a Min-Max Vehicle Routing Problem", ISSN:1526-5528, 2002

**Robert Bosch and Adrienne Herman** "Continuous line drawings via the traveling salesman problem", 2004

**Gregory Gutin, Helmut Jakobowicz, Shuki Ronen, Alexei Zverovitch** "Seismic vessel problem", 2005

**Concorde TSP Solver, David Applegate** "Concorde TSP Solver", 2006

**Wikipedia, TSP** [Online] [http://en.wikipedia.org/wiki/Travelling\\_salesman\\_problem](http://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem), 2009

**Wikipedia DEC Alpha** [Online] [http://en.wikipedia.org/wiki/Alpha\\_processor](http://en.wikipedia.org/wiki/Alpha_processor), 2009

**Wikipedia, Concorde TSP Solver** [Online] [http://en.wikipedia.org/wiki/Concorde\\_TSP\\_Solver](http://en.wikipedia.org/wiki/Concorde_TSP_Solver), 2009

**Wikipedia KML** [Online] [http://en.wikipedia.org/wiki/Keyhole\\_Markup\\_Language](http://en.wikipedia.org/wiki/Keyhole_Markup_Language),  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Open\\_Geospatial\\_Consortium](http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium),  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Geography\\_Markup\\_Language](http://en.wikipedia.org/wiki/Geography_Markup_Language), 2009

**PHP** [Online] <http://www.php.net>, 2009



# Anexos

## A. Modelo Aplicacional

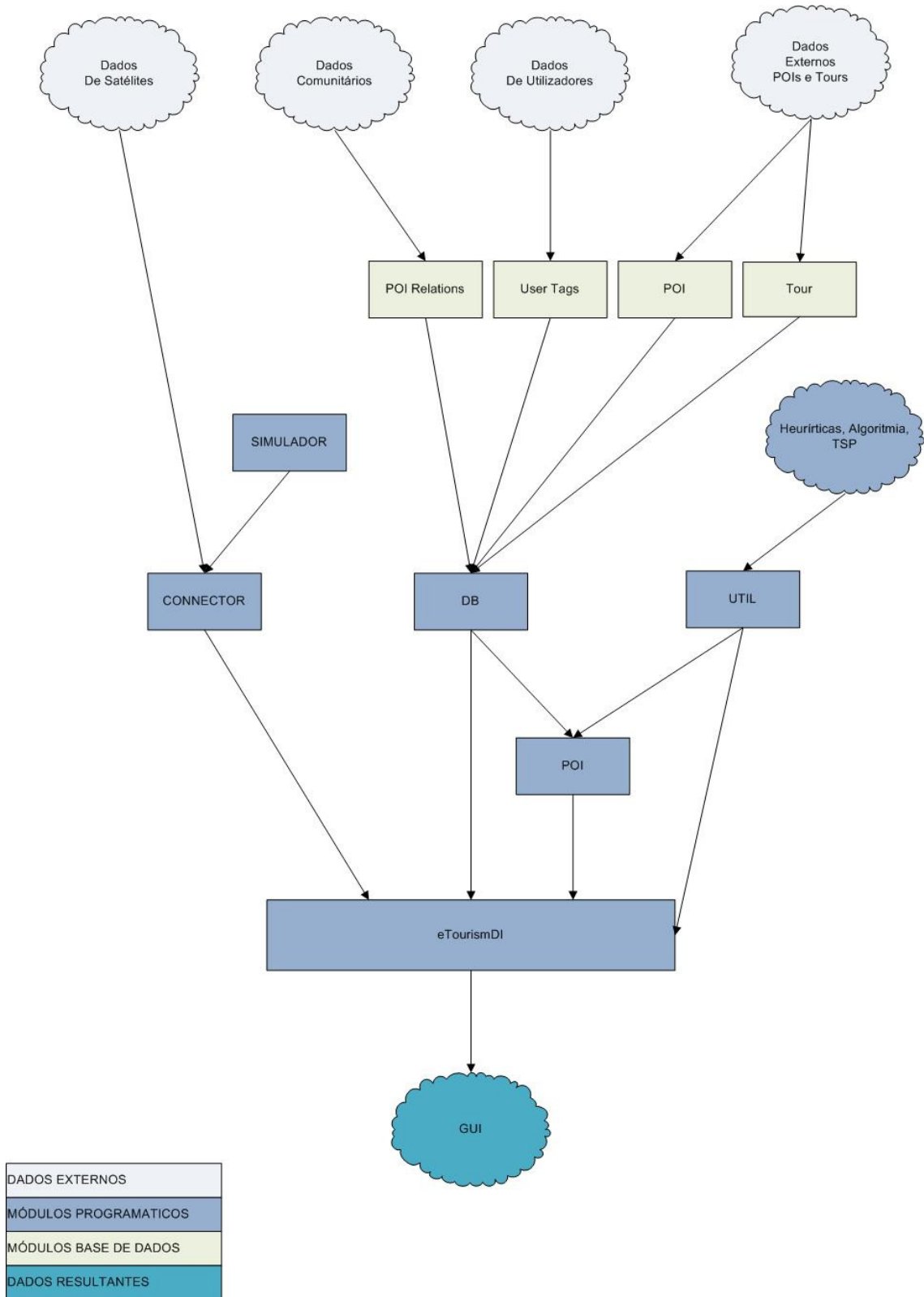


Fig. 85 (Modelo Aplicacional)

## B. Modelo Relacional

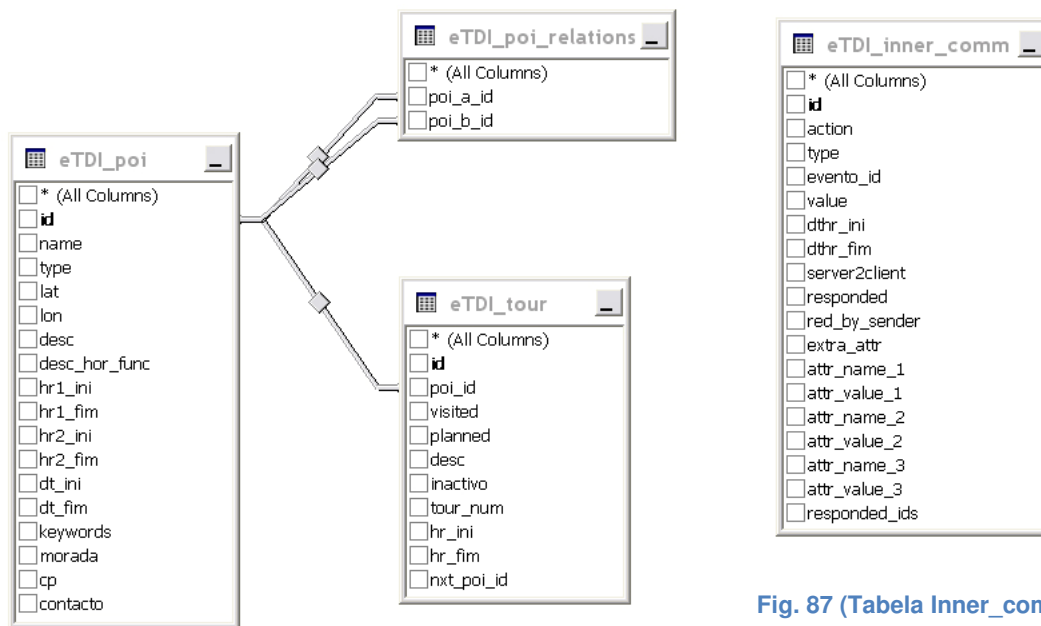


Fig. 87 (Tabela Inner\_comm)

Fig. 86 (Modelo POI-Tour-Relações de POIs)

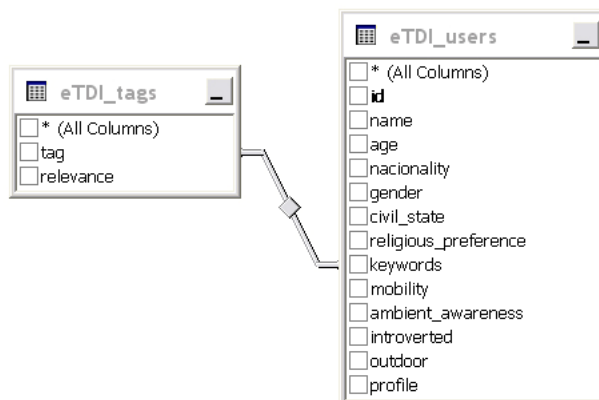


Fig. 88 (Modelo Users-Tags)

## C. Diagrama de Clases



Fig. 89 (Diagrama de Clases - Métodos)

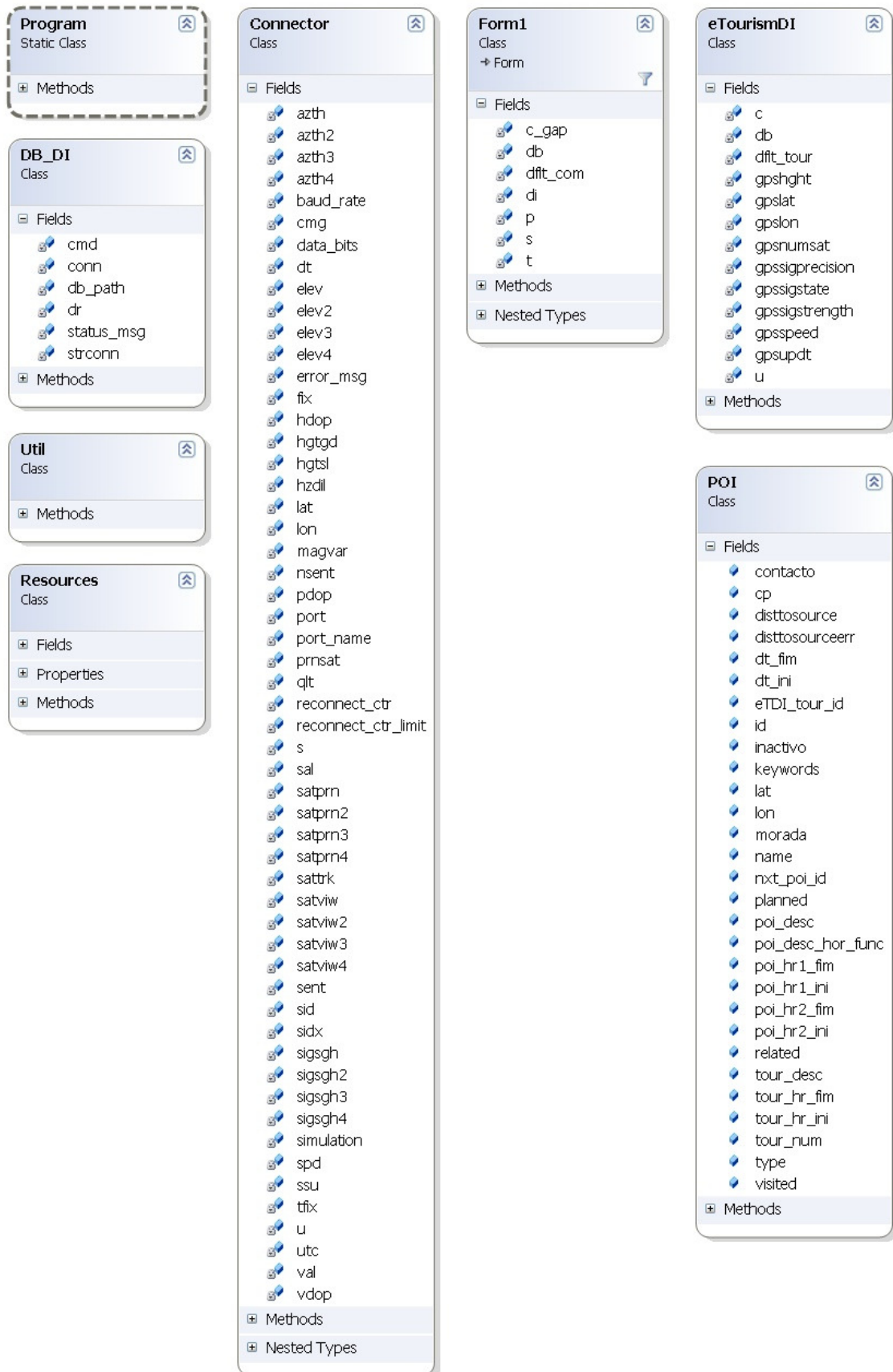


Fig. 90 (Diagrama de Classes - Variáveis)

## D. Quadro de Projecto eTourism

Quadro 11 (Tempos e Descritivos dos Módulos Criados)

