

eTourismGUI - Adaptive Interface



Departamento de Engenharia Informática

Sérgio Manuel Marques Guedes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática

Área de Especialização em Tecnologias do Conhecimento e Decisão

Orientadora: Prof. Doutora Ana Maria Neves de Almeida Baptista Figueiredo

Co-orientador: Mestre António Constantino Lopes Martins

Júri

Presidente: Prof. Doutora Maria de Fátima Coutinho Rodrigues, Professora Coordenadora, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de Engenharia Informática

Vogais: Prof. Doutor Paulo Novais, Professor Auxiliar, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Informática;

Prof. Doutora Ana Maria Neves de Almeida Baptista Figueiredo, Professora Adjunta, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de Engenharia Informática; Prof. Doutor Luiz Felipe Rocha de Faria, Doutor, Equiparado a Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de Engenharia Informática; Mestre António Constantino Lopes Martins, Mestre Equiparado a Assistente do 2º Triénio, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de Engenharia Informática.

Porto, Outubro de 2009

*A todos os que me ajudaram ao longo deste
percurso*

Agradecimentos

A terminar esta dissertação para a obtenção de grau de mestre, resta-me registar os sinceros agradecimentos a todas as pessoas que de forma directa ou indirecta, me ajudaram a atingir os objectivos, contribuindo para a concretização desta dissertação, estimulando-me intelectual e emocionalmente.

À Professora Doutora Ana Maria Neves de Almeida Baptista Figueiredo, Orientadora da dissertação, pela competência com que orientou esta minha tese e o tempo que generosamente me dedicou transmitindo-me os melhores e mais úteis conhecimentos, com paciência e confiança. Pelo acesso que me facilitou a uma pesquisa mais alargada e enriquecedora e pela sua critica sempre tão atempada.

Ao Mestre António Constantino Lopes Martins, Co-Orientador da dissertação, pela confiança que sempre depositou em mim e por todo o conhecimento e informação que me disponibilizou, permitindo alargar o meu conhecimento.

Aos meus orientadores referidos anteriormente, pela confiança que me depositaram e que permitiu que pudesse desenvolver esta dissertação numa área tão aliciante.

Por fim gostava de agradecer aos meus pais e irmã por todo o apoio que me deram em todos os momentos e pela confiança que depositaram em mim.

Resumo

A tecnologia tem sido alvo de constantes evoluções, fornecendo um vasto leque de opções a nível de Interfaces com o intuito de as tornar práticas e intuitivas, facilitando a realização de tarefas para as quais foram concebidas. O conceito *User Friendly* está cada vez mais presente no desenvolvimento de Interfaces existindo, neste campo, uma preocupação crescente em satisfazer os requisitos de grupos de utilizadores com diferentes perfis, tornando-as mais intuitivas e fáceis de memorizar. Neste sentido, surgiu o conceito de Interfaces Adaptativas que, tem como principal objectivo a adaptação da Interface ao perfil de cada utilizador. Esta adaptação é possível através de técnicas capazes de adquirir conhecimento através de experiências, como as usadas em Inteligência Artificial.

O objectivo desta dissertação foi o desenvolvimento de um método que permita disponibilizar, ao utilizador, uma Interface Adaptativa capaz de se ajustar a cada perfil de utilizador. A Interface foi desenvolvida num dispositivo móvel apoiado num Sistema de Apoio à Decisão, disponibilizando uma Interface mais apelativa na obtenção de informação sobre Pontos de Interesse. A adaptação da Interface é efectuada automaticamente através da análise dos comportamentos do utilizador durante a navegação.

A utilização dos dispositivos móveis irá permitir ao turista o acesso à informação em tempo real. Esta informação será disponibilizada através da aplicação, eTourismDI, a qual tem como objectivo fornecer um sistema de recomendação na área do turismo. Desta forma, serão disponibilizados Pontos de Interesse na localização onde o utilizador se encontra, como locais históricos, monumentos, eventos, entre outros.

O sistema de modelação do perfil do utilizador é representado através de uma rede Bayesiana que estará guardada no dispositivo móvel. Os Nós da rede Bayesiana representam um conjunto de factos observados durante a utilização da Interface como, a utilização da ajuda e as alterações das preferências. Estas observações permitirão criar evidências sobre os Nós pai que irão influenciar os Nós filhos, como o caso do Nó User, alterando os valores das probabilidades dos seus estados. Os valores probabilísticos dos estados do Nó filho User permitirão, obter o perfil do Utilizador, permitindo adaptar a Interface e enriquecendo a sua navegação.

Palavras-chave: Modulação do perfil do utilizador, adaptatividade, Sistema de Recomendação, turismo, dispositivo móvel, Regras de Adaptatividade.

Abstract

In the latest years technology has suffered constant upgrades. Supplying a large number of visual Interface options, with the single objective of making them more practical and intuitive than ever. This way, managing to improve task resolution mechanisms the concept “User friendly” is nowadays very present in the Interface development, representing a constant concern in evolution and maturation of the whole concept, towards successfully solving distinct user group requisites, resulting in an appealing and easy to remember Interface. Adaptive Interfaces, gains momentum through Artificial Intelligence techniques, developing profile driven Interface adaptations, derived by requisites guidelines.

The objective of this dissertation is to supply users a Adaptive Interface that will be able to adjust to distinct user groups. The Interface will be deployed in a mobile device, supported by a Decision Support System, providing an intuitive Interface, appealing and easy to remember in obtaining information as Points of Interest. The customization process is automatic and realized through data analysis of user inputs, during the Tour.

Using mobile computation resources will allow the tourist to access real-time information. This information will be supplied by eTourismDI and will generate recommendations; Points of Interest on the user location, Historic Landmarks, Events, etc.

Profile modulation system is represented by a Bayesian Network, placed in the mobile device. The network nodes will act as an amalgamation of facts realized during the Interface usage; when using help, changes in preferences among others. The node will influence adjacent nodes, and this way returning the user profile. During the Interface interaction, this profile will be altered generating changes in the Interface, that on the other hand will generate more changes on the profile, readapting and fine-tuning the whole Interface, and enriching navigation.

Keywords: User-profile Modulation, Adaptive, Recommendation Systems, Tourism, Mobile Device, Adaptive Rules

Índice

<i>Agradecimentos</i>	<i>v</i>
<i>Resumo</i>	<i>vii</i>
<i>Abstract</i>	<i>ix</i>
<i>Índice</i>	<i>xi</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>xix</i>
<i>Índice de Tabelas</i>	<i>xxiii</i>
<i>Notação</i>	<i>xxv</i>
1 Introdução	27
1.1 Objectivos	29
1.1.1 Planeamento do projecto	31
1.2 Motivações	32
1.3 Contributos deste trabalho	34
1.4 Organização da Dissertação	34
2 Estado da Arte	37
2.1 Interfaces Adaptativas	37
2.1.1 Definição de Interfaces Adaptativas.....	38
2.1.2 Interfaces Adaptativas	39

2.1.3	Técnicas de adaptatividade.....	43
2.1.3.1	Redes Neurais	43
2.1.3.2	Raciocínio Baseado em casos	47
2.1.3.3	Redes Bayesianas	50
2.1.3.4	Análise Comparativa	57
2.2	Representação da Interface.....	59
2.2.1	Breve introdução a Historia das Interfaces.....	59
2.2.2	Princípios no desenvolvimento de uma Interface: Usabilidade.....	61
2.3	Mapa	64
2.3.1	Sistema de Coordenadas.....	65
2.3.2	Representação do Mapa	67
2.4	PDA	70
2.4.1	Sistema Operativo	71
2.4.1.1	Android	71
2.4.1.2	Windows Mobile	72
2.4.2	Ferramentas para PDA	74
2.4.2.1	Turismo	75
2.4.2.2	Geológica	77
2.4.2.3	Parapente	77
2.4.2.4	Medicina	78
2.4.2.5	GPS	79

2.5	Casos de estudo	82
2.5.1	MoViSys	82
2.5.2	Interfaces Adaptativas para museus virtuais	83
2.5.3	Interface Adaptativa em sistemas de informação num veículo	84
2.5.4	Interfaces Adaptativas para PDA Baseadas nas preferências de pesquisa	85
2.5.5	MASTROCARONTE	86
2.5.6	Mobile Fotolog.....	87
2.6	Resumo.....	89
3	<i>Desenvolvimento e Implementação</i>	<i>91</i>
3.1	eTourismDI Tratamento de Dados.....	91
3.1.1	Pontos de Interesse	93
3.1.2	Tour.....	94
3.1.3	Tags.....	95
3.2	Interface.....	96
3.3	Redes Bayes	99
3.3.1	Construção das redes Bayesianas	100
3.3.2	Aplicação da regra de Bayes	111
3.4	Adaptação da Interface	118
3.5	Mapa	121
3.5.1	ShapeFile.....	122
3.5.2	Sistema de coordenadas	123
3.5.3	Representação do Mapa	124

3.6	Avaliação de resultados	130
3.6.1	Discussão dos resultados	133
3.7	Resumo.....	134
4	Conclusão	135
4.1	Objectivos realizados	138
4.2	Trabalho futuro.....	140
	<i>Referencias</i>	<i>141</i>
	<i>Anexo I – Base Dados</i>	<i>147</i>
	<i>Anexo II – XML com a rede de Bayes</i>	<i>149</i>
	<i>Anexo III – Código Fonte</i>	<i>153</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1 - Arquitetura Model View Controll (MVC) (Giani, 2005)</i>	40
<i>Figura 2 - Arquitetura para Geração de Interfaces Adaptativas (Giani, 2005).</i>	41
<i>Figura 3 – Rede neuronal (Kovacs, 2006)</i>	46
<i>Figura 4 - Representação de um sistema baseado em casos (FEXA, 2009)</i>	47
<i>Figura 5 - Etapas do ciclo de um caso (FEXA, 2009)</i>	48
<i>Figura 6 - Grafo orientado acíclico (Carvalho, 2001)</i>	50
<i>Figura 7 - Grafo orientado acíclico (Carvalho, 2001)</i>	51
<i>Figura 8 - Rede Bayesiana</i>	54
<i>Figura 9 - Rede Bayesiana com evidência</i>	56
<i>Figura 10 - Sistema On-Line System (Griffin, 2009)</i>	60
<i>Figura 11 - Interface Gráfica do sistema 8010 (Wikipedia, 2009)</i>	61
<i>Figura 12 - Representação da Latitude (ANC, 2009)</i>	66
<i>Figura 13 - Representação da Longitude (ANC, 2009)</i>	66
<i>Figura 14 - Representação gráfica de um ficheiro Shape</i>	69
<i>Figura 15 - Exemplo de GPS para turista (DST, 2009)</i>	75
<i>Figura 16 - Exemplo de Áudio Guias para turista (Martinho, 2009)</i>	76
<i>Figura 17 – Exemplo de uma aplicação para turista (NGH, 2005)</i>	77
<i>Figura 18 – GPS NDrive com imagens 3D(NDrive, 2009)</i>	79
<i>Figura 19 – GPS TomTom (TomTom, 2009)</i>	80
<i>Figura 20 – Representação do contexto 1, estudante universitário com baixo risco (Console et al, 2009).</i>	87
<i>Figura 21 - Representação do contexto 1, estudante universitário com médio risco (Console et al, 2009).</i>	87

<i>Figura 22 – Mobile Adapter Servers (MAS) (Windson et al, 2005)</i>	88
<i>Figura 23 - Imagens associadas a exemplos de Estereótipos</i>	96
<i>Figura 24 – Menus principais</i>	97
<i>Figura 25 – Menu Tour</i>	98
<i>Figura 26 – Menu POI's e Community Tags</i>	99
<i>Figura 27 – Nós Rede Bayesiana</i>	100
<i>Figura 28 – Rede Bayesiana eTourismGUI</i>	100
<i>Figura 29 – Interação com a Interface</i>	102
<i>Figura 30 – Projecções</i>	123
<i>Figura 31 – Tabela da Base Dados com as coordenadas</i>	129

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 - Planeamento do Projecto</i>	31
<i>Tabela 2 - Tabela de comparação entre o cérebro e o computador</i>	44
<i>Tabela 3 - Tabela de comparação entre Computador e neurocomputador</i>	45
<i>Tabela 4 - Tabela de probabilidades condicional</i>	55
<i>Tabela 5 – Tabela de probabilidades condicional</i>	55
<i>Tabela 6 – Comparação entre Sistemas Operativos</i>	74
<i>Tabela 7 – Tabela comparativa entre as várias tecnologias</i>	81
<i>Tabela 8 - Tabela para os cálculos das probabilidades condicionais</i>	53
<i>Tabela 9 - Tabela Probabilidades Condicional</i>	103
<i>Tabela 10 - Tabela de probabilidade condicional do Nó User</i>	105
<i>Tabela 11 - Tabela da amostragem de utilizadores</i>	105
<i>Tabela 12 – Comparação entre ferramentas de leitura de Ficheiros Shape</i>	125
<i>Tabela 13 – Tabela com avaliação dos resultados</i>	131

Notação

PDA	P ersonal D igital A ssistants
GPS	G lobal P ositioning S ystem
UTM	U niversal T ransversa de M ercator
UPS	U niversal P olar S tereographic
WGS84	W orld G eodetic S ystem 1984
ESRI	E nvironmental S ystems R esearch I nstitute
GUI	G raphical U ser I nterface
GECAD	G ruppo de I nvestigação em E ngenharia do C onhecimento e A poio à D ecisão
PCMCIA	P ersonal C omputer M emory C ard I nternational A ssociation
POI	P oint O f I nterest
ERP	E nterprise R esource P lanning
BI	B usiness I nteligen
TAMH	T ayside A M aritime H istory
MPST	M obile P references S earch T ools
MAS	M obile A dapter S ervers
IA	I nteligência A rtificial
MVC	M odel V iew C ontroll
DARPA	D efense A dvanced R esearch P rojects A gency
ARPA	A dvanced R esearch P roject A gency
PARC	P alo A lto R esearch C enter
MSDOS	M icrosoft D isk O perating S ystem
OHA	O pen H andset A lliance
USB	U niversal S erial B us
DST	D irecção dos S erviços de T urismo
SIG	S istema de I nformação G eocientífica
MPST	M obile P references S earch T ools
DLL	D ynamic L ink L ibrary

1 Introdução

A evolução das capacidades e funcionalidades dos dispositivos móveis tem vindo a impulsionar, cada vez mais, a utilização generalizada destes dispositivos. Esta realidade conduziu ao aumento da diversidade e no número de aplicações para dispositivos móveis permitindo, aos utilizadores, uma maior possibilidade de escolha. Esta diversidade de aplicações, disponibilizadas para uma determinada área faz com que o desenvolvimento das mesmas se torne mais complexo. Além de ser necessário realizar as tarefas para as quais a aplicação foi desenvolvida, também se torna imprescindível desenvolver métodos que a torne mais apelativa (Giani et al, 2005). Num mundo competitivo, onde existe inúmeras aplicações direccionadas à mesma área, o uso de técnicas capazes de tornar uma Interface mais *User Friendly*, facilitando a realização de tarefas, torna-se factor decisivo na escolha do utilizador (Terra et al, 2009).

A portabilidade é uma das características mais apelativas dos dispositivos móveis, tendo em conta algumas vantagens que lhe são atribuídas, nomeadamente, a facilidade de acesso aos dados e os agendamentos e acesso em tempo real à informação. Porém, este tipo de dispositivos também apresenta algumas limitações que dificultam o desenvolvimento de aplicações. São exemplo disso, a capacidade de processamento, a memória, a autonomia, as pequenas dimensões do Ecrã, entre outras. A pequena dimensão do Ecrã é uma das maiores restrições quando se trata de desenvolver Interfaces, pois é necessário estruturar bem cada menu para que, por um lado, permita ter todas as funcionalidades e por outro que permita facilmente executar uma tarefa (Marçal et al, 2009).

A menor dimensão do Ecrã obriga ao uso de técnicas de representação dos objectos que compõem a Interface, como por exemplo, reduzir o número de elementos apresentados no Ecrã, separando-os por vários menus (Cap.3.2, pag.96). Um caso muito conhecido é o do *Global Positioning System* (GPS), TomTom¹, em que o menu principal é composto por vários menus. Nalgumas situações torna-se necessário apresentar toda a informação num único menu, como por exemplo, a apresentação de Mapas, onde geralmente ultrapassam as dimensões do Ecrã, fazendo com que haja informação que não está apresentada. Desta forma, é necessário disponibilizar ferramentas que permitam aumentar e diminuir a escala de representação (*Zooming*) e deslocar o mapa em todas as direcções do Ecrã (*Planning*).

¹ TomTom é um sistema de GPS de navegação para automóvel

Em contrapartida às limitações próprias destes dispositivos, a possibilidade de localização automática do utilizador, por exemplo, através de GPS, permite criar mecanismos capazes de ajustar a visualização ao contexto de utilização sem intervenção directa do utilizador, simplificando a interacção (Vaz et al, 2008). Este aspecto é relevante quando se trata de aplicações ligadas ao turismo, pois permite ao utilizador obter a sua localização, bem como ajustar os *Point Of Interest* (POI) a essa localização, disponibilizando um conjunto de POIS daquela localização.

De forma a evitar o desinteresse e a saturação do utilizador, foram elaboradas algumas estratégias no desenvolvimento da Interface, tais como (Lieberman, 1999):

- Desenvolvimento do *layout* da interface seguindo o padrão do software TomTom já conhecido por um grande grupo de utilizadores;
- Uso de uma linguagem simples para que seja rapidamente compreendida por parte do utilizador;
- Capacidade de a Interface se adaptar a diferentes grupos de utilizadores

Visto que o domínio da aplicação é o turismo, também houve o cuidado de representar os Pontos de Interesse num Mapa, de forma a tornar mais perceptível a localização dos mesmos, bem como as distâncias entre eles.

Uma das principais razões que levam ao desenvolvimento de aplicações com Interfaces Adaptativas traduz-se na tentativa de estruturar a sua Interface, de forma a facilitar a navegação do utilizador e tornando a mesma mais personalizada. A adaptatividade da Interface para cada perfil de utilizador tem um peso relevante sobre a decisão na escolha de uma aplicação ou pela sua substituição, pois permitirá uma melhor interacção com o utilizador e por consequência, uma maior satisfação do mesmo (Palazzo, 2002).

A capacidade de adaptar o conteúdo, a estrutura e a navegação da Interface, de acordo com as características dos utilizadores, é cada vez mais considerado um factor importante para incrementar o nível de satisfação dos utilizadores (Ranon, 2002).

Um dos métodos usados na Inteligência Artificial (IA) que permite a implementação de Interfaces Adaptativas é o método das Redes Bayesianas (Neto, 2002). Uma das características fortes destas redes, além da sua capacidade e facilidade de representar um

caso real, é a de permitir actuar com incerteza nos dados, possibilitando através de probabilidades, extrair informação com algum grau de certeza (Menkhaus, 2002). Contudo para redes com muitos Nós e estados, podem tornar as tabelas de probabilidade condicional muito grande, dificultando a sua criação e manutenção (Neto, 2002).

1.1 Objectivos

Esta dissertação tem como objectivo analisar e desenvolver métodos capazes de adaptar a Interface ao perfil do utilizador. Este trabalho de Investigação e Desenvolvimento (I&D) também foi integrado em dois projectos de Investigação financiados pela Fundação Para a Ciência e Tecnologia (FCT) o eTourismDI² e o ToursPlan.

O eTourism tem como objectivo principal a criação de um conjunto de POI, tendo em consideração a localização do turista conseguida através de coordenadas recebidas pelo Global Positioning System (GPS) e a gestão de caminhos, concedendo o percurso menos moroso.

O ToursPlan, desenvolvido pelo Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão (GECAD), é um projecto que tem como principal objectivo criar um sistema de apoio à decisão na área do turismo, tendo sido desenvolvidos algoritmos capazes de modelar o perfil do utilizador e disponibilizando Pontos de Interesse que estejam relacionados com o mesmo.

Nesta dissertação descreve-se o sistema desenvolvido com o intuito de disponibilizar uma Interface Adaptativa, o eTourismGUI. Este sistema foi desenvolvido no âmbito do mestrado na área de Tecnologias do Conhecimento e Decisão, no Instituto Superior de Engenharia do Porto. A integração deste sistema com um Sistema de Apoio à Decisão, permite disponibilizar diversos tipos de informação, tais como, Pontos de Interesse (POI) e *Tags*³ de uma determinada localização. O método para a criação da Interface tem como objectivo de tornar a mesma Adaptativa, ajustando-a às características de cada utilizador. Foram definidos três grupos de utilizadores: Iniciado, Intermédio e Avançados. Estes perfis foram definidos com o intuito de abranger os possíveis grandes grupos de utilizadores, isto é, os que têm pouco contacto com dispositivos móveis ou computadores, aqueles que mesmo não ligados à área da informática, usam os computadores como ferramenta de trabalho e os

² eTourismDI, é uma aplicação de I&D, com o objectivo de fornecer informação sobre Pontos de Interesse

³ Tag, é uma palavra-chave associada a uma informação

profissionais da área com um conhecimento mais alargado, respectivamente. Esta classificação inicial irá facilitar a adaptação da interface e reduzir a complexidade do modelo de utilizador. A criação de estereótipos é um método fácil de inicializar os perfis dos utilizadores (Martins et al, 2008). Inicialmente, irá herdar o perfil de Iniciado, sendo este o que está definido na rede quando ainda não foi realizada qualquer interacção com a interface.

Esta aplicação foi desenvolvida usando um dispositivo móvel, o que implica algumas limitações, como, nomeadamente, a autonomia, o baixo processamento e o Ecrã de pequenas dimensões. Em contra partida a estas limitações o avanço tecnológico permite que estes pequenos dispositivos forneçam um largo conjunto de funcionalidade, como tirar fotografias, localização por GPS, entre outros. Desta forma, permite que sejam desenvolvidas aplicações que explorem essas potencialidades, tornando este pequeno dispositivo numa ferramenta extremamente útil para a realização de tarefas do dia-a-dia, bem como uma excelente ferramenta de trabalho. No desenvolvimento do eTourismGUI terá em consideração as limitações dos dispositivos móveis, contornando-as através de uma melhor gestão do espaço do Ecrã, bem como algoritmos capazes de otimizar os recursos de processamento e memória.

Em resumo, o principal objectivo deste trabalho de Investigação e Desenvolvimento (I&D), é analisar e desenvolver métodos capazes de disponibilizar uma Interface Adaptativa no domínio do turismo. Para o desenvolvimento desta funcionalidade, irá ser aplicada uma técnica usada em Inteligência Artificial, o uso de redes Bayesianas. As redes Bayesianas permitem criar um conjunto de Nós ligados entre si, formando um grafo acíclico (Cap. 2.1.3.3, pag.50). Cada Nó é uma variável com vários estados possíveis. Os Nós estão ligados entre si, através de arcos, permitindo criar dependência entre eles. Estes Nós são constituídos por tabelas de probabilidade condicional, que possibilitam calcular a probabilidade de Bayes para os estados possíveis dos mesmos, quando é criada uma evidência sobre um dado Nó. Criar uma evidência consiste em passar um Nó para um determinado estado, colocando a probabilidade desse estado igual a 1 implicando que o estado contrário terá a probabilidade de 0.

Sendo o eTourismGUI uma aplicação associada ao turismo e estando integrada à aplicação eTourismDi, permite disponibilizar um Tour⁴ que consiste num conjunto de Pontos de

⁴ Tour, é um conjunto de pontos de interesse, agrupados segundo uma análise feita ao perfil do utilizador e a localização onde este se encontra.

Interesse, colocados por ordem de proximidade e fornecendo o caminho mais curto, entre eles. A disponibilização e a visualização dos Pontos de Interesse num mapa tornam a aplicação ainda mais apelativa e interessante. O eTourismGUI irá fornecer uma ferramenta capaz de representar por pontos esse Tour, bem como deslocar o mapa em todas as direcções do Ecrã (Panning) e fazer *Zoom*.

1.1.1 Planeamento do projecto

No planeamento deste trabalho foram tidas em consideração as dificuldades inerentes ao uso da tecnologia bem como a complexidade de representação de mecanismos de Inteligência Artificial num dispositivo móvel. Desta forma, foram estipulados prazos alargados, para que fosse possível concretizar com êxito todas as tarefas propostas. Apesar de terem surgido algumas dificuldades não contabilizadas para a realização do trabalho, foi possível cumprir os prazos estipulados.

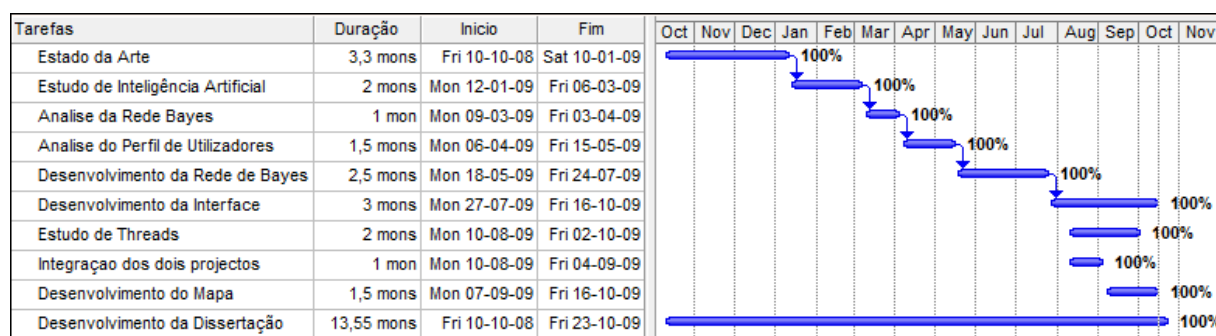


Tabela 1- Planeamento do Projecto

No planeamento foram também definidos os objectivos a alcançar em cada tarefa, como por exemplo:

- O Estado da Arte tinha como objectivo a análise de metodologias de inteligência artificial, alguns conceitos ligados à dissertação, como adaptatividade, regras de adaptatividade, usabilidade, o estudo sobre dispositivos móveis e aplicações ligadas ao mesmo, bem como representar alguns casos de estudo. Esta tarefa foi concretizada com êxito no tempo previsto, sendo um forte ponto de partida para o restante trabalho (Cap.2).
- O estudo de métodos de inteligência artificial veio reforçar na prática o que tinha sido analisado no Estado da Arte, permitindo criar metodologias capazes de representar redes de Bayes, método escolhido para análise do perfil dos utilizadores em dispositivos móveis. (Cap.2.1.3.3, pag.50).

- A análise das redes Bayes funcionou como uma ponte entre a tarefa anterior e a de análise de Perfil do Utilizador, tendo sido feitos alguns testes em redes de Bayes, bem como o estudo pormenorizado de probabilidades. Esta tarefa foi importante para se criar bases suficientes para a análise dos utilizadores. Na análise do perfil do utilizador, foram desenvolvidos alguns testes para que se pudesse compreender o que seria necessário para a criação das redes de Bayes bem como alterações necessárias na Interface (Cap.3.3.1, pag.100).
- Após a conclusão das análises, seguiu-se o desenvolvimento das redes de Bayes, onde foi construída toda a rede de raiz, os cálculos das tabelas de probabilidades condicional, testes e ajustes na classe desenvolvida (Cap.3.3.1, pag.100).
- As restantes tarefas foram realizadas em paralelo, pois o desenvolvimento da Interface engloba a integração dos dois projectos eTourismGUI e eTourismDI, para a representação de informação, para a representação dos Pontos de interesse no Mapa e para o estudo das *Threads*⁵. Esta última foi com o intuito de melhorar a navegação permitindo obter-se melhores performances. Todas as tarefas foram concretizadas com êxito e no tempo previsto (Cap.3.4, pag.118).

1.2 Motivações

Actualmente existe um infindável lote de aplicações para dispositivos móveis, disponíveis nas mais diversas áreas. Na área de turismo não é excepção, encontrando-se diversas aplicações capazes de fornecer um conjunto de Pontos de Interesse de uma determinada localização (DST, 2009). A escolha do utilizador parte, principalmente, da satisfação que sente utilizando essa mesma aplicação (Carvalho, 2005).

Uma das motivações que levou à criação do projecto foi disponibilizar uma aplicação com uma Interface mais *User-Friendly*, com o intuito de englobar três grandes grupos de utilizadores:

- Iniciados: utilizadores que têm pouco contacto com computadores.
- Intermédios: utilizadores que mesmo não ligados à área da informática, usam computadores como ferramenta de trabalho.

- Avançados: utilizadores com um conhecimento mais alargado a nível de Informática.

Identificado o perfil do utilizador, serão feitas adaptações à Interface permitindo melhorar a interacção destes grupos de utilizadores com a mesma. O objectivo destas alterações é facultar ao utilizador uma melhor interacção com a aplicação, uma rápida aprendizagem e memorização, sem o uso de manuais ou recurso a ajudas e permitindo atingir rapidamente o objectivo pretendido.

O eTourismGUI foi desenvolvido num dispositivo móvel, sendo possível disponibilizar uma diversidade de informação num pequeno aparelho. O utilizador poderá ter acesso à informação em tempo real, visto que a mesma se encontra armazenada no próprio dispositivo. O sistema de apoio à decisão, eTourismDI, permitirá analisar o perfil do utilizador e retornar a informação mais relevante.

Com o avanço das tecnologias, estes dispositivos fornecem inúmeras características relevantes, contribuindo para o desenvolvimento de aplicações mais sofisticadas. Actualmente, a maior parte destes dispositivos já trazem antena de GPS integrada, o que permite obter as coordenadas da sua localização exacta, contribuindo também para a escolha no desenvolvimento da aplicação em PDA. Esta potencialidade foi explorada pela aplicação eTourismDI, que através da análise do perfil do utilizador bem como a sua posição actual, retorna um conjunto de Pontos de Interesse focados nas preferências do utilizador.

As aplicações disponíveis para a área de turismo tendem a fornecer pouca informação (Coelho, 2009). Outra das motivações que levou ao desenvolvimento desta aplicação foi a ligação com outros dois projectos, nomeadamente, o eTourismDI e ToursPlan. Os Sistemas de Apoio à decisão destes dois projectos, permitirão disponibilizar um conjunto de Pontos de interesse de uma determinada localização, tendo como principais cuidados os meios de deslocação, o caminho mais perto entre os pontos e o facto de retornar essa informação, tendo em consideração o perfil do turista.

⁵ Threads, é o escalonamento de processos, permitindo ter vários a correr em paralelo.

1.3 Contributos deste trabalho

O desenvolvimento de aplicações na área de turismo tende a ser pobres em questões de informação como também, são desenvolvidas Interfaces pouco intuitivas, flexíveis e personalizadas para o utilizador (Coelho, 2009). O eTourismGUI, bem como a sua integração com outras duas aplicações (ToursPlan e eTourismDI), tem como objectivo solucionar essas limitações.

Algumas das características estudadas para a Interface, tais como, uma melhor gestão das pequenas dimensões do Ecrã, um reduzido número de submenus e alguns conceitos de usabilidade, permitiram uma maior satisfação por parte do utilizador. Uma das características de usabilidade é o uso de uma linguagem simples, ou seja, uma linguagem que não seja técnica, sendo reforçada com imagens. A Interface Adaptativa é a principal característica, tornando a sua utilização mais intuitiva, adequada, flexível e menos maçadora.

O facto de a aplicação ser desenvolvida num dispositivo móvel, terá como grande vantagem a portabilidade, simplificando a obtenção da informação. A mesma será obtida pelas duas tecnologias já referidas nesta dissertação, nomeadamente, eTourismDI e ToursPlan, sendo representada por texto ou através de um Mapa, permitindo ao utilizador ter duas visões sobre os Pontos de Interesse. O objectivo da representação da informação num Mapa é o de permitir uma melhor orientação por parte do turista, havendo uma melhor percepção das distâncias a percorrer bem como da deslocação que terá de realizar.

1.4 Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada pelos seguintes capítulos:

- Primeiro capítulo, a Introdução, o qual permite dar ao leitor um resumo sobre o trabalho de (I&D) realizado no âmbito do Mestrado, as motivações que levaram ao desenvolvimento do mesmo e os seus objectivos. Aborda-se também a integração do projecto eTourismGUI e dos outros dois trabalhos de (I&D), eTourismDi desenvolvido por outro aluno no âmbito do Mestrado e ToursPlan financiado pelo FCT.

- O Estado da Arte é apresentado no Segundo capítulo, o qual permite dar uma visão teórica do projecto, abordando em pormenor alguns conceitos, tais como, Interfaces Adaptativas, alguns sistemas adaptativos, técnicas de adaptatividade, nomeadamente, redes neuronais, raciocínio baseado em casos e redes de Bayes. De seguida, é apresentada uma pequena introdução à história das Interfaces para uma melhor compreensão da importância da mesma e é apresentada a importância dos Mapas em aplicações georeferenciadas. São apresentadas algumas ferramentas usadas em *Personal Digital Assistants* (PDAS) bem como alguns dos seus sistemas operativos, tais como, *Windows Mobile* e *Android*. Por último, são apresentados alguns casos de estudo de aplicações com Interfaces Adaptativas.
- No Terceiro capítulo é apresentada a Implementação da aplicação eTourismGUI, onde são abordados alguns pontos apresentados no capítulo dois, que ajudaram ao seu desenvolvimento, permitindo dar uma visão mais prática. É apresentada a Rede de Bayes usada na aplicação e que permitiu a definição do Perfil do Utilizador. É apresentada a Interface do Dispositivo e as adaptações realizadas. São apresentados algoritmos de alto nível, apresentado o que é mais relevante da aplicação e algumas ferramentas usadas para a leitura de ficheiros *Shape* para permitir a representação do Mapa. Por último, será demonstrada a avaliação realizada sobre a satisfação dos utilizadores em relação à Interface.
- No último e Quarto capítulo, a Conclusão, serão apresentadas algumas conclusões sucintas obtidas durante a realização deste projecto, bem como alguns aspectos a melhorar.
- Este documento é ainda composto por três anexos técnicos relacionados com o capítulo três.

2 Estado da Arte

Neste capítulo serão abordados os aspectos teóricos mais relevantes para o desenvolvimento da aplicação em estudo.

Desta forma, no presente capítulo é realizada uma análise mais exaustiva acerca dos aspectos basilares desta investigação, de forma a clarificar alguns dos conceitos preponderantes para a realização deste estudo, tais como, definição de interfaces Adaptativas, regras de adaptatividade, importância da interface e alguns conceitos de usabilidade. Também serão apresentados alguns pontos fortes na representação dos Pontos de Interesse num Mapa, bem como a importância de localização através de GPS. Serão apresentadas algumas áreas de utilização do PDA, dando ao leitor uma perspectiva de alguns sistemas desenvolvidos no âmbito do turismo. Por último, serão mostrados alguns casos de estudo, permitindo dar a conhecer algumas aplicações desenvolvidas na área de Interfaces Adaptativas.

2.1 Interfaces Adaptativas

A grande evolução no desenvolvimento de dispositivos móveis, bem como o aumento das suas performances e o preço ser cada vez mais competitivo, fez com que o uso destes dispositivos se tornasse imprescindível (Bottentuit, 2009). Este facto levou a que houvesse um crescimento no desenvolvimento de aplicações para estes dispositivos, sendo estas usadas por utilizadores com diferentes necessidades e conhecimentos. Desta forma, tornou-se necessário desenvolver mecanismos capazes de adaptar a Interface aos diferentes perfis de utilizador (McTear, 2000). O desenvolvimento de aplicações com Interfaces Adaptativas, permite aumentar a capacidade de interacção com o utilizador, tornando mais fácil a sua utilização e memorização por parte do utilizador (Giani, 2005). De seguida serão apresentadas algumas definições de Interfaces Adaptativas.

2.1.1 Definição de Interfaces Adaptativas

A evolução das tecnologias bem como a necessidade de criar aplicações mais dinâmicas, tem vindo a aumentar a complexidade no desenvolvimento de Interfaces para que haja uma maior interacção com o utilizador. O aumento da complexidade nota-se, principalmente, no desenvolvimento de aplicações em dispositivos móveis devido às suas limitações, tais como, pequenas dimensões do Ecrã, a utilização de processadores com menos capacidade, pouca memória, entre outras (Marçal et al, 2009). Ainda muito recentemente, as aplicações desenvolvidas eram muito estáticas, obrigando o utilizador a adaptar-se à aplicação e não o contrário, exigindo um esforço maior por parte dele para aprender a usá-la (Henricksen, 2001). Actualmente têm-se desenvolvido estudos no sentido de disponibilizarem dispositivos mais flexíveis, que permitam aos utilizadores executarem as suas tarefas de uma forma mais eficiente (Isbell et al, 2009). De seguida, serão apresentadas algumas definições para Interfaces Adaptativas.

Uma definição de Interface Adaptativa foi proposto por Pazzani, Muramatsu e Billsus (1996), que descrevem que uma Interface é Adaptativa se, dentro de um tópico pedido pelo utilizador, esta for capaz de recomendar conteúdos que um utilizador deverá achar interessante. Muito usado em motores de pesquisa, este sistema apresenta ao utilizador não só uma lista de páginas Web, como também potenciais tópicos que irão ao encontro das preferências do mesmo, como o caso da *Amazon*. Além destas possibilidades, permite que o utilizador marque tópicos do seu interesse, de forma a ser possível a criação de uma base de informação, para que, posteriormente, se possa analisar as preferências do utilizador (Langley, 2009).

Outra definição para Interfaces Adaptativas é proposta por Giani, Maurício, Nilson e Rodrigo (2005), que descrevem uma Interface Adaptativa como sendo constituída por um modelo de utilizador, permitindo:

- Dar ao sistema a capacidade de analisar as acções do mesmo identificando o seu perfil;
- Adaptar a Interface automaticamente ao perfil do utilizador;

As Interfaces Adaptativas podem ter a capacidade de se adaptarem aos diversos estilos cognitivos bem como as diversas necessidades. Por exemplo diferentes níveis de conhecimento e necessidades do utilizador, como alunos universitários e os da secundária, que pretenderam ter informação sobre um determinado tópico, com mais ou menos detalhe.

Outra definição descreve uma Interface Adaptativa como uma Interface que se tenta adequar às necessidades de cada pessoa a partir de modelos que representam o seu perfil (Rich, 1999). Sendo assim, as Interfaces Adaptativas, devem implementar mecanismos que sejam capazes de identificar este perfil, representando-o num modelo de utilizador (Palazzo, 2002). Este modelo consiste, principalmente, na aquisição de conhecimento através:

- Da análise do comportamento dos utilizadores;
- Informações inseridas pelo utilizador, tais como, idade, profissão, sexo, entre outras. Desta forma é possível a criação de algoritmos capazes de analisar esta informação e antecipar alguns dos seus comportamentos, adaptando a Interface de forma a facilitar a interacção.

Em suma, uma Interface é Adaptativa se esta tiver a capacidade de se alterar automaticamente permitindo se ajustar-se as diferentes necessidades e conhecimentos dos utilizadores. Esta potencialidade é conseguida através de algoritmos que são capazes de analisar o comportamento do utilizador, como o caso das redes Bayes (Cap. 2.1.3.3, pag.50), que permitem definir um modelo que após algumas interacções com o mesmo, vai definindo um perfil e disponibilizar diferentes formas de apresentar a informação.

2.1.2 Interfaces Adaptativas

Neste subcapítulo serão apresentadas algumas abordagens diferentes de Interfaces Adaptativas, capazes de apresentar informação mais relevante para o utilizador e capazes de interagir com este de uma forma mais eficiente. Algumas destas abordagens, tais como, a arquitectura baseada em *Model View Controll* (MVC), outras por Shardanand e Mães, Balabanovic, Basu, Hirsh, e Cohen, e por fim, uma pequena apresentação dos sistemas Hipermédia Adaptativa⁶ (Martins, 2003).

O primeiro modelo tem dois grandes objectos, por um lado a geração de Interfaces capazes de se adaptarem ao tipo de dispositivo, ou seja, a um telemóvel, PDA, computador *Desktop*, entre outros. Por outro lado, perante diferentes necessidades dos utilizadores, estas Interfaces têm a capacidade de retornar, dinamicamente, diferentes conteúdos consoante a interpretação que vai sendo feita ao perfil do utilizador. Outro factor de relevo é o facto de esta arquitectura permitir uma implementação que esteja direccionada para um ambiente multi-plataforma, ou seja, uma aplicação com várias Interfaces, de forma a satisfazer os

⁶ Hipermédia é conceito criado na década de 1960 por um filósofo e sociólogo pioneiro em tecnologias de informação, Ted Nelson

requisitos dos vários dispositivos. Esta arquitectura foi baseada no *Model View Controll*, que permite separar a estrutura da Interface em três partes distintas, no Modelo, na visão e no Controlo (Figura 1).



Figura 1 - Arquitectura Model View Controll (MVC) (Giani, 2005)

A **visão** é tudo aquilo que é apresentado ao utilizador, ou seja, as saídas gráficas que são obtidas durante a interação com a aplicação. O **controlo** interpreta as entradas obtidas pelos dispositivos, como teclados, ratos ou outros periféricos que permitam interagir com a máquina, controlando desta forma o modelo e a visão de forma a se alterarem de forma apropriada. O **modelo** controla o comportamento e os dados da aplicação, permitindo analisar o estado em que se encontra e dando as instruções necessárias para a mudança do mesmo, caso seja necessário (Giani, 2005).

A Figura 2 apresenta a estrutura desta arquitectura composta por dois níveis, o cliente e servidor.

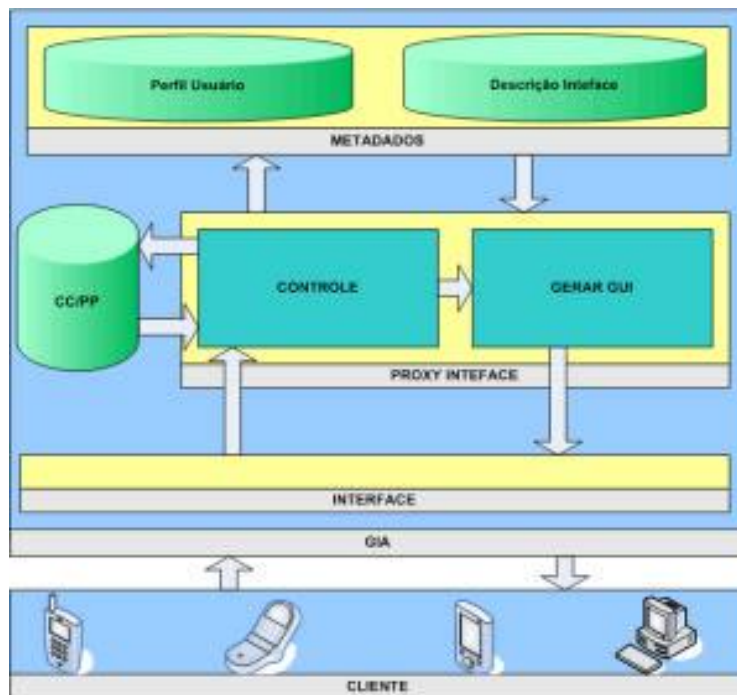


Figura 2 - Arquitectura para Geração de Interfaces Adaptativas (Giani, 2005).

Do lado do cliente os utilizadores podem aceder a diversos serviços através de diferentes dispositivos, como PDAS, Portáteis, Telemóveis e outros dispositivos móveis que permitam ter a aplicação instalada.

Do lado do servidor estão diversos módulos que serão apresentados de seguida. No Módulo dos **metadados** estão representados os perfis dos utilizadores e toda a estrutura de output que será apresentada ao mesmo, como a descrição da Interface e a descrição dos componentes da Interface. O **proxy da Interface** é uma camada intermédia entre os metadados e a Interface e tem como objectivo analisar o perfil do dispositivo, obter os dados necessários através do módulo dos metadados, de forma a ser capaz de gerar uma Interface adaptada ao perfil do utilizador e do dispositivo. Por último, a **Interface** contém a Interface propriamente dita, onde de início será apresentada uma predefinida e que irá sofrer alterações durante a utilização da aplicação (Giani, 2005).

Outra abordagem das Interfaces Adaptativas é o proposto por Shardanand e Maes (1995) que considera um sistema adaptativo, aquele que recomenda ao utilizador possíveis filmes de que ele irá gostar. Para tal, é apresentado um conjunto de filmes que o utilizador irá seleccionar como interessantes ou não, permitindo que o sistema consiga extrair o perfil do utilizador. Depois da criação de alguns perfis, consegue-se obter conjuntos de utilizadores com gostos semelhantes, permitindo propor filmes a outros utilizadores através da análise

do perfil e ajudando na escolha em caso de dúvida. Esta abordagem é designada por social ou filtragem colaborativa, uma vez que propõe itens através da análise de um grupo de utilizadores com gostos semelhantes. É um método que não requer explicitamente conhecimento sobre os produtos a serem recomendados, mas que permite através de uma análise colaborativa, apresentar artigos que possam ter forte probabilidade de serem do interesse do utilizador em questão, tornando este método adequado para comércio electrónico, onde os utilizadores tomam as suas decisões sobre características difíceis de avaliar.

Existem outras duas abordagens interessantes à volta do modelo colaborativo. Balabanovic (1998) descreve um sistema que mantém perfis tanto por utilizadores individuais como por temas e que combina as suas previsões, pelo método colaborativo, para fornecer conteúdo, podendo levar o sujeito a agir de forma diferente. Basu, Hirsh, e Cohen (1998) enunciaram uma abordagem diferente que é usar a regra da indução em ambas as preferências do utilizador e o conjunto de características de um produto fornecendo recomendações combinadas. Este raciocínio baseia-se no facto de que as duas abordagens ao terem formas diferentes de indução e tendo em conta o conteúdo e os factores sociais, é possível criar melhores sistemas de filtragem.

O modelo proposto por Balabanovic terá uma implementação mais simples, visto que é mais fácil qualificar um conjunto de artigos idênticos, de forma a futuramente propor estes mesmos artigos para utilizadores do mesmo perfil. No entanto, o modelo de Basu, Hirsh e Cohen permite-nos levantar algumas questões. Será simples qualificar e quantificar um produto? Que características do artigo são importantes ter em consideração de forma a propor o mesmo a um utilizador com perfil semelhante a outro? É importante ter uma análise mais pormenorizada quanto à avaliação dos artigos, no entanto, uma boa avaliação, trará melhores resultados.

Outra abordagem nas Interfaces Adaptativas é a dos sistemas Hipermedia Adaptativa que é dividido, em vários tipos, tais como, Sistemas de Informação Online que permite, após a interacção com o utilizador, obter dados sobre a sua personalidade e gostos, adaptando a informação as características de cada utilizador. Outro tipo é o Hipermedia educacional, permitindo direccionar o estudo dos alunos disponibilizando a informação mais importante (Brusilovsky, 1998). Um sistema de Hipermedia Adaptativo é um sistema que permite apresentar informação, ajustando a sua apresentação bem como a forma de interacção com a mesma, de acordo com características de cada utilizador, com o objectivo de não o dispersar da informação que é relevante (Martins, 2003).

Estes sistemas podem ser usados em inúmeras áreas, sempre com o intuito de focar a informação relevante para o utilizador. Apesar de já estarem a ser desenvolvidos estudos na área educacional, o seu maior foco é na Internet, visto que existe uma ampla variedade de informação e uma grande diversidade de utilizadores. Torna-se indispensável filtrar a informação de forma a direccionar a atenção dos utilizadores para o que é mais relevante. Para que este sistema funcione, é necessário criar-se mecanismos que sejam capazes de modelar o perfil do utilizador.

2.1.3 Técnicas de adaptatividade

No subcapítulo anterior, foram abordados alguns exemplos de interfaces adaptativas, as quais referiam a necessidade de um modelo de utilizador sendo este responsável por analisar o comportamento do mesmo. Para tal são usadas técnicas de aprendizagem tendo como intuito a identificação do perfil e, desta forma, adaptar a Interface ao utilizador (Almeida et al, 2006). Desta forma, para ser possível este dinamismo, foi necessário o estudo pormenorizado de métodos de aprendizagem que permitissem fazê-lo, como as redes neuronais, raciocínio baseado em casos e redes Bayesianas.

De seguida vão ser apresentadas algumas das técnicas usadas em inteligência artificial que, através de um conhecimento previamente fornecido, têm a capacidade de resolver novos problemas e aprender. O estudo pormenorizado destas técnicas deve-se ao facto de as mesmas se revelarem de extrema importância para a obtenção do perfil do utilizador e desta forma Adaptar a Interface (Giani, 2005).

2.1.3.1 Redes Neuronais

As redes neuronais são inspiradas no cérebro humano que é constituído por aproximadamente 10 biliões de neurónios ligados entre si e que podem errar em alguns raciocínios mas ao mesmo tempo aprender (Santos, 2003). A rede neuronal proporciona uma grande capacidade de processamento e armazenamento de informação. A ligação entre os neurónios é feita através de sinapses e, juntos, formam uma rede neuronal. Sinapses são as ligações entre os neurónios que estão na sua extremidade, permitindo transmitir estímulos entre um neurónio e o outro, através de neurotransmissores. Uma Sinapse converte um sinal eléctrico Pré-sináptico num sinal químico e volta como um sinal eléctrico Pós-sináptico (Shepherd et al, 1990). Os neurotransmissores, por sua vez, são substâncias químicas produzidas pelos neurónios que têm como finalidade enviar informações ao neurónio adjacente. Podem também estimular a continuidade de um impulso ou efectuar a reacção final no órgão ou músculo alvo.

O sistema nervoso é formado por um conjunto extremamente complexo de neurónios. Como já referido anteriormente, os neurónios são células especializadas na recepção e transmissão de sinais. A comunicação entre eles é realizada através de impulsos e, quando é recebido pelo neurónio adjacente, este começa a processá-lo. O neurónio que transmite o impulso pode controlar a frequência com que é enviado, aumentando ou diminuindo a polaridade na membrana sináptica. Eles têm um papel fundamental na determinação do comportamento e raciocínio do ser humano. Ao contrário das redes neuronais, as naturais não transmitem sinais negativos, a activação é medida pela frequência com que emite os impulsos, frequência esta que é contínua e positiva (Freeman, 1975).

Os modelos de redes neuronais procuram aproximar o processamento dos computadores aos do cérebro humano. A estrutura de ligação de uma rede neuronal artificial aproxima-se da do cérebro transmitindo informação sincronizadamente, ou seja, é enviado um impulso dentro de um período específico.

Parâmetro	Cérebro	Computador
Material	Orgânico	Metal e components eléctricos
Velocidade	Milissegundos	Nanossegundos
Tipo de processamento	Paralelo	Sequencial
Armazenamento	Adaptativo	Estático
Controle de processos	Distribuído	Centralizado

Tabela 2 - Tabela de comparação entre o cérebro e o computador

O mesmo modelo pode ser desenvolvido comparando o computador as redes neuronais.

Computadores	Neurocomputadores
Executa programas	Aprende
Executa operações lógicas	Executa operações não lógicas, transformações e comparações
Depende do modelo ou do computador	Descobre as relações ou regras dos dados e exemplos
Testa uma hipótese por cada vez	Testa todas as possibilidades em paralelo

Tabela 3 - Tabela de comparação entre Computador e neurocomputador

As redes neuronais consistem num método de resolver problemas na área de inteligência artificial, representando um sistema que se assemelha ao do cérebro humano, tanto na estrutura como no funcionamento, ou seja, capaz de aprender, errar e descobrir novas realidades e capazes de adquirir conhecimento através das experiências. Uma grande rede neuronal artificial pode ter centenas ou milhares de unidades de processamento, enquanto o cérebro pode ter muitos bilhões de neurónios (Sage, 1990).

Uma rede neuronal apresenta uma estrutura de processamento de informação distribuída paralelamente, na forma de um grafo direccionado, com algumas restrições e definições próprias (Figura 3). Os Nós deste grafo são unidades de processamento e as arestas são conexões que funcionam como transmissores de sinais em que só existe uma única direcção. Estas estruturas podem possuir memória local e também mais do que uma única conexão de saída desde que os sinais sejam os mesmos em cada uma (Sage, 1990).

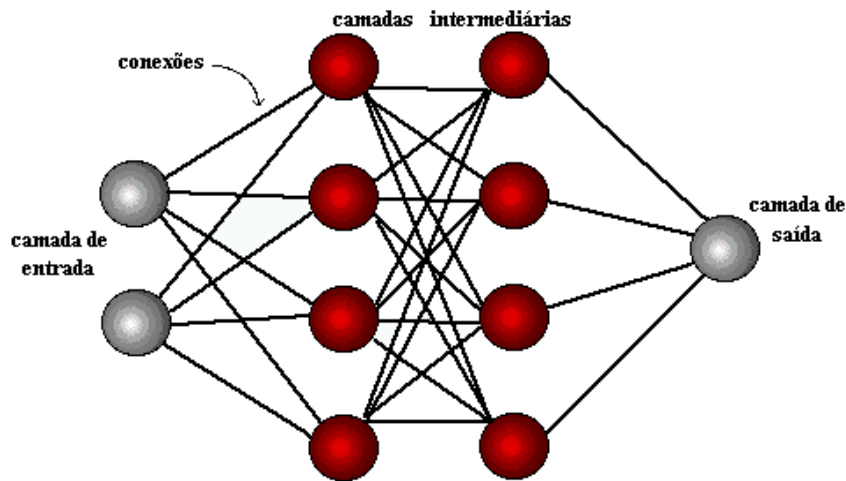


Figura 3 – Rede neuronal (Kovacs, 2006)

A maioria das redes neuronais possui um conjunto de regras bem definidas que permitem criar um padrão inicial, criando conhecimento através de outros exemplos. Através destes exemplos reais, permitem criar uma estrutura com a capacidade de executar um processo através dos dados fornecidos. Sendo assim, a rede neuronal é capaz de extrair conhecimento a partir de dados reais e aprender, diferente do que acontece com a computação convencional, onde é necessário um conjunto de regras rígidas pré-fixadas e algoritmos (Kovacs, 2006).

Esta é uma das propriedades mais importantes de uma rede neuronal, a sua capacidade de aprender com o seu meio ambiente e permitir melhorar o seu desempenho. Esta aprendizagem é conseguida através de algoritmos de aprendizagem que permitem criar um processo iterativo de ajustes de pesos entre conexões, comparando os dados de saídas com informação inserida do mundo real, até se conseguir obter um resultado satisfatório (Kovacs, 2006).

Uma rede neural baseia-se num conjunto de dados reais, onde permitirá extrair conhecimento e criar um modelo final. Na fase de aprendizagem é de enorme importância que os dados fornecidos sejam os mais verdadeiros, de forma a evitar-se modelos errados. Todo o conhecimento de uma rede neural está no armazenado, nas sinapses, ou seja, nos pesos atribuídos às conexões entre neurónios. 50 a 90 % dos dados deve ser separado para que a rede neuronal tenha a capacidade de aprender e aperfeiçoar-se, dados estes que são escolhidos aleatoriamente, para que a rede aprenda as regras e não decore exemplos. Os restantes dados são apresentados na fase final de forma a testar os dados de saída, relacionando-os (Kovacs, 2006).

A sua capacidade de aprendizagem conduziu a que várias empresas adoptassem estes sistemas em diversas realidades. Os mercados financeiros utilizam as redes neuronais para analisar uma parte do mercado concorrente, a fim de ajudar na tomada de decisão quanto as suas selecções. Outra utilização das redes neuronais é a sua utilização em bancos de forma a detectar fraudes de cartões de crédito. Outro exemplo da utilização é no diagnóstico médico, em que são colocados vários exemplos de diagnósticos de pacientes, de várias características e sintomas e os resultados dos seus testes. Quando são inseridos os dados de um novo paciente, este sistema tem a capacidade de fornecer um diagnóstico para este novo caso. É importante referir que estes sistemas pretendem criar uma ferramenta de auxílio aos profissionais e não de substituição (Kovacs, 2006).

2.1.3.2 Raciocínio Baseado em casos

O modelo de Raciocínio Baseado em casos é um sistema mais recente do que as redes neuronais e consiste em criar uma solução para um dado problema através de experiências passadas, armazenadas em memória de casos e estabelecendo um grau de similaridade (Figura 4) (Pigari, 2009).

Na realização de uma tarefa de interesse, frequentemente, constata-se que o tempo é uma dimensão fundamental do processo de aprendizagem. A natureza do espaço temporal da aprendizagem é exemplificada por muitas das tarefas de aprendizagem. Todas as espécies, desde insectos até os seres humanos têm uma capacidade inerente de representar a estrutura temporal da experiência. Uma representação assim torna qualquer ser vivo capaz de adaptar o seu comportamento à estrutura temporal de um evento num espaço de comportamentos (Gallistel, 1990).

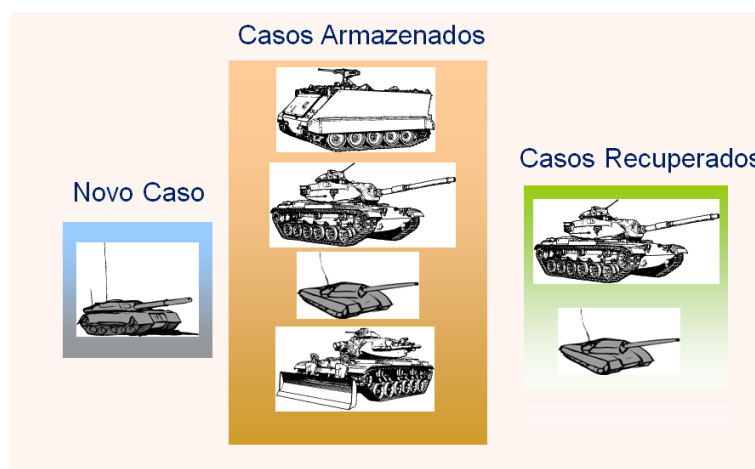


Figura 4 - Representação de um sistema baseado em casos (FEXA, 2009)

O processo inicia-se quando surge um novo caso. Nesta fase, é importante definir muito bem o caso. Deve constituir todas as informações que descrevem a situação, tendo impacto directo sobre a solução final. A escolha da forma de representação dependerá da complexidade da situação (Koslosky, 1999).

De seguida, vem a etapa de recuperação. É um processo dividido em duas fases, primeiro a recuperação de casos anteriores que, possam ser candidatos para as próximas etapas a serem executadas. Numa segunda fase será seleccionar um subconjunto dos melhores casos (Watson, 1997). É importante referir que os mecanismos que permitam a recuperação devem retornar informação mesmo quando não há uma combinação perfeita, embora exista alguma similaridade. Quando se refere seleccionar o melhor caso, significa obter o *Match* perfeito entre os casos (Koslosky, 1999)

A etapa de reutilização é a fase que permite ajustar a solução recuperada de forma que esta se adapte ao novo problema. Geralmente a solução do caso recuperado é passada directamente como solução do novo caso. Quando esta solução não pode ser aplicada directamente ao novo problema, o sistema irá analisar as diferenças entre os problemas, quais as partes do caso recuperado que se assemelha ao novo caso e podem ser transferidas, adaptando assim a solução do caso recuperado. Kolodner (1993) diz que, pelo facto de nenhum problema passado ser exactamente igual a um problema actual, soluções passadas normalmente são adaptadas para solucionar novos problemas (Koslosky, 1999).

A etapa de retenção, criteriosamente, irá armazenar o novo caso na memória para futuramente ser utilizado. Os critérios usados para seleccionar a informação serão de elevada importância, pois caso não se tenha isto em atenção, a base de informação iria crescer incontrolavelmente, degradar a performance do sistema e incrementar o custo de acesso (Castoldi, 2002).

A retenção de casos significa incorporar na base de casos informações úteis relativas à resolução de um novo problema. Este processo corresponde à aprendizagem de um sistema de Raciocínio Baseado em Casos, sendo disparado pelas tarefas de avaliação e adaptação de soluções (Aamodt et al, 1994).

O raciocínio baseado em casos é uma metodologia que tanto permite raciocínio como aprendizagem. Para o raciocínio, pela sua capacidade de utilizar os casos antigos para auxiliar na solução de um novo problema e para a aprendizagem, pela necessidade que tem de armazenar as novas soluções, para futuramente ajudarem em novos problemas (Castoldi, 2002).

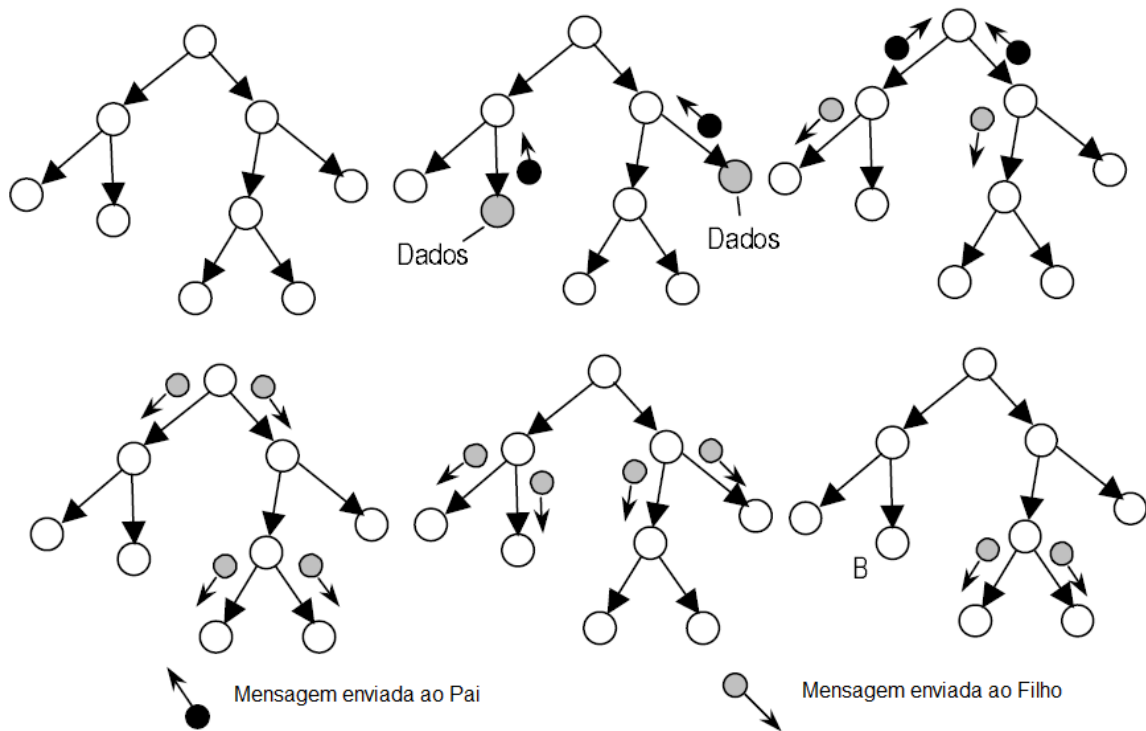


Figura 7 - Grafo orientado acíclico (Carvalho, 2001)

As redes Bayesianas, como referido anteriormente, são grafos acíclicos que contêm Nós pai e Nós filhos. Os Nós filho são influenciados pelas evidências originadas dos Nós pai através de um conjunto de cálculos efectuados sobre uma tabela de probabilidades condicional, que tem um papel fundamental para que a rede funcione correctamente. Para uma melhor compreensão da construção das redes de Bayesianas, é necessário refrescar alguns conceitos de probabilidades condicionais as quais serão apresentadas de seguida.

Nesta dissertação, a nomenclatura à probabilidade de uma determinada variável num determinado estado, será dada por $P(\text{Variável Estado})$, e assumirá o valor de No(estado é sempre falso) e Yes(estado é sempre verdadeira). O sistema de probabilidades usado neste projecto é o de variáveis aleatória discreta, que deve ter exactamente um estado de um conjunto de estados possíveis de um domínio pré definido. A probabilidade inicial da variável em cada estado é definida por uma probabilidade distribuída nessa variável. Como a variável só pode assumir um dos seus estados, ao longo do tempo esta distribuição tenderá para 1. Um bom exemplo de uma distribuição de probabilidade ser discreta é a de um jogo de dados (Murphy, 1998).

A probabilidade de diferentes variáveis pode ser combinada através do operador lógico-E \cap e operador lógico-OU \cup . Por exemplo, a equação que se segue, diz-nos que a probabilidade de X1 estar no estado x1 e X2 estar no estado x2 é de 0,25.

$$P(X_1=x_1 \cap X_2=x_2)=0,25$$

O conjunto de probabilidades que definem uma conjunção (Operador lógico-E) de todas as combinações possíveis, de todos os estados possíveis de cada variável, tem como designação a distribuição de probabilidades conjunta e tem a seguinte representação:

$$P(X_0=x_0 \cap X_1=x_1 \cap \dots \cap X_n=x_n)$$

Esta equação permite mostrar a sintaxe para representar a distribuição de probabilidades conjunta para um sistema com X_0 a X_n variáveis.

Para sistemas com muitas variáveis e estados, essas distribuições podem-se tornar muito grandes, pois todas as combinações possíveis entre variáveis e estados devem ser representadas. Por exemplo, supondo que cada variável tem dois estados, um sistema com 10 variáveis exigiria $2^{10}=1024$ probabilidades individuais. Este número aumenta drasticamente se cada variável assumir mais estados (Neto, 2002).

Esta pequena abordagem permite uma fácil compreensão do tamanho da tabela de probabilidades construída para este sistema, com um número reduzido de Nós, que será apresentado mais à frente (Cap. 3.3.1, pag.100). É importante referir que os Nós no sistema de Bayes são as variáveis e cada Nó terá um número de estados possíveis. De seguida serão apresentadas as varias fazes da construção da rede de Bayes, bem como os cálculos das probabilidades.

A probabilidade condicional ou probabilidade à posteriori é usada para encontrar probabilidades distribuídas de uma determinada variável num dos seus estados possíveis, dada alguma evidência sobre o estado de uma outra variável no sistema (Pearl, 1985). Uma evidência é adicionar ao sistema uma instanciação da variável, ou seja, forçar que uma variável tenha um estado em particular. Quando uma evidência força a que uma variável x passe para o estado x , a sua probabilidade distribuída é alterada para $P(X=x) = 1$ o que implica que $P(X \neq x)=0$, ou seja, que a probabilidade da variável x esteja no estado x é de 1 e a probabilidade da variável x esteja no estado não x é de 0 (Nicholson, 2003).

Uma variável que não se encontre instanciada (uma variável que não tenha recebido nenhuma evidência) e que estejamos interessados em observar depois de ser criada uma evidência, tem como designação, variável de consulta. Depois de ser criada uma evidência pode-se calcular através dos Nós não instanciados a Crença à posteriori ou mais conhecida por probabilidade condicional. A sintaxe usada para a probabilidade condicional é:

$$P(\text{query} \mid \text{evidence}) \quad P(A=a \mid B=b)$$

Com esta expressão permite calcular a probabilidade condicional de quando a variável A esta num estado a dado que a variável B têm o estado b . Aqui A é a variável de consulta e $B=b$ é a variável B com evidência b e há uma relação entre A e B . Uma alteração no estado da variável B vai-se reflectir na probabilidade à posteriori da distribuição de A .

A probabilidade distribuída de A é dada pela evidência $B=b$ que têm a seguinte expressão:

$$P(A|B=b)$$

A probabilidade de um evento A ocorrer, dado que se sabe que um evento B ocorreu, é chamada probabilidade condicional do evento A dado B . Ela é denotada por:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Da regra da multiplicação tem-se:

$$P(A \cap B) = P(A|B)P(B) = P(A)P(B)$$

Considerou-se o seguinte exemplo:

	Cor dos cabelos				
Cor dos olhos	Loiro	Castanho	Preto	Ruivo	Total
Azul	1768	807	189	47	2811
Verde	946	1387	746	53	3132
Castanho	115	438	288	16	857
Total	2829	2632	1223	116	6800

Tabela 4 - Tabela para os cálculos das probabilidades condicionais

Uma pergunta que se pode colocar é, qual a probabilidade de uma pessoa escolhida ao acaso da população ter olhos azuis, dado que possui cabelos loiros?

$$P(A|L) = \frac{P(A \cap L)}{P(L)} = \frac{1768/6800}{2829/6800} = \frac{1768}{2829} = 0,6250$$

Para o cálculo da probabilidade de um indivíduo ter olhos azuis, dado que possui cabelos loiros, é calculada através da divisão da probabilidade de uma pessoa ter olhos azuis e

cabelos loiros e a probabilidade de um indivíduo ter cabelos loiros, que dá um resultado de 0,6250.

Uma vez que uma evidência tenha sido inferida no sistema a uma ou mais variáveis, é usado um algoritmo de inferência para actualizar todas as probabilidades distribuídas, para cada uma das variáveis não instanciadas. O algoritmo de inferência é baseado na aplicação da regra de Bayes, mostrado pela seguinte expressão (Fred, 2009).

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

As probabilidades distribuídas resultantes da actualização das crenças são designadas de crenças à posteriori ou só posteriori do sistema (Shimakura, 2005). Para que melhor se compreenda os cálculos das probabilidades de Bayes, de seguida será apresentado um exemplo.

Por exemplo, uma aplicação que tem uma rede de Bayes, cujo objectivo é detectar o perfil de um utilizador, sendo que este é alterado com a frequência que se acede à ajuda e se usou o menu preferências, influenciando os resultados da rede. A rede é constituída por um Nó probabilístico User, cujos estados são Iniciado, Intermédio e Avançado, por um Nó Ajuda que é pai do User e tem como estados possíveis Baixa, Média e Alta. Por ultimo, o Nó Preferências que também é pai do Nó User e tem como estados possíveis Verdadeiro e Falso. Para se definir uma relação entre os Nós Ajuda, Preferências e User é necessário indicar a probabilidade condicional de cada estado de A, para cada valor possível de B e C (Figura 8).

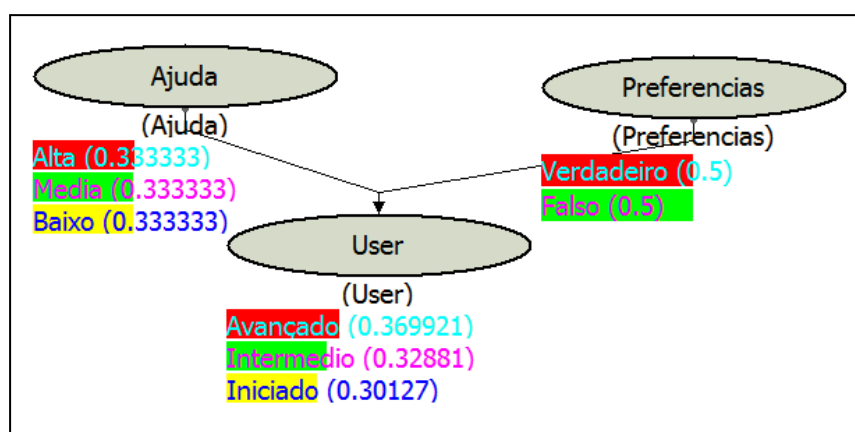


Figura 8 - Rede Bayesiana

A rede Bayesiana é constituída pelo Nó User como filho dos Nós Ajuda e Preferências. As tabelas de probabilidade condicional devem ser devidamente preenchidas, para que a rede funcione eficientemente e quando for criada uma evidência se obtenha os resultados correctos.

A tabela de probabilidades deve ser preenchida usando a fórmula de probabilidades condicional, como a que está representada na seguinte tabela (Tabela 4).

Nós Filhos / Nó pai		User		
Ajuda	Preferências	avanzado	intermédio	iniciado
baixa	falso	$P(U=a A=b,P=f)$	$P(U=i A=b,P=f)$	$P(U=in A=b,P=f)$
baixa	verdadeiro	$P(U=a A=b,P=v)$	$P(U=i A=b,P=v)$	$P(U=in A=b,P=v)$
média	falso	$P(U=a A=m,P=f)$	$P(U=i A=m,P=f)$	$P(U=in A=m,P=f)$
média	verdadeiro	$P(U=a A=m,P=v)$	$P(U=i A=m,P=v)$	$P(U=in A=m,P=v)$
alta	falso	$P(U=a A=a,P=f)$	$P(U=i A=a,P=f)$	$P(U=in A=a,P=f)$
alta	verdadeiro	$P(U=a A=a,P=v)$	$P(U=i A=a,P=v)$	$P(U=in A=a,P=v)$

Tabela 5 - Tabela de probabilidades condicional

Para o cálculo da probabilidade condicional para User no estado avanzado, sabendo que Ajuda é baixo e Preferências é falso, usa-se a seguinte formula:

$$P(\text{User}=a|\text{Ajuda}=b,\text{Pref}=f) = \frac{P(\text{User}=a)P(\text{Ajuda}=b|\text{User}=a)P(\text{Pref}=f|\text{User}=a)}{P(\text{User}=a)P(\text{Ajuda}=b|\text{User}=a)P(\text{Pref}=f|\text{User}=a) + P(\text{User}=i)P(\text{Ajuda}=b|\text{User}=a)P(\text{Pref}=f|\text{User}=a) + P(\text{User}=in)P(\text{Ajuda}=b|\text{User}=a)P(\text{Pref}=f|\text{User}=a)}$$

A tabela que se segue representa as probabilidades condicionais do Nó User.

Parent Node(s)		User			
Ajuda	Preferencias	Avanzado	Intermedio	Iniciado	bar charts
Alta	Verdadeiro	0,1	0,28	0,62	
	Falso	0,255	0,68	0,065	
Media	Verdadeiro	0,4	0,35	0,25	
	Falso	0,85	0,15	0,05	
Baixo	Verdadeiro	0,255	0,22	0,525	
	Falso	0,4	0,3	0,3	

Tabela 6 – Tabela de probabilidades condicional

Facilmente se tem a percepção que quando é criada uma evidência sobre o Nó Ajuda colocando no estado Alta e no Nó Preferências com o estado de Verdadeiro, o resultado do Nó User tem maior probabilidade de ser Iniciado.

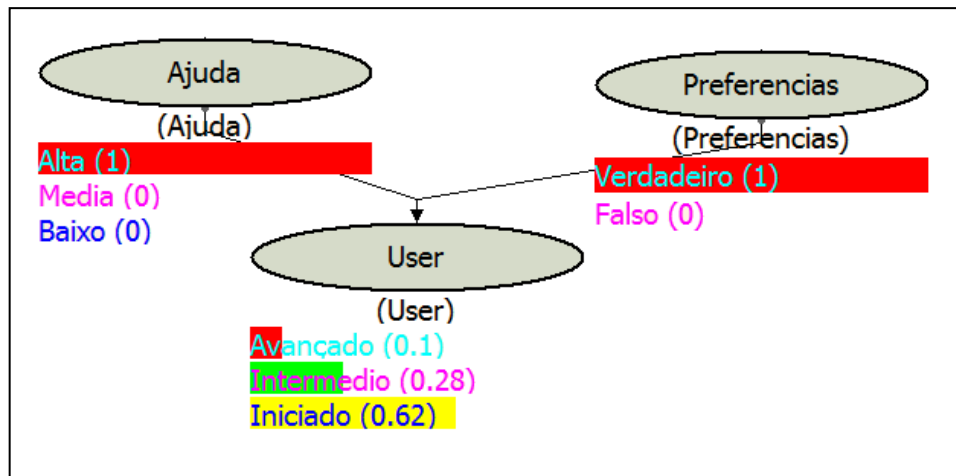


Figura 9 - Rede Bayesiana com evidência

Para os cálculos destas probabilidades de Bayes foram usadas as seguintes fórmulas.

$$\begin{aligned}
 P(\text{User}=\text{avancado}|\text{Ajuda},\text{Pref}) &= \sum P(\text{User}=\text{avancado}|\text{Ajuda},\text{Pref})= \\
 &= P(\text{User}=\text{avancado}|\text{Ajuda}=\text{alta},\text{Pref}=\text{verdadeiro})+ P(\text{User}=\text{avancado}|\text{Ajuda}=\text{alta},\text{Pref}=\text{falso})+ \\
 &P(\text{User}=\text{avancado}|\text{Ajuda}=\text{media},\text{Pref}=\text{verdadeiro})+ P(\text{User}=\text{avancado}|\text{Ajuda}=\text{media},\text{Pref}=\text{falso})+ \\
 &P(\text{User}=\text{avancado}|\text{Ajuda}=\text{baixa},\text{Pref}=\text{verdadeiro})+ P(\text{User}=\text{avancado}|\text{Ajuda}=\text{baixa},\text{Pref}=\text{falso})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(\text{User}=\text{intermedio}|\text{Ajuda},\text{Pref}) &= \sum P(\text{User}=\text{intermedio}|\text{Ajuda},\text{Pref})= \\
 &= P(\text{User}=\text{intermedio}|\text{Ajuda}=\text{alta},\text{Pref}=\text{verdadeiro})+ P(\text{User}=\text{intermedio}|\text{Ajuda}=\text{alta},\text{Pref}=\text{falso})+ \\
 &P(\text{User}=\text{intermedio}|\text{Ajuda}=\text{media},\text{Pref}=\text{verdadeiro})+ P(\text{User}=\text{intermedio}|\text{Ajuda}=\text{media},\text{Pref}=\text{falso})+ \\
 &P(\text{User}=\text{intermedio}|\text{Ajuda}=\text{baixa},\text{Pref}=\text{verdadeiro})+ P(\text{User}=\text{intermedio}|\text{Ajuda}=\text{baixa},\text{Pref}=\text{falso})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(\text{User}=\text{iniciado}|\text{Ajuda},\text{Pref}) &= \sum P(\text{User}=\text{iniciado}|\text{Ajuda},\text{Pref})= \\
 &= P(\text{User}=\text{iniciado}|\text{Ajuda}=\text{alta},\text{Pref}=\text{verdadeiro})+ P(\text{User}=\text{iniciado}|\text{Ajuda}=\text{alta},\text{Pref}=\text{falso})+ \\
 &P(\text{User}=\text{iniciado}|\text{Ajuda}=\text{media},\text{Pref}=\text{verdadeiro})+ P(\text{User}=\text{iniciado}|\text{Ajuda}=\text{media},\text{Pref}=\text{falso})+ \\
 &P(\text{User}=\text{iniciado}|\text{Ajuda}=\text{baixa},\text{Pref}=\text{verdadeiro})+ P(\text{User}=\text{iniciado}|\text{Ajuda}=\text{baixa},\text{Pref}=\text{falso})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(\text{User}=\text{avancado}|\text{Ajuda},\text{Pref}) &= \sum P(\text{User}=\text{avancado}|\text{Ajuda},\text{Pref})= \\
 &= 1 \times 1 \times 0,1 + 1 \times 0 \times 0,255 + 0 \times 1 \times 0,4 + 0 \times 0 \times 0,85 + 0 \times 1 \times 0,255 + 0 \times 0 \times 0,4 = 0,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P(\text{User}=\text{intermedio}|\text{Ajuda},\text{Pref}) &= \sum P(\text{User}=\text{intermedio}|\text{Ajuda},\text{Pref})= \\
 &= 1 \times 1 \times 0,28 + 1 \times 0 \times 0,68 + 0 \times 1 \times 0,35 + 0 \times 0 \times 0,15 + 0 \times 1 \times 0,22 + 0 \times 0 \times 0,3 = 0,28
 \end{aligned}$$

$$P(\text{User}=\text{iniciado}|\text{Ajuda},\text{Pref}) = 1 - 0,1 - 0,28 = 0,62$$

$$\begin{aligned}
 P(\text{User}=\text{iniciado}|\text{Ajuda},\text{Pref}) &= \sum P(\text{User}=\text{iniciado}|\text{Ajuda},\text{Pref})= \\
 &= 1 \times 1 \times 0,62 + 1 \times 0 \times 0,065 + 0 \times 1 \times 0,25 + 0 \times 0 \times 0,05 + 0 \times 1 \times 0,525 + 0 \times 0 \times 0,3 = 0,62
 \end{aligned}$$

Formulas para os cálculos das probabilidades de Bayes (Marques et al, 2009)

2.1.3.4 Análise Comparativa

As Redes Neurais e o Raciocínio Baseado em Casos, apesar de apresentarem excelentes resultados no que diz respeito à descoberta de novos problemas, apresentam algumas desvantagens, que irão ser apresentadas de seguida, sendo estas determinantes na escolha do método.

As redes neurais são modelos treinados, o que requer uma elevada dependência de dados já existentes durante a fase de treino. As entradas e saídas do sistema disponíveis para o treino devem incluir todas as condições importantes para o sistema, bem como todas as características. Estas redes no caso de não conterem toda esta informação tornam-se ineficazes (Marques et al, 2009).

Outra das grandes desvantagens das redes neuronais é o facto de apresentarem limitações quando surge uma situação que passa os limites para a qual foi treinada, o que é preciso analisar com alguma atenção pois, os resultados finais podem não ser o que se esperaria (Kovacs, 2006).

O modelo de raciocínio baseado em casos também apresentou algumas desvantagens que foram decisivas, como o facto de requerer um grande número de informação inicial, ou seja, um grande número de casos. A nível de gasto de recursos é mais elevado, ou seja, requer um processamento mais pesado e um espaço em memória considerável, visto que é necessário guardar inúmeros casos e estes tendem a crescer à medida que surgem novos. Outra das grandes desvantagens deste sistema reside no facto de ser um processo complexo de ser implementado, depende de especialistas na área para se poder extrair informação inicial e de uma boa interpretação dessa informação, o que o torna muito susceptível a erros (Pigari, 2009).

As desvantagens descritas anteriormente, levaram a que se tornasse complexo o uso destes métodos num sistema que iria funcionar num dispositivo móvel, pois este fornece baixas performances no processamento e baixa capacidade de armazenamento. Foi então que se prosseguiu o estudo de outros métodos surgindo o de Redes Bayesianas, que apresenta vantagens em relação aos sistemas anteriores.

As redes Bayesianas apresentam como principal vantagem baixos custos no processamento, o que para um sistema desenvolvido nestes dispositivos é de extrema relevância. Outra das grandes vantagens da rede Bayesianas é permitir a existência, na mesma rede, de diversas fontes de conhecimento, independentemente da sua natureza. Outro ponto que foi decisivo na escolha deste método é o facto de permitir utilizar dados incompletos, o que é frequentemente deparado em aplicações que trabalham com psicologia do ser humano (Marques et al, 2009). O facto de lidar com valores estatísticos entre as variáveis requer um menor espaço de armazenamento, o que, mais uma vez, é uma das limitações de dispositivos móveis (Marquardt, 2009).

Em situações que os dados são incompletos e que tem algum grau de incerteza, devem ser utilizados sistemas de raciocínio probabilístico, permitindo deste modo que sistemas de Inteligência artificial lidem com incertezas (Russell et al, 1995).

2.2 Representação da Interface

As Interfaces gráficas vieram revolucionar o mundo da computação, tornando-se numa ligação entre o utilizador e o software (Foley et al, 1990). No início da computação, a forma de se interagir com um computador, fazia-se através de um Ecrã preto e de um teclado, onde se escrevia os comandos necessários para desenvolver qualquer tarefa. É fácil perceber as desvantagens que advinham de trabalhar num sistema sem Interface. Nem todas as pessoas detinham conhecimento necessário para trabalhar com estes sistemas, era mais moroso o desenvolvimento de uma tarefa, como também menos intuitivo e mais susceptível a erros, entre outras (Foley et al, 1990).

As Interfaces gráficas são constituídas por objectos como *Icons*, ponteiros, entre outros. Estes permitem que o utilizador desenvolva tarefas de uma forma mais rápida e intuitiva. As Interfaces vieram substituir as complexas linhas de comando (escritas) por representações gráficas e iconográficas que, quando accionadas, realizavam as mesmas acções que estes comandos (Foley et al, 1990).

2.2.1 Breve introdução a Historia das Interfaces

Como acontece com a maior parte dos desenvolvimentos na história da computação, algumas ideias já tinham sido pensadas antes de estarem disponíveis. Nos anos 30, Vannevar Bush tinha expressado as primeiras ideias sobre *Graphical User Interface* (GUIs). Memex foi um dispositivo pensado por Bush, o qual constituiu uma ideia revolucionária, uma espécie de computador com duas telas tácteis, teclado e um scanner. Isto tornaria possível ter acesso ao conhecimento, permitindo ter conexões muito aproximadas do que são actualmente os *Icons* (Stewart, 2009).

Em 1945, Bush voltou a reescrever as suas ideias num artigo com o nome de “*As We May Think*” que discutia o futuro das máquinas como complemento da inteligência do ser humano (Stewart, 2009).

Este artigo inspirou Douglas Englabart que, graças à sua experiencia como técnico de radares, desenvolveu uma ideia de como os computadores poderiam mostrar a informação de uma forma mais simplificada. Na época existiam poucos computadores, e o processamento deles passava pelo uso de cartões perfurados, mas Englabart pensou em novas ferramentas capazes de melhorar a interacção com o utilizador (Griffin, 2009).

Na década de 60 Douglas, com a ajuda de um grupo de cientistas, desenvolveu o *On-Line System*, o primeiro ambiente integrado que utilizava três dispositivos, um teclado, outro com apenas cinco botões e um rato que não era mais do que uma caixa com três botões, concretizando com sucesso o que Bush teria tentado fazer à muito anos atrás. Este sistema permitia seleccionar um link através do rato, fazer teleconferência, fazer ligações por hipertexto, processar textos, escrever um e-mail, procurar ajuda online e ainda um ambiente de janelas (Figura 10) (Griffin, 2009).



Figura 10 - Sistema On-Line System (Griffin, 2009)

Na década de 70, a *Advanced Research Project Agency (ARPA)*⁷, decidiu cancelar todo o financiamento, fazendo com que, em 1977, muitos dos cientistas envolvidos no projecto fossem para o *Palo Alto Research Center (PARC)*⁸, um centro de pesquisa criado pela *Xerox Corporation*⁹. Baseada nas criações de Engelbart, a Xerox lança o primeiro computador pessoal do mundo, o *Altair*, que, para além da Interface de textos, utilizava uma Interface gráfica que consistia em *widgets* gráficos com menus e *Icons*, o que influenciou a maioria das Interfaces desde essa época. A Xerox, em 1981, criou o primeiro modelo inteiramente gráfico, o *8010 Star Information System* (Figura 11) (Nelson, 2009).

⁷ ARPA é um projecto destinado a financiar novos projectos de investigação científica dos Estados Unidos

⁸ PARC é uma divisão de investigação da Xerox

⁹ Xerox é uma empresa ligada a tecnologia da informação e documentação

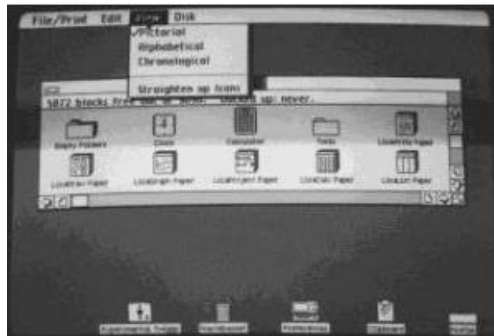


Figura 11 - Interface Gráfica do sistema 8010 (Wikipedia, 2009)

Na década de 80, Steve Jobs, dono da *Apple Computer* e liderado por Jef Raskin, lançam o *Apple Lisa* e o *Macintosh*, dando continuidade as ideias da *Xerox*, inovando a Interface com o aumento de algumas funcionalidades, tais como, calculadora, bloco de notas e reciclagem. Nesta mesma época surgiram novos desenvolvimentos, actualmente conhecidos como *Microsoft Disk Operating System (MS-DOS)* *Windows 1.0* e *Windows 2.0* (Nelson, 2009).

Em 1990 a *Microsoft* teve êxito com o lançamento do *Windows 3.0*. As outras Interfaces desenvolvidas seguiram o mesmo padrão, com pequenas diferenças mas tendo sempre presente o conceito da *Apple* (Nelson, 2009).

O aparecimento de novos computadores, mais potentes, com placas gráficas cada vez mais sofisticadas, deu origem a uma evolução no mundo das Interfaces gráficas, tornando-as cada vez mais apelativas.

É fácil de se compreender as vantagens que advêm do uso de uma Interface, daí terem surgido estudos ao longo de muitos anos, sempre com o intuito de tornar mais claro, para o utilizador, trabalhar com sistemas de conhecimento.

2.2.2 Princípios no desenvolvimento de uma Interface: Usabilidade

Uma Interface é muito mais do que disponibilizar um conjunto de ferramentas para os utilizadores desenvolverem tarefas, existindo uma panóplia de conceitos de usabilidade que estão sempre presentes pelos profissionais da área (Terra et al, 2009). É importante, ao ser projectada uma Interface, que esta seja pensada de forma a melhorar a eficiência e a adequabilidade do sistema em relação ao utilizador tornando-se mais fácil de memorizar, mais intuitiva, mais rápida na execução de tarefas e mais rápidas de serem executadas.

Desta forma, é importante se ter presente alguns conceitos de usabilidade (Terra et al, 2009).

Vários investigadores, na área da usabilidade, apresentam diferentes perspectivas acerca deste tema. Por exemplo, o cientista Francês, Dominique Scapin, considera que a usabilidade está directamente ligada ao diálogo da Interface e à capacidade que o software tem em permitir que o utilizador alcance as metas com maior rapidez. Para Jakob Nielsen, uma Interface que seja de fácil aprendizagem, permite uma utilização do software mais eficiente e menos susceptível à ocorrência de erros (Santos, 2009).

Outra definição é apresentada por Wiklund (1994), que diz que um sistema tem boa usabilidade dependendo do grau de satisfação do utilizador. Embora o número de softwares voltados para o mesmo domínio seja bastante diversificado, cada um deles possui as suas próprias características. Quando um utilizador está a utilizar um sistema, ele pode classificá-lo de muito fácil ou muito difícil de usar. Quando um utilizador classifica um programa, ele está a reflectir a facilidade com que usa o programa (Carvalho, 2005).

Uma boa avaliação de uma Interface, dependerá da mesma ter sido desenvolvida tendo em conta alguns conceitos de usabilidade. De seguida serão apresentados alguns desses conceitos.

Um dos erros comuns em programadores, é não pensarem como os utilizadores e desenvolverem Interfaces como se fosse para uso próprio. A interacção com o utilizador final é de extrema importância, pois só desta forma se pode criar um sistema que supra as necessidades do utilizador. O desenvolvimento de protótipos é indispensável, uma vez que, por um lado, o utilizador acredita sempre que sabe qual o estilo de Interface que deseja e, no final, será sempre sujeita a um infundável número de alterações, por outro, permite perceber o que realmente é pretendido pelo mesmo (Dias, 2003).

A usabilidade, na sua essência, tem raízes na Ciência Cognitiva. Este termo começou a ser usado na década de 80, principalmente nas áreas de Psicologia e Ergonomia, como um substituto da expressão *User-Friendly*, a qual era considerada muito vaga (Dias, 2003).

Como foram apresentadas anteriormente, existem muitas definições para esta prática que deveriam estar presentes no desenvolvimento de qualquer projecto computacional. Uma das definições mais aceites é que a usabilidade é o conjunto de todas as características que permitem ao utilizador interagir com o computador de uma forma satisfatória (Nielsen, 1993).

Definir usabilidade como todas as características que torna a utilização de um software aceitável, pode ser considerado pouco específico levando em consideração as características envolvidas na definição do processo de usabilidade (Nielsen, 1993). Entre essas características pode-se mencionar (Santos, 2003):

- Facilidade em aprender a usar a aplicação;
- Interface intuitiva;
- Diálogo simples e natural;
- Velocidade de utilização das tarefas;
- Mensagens de erros consistentes.

A apresentar mensagens de ajuda ou de erro, tem um foco importante na usabilidade. Para o tratamento destas mensagens é necessária, alguma sensibilidade por parte do programador. Os utilizadores tendem a ser inseguros, sendo necessário algum cuidado a apresentar mensagens de erro evitando mensagens do tipo “Tem a certeza que deseja fazer isto?”, assim como apresentar mensagens a vermelho e letra grande de coisas que não sejam graves do tipo “QUER MESMO FECHAR A JANELA”, uma vez que, assusta o utilizador levando-o a rejeitar fechar uma simples janela.

Um software fácil de aprender é aquele que oferece ao utilizador condições que lhe permitam aprender a interagir com o sistema de forma natural, independentemente do seu nível de habilidade e conhecimento, e a conseguir um nível máximo de desempenho durante a interacção (Nielsen, 1993).

A familiarização é um factor importante na usabilidade, por permite que os utilizadores usem experiências passadas para interagir com o sistema. Desta forma, o programador deve ter o cuidado de desenvolver Interfaces com algum grau de parecença com outras que já estejam familiarizadas pelos utilizadores. Um exemplo foi o desenvolvimento do Windows 95, Windows 98, Windows Me, em que todos seguiram o mesmo padrão da Interface, só quando surgiu o Windows Xp e Vista é que foram feitas novas alterações a fim de melhorar a interacção com o utilizador, apresentando, contudo, muitas semelhanças com os seus antecessores. No entanto, se não for encontrado nenhum padrão para o desenvolvimento de uma nova Interface, deve ser tido em conta alguns cuidados, como o uso de imagens para as teclas de forma que transmitam uma mensagem clara, navegação de teclas rápidas, usando padrões já comuns nos sistemas informáticos (Terra et al, 2009).

Uma Interface intuitiva está associada aos comandos para executar uma determinada tarefa. Nielsen afirma que esses comandos devem ser explícitos e visíveis a fim de se evitar a memorização por parte dos utilizadores. É importante realçar a diferença entre memorizar comandos, como a única forma de executar uma determinada tarefa, e a possibilidade de memorização, como forma ajuda na sua execução. Neste caso dá-se o exemplo das teclas de atalho, que não sendo a única forma de executar uma determinada tarefa, permite facilitar e agilizar a sua execução (Pinatti, 2005).

O diálogo simples é de extrema importância, pois permite a um utilizador sem grande conhecimento técnico poder compreender o sistema. Não é correcto o uso de termos técnicos da computação e toda a informação irrelevante como forma de apresentar informação no software, no sentido de não tornar complexo o seu uso e não desviar a atenção do objectivo principal que é a execução de uma determinada tarefa (Pinatti, 2009).

Sobre a velocidade na execução das tarefas, Nielsen (1993), diz que o Utilizador espera que o sistema execute as suas tarefas de forma precisa e num curto período de tempo. A velocidade de processamento da máquina utilizada, os algoritmos para ganho de performances e uma diversidade de factores relacionados com a rapidez de execução das tarefas, estão directamente relacionados com a usabilidade do sistema (Santos, 2009).

No desenvolvimento da Interface não só foi tido em consideração alguns conceitos de usabilidade, como também permitir ao utilizador uma melhor percepção da sua localização num Mapa. De seguida vão ser apresentados os estudos efectuados de forma a permitir disponibilizar esta representação.

2.3 Mapa

É de extrema importância, num trabalho de georeferenciação, a representação gráfica da localização onde se encontra, isto é, a representação num mapa (Carvalho, 2001). No caso do guia turístico, o mapa constitui uma ferramenta de enorme importância para o planeamento dos pontos a visitar numa dada região assim como a gestão dos recursos que uma região fornece. Por exemplo, se a distância entre dois pontos é relativamente grande, o uso dos transportes públicos é fundamental para a sua deslocação, podendo referir os casos particulares de algumas cidades como, por exemplo, Aveiro, que disponibilizam bicicletas que permitem aos turistas deslocarem-se facilmente na cidade onde se encontram (MoveAveiro, 2009).

É relevante que se compreenda a importância da representação gráfica do mapa, de forma a facilitar o encontro da sua localização. Para tal, de seguida será, brevemente, abordado alguns pormenores acerca do funcionamento do GPS, alguns conceitos ligados a geografia e por fim a representação do mapa na aplicação eTourismGUI. Os temas abordados neste subcapítulo, foram de elevada importância para a compreensão das coordenadas e sistema de coordenadas, visto que existe diferentes formas de representação.

2.3.1 Sistema de Coordenadas

O Conceito de Cartografia surgiu pelo facto de o ser humano apresentar uma necessidade desde à muitos anos atrás de conhecer o mundo. Cartografia é a ciência que trata do desenvolvimento e estudos de representação da superfície terrestre (Martinelli, 2008). Estas representações dividem-se em vários tipos, tais como, o Globo, que representa uma superfície esférica de todos os aspectos do planeta, o mapa, que representa no plano os aspectos geográficos naturais e culturais de uma determinada área, destinados aos mais variados usos e por último, a Carta, que representa um plano a uma escala média grande de todos os aspectos do planeta (Martinelli, 2008).

O aparecimento de mapas trouxe uma nova revolução ao universo dos GPS, permitindo não só saber a localização em que se encontra como, também, visualiza-la, permitindo dar outro detalhe sobre aspectos da zona onde se encontra que antes não era possível.

O sistema de coordenadas constitui um meio importante na localização de um ponto na terra, normalmente representado por um sistema de grades que não é mais do que linhas imaginárias que envolvem a terra na horizontal e na vertical. As linhas horizontais são representadas em paralelo à volta do globo e são denominadas por Paralelos de Latitude (Figura 12), envolvendo as linhas verticais as quais dividem a terra em segmentos que se encontram nos Pólos e são denominados por Meridianos de Longitude (Figura 13). Latitude é a representação da terra em graus Norte, enquanto longitude é a representação da terra em graus Leste. Por definição, a linha que separa a terra entre os Hemisférios Norte e sul, onde a latitude tem 0° , tem por desígnio Linha do Equador (Figura 12). A localização de cada paralelo de Latitude é determinada pela medida da distância angular do paralelo ao centro da Terra, expressa em graus, Minutos e segundos (Reis et al, 2009).

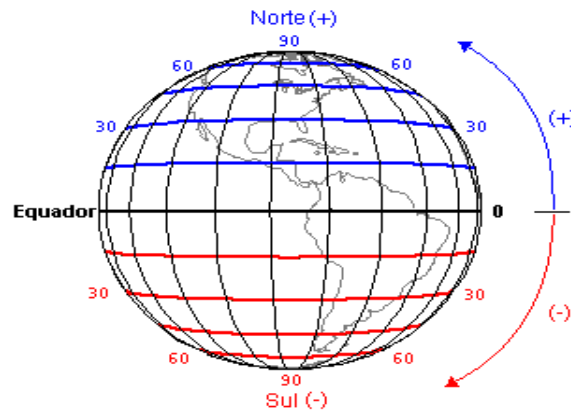


Figura 12 - Representação da Latitude (ANC, 2009)

As linhas de longitude começam com a que corta a localidade de Greenwich, na Inglaterra, que é por definição, o meridiano zero, dividindo a terra em Hemisfério Oeste e Hemisfério Leste (Figura 13).

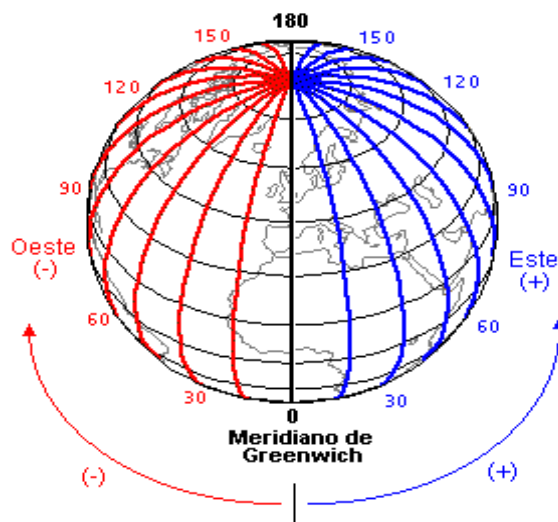


Figura 13 - Representação da Longitude (ANC, 2009)

Como a grade define uma forma esférica, é impossível criar um mapa plano da Terra sem que haja alguma distorção. Os estudos nesta área, permitiram que cientistas conseguissem desenhar a terra num mapa plano sem haver grande distorção, possibilitando medidas precisas entre distâncias. Esta distorção, tenderá a ser menor, quanto menor for a área representada da terra num mapa (Gorgulho, 2004).

Um Cartógrafo Belga, Gerardus Mercator, desenvolveu um sistema de coordenadas *Universal Transversa de Mercator* (UTM) e *Universal Polar Stereographic* (UPS) que permitiu atingir um nível maior de precisão na passagem de uma representação esférica numa plana. Como já referido anteriormente, quanto menor a representação do mapa, na passagem para uma perspectiva plana, menor será o erro. Este sistema mantém bem presente este conceito. Consiste em dividir a terra numa Grade UTM em 60 zonas de 6° de largura. A primeira zona começa na Longitude Oeste 180°, com intervalos de 6° ate a zona número 60. A Grade UPS tem um funcionamento similar representando as zonas polares (Gorgulho, 2004).

Na continuidade da investigação das cartas Geográficas, surgiu um sistema de coordenadas DATUM, onde os mapas são desenvolvidos para que todos os pontos tenham uma determinada distância de um ponto de referência chamado DATUM. O GPS tem o seu próprio DATUM designado *World Geodetic System 1984* (WGS84). Todos os receptores podem usar este sistema como referência, obtendo-se desta forma uma maior precisão e uma uniformização de mapas usados para os GPS (Gorgulho, 2004).

2.3.2 Representação do Mapa

Não existe uma abordagem única sobre o correcto funcionamento dos mapas. Um mapa é uma potencial forma de representação, de fenómenos no espaço que um utilizador pode aproveitar como forma de orientação. Embora a tarefa mais importante dos mapas é a representação dos recursos e as suas posições reais, num ambiente móvel permite obter outras potencialidades, tais como, a representação de movimento através de GPS (MacEachren, 1995).

Cada vez mais os mapas tornam-se alvo da atenção de vários cientistas ligados a esta área, devido a sua importância. Por exemplo, ferramentas como GPS de carros que tem sido alvo de grandes evoluções. Um caso recente é o software lançado pela NDRIVE que lançou um mapa em 3 dimensões capaz de representar graficamente os edifícios, a altura dos mesmos, obtendo-se uma melhor percepção dos espaços e o mais importante, permite ao utilizador ter uma melhor percepção do local onde se encontra e o que irá encontrar nas ruas mesmo antes de passar por elas.

As vantagens intrínsecas nos GPS têm levado a um aumento do número de adeptos destas tecnologias. Os GPS permitem inúmeras consequências úteis que facilitam a vida dos seus utilizadores. Possibilitam a visualização de qualquer região, alteração do Zoom, fazer Zoom In e Zoom Out de forma a facilitar de identificação de qualquer item. Mostra a localização em

tempo real num mapa em que o detalhe tem crescido consideravelmente, permite medir distâncias percorridas, tempos que demora a percorrer entre 2 pontos com uma determinada velocidade e a capacidade de alteração das unidades de medidas e o Datum do mapa. Outra grande vantagem que estes pequenos equipamentos possuem, é o facto de se poder descarregar informação da internet, criando mais informação sobre as localidades, um caso recente é a detecção de radares fixos nas principais localidades.

Para se tentar obter as potencialidades do GPS aqui faladas, o eTourism contará com a representação dos Pontos de Interesse num Mapa. Inicialmente esta representação iria ser feita através de pequenos recortes de uma imagem completa o que posteriormente permitiria apresentar o Mapa pela união desses pedaços, como se de um Puzzle se tratasse. Desta forma, conseguia-se um aumento de performance, visto que só seriam apresentados os recortes correspondentes a posição actual. Contudo esta técnica continha algumas desvantagens que fizeram com que se abandonasse esta técnica, tais como, ser complexa a representação de coordenadas, desenhar o Tour sobre o Mapa e disponibilizar ferramentas, nomeadamente, de *Zooming* e *Panning*

Dadas estas desvantagens, o sistema irá funcionar através de ficheiros *Shape*, onde serão guardadas todas as informações sobre a constituição dos edifícios, coordenadas, a altura dos mesmo, e outras informações que este tipo de ficheiros permite guardar.

Os ficheiros *Shape* foram introduzidos pela *ArcView GIS* no início da década de 90 e seguidamente explorado pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) e foram desenvolvidos para armazenar informação vectorial. Existe inúmeras ferramentas *Open Source* e sem ser gratuitas para trabalhar sobre estes ficheiros, disponibilizando um conjunto de ferramentas para trabalhar sobre esta informação.

É nesta convicção, que será explorado este ficheiro, de forma a usar uma ferramenta capaz de ler e trabalhar sobre os mesmos, disponibilizando um conjunto de ferramentas que permitam fazer *ZoomIn*, *ZoomOut* e *Panning*. Será apresentando graficamente um mapa onde serão desenhados os Pontos de Interesse nas respectivas coordenadas. Este mapa será representado usando o sistema de coordenadas WGS84 (World Geodetic System 1984), de forma a permitir o aproveitamento das coordenadas normalizada, ou seja, mais utilizada por dispositivos de georeferenciação como GPS e o Google Maps. O aspecto final será idêntico ao que se segue mas representado num dispositivo móvel. Na Figura 14 é usada uma ferramenta capaz de ler estes ficheiros em computadores domésticos.

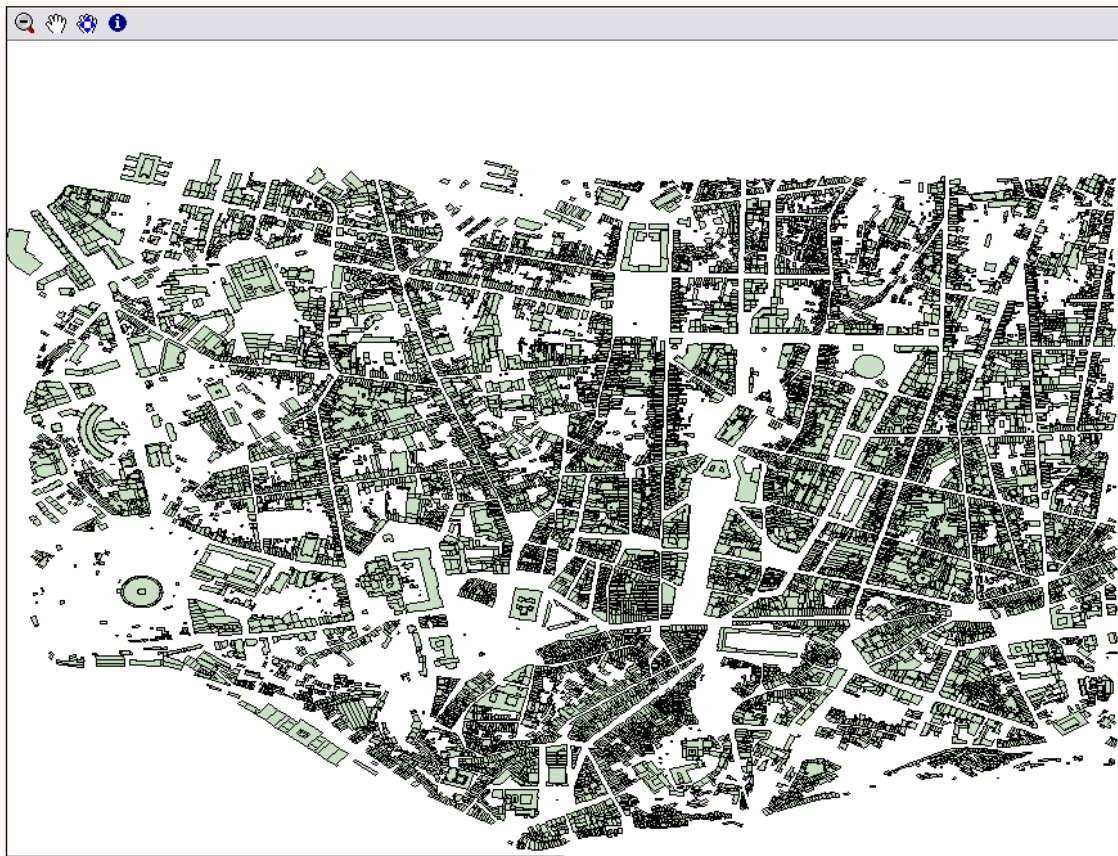


Figura 14 - Representação gráfica de um ficheiro Shape

As possibilidades de estes ficheiros guardarem as coordenadas do edificado é de extrema relevância para este estudo, visto que permitirá representar os Pontos de Interesse na sua localização exacta. Para tal, contar-se-á com a ajuda de uma tabela na Base Dados que guardara os Pontos de Interesse juntamente com as coordenadas respectivas.

O desenvolvimento de um trabalho em paralelo, no âmbito do tratamento de toda a informação sobre Pontos de Interesse, disponibiliza um potencial mecanismo que permite trabalhar com antenas de GPS, tendo a capacidade de retornar as coordenadas exactas da posição actual. Esta potencialidade, futuramente, pode ser explorada, representando o utilizador com um objecto no mapa e permitindo através de Threads fazer a leitura do GPS de 1 em 1 segundo apresentar a posição actual, permitindo dar a percepção de deslocação pelas ruas.

2.4 PDA

As tecnologias de informação que se desenvolveram na última década, têm um enorme potencial para assumir grandes responsabilidades nas mais diversas áreas, inclusive no turismo. Desta forma, o uso de dispositivos móveis, tais como, os PDA, tem sido muito utilizados no desenvolvimento de aplicações georreferenciadas, tais como, GPS, Turismo, Geologia, entre outros. O PDA é um computador portátil de pequenas dimensões, onde possui um pequeno Ecrã sensível ao toque. Estes dispositivos tem algumas limitações, como baixo processamento e pouca memória quando comparados com os computadores comuns, no entanto têm uma grande vantagem, a portabilidade, a capacidade de armazenar informação estando ao dispor do utilizador de uma forma simples e rápida. A evolução destes dispositivos, incorporando novas tecnologias como a antena de GPS integrada, e o baixo preço têm proporcionado uma grande procura entre uma grande diversidade de utilizadores e o surgimento de novas aplicações.

Actualmente, existe uma diversidade de sistemas operativos para sistemas móveis, por exemplo, *Symbian*¹⁰, usado em telemóveis da Nokia, *Windows mobile*, usado em PDA e recentemente, surgiu o *Android*, que, já começou a ser implementado em alguns PDAs (Nakazato et al, 2009). O eTourismGUI é desenvolvido em PDA, daí ser necessário focar o estudo dos sistemas operativos para o *Windows Mobile* e *Android*, dois sistemas usados para este tipo dispositivos.

De seguida serão apresentados dois sistemas operativos usados em PDA e algumas ferramentas usadas para os mesmos. O intuito do subcapítulo, Sistemas Operativos, é permitir apresentar dois Sistemas Operativos que foram estudados para o desenvolvimento do eTourismGUI e apresentar as razões da escolha do *Windows Mobile*. No subcapítulo, Ferramentas, tem como finalidade apresentar algumas aplicações desenvolvidas para dispositivos móveis, nas mais diversas áreas.

¹⁰ Symbian, é um sistema operativo desenvolvido para funcionar em telemóveis, com suporte a inúmeras funcionalidades como, envio de mensagens multimédia, fotografias, wireless, entre outros.

2.4.1 Sistema Operativo

A comunicação através de dispositivos móveis tem vindo a sofrer constantes mudanças na sua utilização. Aos poucos, a comunicação feita apenas por voz, tornou-se numa das funcionalidades mais básicas, dando lugar a outras como transferência de dados Multimédia (Texto, Áudio, Vídeo, entre outros), mensagens de texto, o que teve uma adesão enorme e incalculável pelas operadoras móveis, a visualização de televisão, Internet, entre outras, levaram à necessidade da criação de sistemas operativos cada vez mais avançados, disponibilizando um conjunto enorme de funcionalidades (Matos, 2009).

Os sistemas operativos dos dispositivos móveis têm a mesma funcionalidade que os sistemas operativos comuns, ou seja, permitem criar uma ligação através de drivers, entre o utilizador e os recursos de *Hardware*, como teclado, Ecrã, *Bluetooth*, entre outros (Matos, 2009). Além de uma camada intermédia entre o utilizador e o *Hardware*, permite correr inúmeras aplicações, que podem ser desenvolvidas em linguagens comuns como C#, C++, Visual Basic e java. Algumas destas aplicações já vêm instaladas ou pode ser feito download na internet. De seguida será apresentada uma breve introdução aos dois sistemas operativos, Android e Windows Mobile, bem como uma comparação entre os mesmos.

2.4.1.1 Android

O Android é um sistema operativo *Open Source*, desenvolvido para dispositivos móveis. Foi inicialmente desenvolvido pela Google¹¹ e mais tarde, em Novembro de 2007, anunciado pela *Open Handset Alliance* (OHA)¹² juntamente com empresas de telecomunicações dedicadas a desenvolver software aberto para dispositivos Moveis. O Android disponibiliza um conjunto de bibliotecas Java, que permitem que os programadores possam escrever código em java (Speckmann, 2008).

O *Android* foi desenvolvido para permitir a criação aplicações para dispositivos móveis, podendo tirar todo o partido do mesmo, sem limitações impostas pelo Sistema Operativo. Por exemplo, qualquer dessas aplicações pode usar as funcionalidades pertencentes ao mesmo como, mensagens de texto, a câmara, fazer chamadas, entre outras. Desta forma, permite aos programadores desenvolverem novas aplicações ou outras que possam enriquecer as já existentes, satisfazendo assim os requisitos pessoais. O *Android* utiliza uma

¹¹ Google, uma empresa ligada ao desenvolvimento de serviços online

¹² OHA, é uma união comercial entre 50 empresas ligadas ao ramo das telecomunicações

máquina virtual personalizada que foi projectada para otimizar a memória e os recursos do hardware. É um *open source*, que pode ser livremente ampliado, incorporando novas funcionalidades desenvolvidas pelos programadores (Speckmann, 2008).

O *Android* não distingue entre aplicações do próprio sistema operativo e aplicações desenvolvidas por outros utilizadores. Desta forma, as aplicações não tem limitações de recursos, tendo de igual forma acesso aos mesmos. Assim, permite que sejam desenvolvidas aplicações capazes de se adaptar plenamente ao dispositivo, ficando apto a satisfazer os interesses dos utilizadores. Podem ser realizadas inúmeras alterações, estando apenas ao alcance da imaginação. Por exemplo, o estilo do Home pode ser completamente alterado, bem como os *Icons* de fazer chamadas ou de escrever mensagens de texto, entre outras (Nakazato et al, 2009).

O *Android* disponibiliza uma ampla variedade de bibliotecas Java e ferramentas que facilitam o desenvolvimento de aplicações. Por exemplo, uma aplicação que reconheça a sua localização e permita comunicar com amigos que estejam próximos. Outro exemplo, é poderem ser desenvolvidas aplicações que permitam adaptar a Interface, utilizando por exemplo redes Bayesianas, visto que está disponível um conjunto de bibliotecas em java que permitem trabalhar com redes de Bayes (Speckmann, 2008).

2.4.1.2 Windows Mobile

Este sistema operativo é uma versão compacta dos sistemas operativos da Microsoft¹³, desenvolvido para serem executados em dispositivos móveis. É usado principalmente em PDAs, sendo, por vezes, usado em telemóveis (Morimoto, 2008).

Existe uma diversidade de aplicações desenvolvidas para funcionar nesta plataforma, contendo recursos complexos e óptimas soluções de mobilidade. A evolução ao longo do tempo do sistema operativo, tem sido, principalmente, nas funcionalidades dos dispositivos, permitindo manter um padrão do ambiente gráfico utilizado nos Sistemas Operativos da Microsoft. Outro aspecto a salientar é o facto de permitir desenvolver-se aplicações em linguagens comuns, como C#, C++ e Visual Basic. A principal desvantagem deste sistema é de ser proprietário e de código fechado (Morimoto, 2008).

¹³ Microsoft é uma empresa multinacional de tecnologia Informática sediada nos Estados Unidos

O início dos sistemas operativos para PDAs foi através do Windows CE, que utilizavam um Ecrã monocromático, sensível ao toque e uma Interface semelhante a do sistema operativo Windows 95, incluindo algumas aplicações como Word¹⁴, Excel¹⁵ e Internet Explorer¹⁶. Para a conexão com a internet, era usado um modem, *Personal Computer Memory Card International Association* (PCMCIA) (Morimoto, 2008).

O *WindowsCE* continuou durante algum tempo a sofrer alterações, melhorando algumas limitações e dando mais funcionalidades. Posteriormente, surgiu o Windows mobile, que incluía os drivers, aplicações e modificações necessárias para o uso de *SmartPhones*. Seguidamente, surgiu o Windows Mobile 2003, e pouco depois o Windows Mobile 5.0, que marcou o seu aparecimento pelo uso de memória *flash* para armazenamento de dados e aplicações. Esta potencialidade deu origem a uma evolução no desenvolvimento de aplicações, porque não só os dispositivos já tinham um processamento mais elevado do que os seus antecessores, como já permitia armazenar uma maior quantidade de dados. Além das diversas melhorias nas aplicações, passou a dar suporte ao BlueTooth, receptores de GPS, entre outras, sendo de destacar a possibilidade de conexão com o computador comum através de *Universal Serial Bus* (USB) (Bourbon, 2005).

Posteriormente, surgiu o Windows Mobile 6, apresentando melhorias significativas em relação aos seus antecessores. Trouxe melhorias visuais, abandonando o tradicional estilo Windows 95, podendo-se assemelhar ao aspecto do Windows Vista, mas modernizado. As principais mudanças foram feitas na Interface e nas aplicações integradas, mantendo a estrutura do sistema. Constitui uma grande vantagem, pois permite que aplicações desenvolvidas para os seus antecessores funcionem no Windows Mobile 6 (Morimoto, 2008).

Um aspecto menos positivo no Windows Mobile é o facto de ter baixo desempenho, sendo pesado para o baixo processamento que estes dispositivos possuíam. Contudo, com o surgimento dos processadores de 400MHz, deixou de ser tão visível esta desvantagem (Morimoto, 2008).

Em contrapartida, permitem, facilmente, desenvolver aplicações para esta plataforma, usando ferramentas já conhecidas pelos programadores como o *Visual Studio*. Permitem uma fácil integração com o Office e outros produtos Microsoft. Este sistema operativo

¹⁴ Word é um programa de processamento de texto

¹⁵ Excel é um programa que permite a realização de cálculos e elaboração de gráficos

¹⁶ Internet Explorer é um programa que permite a navegação pelas páginas WEB

acabou por ter uma fácil integração por parte dos utilizadores pelas semelhanças que tem com os sistemas operativos usados nos computadores comuns. Estas vantagens foram a principal razão pela escolha desta plataforma para o desenvolvimento do eTourismGUI.

SO/ Descrição	Open Source	Virtual Machine	Desenvolvimento de Aplicações	Familiarização do Sistema
Android	Sim	Sim	Sim	Baixa
Windows Mobile	Não	Não	Sim	Alta

Tabela 7 – Comparação entre Sistemas Operativos

2.4.2 Ferramentas para PDA

As novas tecnologias, cada vez mais intrínsecas na nossa sociedade, tornam-se indispensáveis no dia-a-dia e estão cada vez mais acessíveis, como o caso dos PDAs, havendo um aumento considerável na aquisição destes equipamentos. Este aumento faz com que programadores se concentrem cada vez mais no desenvolvimento de aplicações para estes dispositivos, havendo uma diversidade de *softwares* que se encontram disponíveis na Internet (Amaral, 2004).

A área do turismo, entre outras, é uma área que já começa a ser explorada na utilização de PDA, de forma a facilitar ao turista a obtenção de diferentes tipos de informação como um conjunto de Pontos de interesse, dos quais podem ser, monumentos, áreas históricas e muitas outras informações acessíveis apenas num pequeno dispositivo, sendo facilmente transportado. É intuito deste subcapítulo dar a conhecer algumas dessas inúmeras aplicações desenvolvidas para estes dispositivos, apresentando algumas a área do Turismo, alguns navegadores para automóveis, algumas aplicações usadas na medicina e em modalidade como parapente. De seguida serão apresentadas algumas dessas aplicações.

2.4.2.1 Turismo

Neste âmbito a Direcção dos Serviços de Turismo (DST) ¹⁷ do Governo de Macau e a Universidade de Macau (UM), desenvolveu uma aplicação gratuita.

Este software permite disponibilizar diversas informações turísticas, como um mapa de Macau, Pontos de Interesse, transportes, restaurantes e hotéis, sendo esta mesma informação actualizada periodicamente. Além desta diversidade de funcionalidades que esta aplicação disponibiliza, fornece também um sistema de GPS, que permite ao turista ter acesso ao seu posicionamento exacto no mapa. (Figura 15) (DST, 2009).



Figura 15 - Exemplo de GPS para turista (DST, 2009)

No Líbano foi desenvolvido um software para turistas, de forma a incentivar os mesmos a explorar alguns pontos naturais escondidos nas áreas rurais. Este dispositivo fornece mapas com mais de 11000 Pontos de Interesse em todo o Líbano. Tem também um GPS integrado, facilitando ao turista encontrar a sua localização exacta. Outra grande vantagem deste sistema, está no motor que permite planear um conjunto de Pontos de Interesse dando ao turista as indicações das ruas de ligação entre pontos, para que este chegue facilmente ao seu destino (Zurayk, 2007).

Existe também uma preocupação no desenvolvimento de aplicações para Museus, os chamados Audio-Guias, como o caso do museu Tate Modern em Londres. Trata-se de uma aplicação desenvolvida para PDA, que permite ao turista, ou a um simples visitante do museu, ter informações detalhadas sobre as várias obras de Arte. Desta forma, não só os grandes entendedores de arte poderão obter informação utilizando a aplicação ou simplesmente pela observação, mas também um visitante menos entendedor consegue

¹⁷ Direcção dos Serviços de Turismo <http://www.macautourism.gov.mo/macau-map/pt/index.php>

obter dados sobre as obras de arte, permitindo enriquecer o seu conhecimento. Esta aplicação vai permitir ao visitante ter num dispositivo móvel e ao alcance de alguns cliques informações detalhadas sobre os objectos, informação esta que a olho nu seria difícil de obter. Esta aplicação fornece inúmeras vantagens para o utilizador, permitindo ter acesso a diversas formas de informação, como comparar objectos do museu com outros que não estejam presente, aceder a diferentes interpretações da mesma obra, permite ter acesso a informação através de áudio, além de permitir cruzamento da mesma com outras obras de arte não presentes fisicamente. Mas como tudo, tem desvantagens, como o caso de dispersar a atenção do utilizador da obra de arte e se concentre mais no dispositivo. Desta forma não só foi levado em conta a informação que o dispositivo irá disponibilizar, mas também incentiva-lo a observação dos objectos com outro conhecimento (Figura 16) (Martinho, 2009).

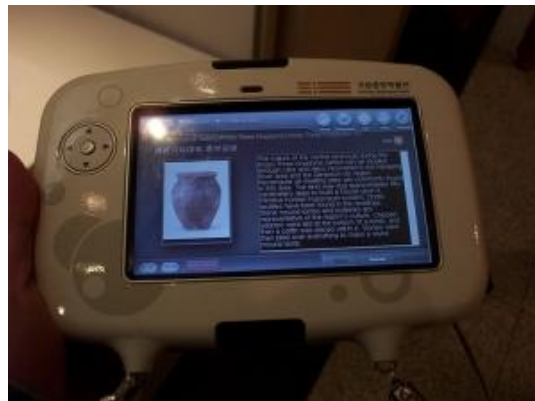


Figura 16 - Exemplo de Áudio Guias para turista (Martinho, 2009)

Uma outra aplicação bastante interessante e disponível gratuitamente foi desenvolvida para que os turistas tivessem mais informação sobre restaurantes, entretenimento e lazer em Hong Kong, com uma Interface fácil de usar e directa, ou seja, permitindo apenas com algumas questões disponibilizar a informação pretendida pelo turista. Tem um motor de pesquisa que permite localizar mais de 5200 lojas e restaurantes, permitindo fazer essas pesquisas por tipo de alimentação ou localização específica ou até mesmo por eventos na cidade. Esta aplicação com todas as suas funcionalidades incentiva a estadia do turista prolongando a mesma (Figura 17) (NGH, 2005).



Figura 17 – Exemplo de uma aplicação para turista (NGH, 2005)

É importante no desenvolvimento de softwares neste âmbito, dar informação ao utilizador, mas também incentivar a apreciação do que o rodeia, não se concentrando apenas no dispositivo móvel.

2.4.2.2 Geológica

Uma das suas utilizações é na área de Cartografia Geológica. Nesta área são desenvolvidas actividades em campo, para que seja possível a recolha de informação que permita estudo no domínio a Geologia bem como outras áreas científicas. Foi desenvolvido uma aplicação para facilitar o levantamento de informação durante os trabalhos em campo, com a GPS integrado no PDA ou externo permite aos utilizadores terem informação exacta sobre o seu posicionamento. Esta aplicação permite uma maior rapidez, eficiência e fiabilidade dos dados obtidos sobre aspectos importantes em campo, mas não excluindo as ferramentas tradicionais (Branco et al, 2007).

Esta aplicação permitiu a que cada equipa de trabalho em campo, com as suas tarefas atribuídas de natureza exclusivamente geológica, pudessem ser orientadas nos seus trabalhos bem como registar informação importante das observações. Estes dados foram guardados num sistema central Sistema de Informação Geocientífica (SIG), que permitia a todos os participantes compararem os dados obtidos. É importante referir que esta facilidade é fornecida não só pela aplicação, mas também pela mobilidade que estes dispositivos móveis permitem ter (Branco et al, 2007).

2.4.2.3 Parapente

Para a modalidade de parapente, foi desenvolvida uma aplicação para PDA, por uma equipa do Instituto Superior De Engenharia do Porto e comercializada pela empresa Flymaster Avionics, uma aplicação que permite aos praticantes de parapente terem informação sobre a altitude, velocidade, a criação de históricos dos percursos e detecção de térmicas, que permitem elevar o piloto a uma maior altitude (Flymaster, 2009).

Térmicas são bolhas de ar ou colunas de ar quente que deixam o solo e sobem atravessando o ar mais frio que as rodeia, este efeito deve-se ao facto de o sol aquecer a superfície do solo que por sua vez aquece a massa de ar que está em contacto com o solo, permitindo aos praticantes, elevarem a altura e prolongando desta forma o tempo da prova.

A aplicação, juntamente com todos os sensores que enviam a informação necessária ao dispositivo, permite através de grandes capacidades de cálculo e de memória de informação, disponibilizar dados de forma mais rápida e inteligente, com o intuito de fornecer toda a informação necessários aos pilotos desta modalidade, de forma a os orientarem e programarem os voos (Flymaster, 2009).

Toda a informação está contida num PDA, que fazendo a ligação com todos os sensores permite disponibilizar informação importante ao piloto que de outra forma só era possível com alguma experiencia do mesmo. Um ponto importante será a visualização da informação, visto que existe reflexos solares o que podem dificultar a leitura, estando a ser desenvolvida PDAs especialmente para esta aplicação, de forma a se poder controlar o display, para eliminar estas dificuldades (Flymaster, 2009).

2.4.2.4 Medicina

Na área da medicina começa a ser cada vez mais comum a utilização destes dispositivos, pela facilidade com que se gere informação, a portabilidade e mobilidade do próprio equipamento, aliado à proliferação da oferta de aplicações que facilitam a prática médica (Milho et al, 2002).

Existem várias áreas na medicina em que já é frequente se ver o uso dos PDAS, é o caso de aplicações que gerem imagens de exames médicos obtidas, por exemplo, através de equipamentos de ressonância magnética e tomografia computadorizada, o que diminui o uso de filmes tomográficos, reduzindo custos e permitindo a interacção de vários especialistas em localizações distantes, permitindo que todos contribuam para o diagnóstico médico. No caso de doentes acamados, permite que o especialista visualize os exames do paciente enquanto o examina. Visto que estes dispositivos permitem ter uma grande mobilidade e com o forte crescimento de acessos a redes sem fios, cada vez mais permite levar informação a longas distancias. Estas vantagens irão permitir reduzir cada vez mais a deslocação de doentes a postos médicos ou hospitais, permitindo entrar em contacto com médicos através destes dispositivos e com toda a comodidade (Correa, 2009).

Para além de todas estas vantagens é importante referir que por vezes o ser humano, devido a vários factores como fadiga ou outros problemas, pode levar a falhas num diagnóstico, ou até mesmo falhar num exame visual, podendo ter um excelente sistema de apoio num pequeno dispositivo que ele poderá transportar sempre consigo. Existem aplicações que são excelentes auxiliares do médico, permitindo fazer exames mais minuciosos as imagens captadas pelos dispositivos referenciados anteriormente, reduzindo muito a possibilidade de falha humana (Correa, 2009).

2.4.2.5 GPS

Na área de GPS cada vez mais intrínseco nos PDA sendo cada vez mais uma parte integrante do nosso quotidiano, por todas as facilidades que este software fornece aos seus utilizadores, bem como a facilidade da sua instalação e utilização.

O GPS permite criar trajectos entre 2 pontos, bem como fornecer informações sobre Pontos de Interesse de várias cidades, informação de postos de abastecimentos, redes de multibanco, portagens e já existe uma grande Base Dados com a informação de alguns radares fixos. A sua Interface gráfica é intuitiva e permite que um utilizador menos experiente nas novas tecnologias se integre facilmente com estes dispositivos (Gorgulho, 2004).

É interessante referir na última evolução deste software com imagens em 3D, é o caso da NDrive (Figura 18) que lançou um dispositivo que permite percorrer as ruas das cidades com imagens em 3 Dimensões bem como detalhe sobre as cores dos edifícios, os jardins e outras características que permitem facilitar a identificação do trajecto, permitindo também, ver para além do seu ângulo de visão. Ainda não existem muitas localizações com estas imagens, já que requer grandes capacidades de armazenamentos pois tende a crescer com o tempo sendo é um trabalho árduo e contínuo (NDrive, 2009).



Figura 18 – GPS NDrive com imagens 3D(NDrive, 2009)

Existe outra marca forte no desenvolvimento de GPS, a TomTom (Figura 19) líder no desenvolvimento destas aplicações e apesar de ainda não ter desenvolvido mapas 3 Dimensões, fornecem outras vantagens em relação a Ndrive, um dispositivo com menus mais intuitivos e de fácil memorização. Apesar de ter menus de configuração mais dispersos, o acesso aos mesmos é muito fácil, permitindo rapidamente configurar a Interface com a informação que o condutor considera importante (TomTom, 2009). No dispositivo NDrive, têm um menu de configuração o que torna mais exaustivas as configurações, no entanto permite simplificar o resto do menu. O TomTom disponibiliza uma Interface com Icons no menu com uma dimensão mais apropriada para os PDAs, o que no NDrive tem algumas limitações, apresentando algumas dificuldades na sua navegação, como o caso de alguns Icons de pequena dimensão que durante a condução tornar-se-á difícil acede-las.



Figura 19 – GPS TomTom (TomTom, 2009)

Tem sido desenvolvidos estudos e alguns projectos na área de GPS para pessoas com deficiências visuais, é o caso da aplicação *Easy Walk* desenvolvida por uma empresa italiana *Il Village* (Adams, 2007). Esta aplicação pode ser instalada em telemóveis com o sistema operativo *Symbian* que é usado na maior parte dos telemóveis de marca Nokia e permite fornecer a localização exacta através do número das portas, transmitido pela pessoa portadora de deficiência através de uma mensagem oral, apenas é necessário que o mesmo prima um botão. Na detecção de alguma anomalia ou dificuldade pode pressionar outro botão que faz a ligação a um centro de atendimento. Para que esta aplicação funcione apenas é preciso um telemóvel e um dispositivo de GPS para transferência de dados com o telemóvel via *Bluetooth* e um programa de conversão de texto designado *Talks*, que apenas recebe comandos de voz e o traduz para texto.

Sistemas vs Características	Mapa	POIS	GPS	Planeamento POIS	Áudio	Educacional	Auxilio
GPS para turistas Macau	X	X	X				X
GPS para turistas Líbano	X	X	X	X			X
Áudio Guia Museus					X	X	X
GPS para turistas Hong Kong		X					X
Geológica			X			X	X
Parapent							X
Medicina						X	X
GPS	X	X	X		X		X

Tabela 8 – Tabela comparativa entre as várias tecnologias

Através destas análises pode-se levantar algumas questões importantes antes de se desenvolver uma aplicação. As dimensões do aparelho são importantes, visto que se deve tentar introduzir o máximo de informação sem se retirar a facilidade da sua utilização, o posicionamento dos objectos da Interface de forma a facilitar a memorização dos menus, visto que os PDAS, são *Touch Screen*, é importante que o utilizador possa mexer rapidamente com os dedos tendo em atenção a dimensão dos *Icons* do menu. Outra questão terá relacionado com a acessibilidade, existe pessoas portadoras de deficiências, é importante analisar e desenvolver a aplicação de forma a criar facilidades para estas pessoas, o caso dos invisuais. Aqui não só a Interface é importante, mas os comandos de vos capazes de aceder aos menus da aplicação bem como esta poder transmitir através de vos, a localização dos menus e a leitura da informação que está a ser disponibilizada pela aplicação. De seguida será apresentada uma tabela com a comparação das ferramentas abordadas neste capítulo.

2.5 Casos de estudo

O mercado de PDAS tem conseguido progressivamente inserir-se na nossa sociedade desenvolvendo equipamentos cada vez mais baratos e por consequência, tem vindo a ser desenvolvidas diversas aplicações para estes dispositivos, o que os torna cada vez mais indispensáveis (Olmedo, 2001). Neste subcapítulo serão apresentadas algumas, das muitas aplicações desenvolvidas para PDAS, vantagens deste dispositivo, bem como algumas questões que se podem levantar durante o desenvolvimento de uma aplicação.

2.5.1 MoViSys

Tem sido desenvolvidas aplicações e estudos ligados à área do turismo em dispositivos móveis, pelas vantagens que daí advêm, como a portabilidade, o acesso a informação durante o tempo em que se desloca, maior detalhe sobre o que o turista está a visualizar, entre outras. Para reforçar as vantagens e de forma a tornar mais apelativa a sua utilização, permitindo criar sistemas mais individualistas, têm-se realizado esforços no sentido de tornar a Interface adaptável ao perfil do utilizador.

O *MoViSys*, um sistema de visualização para dispositivos móveis de Pontos de Interesse, georreferenciados e organizados em diferentes categorias. É um sistema que explora técnicas de filtragem, baseado em critérios de filtragem definido pelo utilizador, de modo a reduzir o número de elementos representados. A representação das diferentes categorias dos Pontos de Interesse, será feita por diferentes símbolos sobre o mapa (Vaz et al, 2008).

Uma das desvantagens que os dispositivos móveis apresentam é o facto de o Ecrã ter pequenas dimensões, o que faz com que a representação de todos os Pontos de Interesse, possa se tornar numa representação confusa. Para contornar este problema, terá de haver sempre uma filtragem, quando o número de Pontos de Interesse seja elevado. Para tal é usado um mecanismo capaz de filtrar essa informação, eliminando os resultados menos relevantes (Vaz et al, 2008).

Para ser filtrada esta informação, é utilizada uma função que permite quantificar o grau de interesse do que o utilizador tem num determinado ponto. Para tal é usada uma função que calcula a distância entre as condições definidas pelo utilizador e os valores dos atributos de cada ponto de interesse (Vaz et al, 2008).

Mas apesar do uso de uma função capaz de reduzir os Pontos de Interesse, não impede que a sua representação no Ecrã seja sobreposta. Para solucionar este problema, foi desenvolvido um mecanismo complementar, que o que faz é agregar os elementos. A

agregação requer, por um lado, a criação de símbolos adequados para a sua representação e, por outro lado, regras para determinar o agrupamento dos elementos e a sua associação aos símbolos gráficos (Vaz et al, 2008).

Consideram-se três tipos de operadores de generalização, Agregação, Tipificação e Afastamento. Se os Pontos de Interesse numa pequena área do Ecrã forem todos da mesma categoria, faz-se uma agregação. Por outro lado, se pertencerem a categorias diferentes, utiliza-se a tipificação, que faz uma agregação mas sofre as diferentes categorias. Por último, nos casos em que não seja útil para o utilizador recorrer aos dois tipos de generalização anteriores, podem ocorrer sobreposições. Para que seja possível atenuar estas sobreposições é utilizado o afastamento, que o que faz, é calcular o afastamento necessário de forma a minimizar esta sobreposição (Vaz et al, 2008).

O principal objectivo do *MoViSys* é construir um sistema de visualização, facilmente adaptável a vários domínios de aplicação. Para tal, conta-se com o auxílio de um modelo de informação que inclui as categorias, os atributos, a simbologia e os Pontos de Interesse. Na versão actual do *MoViSys* a informação existente refere-se ao turismo (Vaz et al, 2008).

2.5.2 Interfaces Adaptativas para museus virtuais

Tayside A Maritime History (TAMH) é um computador baseado num projecto multimédia (MacKenzie, 1995), permite aos utilizadores colocarem questões relacionadas com a história marítima, dando a possibilidade de fazerem qualquer tipo de perguntas da forma que acharem mais adequada. A TAMH permite abranger um público-alvo diversificado, desde alunos do ensino básico até pessoas com estudos superiores. Esta diversidade de utilizadores faz com que sejam efectuadas diferentes formas de pesquisa, originando a necessidade de apresentar diferentes níveis de explicação. Este sistema tem um grande impacto quando se trata do desenvolvimento de uma Interface e da estrutura dos dados. Grande parte deste projecto constituiu no desenvolvimento de Interfaces para diferentes grupos de utilizador, permitindo representar a informação de uma forma diferente adequando-a ao mesmo, além de possibilitar a estruturação da Interface para que o utilizador escolha o que desejar que seja mostrado.

No entanto, revelou-se impraticável, visto que seria necessário criar bases de dados diferentes para cada grupo de utilizadores (MacKenzie, 2009).

Para a resolução deste problema, foram projectadas Interfaces individuais para os vários tipos de utilizador, por exemplo, turistas, alunos ensino básico, doutorados, identificando-se os elementos que os grupos apresentem em comum e ainda, outros elementos que são específicos para cada tarefa ou consulta (MacKenzie, 2009).

A Interface do TAMH é adaptável em dois sentidos. Em primeiro lugar, existem diferentes métodos de recuperação dos dados, dependendo das preferências do utilizador ou pela decisão do controlador do sistema. Existe uma função que controla quais os campos a serem apresentados no Ecrã e quais as funções que devem estar ou não activas. Por exemplo, se a ferramenta está a ser usada por um aluno do ensino básico, é pouco provável que vá querer ver a informação completa assim como ter acesso a todas as funcionalidades. No entanto, se for um estudante de ensino superior, este quererá visualizar toda a informação assim como ter acesso a outras funcionalidades (MacKenzie, 2009).

A definição que costuma ser usada nas Interfaces Adaptativas é uma Interface que muda a sua estrutura em resposta ao ambiente que a rodeia (Reiser et al, 1985). No TAMH, essa mudança pode ser alcançada de uma forma activa ou passiva, ou seja, pode ser alterada automaticamente à medida que vá sendo identificado o perfil do utilizador, como pode ser alterada pelo próprio.

2.5.3 Interface Adaptativa em sistemas de informação num veículo

Em 1981, a Honda desenvolveu um sistema de navegação, para o território do Japão, onde era apresentada um vasto conjunto de informação para enriquecer o conhecimento dos utilizadores, ajudando não só na navegação, mas permitindo dar algum detalhe, como nome das ruas, alguns edifícios, Pontos de Interesse, entre outros. Este sistema provocou um aumento no número de acidentes de trânsito, visto que o utilizador tendia a distrair-se, não só na visualização da informação, como também na sua utilização. Estas distrações davam-se pelo facto de ser apresentada informação abundante, muita da qual era inútil para o utilizador, assim como muitas opções de utilização.

Para a resolução deste problema foi desenvolvido um sistema que controlava a ferramenta, sendo capaz de se adaptar a Interface ao utilizador, focando a informação no que realmente era relevante para o mesmo. Além disto o teclado também sofria algumas alterações, permitindo apresentar apenas as opções de navegação usadas pelo utilizador. Para se conseguir esta potencialidade, a aplicação conta com a ajuda de um modelo de utilizador, que vai adquirindo informação à medida que se vai interagindo com a Interface, criando uma base de informação que futuramente permita fazer as alterações correctas e necessárias.

Desta forma, consegue-se apresentar a informação focada no utilizador e permitindo apresentar ou omitir etapas intermédias na realização de uma tarefa. Consegue-se com isto, uma redução no tempo de uso e a execução mais rápida das tarefas, levando a uma redução da distração do utilizador (Kim et al, 2009).

2.5.4 Interfaces Adaptativas para PDA Baseadas nas preferências de pesquisa

O sistema *Mobile Preferences Search Tools* (MPST) tem como objectivo permitir identificar os Pontos de Interesse mais adequados às necessidades do utilizador, com base num conjunto de preferências definidas pelo mesmo.

Vários autores têm demonstrado que as Interfaces dinâmicas trazem mais vantagens em relação às Interfaces estáticas (Alvarez et al, 2007). Quando se trata de desenvolver Interfaces gráficas para dispositivos móveis, acresce a dificuldade, inerentes às limitações destes dispositivos (Mandela, 2007).

Uma Interface Adaptativa ao utilizador pode olhar para uma tarefa, compreendê-la, reconhecer a intenção do utilizador e automaticamente realizar essa tarefa na sua totalidade ou parcialmente, permitindo que o utilizador se concentre noutras actividades mais importantes (Mandela, 2007).

Não só as Interfaces Adaptativas podem ser pensadas para desenvolver tarefas automaticamente, como também podem ser usadas para reduzir automaticamente a informação apresentada, focando-a no que é importante para o utilizador. Actualmente, a informação é cada vez maior e cada vez mais os utilizadores, rapidamente, têm de dar resposta às mais diversas situações (Mandela, 2007).

O sistema MPST, aqui apresentado, tem como objectivo permitir criar mecanismos que possam reduzir essa informação, através da análise do comportamento do utilizador, permitindo criar padrões para os mais diversos perfis (Mandela, 2007).

As adaptações das Interfaces podem ser classificadas de três formas diferentes, ou seja, nos dados, nas tarefas e nas alterações do contexto do uso (Reichenbacher, 2003). Baseado nestas diferentes formas de adaptação, o sistema pode adaptar o design da Interface, permitindo apresentar a informação de forma a melhorar a visualização e interacção com o utilizador. Por exemplo, na representação de Pontos de Interesse num mapa, pode ter um maior ou menor número de pontos, dependendo da escala que estiver a ser representado o mapa (Mandela, 2007).

2.5.5 MASTROCARONTE

O *Mastrocaronte* é um sistema que, nos últimos anos, tem vindo a ser desenvolvido com o intuito de apresentar uma Interface Adaptativa capaz de disponibilizar informação turística para os utilizadores.

Para permitir implementar a Interface, conta-se com a ajuda de um modelo do utilizador, a qual vai armazenando diferentes informações sobre o mesmo, criando um estereótipo adquirido através da observação do seu comportamento. O modelo do utilizador fornece informações sobre a receptividade do utilizador, estimado a partir de parâmetros como a idade, o estereótipo a familiaridade com dispositivos electrónicos, Interfaces, problemas visuais, entre outros. Estas informações iniciais serão enriquecidas através da observação do comportamento do utilizador (Console et al, 2009).

A Interface para a apresentação da informação inclui dois suportes, áudio e gráfico. A apresentação gráfica sofrerá algumas alterações no design consoante a definição do modelo de utilizador, bem como as opções que estarão disponíveis para o mesmo, ou seja, serão apresentadas e omitidas algumas opções na Interface. Os serviços (Hotéis, restaurantes), disponibilizados vão ter pesos associados, que serão estipulados segundo um conjunto de regras pré-estabelecidas, permitindo fazer uma avaliação. Por um lado, serão atribuídos tendo em conta as características do utilizador, por outro, os pesos serão atribuídos segundo informação contextual como a hora, a distância, localização, permitindo disponibilizar a informação mais adequada ao utilizador (Console et al, 2009).

A selecção da Interface constitui um processo extremamente complexo porque além das questões como preferências do utilizador e informação contextual, serão tidos em conta as condições de condução, como por exemplo, a velocidade do tráfego. Isto é conseguido através de um conjunto de regras pré estabelecidas. De seguida, será demonstrada a representação da Interface em diferentes contextos, sendo o primeiro um estudante universitário, muito familiarizado com dispositivos electrónicos, sem problemas visuais e a conduzir devagar e sem trânsito (Figura 20). O segundo, é o mesmo aluno mas a conduzir a alta velocidade e com trânsito (Figura 21) (Console et al, 2009).

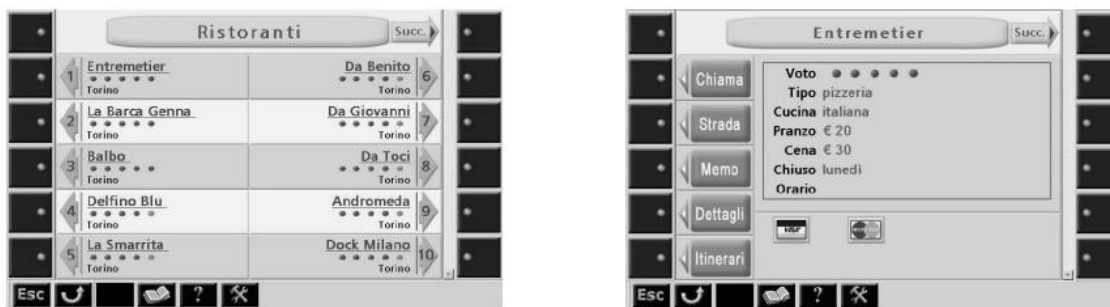


Figura 20 – Representação do contexto 1, estudante universitário com baixo risco (Console et al, 2009).

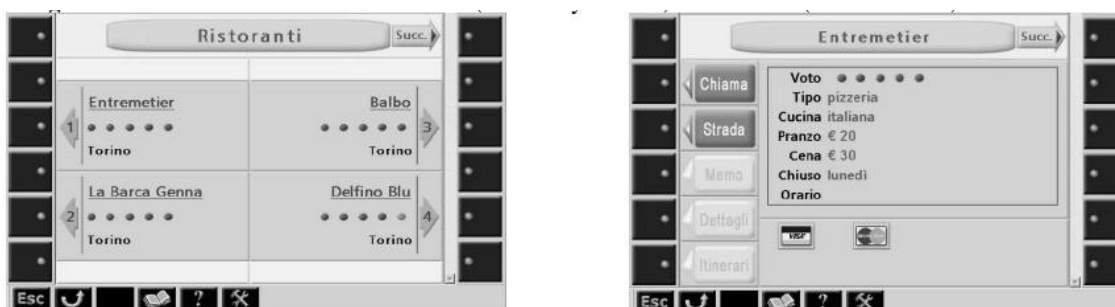


Figura 21 - Representação do contexto 1, estudante universitário com médio risco (Console et al, 2009).

2.5.6 Mobile Fotolog

O mobile *Fotolog*, é um sistema que permite que os utilizadores publiquem fotografias e textos relacionados na internet. A inovação deste *Fotolog* é que o seu conteúdo também pode ser acessado por diversos dispositivos Móveis.

Facilmente se conclui que existe uma necessidade de adaptação das imagens, devidas às diferentes dimensões dos Ecrã. Durante o desenvolvimento deste portal foram identificados alguns tipos de adaptação:

- **Adaptação da aplicação ao cliente.** Diferentes utilizadores irão utilizar o *Fotolog* em dispositivos com características diferentes entre si. Desta forma, a aplicação deve ser capaz de ser executada numa diversidade de dispositivos e plataformas de programação (Windson et al, 2005).
- **Adaptação das imagens acedidas.** A adaptação das imagens é necessária devido à dificuldade que um dispositivo móvel pode ter para conseguir aceder a uma imagem fotográfica na Web, devido ao seu tamanho e formato. Além disto, é

necessário adaptar o tamanho das imagens de forma a reduzir o tráfego de transferência (Windson et al, 2005).

- **Adaptação de textos.** Mobile *Fotolog* possui uma capacidade de colocar textos que descrevem as imagens. Os textos também sofrem adaptações, uma vez que o utilizador pode associar um texto a uma imagem no *Mobile Adapter Servers* (MAS), com três tipos de textos, que diferem na quantidade máxima de caracteres (160, 360, 500 caracteres). Estes textos correspondem às diversas capacidades dos dispositivos como Telemóveis, PDAS e Computadores comuns respectivamente (Windson et al, 2005).

O processo de adaptação do Mobile *Fotolog* é disparado quando a aquisição recebida pelo MAS, provém de um dispositivo com o *Mobile Adapter Client* instalado.

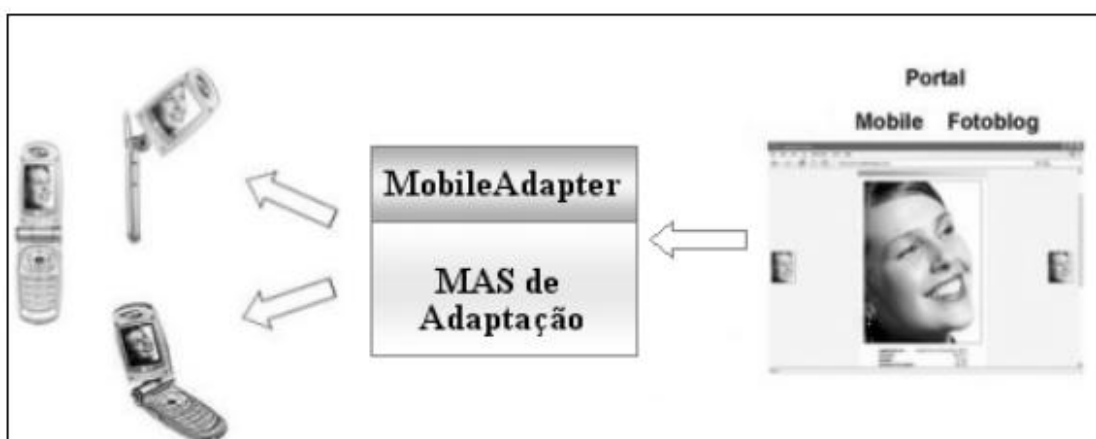


Figura 22 – Mobile Adapter Servers (MAS) (Windson et al, 2005)

O processo de adaptação do Mobile *Fotolog* é disparado quando a requisição recebida pelo MAS provém de um dispositivo que contém o *Mobile Adapter Client*. Através de um conjunto de protocolos de comunicação, o *Fotolog* identifica o tipo de pedido (Imagem ou texto) e transfere para os módulos de adaptação correspondentes, reduzindo ou aumentando a imagem através do módulo *Image Adapter*, ou diminuindo o texto, através do módulo *Text Adapter*, no número máximo de caracteres do dispositivo, isto é, se for um pedido de telemóvel e o texto tiver 360 caracteres, apenas serão enviados os primeiros 160 (Windson et al, 2005).

A adaptação também é realizada baseando-se em dois parâmetros do perfil do utilizador, ou seja, a qualidade desejada e se deve ou não haver distorção da imagem. Esse perfil é obtido de uma forma passiva, durante o registo do utilizador no Portal (Windson et al, 2005).

2.6 Resumo

No presente capítulo foram abordadas algumas questões teóricas sobre Interfaces Adaptativas, alguns sistemas adaptativos, regras de adaptatividade, alguns conceitos de usabilidade, apresentação dos mapas bem como ferramentas associadas aos mesmos. Foi ainda realizada a escolha do sistema operativo e, por último, alguns casos de estudo de aplicações com Interfaces Adaptativas.

Estes conceitos foram extremamente importantes para desenvolvimento da aplicação, pois permitiram adquirir conhecimento sobre métodos usados para o desenvolvimento de Interfaces Adaptativas. No estudo de sistemas adaptativos consegue-se perceber que diferentes sistemas funcionam de forma idêntica, ou seja, para que seja possível adaptar a Interface ao utilizador é necessário haver um modelo do utilizador. Este pode ser diferente para os vários sistemas, contudo a funcionalidade é a mesma, ou seja, guardar comportamentos do utilizador de forma a compreender as suas necessidades.

O estudo de regras de adaptatividade permitiu abordar algumas metodologias capazes de adaptar a Interface com base no comportamento do utilizador. Foram estudados três métodos, nomeadamente, redes Neurais, Raciocínio Baseado em Casos e Redes Bayesianas. Os dois primeiros métodos têm como principais desvantagens a complexidade de implementação e a necessidade de uma grande Base de Informação inicial, que serve de base nas análises futuras. Além disto, a aquisição de informação é um processo crítico e moroso, visto que é necessário fazer inúmeras entrevistas com especialistas além de que, a informação pode conter algum erro, o que resultaria num mau funcionamento. As Redes Bayesianas revelaram-se promissoras ainda na fase de aquisição de informação, dispensando um grande conjunto de casos iniciais e permitindo funcionar com dados, mesmo com alguma incerteza associada a estes.

Os conceitos de usabilidade, tais como, familiarização do sistema, fácil memorização, rapidez na realização dos objectivos, entre outros, permitiram a construção de uma Interface mais apelativa, tendo sempre como principal objectivo a satisfação do utilizador.

A representação do Mapa revelou-se indispensável no que diz respeito a aplicações georreferenciadas, permitindo ao utilizador orientar-se e ter uma melhor percepção de distâncias. O estudo de técnicas capazes de representar um Mapa facultou a visão gráfica da localização dos Pontos de Interesse.

Os dois últimos subcapítulos, ferramentas e casos de estudo, permitiram dar um panorama de aplicações desenvolvidas para dispositivos móveis nas mais diversas áreas, bem como apresentar algumas aplicações ligadas a Interfaces Adaptativas, tornando-se mais perceptível a relevância destes dispositivos bem como o uso de Interfaces Adaptativas.

3 Desenvolvimento e Implementação

Neste capítulo será efectuada uma apresentação funcional da aplicação desenvolvida, bem como as técnicas utilizadas. Nomeadamente, serão demonstrados os conceitos de Usabilidade e de redes de Bayes que permitiram criar a Interface Adaptativa. Também será mostrado algumas optimizações que permitiram rentabilizar o baixo desempenho do processador de um dispositivo móvel.

O processo para a criação e visualização dos Pontos de Interesse no Mapa, será explicado de forma a tornar mais perceptível a localização do turista e como este se deve guiar entre as deslocações de um ponto para outro. De seguida será apresentada a integração entre os dois projectos, eTourim(GUI+DI).

3.1 eTourismDI Tratamento de Dados

O projecto eTourismGUI tem como principal objectivo disponibilizar uma Interface Adaptativa. Alguns dos conteúdos apresentados nesta Interface entre outros são:

- Pontos de Interesse;
- Horas de visita;
- *Tags*.

Parte desta informação é fornecida por outra aplicação eTourismDI. Sendo assim, foi de extrema importância criar um mecanismo que permitisse a integração entre os dois projectos, a qual se esperava que fosse uma comunicação simples e linear.

A metodologia usada para a integração das duas ferramentas foi obtida através da realização de várias reuniões que permitiram chegar a um acordo entre os dois projectos. Estas reuniões possibilitaram também um acompanhamento da evolução dos projectos, pois era essencial que se conseguisse atingir os objectivos nos prazos propostos, para se poder fazer a ligação e dar continuidade ao trabalho, visto que os dois trabalhos estavam dependentes um com o outro.

Para o efeito, foram planeadas três metodologias para realizar a integração:

1. Por *Sockets*;
2. Por ficheiros partilhado, através de uma estrutura XML;
3. Por uma Base Dados.

Nos *Sockets* o conceito é o mesmo que o usado em redes, onde se estabelece um canal de comunicação para se poder fazer troca de informação entre dois softwares, podendo esta comunicação ser feita nos dois sentidos.

Este método foi abandonado devido ao facto de após algumas tentativas de colocar os *Sockets* a funcionar, surgiram alguns problemas como constantes falhas da comunicação, sendo necessário efectuar inúmeras validações e não sendo garantido que a informação fosse transmitida.

Na tentativa de solucionar o problema, tentou-se a partilha de informação através de um ficheiro XML. O formato XML oferece inúmeras vantagens tais como:

- Separação de conteúdos
- A simplicidade de representação e a facilidade de leitura
- A possibilidade de criação de Tags
- Grande versatilidade tanto na escrita como na leitura

No entanto, este método revelou-se inviável, visto que a estrutura obriga a que haja bastante redundância penalizando a performance na leitura e escrita da informação. Outra razão que levou ao abandono do XML foi a complexidade de relacionamento entre os dados. Além disto acesso ao ficheiro teria de ser controlado, pois não podia ser feito ao mesmo tempo.

Não sendo a ligação o foco principal dos dois projectos, procurou-se outro método que não trouxesse tanta complexidade na sua implementação, sendo este o uso de uma Base Dados. Foi criada uma classe de comunicação com a Base Dados, usada pelas duas aplicações. Este foi o método que fornecia mais vantagens, pela rapidez de acesso aos dados, por permitir a escrita e leitura, não sendo interferido uma com a outra. Contudo foi

necessário criar-se uma comunicação sincronizada entre as duas aplicações para que os dados lidos fossem os mais actualizados. Isto foi conseguido por Threads, onde são criados processos que fazem o acesso a Base Dados num tempo bem definido.

A informação contida na Base Dados passa por um conjunto de Pontos de Interesse juntamente com todo o seu detalhe. A gestão dos mesmos é feita pela aplicação eTourismDI, que tem como intuito analisar um conjunto de factores relacionados com o perfil do utilizador, as coordenadas da localização actual e disponibilizar informação como, Tours, POIS e Tags. Os subcapítulos seguintes têm como intuito apresentar com maior detalhe o significado de cada uma.

3.1.1 Pontos de Interesse

Pontos de Interesse, como o próprio nome indica, são locais turísticos que suscitam algum interesse por parte do utilizador (Coelho, 2009). Os mesmos podem ser caracterizador de inúmeras formas, facilitando o seu agrupamento, nomeadamente, monumentos, museus, igrejas, restaurantes, entre outros. Esta caracterização, em tecnologias de georeferenciação, torna-se uma característica fundamental para disponibilizar apenas informação relevante ao utilizador. Por exemplo, no caso dos GPS, é uma característica intrínseca, onde as categorias podem ser seleccionados pelo utilizador e serem apresentados no mapa apenas os Pontos de Interesse referentes as mesmas, como bombas de gasolina, restaurantes, Hospitais, entre outras. De seguida será descrita a forma serão apresentados os Pontos de Interesse na Interface.

O projecto eTourismGUI permite representar alguns Pontos de Interesse por ordem de relevância, alterando o tamanho da letra, dando ênfase aos mais importantes. Como referido anteriormente, esta informação é fornecida pelo projecto eTourismDI, que retornará a mesma por ordem decrescente, ou seja, do mais relevante para o menos relevante. A apresentação dos Pontos de Interesse será feita segundo o peso de cada um, ou seja, pela ordem que é recebida, aumentando ou diminuindo o tamanho da letra, respectivamente (Figura 26). Esta representação é feita através de uma simples descrição, sendo este um link de ligação a outro menu, onde o Ponto de Interesse será enriquecido com maior detalhe.

Os Pontos de Interesse apresentados são agrupados por categorias como monumentos, igrejas, museus, restaurantes, cafés e bares. Estas categorias podem ser seleccionadas pelo utilizador no menu das preferências permitindo, desta forma, que o turista apenas obtenha os Pontos de Interesse focados nos seus interesses. A sua representação será alvo

de algumas alterações, que irá depender do perfil do utilizador, sendo estes apresentados em maior ou menor número. De seguida será descrito as alterações que provem das características de utilizador.

Se o utilizador for iniciado, serão apresentados 9 Pontos de Interesse, no entanto, a nível de detalhe, será mais reduzido. Se o utilizador for avançado, serão apresentados 5 Pontos de interesse, mas cada um será mais rico a nível de detalhe. Isto deve-se ao facto de que, se um utilizador for iniciado, preferirá ter mais opções a nível de pontos para poder escolher, mas não lhe interessará grande detalhe sobre ele, para não se tornar exaustivo. Por outro, lado à medida que o utilizador vai caminhando para um nível mais avançado, terá todo o interesse que o número de pontos esteja mais focado no que lhe interessa, enriquecendo o detalhe dos mesmos. Desta forma, conta-se com a ajuda de algoritmos complexos, desenvolvidos no projecto eTourismDI, que tomem essa decisão, permitindo reduzir o número de Pontos apresentados.

3.1.2 Tour

O Tour não é mais do que um conjunto de Pontos de Interesse, agrupados segundo uma análise feita a um conjunto de factores, tais como, as necessidades do utilizador, ao perfil pormenorizado do mesmo, localização, entre outros.

A representação dos Pontos de Interesse é feita de duas formas, textual ou através de um Mapa. Na representação textual os mesmos serão apresentados pela ordem em que deverão ser efectuadas as visitas, sendo proposta uma hora para as mesmas (Figura 25). Neste menu a Interface irá adapta-se automaticamente para os diferentes tipos de perfil de utilizador. Se for um utilizador iniciado apenas será apresentada informação sobre o Tour, simplificando a sua utilização, se o utilizador for intermédio ou avançado, neste caso serão tratados de igual forma, sendo apresentada uma nova opção que permitirá apresentar uma sugestão, contudo o detalhe da informação será diferente para estes perfis. A sugestão é proposta tendo em consideração Pontos de Interesse perto da localização do utilizador e que tenha um grau de similaridade com o próximo ponto a ser visitado, permitindo dar a possibilidade de o utilizador o substituir (Figura 25).

A apresentação dos Pontos de Interesse no mapa tem como objectivo enriquecer a informação disponibilizada, apresentando os nomes dos vários Pontos de Interesse, bem como a ligação por ordem de visita, proporcionando uma visão geográfica da localização dos vários locais a serem visitados.

3.1.3 Tags

As *Tags*, no âmbito do projecto eTourismGUI, consistem em agrupar Pontos de Interesse por palavras-chave sendo as mesmas representadas por ordem de relevância, ou seja, através da análise do perfil do utilizador, a aplicação eTourismDI permite estipular pesos para cada uma das palavras-chave, sendo apresentadas com maior tamanho de letra as que forem mais relevantes para o utilizador. É uma forma de representar um conceito muito utilizado na Web, as nuvens de *Tags*¹⁸, que permite, após alguma interacção com o utilizador, reflectir os aspectos mais relevantes para o mesmo.

As *Tags* têm sido alvo de estudos e de constantes evoluções no que diz respeito à criação de algoritmos capazes de depreender, através da interacção com o utilizador, quais as *Keywords* que devem ser realmente focadas (Coelho, 2009). É necessário manter alguma prudência no tratamento desta informação, uma vez que, erros na representação da mesma, podem levar a que o utilizador, inconscientemente, siga um caminho que não é o pretendido e, até mesmo, deixe de utilizar o sistema. Por exemplo, um utilizador que tenha preferência por igrejas e se for dado pouca relevância às mesmas, tenderá a visualizar outros Pontos de Interesse, dos quais não terá interesse.

É graças às inúmeras vantagens patenteadas pelas *Tags* que existe uma implementação crescente destes sistemas (Coelho, 2009). Tais vantagens são, classificar a informação por *Keywords*, análise do comportamento do utilizador de forma a focar a informação nos seus interesses e redução do esforço por parte do mesmo na localização da informação.

Tendo em consideração os benefícios da implementação das *Tags* na melhoria da interacção do utilizador com o sistema, foi desenvolvida também uma solução que permitisse representar esse conjunto de *Tags*. A solução passa pela apresentação de um conjunto de *Keywords* sendo estas apresentadas por tamanhos de letra diferente, consoante o grau de relevância que a mesma tem para o utilizador (Figura 26).

Após a compreensão de como é realizada a integração entre os dois projectos e que dados são retornados por parte do eTourismDI, será apresentado de seguida a estrutura da interface bem como a representação da informação na mesma.

¹⁸ Nuvens de *Tags* é uma representação de um conjunto de *Tags*, permitindo caracterizar informação. A mesma é apresentada com tamanho diferentes de letras, segundo a relevância que tem para o utilizador

3.2 Interface

A interacção com sistemas computacionais deixou de ser um privilégio de profissionais da área de computação e tornou-se algo ao alcance de uma maior diversidade de utilizadores, alguns com muita experiência, outros com pouco contacto com estes sistemas (Giani, 2005). Os programadores, analistas e gestores de sistemas computacionais e, notadamente, dos sistemas interactivos, têm sido colocados em posição de influenciar a sociedade, desenvolvendo Interfaces mais intuitivas e fáceis de usar. Isto deve-se ao facto de a Interface ser um ponto de ligação com o sistema, sendo esta por vezes decisiva na escolha de uma aplicação por parte do utilizador. De seguida serão apresentados alguns aspectos que estiveram presentes no desenvolvimento da Interface.

Na primeira utilização da aplicação será apresentado um conjunto de imagens que o utilizador poderá escolher. Estas imagens permitirão ajudar, na criação de um estereótipo, permitindo conhecer um pouco mais do perfil de utilizador. Para tal, contara-se com a ajuda de um algoritmo desenvolvido no âmbito de outro projecto, o ToursPlan. Este algoritmo retornará Pontos de interesse relacionados com esse perfil. A escolha das imagens será efectuada uma vez na primeira utilização da aplicação, contudo poderão ser alteradas num menu de preferências que será disponibilizado (Figura 23).



Figura 23 - Imagens associadas a exemplos de Estereótipos

No desenvolvimento da Interface foram tidos em consideração alguns aspectos de usabilidade (Cap.2.2.2,pag.61), que permitiram obter bons resultados na avaliação (Cap. 3.6, pag.130). A distribuição dos botões foi feita com base na estrutura de outro software, o do GPS TomTom (Figura 24). Desta forma, facilitou a familiarização de um grande grupo de utilizadores não só por ser um software muito utilizado mas porque a distribuição dos menus está pensada de forma a facilitar a compreensão por parte do utilizador. Isto consegue-se

tendo em consideração alguns aspectos, como a representação de imagens nos botões e reforçada por palavras simples, permitindo aos utilizadores, que não tenham contacto com o TomTom, consigam interagir com a aplicação sem dificuldade. A cor verde foi escolhida para que a visão sobre a Interface fosse o mais aproximado do software já desenvolvido pela equipa do GECAD, conhecido por ToursPlan, tornando mais perceptível ao utilizador o uso de uma aplicação semelhante à desenvolvida para a Web. (Figura 24) (Coelho, 2009).



Figura 24 – Menus principais

A distribuição dos menus, facilitou a memorização uma vez que os mesmos apresentam uma baixa profundidade, ou seja, o número de menus para se atingir o objectivo principal é reduzido (Figura 25). Desta forma, o utilizador deverá conseguir criar uma estrutura mental da Interface, tornando mais fácil a sua memorização (Terra et al, 2009). Com este número reduzido de menus, consegue-se ter resultados satisfatórios, tornando mais rápido o acesso à informação.

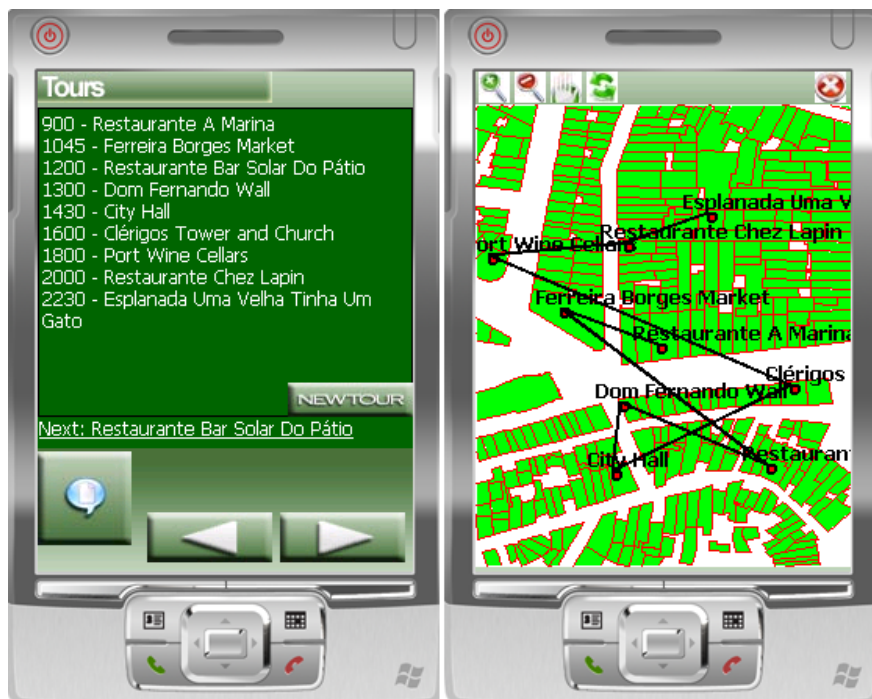


Figura 25 – Menu Tour

Os dispositivos móveis apresentam um Ecrã de pequenas dimensões, o que dificulta a distribuição dos menus. Por um lado como é *Touch Screen*, necessita que os botões tenham uma dimensão aceitável para que o utilizador não tenha de usar a caneta do dispositivo, por outro lado tem de estar muito bem distribuído para que se possa ter toda a informação. Esta foi a principal razão para a divisão do menu inicial em duas partes, onde em cada uma delas disponibiliza quatro botões com uma dimensão que permite ao utilizador aceder sem o uso da caneta (Figura 24).

Relativamente à apresentação da informação, foi tido em consideração o espaço no Ecrã, como também destacar a informação mais relevante da menos relevante para o utilizador. Esta informação é tratada e fornecida através da aplicação eTourismDI que, através alguns parâmetros como, características do utilizador e localização, permitem estipular pesos por ordem de importância. Desta forma, quando se acede ao menu de POI ou ao menu de *Tags*, é apresentada a informação por ordem de relevância (Figura 26).



Figura 26 – Menu POI's e Community Tags

3.3 Redes Bayes

O desenvolvimento de Interfaces é um processo interactivo, pelo que serão sempre efectuados esforços a melhorar a eficiência e a adequabilidade da Interface em relação ao utilizador (Terra et al, 2009). Desta forma, foram desenvolvidos estudos no sentido de desenvolver uma Interface Adaptativa ao utilizador, isto é, ao longo da sua utilização, ser capaz de se adequar a um determinado perfil e fazer as respectivas alterações a Interface (Cap. 2.1, pag.37).

O principal objectivo deste trabalho é tornar possível esta adaptatividade, pelo que, através da ajuda de uma rede de Bayes, foi possível usar probabilidades, de forma a proporcionar um grau de confiança, isto é, podendo não saber *à priori* que tipo de utilizador se trata, pode-se calcular a probabilidade de um utilizador ser de um determinado perfil. Através da análise de um conjunto de factores definidos na rede, consegue-se fazer acreditar que existe uma forte probabilidade de um utilizador ter um determinado perfil. No subcapítulo seguinte será explicado ao pormenor como foi desenvolvida a classe responsável por todo o processo de criar evidências sobre os Nós e os respectivos cálculos.

3.3.1 Construção das redes Bayesianas

A construção de uma rede Bayesiana, consiste em desenvolver um diagrama capaz de organizar o conhecimento numa dada área através de um mapeamento entre “Causas” e “Efeitos, ou seja, é um conjunto de Nós (variáveis) pai que assumem um conjunto de estados definidos na rede e que influenciam nos resultados dos Nós filho (Grubisic, 2009). A ordem pela qual são criados os Nós é relevante para o bom funcionamento da rede, devendo-se iniciar pelos Nós “Causas”, ou seja, os Nós pai e de seguida os Nós que estes irão influenciar os Nós filhos “Efeitos” (Figura 27).

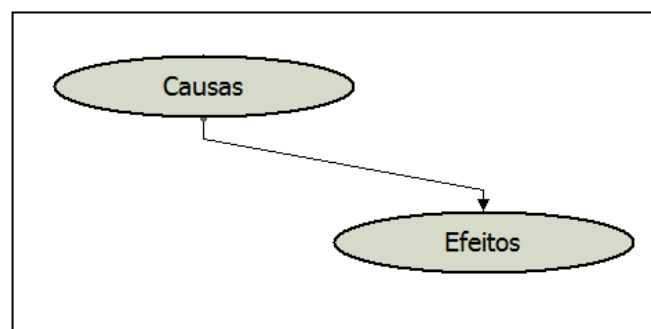


Figura 27 – Nós Rede Bayesiana

A rede Bayesiana desenvolvida para a aplicação eTourismGUI é uma rede bem adaptada a uma realidade, ao perfil do turista (Figura 28).

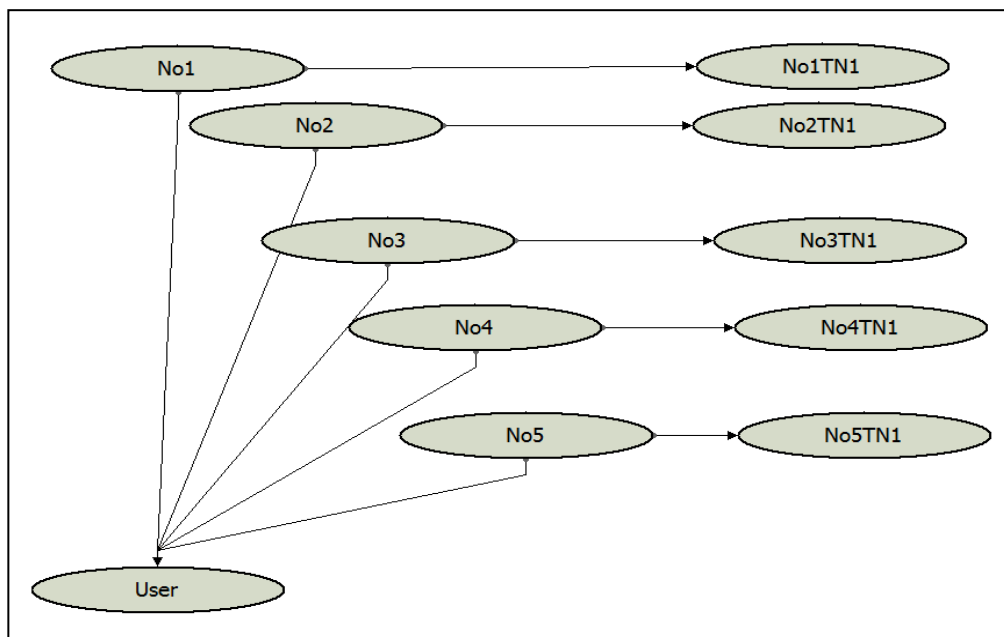


Figura 28 – Rede Bayesiana eTourismGUI

A rede Bayesiana, desenhada para a aplicação eTourismGUI é constituída por 11 Nós dos quais 5 são Nós pai e 6 Nós filho (Figura 28). O funcionamento desta rede consiste em criar evidências bem especificadas para cada *Nó*, ou seja, à medida que o utilizador vai interagindo com a aplicação, o uso de determinadas teclas num determinado número de vezes vai influenciar os respectivos Nós que são constituídos pelo *Nó*1 até ao *Nó*5, os quais mais a frente, serão explicados com maior detalhe.

Estas instâncias criadas sobre os Nós através do algoritmo de Bayes vão alterar os valores probabilísticos dos Nós User e *Nó*1Tn1 até ao *Nó*5Tn1. O *Nó* User tem 3 estados possíveis o “Avançado”, “Intermédio” e “Iniciado” que correspondem aos 3 grupos de utilizador definidos para esta aplicação. Os Nós compreendidos entre *Nó*Tn1 até *Nó*Tn5, permitem criar probabilidades temporal, ou seja, quando o utilizador sair da aplicação serão guardados as probabilidades futuras de cada *Nó*, permitindo, desta forma, calcular os valores de um possível estado futuro do utilizador. Por exemplo, um utilizador que use a aplicação num momento actual pode ter como perfil “Iniciado” mas através da sua interacção com a aplicação ser calculado que de futuro pode ser um utilizador intermédio.

Para uma melhor eficiência e adequabilidade do sistema em relação ao utilizador, a definição do número de vezes que é necessário clicar num botão da aplicação, para que seja criada uma evidência, foi definida depois de um conjunto de observações de diversos utilizadores, com diversos tipos de experiências com sistemas computacionais de forma a aperfeiçoar e obter resultados satisfatórios na obtenção do perfil do utilizador. Desta forma, consegue-se criar um valor médio do número de vezes que utilizadores dos diferentes perfis acede a uma determinada opção, por exemplo, um utilizador iniciado acede mais vezes ao menu ajuda do que um intermédio. Estas observações e o número de utilizadores, permitiu criar um universo de pessoas com vários tipos de perfis, tornando possíveis os cálculos das probabilidades condicionais na tabela do *Nó* User (Tabela 11). Será vista com mais pormenor mais adiante. De seguida será apresentado os factores que influenciam cada um dos Nós da rede Bayesiana.

Os Nós pai do modelo da rede Bayesiana, implementado, permitem criar evidências sobre algumas das possíveis formas de identificar o perfil do utilizador. É criada uma evidência sobre o *Nó*1 se o utilizador aceder mais que 2 vezes ao menu ajuda, o que tenderá para que o utilizador seja identificado com um perfil de “Iniciado”. É criada uma evidência sobre o *Nó*2 se o utilizador retroceder os menus mais de 10 vezes. Desta forma permitirá verificar que é um utilizador que está a explorar o software levando a que a probabilidade o identifique com um perfil “Iniciado”.

É criada uma evidência sobre o Nó3 se o utilizador aceder mais que 3 vezes à alteração de preferências, o que, se tal acontecer, significa que é um utilizador que ainda está a ajustar a aplicação para que retorne dados, os quais terá maior interesse, bem como uma imagem ou a activação ou desactivação das sugestões, logo alguém que também anda a explorar a aplicação, desta forma, tenderá para um utilizador “Iniciado” (Figura 29).

É criada uma evidência sobre o Nó4 se o utilizador saltar mais que 8 vezes o menu principal, será um número suficiente para chegar ao conjunto de Pontos de Interesse a serem visitados e outros menus como detalhe dos Pontos de Interesse ou as *Tags*, o que, se ultrapassar significa que é um utilizador que está a explorar os menus, logo um utilizador “Iniciado”. Por ultimo é criada uma evidencia sobre o Nó5 se o utilizador ultrapassar mais de 30 cliques durante o uso da aplicação, mesmo acedendo ao menu Tour, voltar ao menu principal, andar a navegar pelos menus de POIS e *Tags*, durante algum tempo fica com um número de cliques distante do definido, logo deduz-se que seja um utilizador com perfil “Iniciado” (Figura 29).

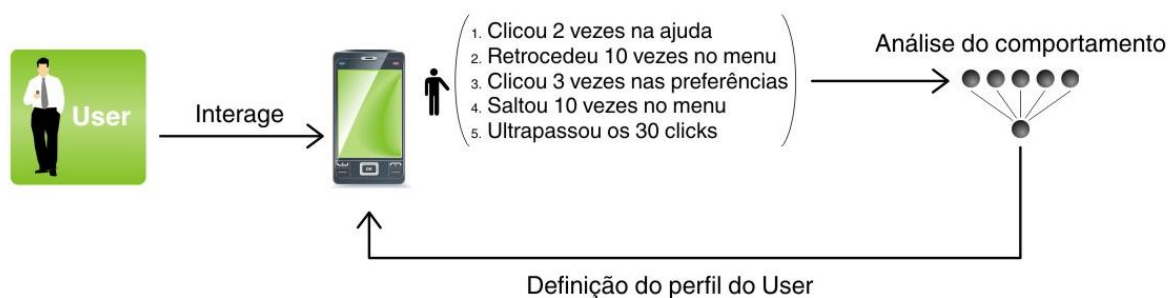


Figura 29 – Interação com a Interface

Quando o utilizador acede ao menu Tour e pede para visualizar o mapa, é feita uma verificação de todas as opções referidas no parágrafo anterior. Caso os valores não tenham ultrapassado o número de *Clicks* das variáveis definidas, vão ser criadas evidências sobre esses Nós, inferindo para que os seus estados passem para No. Pela regra de Bayes o algoritmo calcula a probabilidade que tenderá para um perfil de “Intermédio” ou “Avançado”. Após a compreensão de como os Nós da rede serão influenciados, será apresentado de seguida o processo de preenchimento das tabelas de probabilidades condicional.

Uma nova etapa na construção da rede Bayesiana é o preenchimento das tabelas de probabilidades condicional, usando a fórmula referida anteriormente desta dissertação (Cap.2.1.3.3, pag.50). Estas probabilidades são usadas para o cálculo da probabilidade de Bayes após os Nós pai terem sido instanciados. As tabelas de probabilidades condicionais tendem a ter um grande número de entradas, mesmo para os Nós com número reduzido de pais (pag.51) (Neto, 2002). Preencher estes dados pode ser algo que requeira muita experiência, caso a relação entre os Nós pais e filhos seja completamente arbitrária. No entanto, na maioria dos casos isto não se verifica, visto que a relação entre os Nós é bem adaptada a uma realidade, criando um padrão como o caso do eTourismGUI. De seguida será apresentado um pequeno exemplo, dos cálculos efectuados para o preenchimento da tabela de probabilidades para que torne mais perceptível, como foi feito na rede de Bayes do eTourismGUI.

Para melhor compreensão de como calcular as probabilidades condicionais, é apresentado o seguinte exemplo:





Parent Node(s)		Loses		
Sick	Dry	Yes	No	bar charts
Yes	Yes	0,95	0,05	
	No	0,02	0,98	
No	Yes	0,02	0,98	
	No	0,9	0,1	

Tabela 9 - Tabela Probabilidades Condicional

$$\begin{aligned}
&P(\text{loses}=\text{yes}|\text{Dry}=\text{yes},\text{Sick}=\text{yes})= \\
&\quad \frac{P(\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Dry}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Sick}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{yes})}{P(\text{Dry}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Sick}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{yes})+} \\
&\quad \frac{P(\text{Dry}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{no})P(\text{Sick}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{no})}{P(\text{Dry}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{no})P(\text{Sick}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{no})}=0,95 \\
&P(\text{loses}=\text{yes}|\text{Dry}=\text{no},\text{Sick}=\text{yes})= \\
&\quad \frac{P(\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Dry}=\text{no}|\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Sick}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{yes})}{P(\text{Dry}=\text{no}|\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Sick}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{yes})+} \\
&\quad \frac{P(\text{Dry}=\text{no}|\text{Loses}=\text{no})P(\text{Sick}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{no})}{P(\text{Dry}=\text{no}|\text{Loses}=\text{no})P(\text{Sick}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{no})}=0,02 \\
&P(\text{loses}=\text{yes}|\text{Dry}=\text{yes},\text{Sick}=\text{no})= \\
&\quad \frac{P(\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Dry}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Sick}=\text{no}|\text{Loses}=\text{yes})}{P(\text{Dry}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Sick}=\text{no}|\text{Loses}=\text{yes})+} \\
&\quad \frac{P(\text{Dry}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{no})P(\text{Sick}=\text{no}|\text{Loses}=\text{no})}{P(\text{Dry}=\text{yes}|\text{Loses}=\text{no})P(\text{Sick}=\text{no}|\text{Loses}=\text{no})}=0,02 \\
&P(\text{loses}=\text{yes}|\text{Dry}=\text{no},\text{Sick}=\text{no})= \\
&\quad \frac{P(\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Dry}=\text{no}|\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Sick}=\text{no}|\text{Loses}=\text{yes})}{P(\text{Dry}=\text{no}|\text{Loses}=\text{yes})P(\text{Sick}=\text{no}|\text{Loses}=\text{yes})+} \\
&\quad \frac{P(\text{Dry}=\text{no}|\text{Loses}=\text{no})P(\text{Sick}=\text{no}|\text{Loses}=\text{no})}{P(\text{Dry}=\text{no}|\text{Loses}=\text{no})P(\text{Sick}=\text{no}|\text{Loses}=\text{no})}=0,9
\end{aligned}$$

Calculo das probabilidades condicionais

A rede Bayesiana desenhada para a aplicação eTurismGUI é constituída por um Nó principal, o Nó User, que é filho dos Nó1, Nó2, Nó3, Nó4 e Nó5 e vai permitir identificar o perfil de utilizador (Figura 28). Para que o algoritmo de Bayes pudesse ser aplicado foi necessário preencher a tabela de probabilidade condicional do Nó User sendo este um processo moroso e complexo já que requer alguns conjuntos de dados e cálculos (Tabela 10).

Os valores da tabela de probabilidades condicional foram calculados tendo em consideração um universo de 42 pessoas, as quais têm experiências diferentes, no uso deste tipo de aplicações (Tabela 11). A seguinte tabela permite ter uma percepção da distribuição de utilizadores nos diferentes níveis, Iniciado, Intermédio e Avançado. Os Nós, Nó1, Nó2, Nó3, Nó4, Nó5, correspondem as instanciações da “Ajuda”, “Retroceder”, “Preferências”, “Saltar” “Menu principal”, “Numero total de Clicks” respectivamente.

Parent Node(s)					User						
No1	No3	No4	No5	No2	Avançado	Intermedio	Iniciado	bar charts			
Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	0,00035	0,06678	0,93286				
			No	No	0,00165	0,12504	0,8733				
		No	Yes	Yes	Yes	0,00236	0,10635	0,89129			
				No	No	0,01059	0,19062	0,79879			
		No	No	Yes	Yes	0,0013	0,14295	0,85575			
				No	Yes	0,00565	0,24901	0,74534			
	No	Yes	Yes	Yes	Yes	0,00823	0,21599	0,77579			
				No	No	0,03294	0,34588	0,62118			
		No	Yes	Yes	Yes	0,00236	0,10635	0,89129			
				No	No	0,01059	0,19062	0,79879			
		No	No	Yes	Yes	0,01525	0,16335	0,82141			
				No	No	0,06226	0,26684	0,6709			
	No	Yes	Yes	Yes	Yes	0,00823	0,21599	0,77579			
				No	No	0,03294	0,34588	0,62118			
			No	Yes	Yes	Yes	0,04826	0,30165	0,65009		
					No	No	0,16145	0,40362	0,43493		
			No	Yes	Yes	Yes	Yes	0,00407	0,19955	0,79638	
						No	No	0,01675	0,32825	0,65501	
No		Yes		Yes	Yes	0,02463	0,28733	0,68804			
				No	No	0,08886	0,41467	0,49647			
No		No		Yes	Yes	0,01274	0,36425	0,62301			
				No	No	0,04502	0,51476	0,44022			
No		Yes	Yes	Yes	Yes	0,06761	0,46016	0,47223			
				No	No	0,19535	0,53178	0,27287			
		No	Yes	Yes	Yes	0,02463	0,28733	0,68804			
				No	No	0,08886	0,41467	0,49647			
		No	No	Yes	Yes	0,12872	0,35756	0,51372			
				No	No	0,34373	0,38192	0,27436			
No		Yes	Yes	Yes	Yes	0,06761	0,46016	0,47223			
				No	No	0,19535	0,53178	0,27287			
No	No	Yes	Yes	Yes	0,27639	0,44785	0,27576				
			No	No	0,54121	0,35079	0,108				

Tabela 10 - Tabela de probabilidade condicional do Nó User

Var/User	Iniciado	Intermedio	Avançado	Total
No1	6	3	1	10
No2	4	3	1	8
No3	5	3	2	10
No4	4	3	1	8
No5	3	2	1	6
Total	22	14	6	42

Tabela 11 - Tabela da amostragem de utilizadores

De seguida serão apresentados os cálculos que permitiu preencher a tabela de probabilidades condicional do Nó “User”.

$$P(\text{Iniciado}) = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de utilizadores Iniciados}}{\text{N}^\circ \text{ total de utilizadores}} = 0,52381$$

$$P(\text{Intermedio}) = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de utilizadores Intermedio}}{\text{N}^\circ \text{ total de utilizadores}} = 0,333333$$

$$P(\text{Avançados}) = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de utilizadores Avançados}}{\text{N}^\circ \text{ total de utilizadores}} = 0,142857$$

$$P(\text{No1}|\text{Iniciado}) = \frac{P(\text{Iniciado} \cap \text{Nó1})}{P(\text{Nó1})} = 0,6$$

$$P(\text{No2}|\text{Iniciado}) = \frac{P(\text{Iniciado} \cap \text{Nó2})}{P(\text{Nó2})} = 0,5$$

$$P(\text{No3}|\text{Iniciado}) = \frac{P(\text{Iniciado} \cap \text{Nó3})}{P(\text{Nó3})} = 0,5$$

$$P(\text{No4}|\text{Iniciado}) = \frac{P(\text{Iniciado} \cap \text{Nó4})}{P(\text{Nó4})} = 0,5$$

$$P(\text{No5}|\text{Iniciado}) = \frac{P(\text{Iniciado} \cap \text{Nó5})}{P(\text{Nó5})} = 0,5$$

$$P(\text{No1}|\text{Intermedio}) = \frac{P(\text{Intermedio} \cap \text{Nó1})}{P(\text{Nó1})} = 0,3$$

$$P(\text{No2}|\text{Intermedio}) = \frac{P(\text{Intermedio} \cap \text{Nó2})}{P(\text{Nó2})} = 0,375$$

$$P(\text{No3}|\text{Intermedio}) = \frac{P(\text{Intermedio} \cap \text{Nó3})}{P(\text{Nó3})} = 0,3$$

$$P(\text{No4}|\text{Intermedio}) = \frac{P(\text{Intermedio} \cap \text{Nó4})}{P(\text{Nó4})} = 0,375$$

$$P(\text{No5}|\text{Intermedio}) = \frac{P(\text{Intermedio} \cap \text{Nó5})}{P(\text{Nó5})} = 0,333$$

$$P(\text{No1}|\text{Avançado}) = \frac{P(\text{Avançado} \cap \text{Nó1})}{P(\text{Nó1})} = 0,1$$

$$P(\text{No2}|\text{Avançado}) = \frac{P(\text{Avançado} \cap \text{Nó2})}{P(\text{Nó2})} = 0,125$$

$$P(\text{No3}|\text{Avançado}) = \frac{P(\text{Avançado} \cap \text{Nó3})}{P(\text{Nó3})} = 0,2$$

$$P(\text{No4}|\text{Avançado}) = \frac{P(\text{Avançado} \cap \text{Nó4})}{P(\text{Nó4})} = 0,125$$

$$P(\text{No5}|\text{Avançado}) = \frac{P(\text{Avançado} \cap \text{Nó5})}{P(\text{Nó5})} = 0,166667$$

Calculo das probabilidades condicionais

Não é desígnio deste capítulo, apresentar todas as fórmulas sobre as quais foram calculados os valores, mas sim apresentar apenas as fórmulas usadas nas extremidades da tabela de forma a se compreender os resultados. As fórmulas são as seguintes:

$$\begin{aligned}
 &P(\text{Iniciado}|\text{No1, No2, No3, No4, No5})= \\
 &= \underline{P(\text{Ini})P(\text{No1}|\text{Ini})P(\text{No2}|\text{Ini})P(\text{No3}|\text{Ini})P(\text{No4}|\text{Ini})P(\text{No5}|\text{Ini})} \\
 &\quad P(\text{Ini})P(\text{No1}|\text{Ini})P(\text{No2}|\text{Ini})P(\text{No3}|\text{Ini})P(\text{No4}|\text{Ini})P(\text{No5}|\text{Ini})+ \\
 &+ P(\text{Int})P(\text{No1}|\text{Int})P(\text{No2}|\text{Int})P(\text{No3}|\text{Int})P(\text{No4}|\text{Int})P(\text{No5}|\text{Int})+ \\
 &+ P(\text{Ava})P(\text{No1}|\text{Ava})P(\text{No2}|\text{Ava})P(\text{No3}|\text{Ava})P(\text{No4}|\text{Ava})P(\text{No5}|\text{Ava}) \\
 \\
 &P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1}, \Gamma\text{No2}, \Gamma\text{No3}, \Gamma\text{No4}, \Gamma\text{No5})= \\
 &= \underline{P(\text{Ini})P(\Gamma\text{No1}|\text{Ini})P(\Gamma\text{No2}|\text{Ini})P(\Gamma\text{No3}|\text{Ini})P(\Gamma\text{No4}|\text{Ini})P(\Gamma\text{No5}|\text{Ini})} \\
 &\quad P(\text{Ini})P(\Gamma\text{No1}|\text{Ini})P(\Gamma\text{No2}|\text{Ini})P(\Gamma\text{No3}|\text{Ini})P(\Gamma\text{No4}|\text{Ini})P(\Gamma\text{No5}|\text{Ini})+ \\
 &+ P(\text{Int})P(\Gamma\text{No1}|\text{Int})P(\Gamma\text{No2}|\text{Int})P(\Gamma\text{No3}|\text{Int})P(\Gamma\text{No4}|\text{Int})P(\Gamma\text{No5}|\text{Int})+ \\
 &+ P(\text{Ava})P(\Gamma\text{No1}|\text{Ava})P(\Gamma\text{No2}|\text{Ava})P(\Gamma\text{No3}|\text{Ava})P(\Gamma\text{No4}|\text{Ava})P(\Gamma\text{No5}|\text{Ava})
 \end{aligned}$$

Formulas para os cálculos de Bayes

Estas fórmulas foram usadas para os cálculos dos vários estados do Nó User, Iniciado, Intermédio e Avançado. Para uma melhor compreensão da complexidade no preenchimento da tabela de probabilidades condicional é apresentada de seguida os vários cálculos que foram realizados.

De seguida são apresentados os resultados para todos os conjuntos do estado Iniciado:

$P(\text{Iniciado}|\text{No1, No2, No3, No4, No5})= 0,932862191$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, No2, No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,873304664$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, No2, No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,891289669$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, No2, No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,798789713$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, No4, No5})= 0,855753647$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,745341615$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,775786071$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,621176471$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, No4, No5})= 0,891289669$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,798789713$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,821406347$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,67090216$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, No4, No5})= 0,775786071$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,621176471$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,650086186$
 $P(\text{Iniciado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,434925865$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, No2, No3, No4, No5})= 0,79638009$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, No2, No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,655005582$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, No2, No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,688037529$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, No2, No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,496473907$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, No4, No5})= 0,62300885$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,44022011$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,472229675$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,272868217$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, No4, No5})= 0,688037529$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,496473907$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,513718622$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,27435697$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, No4, No5})= 0,472229675$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,272868217$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,275761216$
 $P(\text{Iniciado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,107997546$

Calculo das probabilidades condicionais

As probabilidades condicionais no estado Iniciado, será usado para o cálculo das probabilidades de Bayes nas diversas combinações possíveis. Por exemplo, se o N1 assumiu o estado Yes, se o N2 assumiu o estado Yes, se o N3 assumiu o estado No, se o N4 assumiu o estado Yes, se o N1 assumiu o estado No, será usado o valor 0,745341615.

De seguida são apresentados os resultados para todos os conjuntos do estado Intermédio:

$P(\text{Intermedio}|\text{No1,No2,No3,No4,No5})= 0,066784452$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1,No2,No3,No4, } \Gamma\text{No5})= 0,12504135$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1,No2,No3, } \Gamma\text{No4,No5})= 0,106347063$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1,No2,No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,190620272$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1,No2, } \Gamma\text{No3,No4,No5})= 0,142949757$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1,No2, } \Gamma\text{No3,No4, } \Gamma\text{No5})= 0,249011858$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1,No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4,No5})= 0,215985895$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1,No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,34588253$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1, } \Gamma\text{No2,No3,No4,No5})= 0,106347063$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1, } \Gamma\text{No2,No3,No4, } \Gamma\text{No5})= 0,190620272$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1, } \Gamma\text{No2,No3, } \Gamma\text{No4,No5})= 0,163347853$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1, } \Gamma\text{No2,No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,266836086$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3,No4,No5})= 0,215985895$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3,No4, } \Gamma\text{No5})= 0,345882353$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4,No5})= 0,30164984$
 $P(\text{Intermedio}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,403624382$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1,No2,No3,No4,No5})= 0,199547511$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1,No2,No3,No4, } \Gamma\text{No5})= 0,328247116$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1,No2,No3, } \Gamma\text{No4,No5})= 0,287333855$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1,No2,No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,414668547$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1,No2, } \Gamma\text{No3,No4,No5})= 0,364247788$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1,No2, } \Gamma\text{No3,No4, } \Gamma\text{No5})= 0,514757379$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1,No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4,No5})= 0,460155621$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1,No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,531782946$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2,No3,No4,No5})= 0,287333855$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2,No3,No4, } \Gamma\text{No5})= 0,414668547$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2,No3, } \Gamma\text{No4,No5})= 0,357559837$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2,No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,381917381$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3,No4,No5})= 0,460155621$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3,No4, } \Gamma\text{No5})= 0,531782946$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4,No5})= 0,447850838$
 $P(\text{Intermedio}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,350787482$

Calculo das probabilidades condicionais

As probabilidades condicionais no estado Intermédio, será usado para o cálculo das probabilidades de Bayes nas diversas combinações possíveis. Por exemplo, se o Nó1 assumiu o estado Yes, se o Nó2 assumiu o estado Yes, se o Nó3 assumiu o estado No, se o Nó4 assumiu o estado Yes, se o Nó1 assumiu o estado No, será usado o valor 0,249011858.

De seguida são apresentados os resultados para todos os conjuntos do estado Avançado:

$P(\text{Avançado}|\text{No1, No2, No3, No4, No5})= 0,00035336$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, No2, No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,00165399$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, No2, No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,00236327$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, No2, No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,01059002$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, No4, No5})= 0,00129660$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,00564653$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,00822803$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,03294118$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, No4, No5})= 0,00236327$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,01059002$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,01524580$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,06226175$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, No4, No5})= 0,00822803$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,03294118$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,04826397$
 $P(\text{Avançado}|\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,16144975$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, No2, No3, No4, No5})= 0,00407240$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, No2, No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,01674730$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, No2, No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,02462862$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, No2, No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,08885755$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, No4, No5})= 0,01274336$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,04502251$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,06761470$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,19534884$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, No4, No5})= 0,02462862$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,08885755$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,12872154$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,34372564$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, No4, No5})= 0,06761470$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, No4, } \Gamma\text{No5})= 0,19534884$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, No5})= 0,27638795$
 $P(\text{Avançado}|\Gamma\text{No1, } \Gamma\text{No2, } \Gamma\text{No3, } \Gamma\text{No4, } \Gamma\text{No5})= 0,54121497$

Calculo das probabilidades condicionais

As probabilidades condicionais no estado Avançado, será usado para o cálculo das probabilidades de Bayes nas diversas combinações possíveis. Por exemplo, se o Nó1 assumiu o estado Yes, se o Nó2 assumiu o estado Yes, se o Nó3 assumiu o estado No, se o Nó4 assumiu o estado Yes, se o Nó1 assumiu o estado No, será usado o valor 0,00564653.

3.3.2 Aplicação da regra de Bayes

A rede de Bayes possui um papel decisivo na aplicação eTourismGUI uma vez que é o responsável por detectar o perfil do utilizador. Esta fase implicou o desenvolvimento do algoritmo responsável da regra de Bayes, todo de raiz.

Foram feitas algumas pesquisas com o intuito de encontrar aplicações que fizessem os cálculos da rede de Bayes e que permitissem trabalhar com a linguagem C#, usada para o desenvolvimento deste projecto. A Microsoft disponibiliza uma ferramenta grátis com a designação de MSBNX¹⁹, que se pode usar na linguagem C# ou visual Basic, onde tem um motor capaz de fazer todos os cálculos após serem criadas evidências sobre os Nós. Para além desta capacidade, tem editor extremamente interessante, capaz de desenhar toda a rede de Bayes, o que permite ter uma percepção mais intuitiva da estrutura global, além de reduzir a possibilidade de erros. A ferramenta seria perfeita para a implementação da rede de Bayes no projecto, contudo esta ferramenta tinha uma grande limitação a qual será explicado de seguida.

Na implementação desta ferramenta, como já referido, tinha uma grande limitação, pois as classes desenvolvidas estão compiladas para processadores 32bits não estando adaptadas para um processador de dispositivos móveis. Após algumas pesquisas, de forma a solucionar o problema, chegou-se a conclusão que não era possível a sua implementação. Uma das pesquisas efectuada passava pela tentativa de compilar a classe para processadores dos PDAS. Houve inúmeras tentativas, referenciando a classe no dispositivo móvel e de seguida tentar compilar para o processador o PDA, mas sem sucesso uma vez que nem considerava uma Dynamic-link library (DLL) válida. Para referenciar a classe contou-se com a ajuda de uma aplicação interessante com a designação de *RegEditCe*²⁰.

Na continuidade da pesquisa, procurou-se por ferramentas que permitissem converter uma livreria DLL numa livreria de extensão .h, e desta forma extrair a informação. Posteriormente essa informação iria ser compilada em visual Basic para dispositivos móveis, para se conseguir usar essa informação no PDA, mas mais uma vez sem sucesso. Para permitir esta conversão, foi utilizada a aplicação gratuita *DLLToLib*²¹.

¹⁹ MSBNX Editor para redes Bayesianas <http://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/groups/adapt/msbnx/>

²⁰ RegEditCe, um software que permite fazer o registo de uma livreria no sistema operativo Windows mobile

²¹ DLLToLib, é uma aplicação gratuita que permite a conversão de ficheiros DLL em librerias .h

Após algumas tentativas falhadas, deu-se por concluída a pesquisa de métodos que permitissem contornar esta limitação da ferramenta MSBNX. A solução passou pela criação de uma classe que permitisse fazer os cálculos de Bayes. Esta classe foi desenvolvida com o intuito de se aproveitar o editor da ferramenta, dando a possibilidade de se usar qualquer ficheiro criado pela mesma. Desta forma, foi necessário analisar o ficheiro criado pelo editor, que não é mais do que um ficheiro XML com uma estrutura bem definida, ou seja, a informação está distribuída por diferentes *Tags* com diferentes finalidades. De seguida será apresentada esta estrutura com maior detalhe.

O ficheiro XML é constituído por três *Tags* principais:

- *Variables*;
- *Structure*;
- *Distributions*.

A *Tag Variables*, é responsável por armazenar informação sobre as variáveis e os estados possíveis de cada Nó da rede. É nesta *Tag* que se consegue extrair informação de todos os Nós existentes na rede Bayesiana, bem como todos os estados possíveis para cada um. Por exemplo, no Nó User tem como estados possíveis o de Avançado, Intermédio e Iniciado. Na *Tag Structure* permite obter informação da estruturada rede, ou seja, é aqui que está definido quais são os Nós pais, filhos e como é feita a ligação entre eles. Por último tem-se a *Tag Distributions* que permite guardar todos os valores das tabelas de probabilidade condicional. É nesta *Tag* que o algoritmo consegue retirar os valores para fazer os cálculos das probabilidades de Bayes.

Após a compreensão da estrutura do ficheiro, iniciou-se o desenvolvimento do algoritmo que fosse capaz de usar toda esta informação para criar as evidências de cada Nó da rede de Bayes e os respectivos cálculos. De seguida, serão apresentados Pseudocódigos²² acompanhados de uma breve explicação narrativa, para que melhor se compreenda como são realizados os cálculos na classe desenvolvida.

²² Pseudocódigo é forma genérica de escrever um algoritmo, utilizando uma linguagem simples

O Pseudocódigo apresentado de seguida tem por finalidade ajudar na compreensão do método desenvolvido para a inicialização dos valores lidos do ficheiro da Rede de Bayes, bem como os cálculos efectuados para cada estado do Nó. Para uma melhor leitura, Probabilidades será abreviada por Prob.

Método responsável pela inicialização do Array global com os valores das Probabilidades de Bayes

1. Adiciona os valores num Array global

1.1. Inicializa uma lista com todos os Nós da Rede

1.2. Por cada Nó da rede

1.2.1. Calcula as Prob dos estados do Nó

1.2.2. Adiciona os valores num Array global

Este método lê o ficheiro XML de forma a extrair todos os dados, colocando-os dentro de um *Array* global, o qual será usado para fazer todos os cálculos. É inicializado um *Array* temporário com todos os nomes dos Nós, para ser usado pelo método principal. Este *Array* retorna, por cada Nó, os respectivos valores calculados, para cada estado da variável.

Método responsável pelos cálculos das probabilidades de Bayes

1. Calcula as Prob dos estados do Nó

1.1. Se o Nó não tiver Pais

1.1.1. Valor das Prob nos estados = valor das tabelas de Prob condicional

1.2. Se Não

1.2.1. Inicializa uma lista com os nós pai

1.2.2. Inicializa uma lista com todas as combinações possíveis dos nós pai (Index)

1.2.3. Por cada Estado do Nó em análise menos 1

1.2.3.1. Inicializa uma lista dos valores da tabela de Prob do Estado

1.2.3.2. Por cada combinação possível (Index)

1.2.3.2.1. Inicializa os Index dos nós pai

1.2.3.2.2. Por cada Nó Pai

1.2.3.2.2.1. Recebe o valor da Prob condicional desse Index

1.2.3.2.2.2. Se for a primeira volta do ciclo

1.2.3.2.2.2.1. Valor da multiplicação é igual ao valor da Prob do Index

1.2.3.2.2.3. Se não

1.2.3.2.2.3.1. Valor da multiplicação vezes o valor da Prob do Index

1.2.3.2.3. Soma o Valor da multiplicação com a do *Nó* anterior

1.2.3.2.4. Adiciona num Array de Prob de Bayes na Posição do estado

1.2.3.3. O último Estado é calculado por $1 -$ os valores dos outros estados

1.3. Retorna a Lista das Prob de Bayes do Nó passado como argumento

Este método é responsável por todos os cálculos das probabilidades de Bayes de um Nó, que é passado por argumento, retornando uma lista de objectos os *quais* contém o estado e o valor associado. Começa por inicializar uma lista de Nós pai desse respectivo Nó, se o número de pais for 0, o valor dos estados é o que se encontra no ficheiro XML.

Se o número de pais for maior que 0, vai receber uma lista de objectos do tipo *NoBays* da lista principal, para que se possa prosseguir com os cálculos a regra de Bayes. De seguida, extraísse uma lista de indexes, sendo importante referir que no ficheiro XML cada posição da tabela de probabilidades está representada por indexes. Desta forma, adquire-se todas as posições possíveis da tabela de probabilidades.

Após a obtenção de toda a informação, inicia-se um ciclo que por cada variável do Nó origem vai fazer as respectivas multiplicações. De seguida vai receber uma lista das variáveis daquele índice, ou seja, se estiver no índice 1 e os pais forem o Nó1 com o estado Yes, o Nó2 com o estado Yes, o Nó3 com o estado No, o Nó4 com o estado Yes e o Nó5 com o estado No, vai obter os indexes de cada um, prosseguindo com a respectiva multiplicação.

Após ter percorrido todos os Nós pai, vai fazer a multiplicação com o valor do índice do Nó origem, ou seja, aquele que se pretende analisar os resultados e passar para o índice seguinte, fazendo a soma com a multiplicação anterior. Este ciclo repete-se o número de vezes equivalente ao número de indexes, permitindo fazer a fórmula de Bayes como a que é apresentada de seguida.

$$\begin{aligned}
 &P(\text{User}=\text{Avancado}|\text{Nó1},\text{Nó2},\text{Nó3},\text{Nó4},\text{Nó5})= \\
 &=\sum P(\text{Avancado}|\text{Nó1},\text{Nó2},\text{Nó3},\text{Nó4},\text{Nó5})P(\text{Nó1},\text{Nó2},\text{Nó3},\text{Nó4},\text{Nó5}) \\
 &=P(\text{User}=\text{Avancado}|\text{Nó1}=\text{yes},\text{Nó2}=\text{yes},\text{Nó3}=\text{yes},\text{Nó4}=\text{yes},\text{Nó5}=\text{yes}) \\
 &P(\text{Nó1}=\text{yes},\text{Nó2}=\text{yes},\text{Nó3}=\text{yes},\text{Nó4}=\text{yes},\text{Nó5}=\text{yes})+\dots\dots\dots+ \\
 &+P(\text{User}=\text{Avancado}|\text{Nó1}=\text{no},\text{Nó2}=\text{no},\text{Nó3}=\text{no},\text{Nó4}=\text{no},\text{Nó5}=\text{no}) \\
 &P(\text{Nó1}=\text{no},\text{Nó2}=\text{no},\text{Nó3}=\text{no},\text{Nó4}=\text{no},\text{Nó5}=\text{no})
 \end{aligned}$$

Probabilidade de Bayes do User ser Avançado

De forma a otimizar o algoritmo, este ciclo é feito até ao número de variáveis menos um, pois o último é sempre a subtração de 1 e os valores das outras variáveis. Desta forma consegue-se poupar tempo de processamento visto que não há necessidade de aceder ao Array principal de forma a extrair os dados dos Nós pai, passando por um conjunto de ciclos complexos e demorados.

Quando o uso da aplicação tem um número de eventos que permita criar uma evidência, é gerado um processo de cálculos dos Nós de forma a actualizar as probabilidades. Inicialmente era percorrida a lista completa dos Nós e executados novamente todos os cálculos da rede, no entanto, exigia muito do processador. Uma forma de otimizar este algoritmo passou pela obtenção de apenas os Nós que estavam ligados directamente ou indirectamente ao Nó afectado, ou seja, os que filhos directos, ou os filhos dos filhos que estão ligados.

Método que retorna todos os nós filho de um determinado Nó

1. Retorna Lista Nós filho

1.1. Inicializa uma Lista com todos os Nós filho

1.2. Adiciona o Nó passado por argumento a Lista a ser retornada

1.3. Se não tiver filhos

1.3.1. Retorna a Lista

1.4. Se não

1.4.1. Por cada Nó filho

1.4.1.1. Volta a chamar o método Retorna Lista Nós filho

1.4.1.2. Retorna a Lista

Este método recursivo, permitiu otimizar o tempo de processamento, pois só retornava os Nós ligados ao Nó em análise. O critério de paragem deste método é o número de filhos ser igual a 0. Enquanto não é verificado o critério de paragem, é chamada novamente a função passando o *Array* onde estão a ser guardados os Nós ligados ao Nó origem e o nome do Nó que se esta a analisar. No inicio da função é sempre adicionado um *Array* dos filhos daquele Nó. Desta forma consegue-se descer na hierarquia do Nó principal, analisando todos os filhos e netos.

Método cria evidências

1. Cria evidência num Nó
 - 1.1. Procura no Array global o Nó
 - 1.2. Por cada estado desse Nó
 - 1.2.1. Adiciona o valor da probabilidade (1 ou 0)
 - 1.3. Inicializa uma Lista com todos os Nós filho
 - 1.4. Por cada Nó filho
 - 1.4.1. Recalcula os valores das Prob de Bayes

O método apresentado é responsável pela criação de uma evidência. É passado o nome do Nó que se pretende criar uma evidência sobre ele e para que estado pretende-se que ele passe. Vai ser percorrido o *Array* principal até encontrar o Nó em análise e inferir um novo estado, passando a probabilidade condicional para 1 e os outros estados para 0. Após se ter alterado os valores é criada uma lista com todos os Nós ligados ao Nó principal, através do método recursivo explicado no parágrafo anterior e feita a respectiva actualização de valores a esses Nós.

Método remove evidências

1. Remove evidência num Nó
 - 1.1. Procura no Array global o Nó
 - 1.2. Coloca o estado a não observado
 - 1.3. Inicializa uma Lista com todos os Nós filho
 - 1.4. Por cada Nó filho
 - 1.4.1. Recalcula os valores das Prob de Bayes

Este método é responsável pela remoção de uma evidência. É passado o nome do *Nó* que se pretende eliminar à instanciação. Vai ser percorrido o *Array* principal até encontrar o *Nó* em análise e passar para o estado de não observado. Após se ter alterado os valores é criada uma lista com todos os Nós ligados ao *Nó* principal, através do método recursivo

explicado anteriormente. De seguida são retirados os valores iniciais do XML e feita a respectiva actualização de valores aos Nós filhos.

Os algoritmos aqui apresentados, têm por finalidade calcular os valores probabilísticos da rede de Bayes e permitir obter o perfil do utilizador, criando as respectivas adaptações na Interface. Estas adaptações serão explicadas de seguida bem como algum Pseudocódigo relevante neste processo.

3.4 Adaptação da Interface

A aplicação tem uma classe responsável pela obtenção dos resultados probabilísticos da rede bem como, por todo o tratamento da Interface gráfica. É esta classe que tem como principal objectivo a tomada de decisão, ou seja, analisar o comportamento do utilizador e criar ou remover uma evidência sobre um Nó da rede Bayes.

No desenvolvimento desta aplicação, surgiram algumas dificuldades a nível de processamento, visto que o dispositivo móvel fornece um processador de menores capacidades em relação aos que habitualmente são usados nos computadores domésticos. Como já referido anteriormente nesta dissertação, houve sempre uma preocupação na optimização dos algoritmos de forma a contrariar esta limitação. No desenvolvimento desta classe, não foi excepção à regra e teve sempre presente a rapidez na apresentação da informação bem como os tempos aceitáveis dos algoritmos.

No arranque da aplicação, é inicializado um conjunto de variáveis que vão ser usadas pela mesma, assim como valores guardados de sessões anteriores, como por exemplo, as preferências do utilizador que são guardadas num ficheiro. A fase mais crítica, é o cálculo de todos valores probabilísticos dos Nós da rede, visto que é aqui que se obtêm os dados do perfil do utilizador. No entanto, este processo tem algum peso no processamento, originando uma demora de sensivelmente 25 segundo até a aplicação arrancar por completo. Para se contornar este problema, usou-se Threads que permitia criar dois processos que funcionariam em paralelo. Um deles apresenta a informação gráfica, onde tem um pequeno texto de boas vindas e o outro vai fazendo os cálculos, permitindo obter o perfil de utilizador e fazer todas as adaptações à Interface.

As Threads usadas na aplicação, permitiram, não só, tornar menos perceptível ao utilizador o processamento dos cálculos das probabilidades da rede, como foram de extrema importância na obtenção de informação, visto que permitiram criar processos que com tempos bem definidos, faziam a leitura da informação na Base Dados. Isto deve-se ao facto de outra aplicação, eTourismDI permitir obter as coordenadas por GPS e actualizar os

Pontos de Interesse, sendo necessário fazer a leitura periódica dessa informação. Seguidamente será explicado como é feita a adaptação da interface no arranque da aplicação bem como são obtidos os Pontos de Interesse.

Como referido anteriormente, é criada uma Thread que é responsável pelos cálculos das probabilidades e quando se obtêm os resultados é chamado este método, o qual permite diferenciar os utilizadores.

Método que inicia o menu info

1. Inicia Menu Info

1.1. Se utilizador for Iniciado

1.1.1. Actualiza a Interface para este Perfil

1.1.2. Põe visível o Botão de Saltar Info

1.2. Se utilizador for Iniciado

1.2.1. Actualiza a Interface para este Perfil

1.2.2. Salta o Menu Info após 4 segundos

1.3. Se utilizador for Iniciado

1.3.1. Actualiza a Interface para este Perfil

1.3.2. Salta o Menu Info

Este método é responsável pela adaptação inicial da Interface. Caso seja um utilizador “Iniciado” é apresentado um botão para saltar para o menu principal, se o utilizador tem como perfil “Intermédio”, vai fazer uma pausa de 4 segundos até dar o salto para o menu principal e por último, se o utilizador tiver como perfil “Avançado” fará um salto imediato para o menu principal evitando que esteja a visualizar a informação inicial. Desta forma, é possível simplificar a inicialização tornando menos cansativo para o utilizador, visto que, tornar-se-ia entediante se o utilizador após alguma utilização fosse confrontado com um botão para saltar para o menu principal. No entanto, ao tratar-se de um utilizador pouco experiente na aplicação, torna-se oportuna a visualização da mensagem que é apresentada inicialmente.

Após serem realizados todos os cálculos iniciais e ser apresentado o menu de boas vindas, passará para o menu principal a partir do qual se iniciará a observação do comportamento do utilizador, através de um conjunto de métodos, alguns dos quais serão apresentados de seguida.

Método responsável pelo tratamento dos Botões do menu principal

1. Evento dos Botões

1.1. Se o botão for o de Sair da Aplicação

1.1.1. Termina todos os processos que estejam a correr

1.1.2. Inicializa outro processo que apresenta um menu de despedida

1.1.3. Sai da aplicação

1.2. Se o botão for o das Preferências

1.2.1. Vai para o Menu Preferências

1.2.2. Incrementa o número de Clicks Total e de acesso as Preferências

1.2.3. Se tiverem ultrapassado os Valores estipulados

1.2.3.1. Cria Evidencia sobre o Nó correspondente

1.3. Se o botão for o do Help

1.3.1. Vai para o Menu Help

1.3.2. Incrementa o número de Clicks Total e de acesso ao Help

1.3.3. Se tiverem ultrapassado os Valores estipulados

1.3.3.1. Cria Evidencia sobre o Nó correspondente

O método apresentado é responsável pelo tratamento dos botões. Não será objectivo a apresentação todos, mas sim perceber o que é feito para a criação de evidências. Pode-se analisar com alguma facilidade que quando é clicado no botão de preferências ou de ajuda, é aumentado o número de *Clicks* respectivos ao botão e se estes atingirem um número definido, será criado uma evidência nesse *Nó* e calculado novamente os valores das probabilidades dos *Nós* associados. Será ainda interessante analisar o tratamento que é

dado quando se clica no botão de saída. É criada uma Thread de forma a permitir a finalização de algumas threads que estejam em execução, ao mesmo tempo que é apresentada uma mensagem de despedida. Os outros botões não referidos têm um tratamento idêntico aos aqui apresentados. Após se ter compreendido o processo pelo qual passa as adaptações da Interface, bem como o tratamento dos botões, será explicado, de seguida, o processo de apresentação dos Pontos de Interesse no Mapa.

3.5 Mapa

Nas áreas georreferenciadas, a representação gráfica do mapa com a localização de um indivíduo, tem uma importância relevante pois permite não só, o utilizador obter a sua localização, como também, ter uma visão gráfica das distâncias a que se encontram dos locais que pretende visitar. Este aspecto é de tal importância que a NDRIVE²³, forte no desenvolvimento de aplicações de GPS para carros, desenvolveu há pouco tempo um sistema que permitia ver, não só, a localização, mas também os edifícios em 3D (NDrive, 2009).

Neste âmbito, foram efectuados algumas pesquisas nesta área com o intuito de apresentar um mapa e representar sobre o mesmo, os Pontos de Interesse. Desta forma, é possível disponibilizar duas formas de representar esta informação por texto e num mapa (Cap.3.2 pag.96). Por texto será possível visualizar-se as horas que foram programada cada uma das visitas bem como o nome do local a ser visitado e no mapa dará uma visão da localização de cada Ponto de Interesse permitindo se ter uma percepção das distâncias e ruas a percorrer.

De forma a disponibilizar esta informação, contou-se com a ajuda de um ficheiro *Shape*, que não é mais do que uma Base Dados com informação de coordenadas, polígonos, linhas, rectas, tudo aquilo que permite desenhar um Mapa. Nos subcapítulos que se seguem, será apresentada a estrutura de um ficheiro *Shape*, bem como uma introdução aos sistemas de coordenadas, para melhor se compreender a conversão que é feita sobre o ficheiro. Por último será apresentada algumas ferramentas que permitiram a leitura destes ficheiros, bem como a comparação entre elas.

²³ NDrive é um software de navegação por GPS para automóveis

3.5.1 ShapeFile

Para a representação gráfica do mapa, utilizou-se um ficheiro *Shape* que é criado pela Environmental Systems Research Institute (ESRI) e contém a geometria e os atributos dos objectos, como polígonos, linhas e pontos (ESRI, 2009). Um ficheiro *Shape* não necessita de ser processado, o que faz com que tenha uma grande performance ao desenhar estes objectos. Necessitam de pouco espaço em disco, são mais fáceis de ler e escrever, além de permitirem armazenar um grande conjunto de informação, como por exemplo, os edifícios, o desenho das ruas, informação de coordenadas, disponibilizando uma forma de obter a localização exacta através da longitude e latitude.

Um ficheiro *Shape* consiste em 3 ficheiros:

Main file: edificado.shp;

Index file: edificado.shx;

dBASE table: edificado.dbf.

O *main file* é o ficheiro que permite o acesso directo. Este contém apenas um tipo de objecto, ou seja, ou são todos *polygon*, *polyline*, *multipoint* ou *point*. Os campos deste ficheiro são de tamanho variável e dependem do número de vértices de cada um destes objectos. Os vértices por sua vez definem a geometria do objecto.

O *index file*, contém um apontador para o início de cada campo do *main file* e o tamanho deste.

O *dbase table*, contém os atributos e os valores de cada um, por exemplo todos os valores dos pontos X e Y. Estes devem estar na mesma ordem que os atributos do *main file*.

O ficheiro shape usado para apresentar o mapa, estava num sistema de coordenadas DATUM73, pelo que foi necessário converter para WGS84 .

Este ficheiro apenas contém os polígonos com o desenho dos edifícios, no entanto, a aplicação tem a possibilidade de apresentar mais informação se o ficheiro *Shape* tiver a mesma guardada.

É importante referir que o mapa representado é da baixa do Porto, e como os edifícios históricos tem uma geometria complexa, requer um grande número de pontos para o desenho dos edifícios, tornando o ficheiro *Shape* mais pesado.

3.5.2 Sistema de coordenadas

Houve a necessidade de conversão do sistema de coordenadas do ficheiro *Shape* (DATUM73) para estar de acordo com o sistema de coordenadas (WGS84) (Figura 30). Neste subcapítulo será apresentada a técnica que permitiu esta conversão (Cap.2.3.2, pag.67).

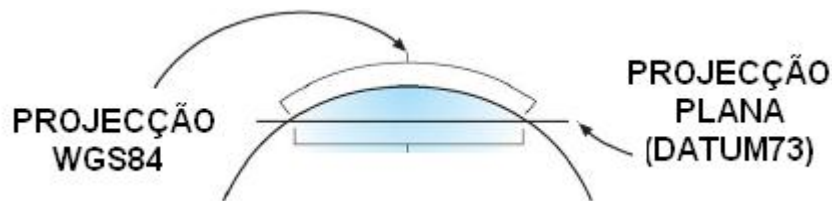


Figura 30 – Projeções

O *MapWindows*²⁴ foi a primeira ferramenta a ser usada para esta conversão. Apesar de fornecer algumas funcionalidades para trabalhar com ficheiros *Shape*, não disponibiliza nenhuma função que permita converter o sistema de coordenadas. Desta forma foi necessário encontrar outra ferramenta que o permitisse fazer.

Como já era utilizado para este tipo de conversões o *toolbox* do *ArcGis*²⁵, esta conversão foi feita por esta ferramenta. Esta conversão é feita directamente sobre o ficheiro *Shape*, ficando já com o sistema WGS84.

Seguidamente é apresentado o processo de conversão no *toolbox* do *ArcGis*.

Conversão no ToolBox do ArcGis

1º É necessário atribuir uma projecção no ficheiro *Shape* para saber que escala está a ser utilizada. Para isso é necessário ir ao menu:

```
DataManagementTools->Projections->  
->Define Projection Wizard (ShapeFile)->  
->Select Coordinates->Projected Coordinate System->  
->National Grids->datum73IPCC.prj
```

²⁴ Map Window GIS, Ferramenta Open Source para trabalhar com ficheiros Shape <http://www.mapwindow.com/>

²⁵ ArcGis <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>

2º É fundamental converter de *national grids* para *Europe* para permitir uma maior precisão de valores. Para isso é necessário ir ao menu:

```
DataManagementTools->Projections->  
->Projection Wizard(Shapefile)->SelectCoordinates->  
->Geografic Coordinate System->Europe->datum73
```

3º É necessário converter de *Europe DATUM73* para *World WGS84*. Para isso é necessário ir ao menu:

```
DataManagementTools->Projections->  
->Projection Wizard (Shapefile)->SelectCoordinates->  
->Geografic Coordinate System ->World->wgs1984
```

3.5.3 Representação do Mapa

Visto que o ficheiro *Shape* é uma óptima solução para apresentação do mapa, foram explorados alguns softwares que tivessem a capacidade de apresentar esta informação, permitindo disponibilizar algumas ferramentas como fazer zoom, *Panning* e até apresentar todo o mapa ou voltar a colocá-lo na escala inicial (HiMap, 2009).

Foram encontrados três softwares capazes de trabalhar com ficheiros *Shape* com livrarias preparadas para funcionar em dispositivos móveis, além serem compatíveis com o C#, nomeadamente, o Map Suite Pocket Pc²⁶, o GeoFramework .Net 3.0²⁷ e o HiMap²⁸.

Ao testar estas ferramentas verificou-se algumas dificuldades e limitações que impossibilitaram o seu uso. Uma das limitações foi o facto de as duas ferramentas anteriores funcionarem apenas em Windows mobile 2003 e 5.0 respectivamente, o que não seria a opção ideal pois a aplicação está pensada e desenvolvida para Windows mobile 6.0. Outra das limitações, é o facto de demonstrarem-se muito lentas na execução, tornando o eTourismGUI uma aplicação não funcional levando a que o utilizador deixa-se de a utilizar rapidamente. Para além destas fortes desvantagens, as ferramentas não são gratuitas, o que não permite tirar todo o partido das suas funcionalidades, para além de não haver muita informação que permitisse o desenvolvimento.

²⁶ Think Geo <http://thinkgeo.com/>

Sistemas vs Características	Windows Mobile 2003	Windows Mobile 5.0	Windows Mobile 6.0	Ferramentas	Uso do Processador
Map Suite	Sim	Não	Não	Sim	Médio
GeoFramework	Não	Sim	Não	Sim	Elevado
HiMap	Não	Sim	Sim	Sim	Baixo

Tabela 12 – Comparação entre ferramentas de leitura de Ficheiros Shape

Na pesquisa de ferramentas que trabalham com ficheiros *Shape*, encontrou-se uma com a designação de *HiMap*, a qual permite uma versão para emulador gratuita, apresentando múltiplas funcionalidades das quais, salienta-se, fazer *zoomIn*, *zoomOut*, *Panning*, entre outras. Além disto permite abrir ficheiros *Shape* com uma performance aceitável.

A versão do ficheiro *Shape* apenas tem alguns edifícios da cidade do Porto, mas poderia ser utilizado outro com mais informações como o desenho das ruas, o nome das ruas e toda a informação que este tipo de ficheiros permite inserir, permitindo criar uma representação mais detalhada sobre o mapa. As coordenadas permitem posicionar o mapa num determinado local e imprimir os Pontos de Interesse numa determinada posição.

Foi desenvolvida uma tabela com os Ids dos Pontos de Interesse, com as respectivas coordenadas. Desta forma, ao obter-se o dos Pontos de Interesse a serem visitados, conhece-se a localização de cada ponto, imprimindo-o no mapa, juntamente com o nome do POI e a ligação entre eles. Para além do mapa pode-se contar com um conjunto do *Tools* que permitem fazer *ZoomIn*, *ZoomOut*, *Panning* e minimizar ou maximizar o mapa.

Os pontos no mapa, juntamente com a sua localização são guardados de forma a otimizar o tempo de resposta, pois se o utilizador necessitar de aceder ao Ecrã anterior e voltar para o mapa, não é necessário aceder a Base Dados para obter as coordenadas. Contudo se houver algum tipo de alteração, como o pedido de um novo Tour, ou o *replace* de uma sugestão, será tudo reinicializado. De seguida serão apresentadas algumas melhorias futuras na representação do mapa, bem como alguns métodos usados para a representação dos Pontos de Interesse no mesmo.

²⁷ GeoFrameworks <http://www.geoframeworks.com/>

²⁸ HiMap <http://himap.us/en/download/>

Melhorias futuras, poder-se-ia permitir ao utilizador que, ao clicar no mapa, obtivesse as coordenadas do ponto e através dessas coordenadas lhe desse a informação detalhada do POI. De referir que na representação textual este procedimento já é exequível. Outra melhoria interessante seria criar uma Base Dados com as coordenadas das ruas a percorrer de um ponto ao outro e desenhar linhas nessas coordenadas. Outro aspecto possível de ser melhorado, seria criação de um ponto que, com a obtenção das coordenadas através do GPS, se pudesse mover ao longo do mapa. Assim o utilizador tinha a possibilidade de saber a sua localização, distância até ao outro ponto e visualizar a sua deslocação. Com as funcionalidades que esta ferramenta nos fornece, permite melhorar inúmeras coisas no mapa, constituindo um trabalho futuro interessante. Após uma breve descrição de algumas melhorias que podia ser realizadas sobre o Mapa e a apresentação de Pontos de Interesse, serão apresentados alguns Pseudocódigos acompanhados de uma breve explicação narrativa, para que melhor se compreenda como é apresentada a informação no Mapa bem como o uso de ferramentas como *Zooming* e *Panning*.

Método responsável pelo tratamento dos Botões correspondentes a cada ferramenta

1. Evento dos Botões

1.1. Se o botão for de ZoomIn

- 1.1.1. Cria um Objecto do tipo ZoomIn
- 1.1.2. Aguarda pela selecção do utilizador sobre o mapa
- 1.1.3. Aumenta a escala do Mapa

1.2. Se o botão for de ZoomOut

- 1.2.1. Cria um Objecto do tipo ZoomOut
- 1.2.2. Aguarda pela selecção do utilizador sobre o mapa
- 1.2.3. Diminui a escala do Mapa

1.3. Se o botão for de Panning

- 1.3.1. Cria um Objecto do tipo Pan
- 1.3.2. Aguarda que o utilizador movimente o Mapa
- 1.3.3. Movimenta o Mapa

1.4. Se o botão for de ZoomEntire

- 1.4.1. Se o Mapa estiver Ampliado
 - 1.4.1.1. Reduz a escala, apresentado o Mapa por completo
- 1.4.2. Se Não
 - 1.4.2.1. Aumenta a escala para a Default

Este método tem como objectivo tratar de todos os eventos gerados pelos botões do mapa, ou seja as ferramenta disponibilizadas. Quando o utilizador clica no botão de *ZoomIn* é criado um evento do tipo *OnCreate*, que irá aguardar que o utilizador seleccione uma área no mapa ampliando a mesma. O mesmo acontece com o *ZoomOut*, permitindo que o utilizador tenha uma representação de uma área maior da cidade do Porto. Quando o

utilizador clica no botão *Panning*, é criado um evento idêntico ao anterior, que fica a aguardar que o utilizador mexa com o rato deslocando o mapa para qualquer posição do Ecrã. O botão *ZoomEntire*, vai verificar se o mapa está com a escala inicial e caso esteja diminui a mesma até se conseguir visualizar todo o mapa. Caso não esteja a escala inicial é ampliada para que apresente o mapa mais próximo.

Método responsável pelo desenho dos Pontos de Interesse no Mapa

1. Desenha os POIS no Mapa

1.1. Limpa o Array com todos os POIS

1.2. Limpa o Array com todos os nomes dos POIS

1.3. Por cada posição do Array que constitui o Tour

1.3.1. Lê as coordenadas do POI na Base Dados

1.3.2. Inicializa o Array com as coordenadas do POI

1.3.3. Se as coordenadas forem diferentes de 0.0 ($X \neq 0.0$ ou $Y \neq 0.0$)

1.3.3.1. Converte as coordenadas em posições do Ecrã

1.3.3.2. Desenha o POI nessa posição

1.3.3.3. Apresenta o Nome do POI no mapa

1.3.3.4. Adiciona num Array o POI

1.3.3.5. Adiciona num Array o Nome do POI

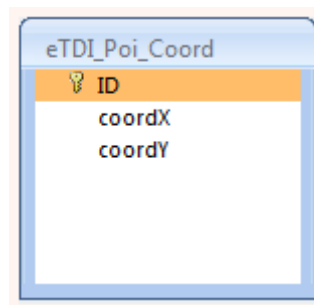
1.3.4. Por cada posição do Array de POIS

1.3.4.1. Desenha uma linha entre o POI da posição actual com o POI da posição seguinte do Array

Este método é responsável pelo desenho dos Pontos de Interesse no mapa. Um *Array* global armazena todos os Pontos de Interesse a serem visitados. Por cada posição desse *Array* é feita uma *query* a uma tabela que contem os ID's dos Pontos e retorna as coordenadas X,Y do mesmo, desenhando-o no mapa na posição correcta. Para que isso aconteça é necessário converter as coordenadas em pontos do Ecrã. De seguida, desenha os pontos e guarda essa informação num *Array* para facilitar a reescrita dos mesmos.

Outros dois métodos foram desenvolvidos com o intuito de fazer a otimização referida no parágrafo anterior. O funcionamento destes dois métodos é idêntico ao anterior a excepção de que não necessitam de aceder a Base Dados obtendo a informação através de *Arrays* globais, os quais guardam a informação obtida através da Base Dados. Estes dois métodos são usados quando o utilizador retorna ao menu anterior, ou seja, o menu do Tour e não sofre alterações, pedindo novamente para o visualizar os pontos no mapa. Aqui só é necessário reescrever o que já se tinha representado anteriormente.

De seguida, é apresentada a tabela responsável pelo armazenamento da identificação dos POIS juntamente com as coordenadas desse POI, o que permitirá escrever o ponto no local exacto do mapa, bem como o método responsável por aceder a Base dados.



eTDI_Poi_Coord
ID
coordX
coordY

Figura 31 – Tabela da Base Dados com as coordenadas

Método responsável pela leitura dos dados na Base Dados

1. Leitura de dados na Base Dados

1.1. Conexão com a Base Dados

1.2. Query a Base Dados para retornar as coordenadas do POI

1.3. Por cada valor retornado

1.3.1. Adiciona as coordenadas num Array (X e Y)

1.4. Se não retornar nenhum Valor

1.4.1. Define as coordenadas a 0.0 (X=0.0 e Y=0.0)

O método *apresentado* é responsável pelo acesso à Base Dados e retornar toda a informação que seja pedida. É um método que não está limitado apenas ao acesso à tabela das coordenadas, mas a todos os pedidos que sejam necessários. Recebe como argumento o *What* onde é enviado o tipo de pedido que se pretende, *Howman* quantos registos se pretende adquirir, e *Specs*. Não será apresentado o método completo, sendo apenas necessário focar no tratamento das coordenadas. Ao ser enviado um pedido do tipo *tourMap*, é enviado o POI que se pretende receber as coordenadas, faz um *select* à tabela apresentada acima e o método retorna um *Array* com um objecto do tipo *IPoint*, o qual contem a posição X e Y.

Após a explicação de todos os processos de Adaptatividade da Interface e os de representação dos Pontos de Interesse no Mapa, será apresentada a avaliação referente a satisfação por parte do utilizador, bem como a discussão de resultados.

3.6 Avaliação de resultados

Neste capítulo é apresentado e discutido os resultados obtidos da avaliação da interacção dos utilizadores com a Interface Adaptativa. Como referido anteriormente, o desenvolvimento da Interface foi um processo interactivo, durante o qual foi possível observar-se algumas dificuldades que os utilizadores tinham e fazer as respectivas melhorias. No final do desenvolvimento da aplicação, contou-se com a ajuda do mesmo universo de pessoas, usado para o estudo das probabilidades condicionais (Cap. 3.3.1, pag.100), sendo estas de diferentes perfis, tais como:

- 22 Pessoas com o perfil de utilizador Iniciado;
- 14 Pessoas com o perfil de utilizador Intermédio;
- 6 Pessoas com o perfil de utilizador Avançado.

Desta forma, foi possível proceder-se à avaliação do protótipo entre diferentes grupos de utilizadores. De seguida serão apresentadas algumas avaliações, onde se contará com a ajuda de uma tabela e alguns gráficos bem como a sua respectiva descrição narrativa, proporcionando uma visão global dos resultados e facilitar a sua leitura.

Perfil / Avaliação	Fraca	Razoável	Boa	Muito Boa
Iniciado	0	1	5	15
Intermédio	0	2	9	3
Avançado	0	0	4	2

Tabela 13 – Tabela com avaliação dos resultados

Na tabela 13, pode-se observar que a avaliação da Interface foi em média, 47% na avaliação de muito boa, sendo satisfatório que nenhum utilizador considerou a Interface de nível Fraco. Os utilizadores em geral repararam nas alterações progressivas da Interface, achando que as alterações realizadas tornavam mais intuitiva a navegação. Sensivelmente 75% das pessoas que testaram, principalmente, do perfil avançado, já tinham conhecimento do conceito de Interfaces Adaptativas, no entanto não deixaram de gostar de testar e ver a funcionar.

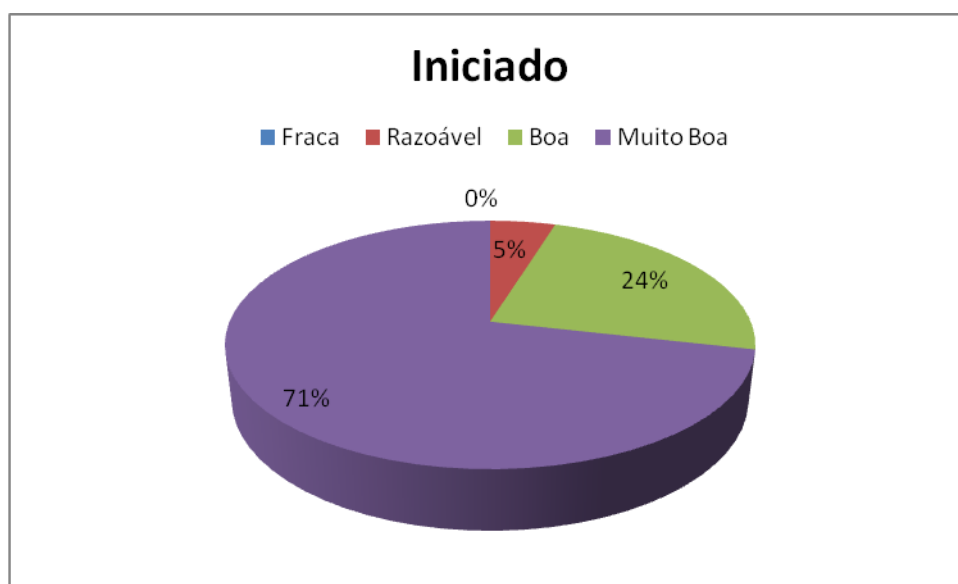


Gráfico 1 – Percentagens da avaliação no perfil Iniciado

Relativamente ao perfil iniciado dos sujeitos da amostra, verifica-se, pela observação do gráfico 1, que 71% dos inquiridos, foi da opinião de que a Interface tinha uma interação Muito Boa, 24 % de Boa e 5% de razoável. Daqui pode-se concluir que no perfil Iniciado, onde abrange um grupo de utilizadores com pouco conhecimento de sistemas computacionais, conseguiram-se adaptar com alguma facilidade.

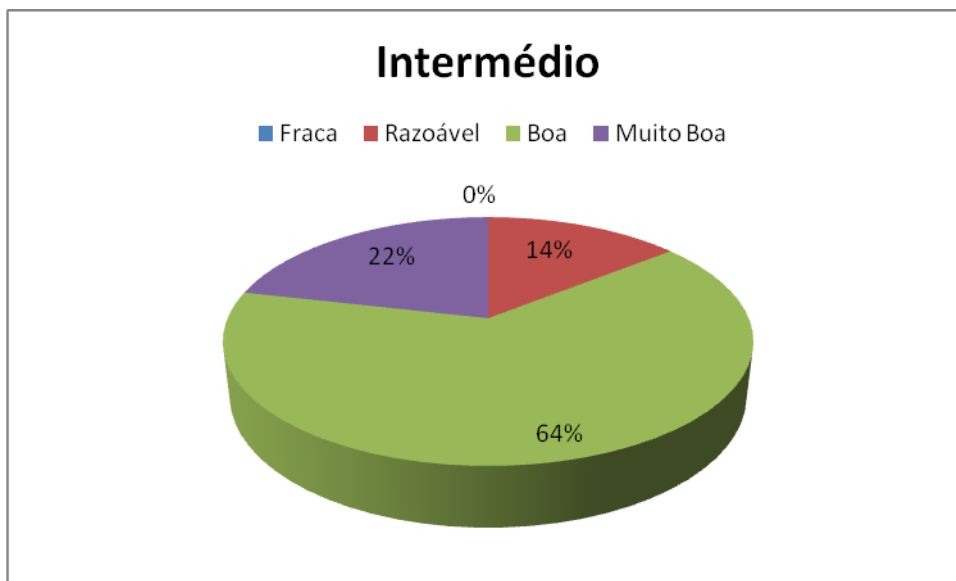


Gráfico 2 – Percentagens da avaliação no perfil Intermédio

Relativamente ao perfil intermédio dos sujeitos da amostra, verifica-se, pela observação do gráfico 2, que 64% dos inquiridos, foi da opinião que a Interface tinha uma interacção Boa, 22% de Muito Boa e 14% de Razoável. Daqui consegue-se concluir que no perfil Intermédio, onde abrange um grupo com alguma sensibilidade nos sistemas informáticos, conseguiu interagir bem com a Interface e achar adequadas as alterações efectuadas na mesma.

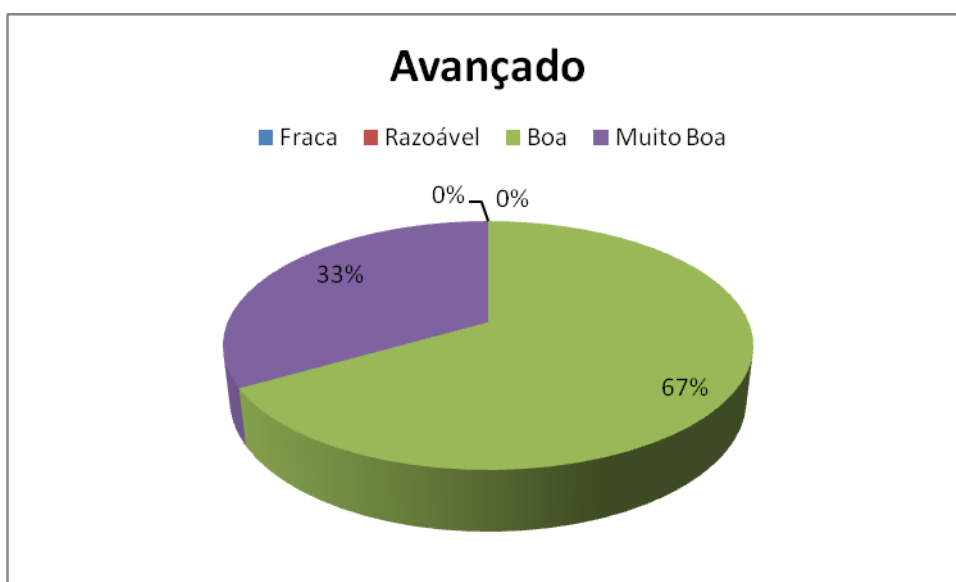


Gráfico 3 – Percentagens da avaliação no perfil Avançado

Relativamente ao perfil Avançado dos sujeitos da amostra, verifica-se, pela observação do gráfico 3, que a maior percentagem na avaliação foi de que a Interface tinha uma interação Boa com 67%, seguido de Muito Boa com 33 % e as restantes com 0%. Através deste resultado, consegue-se concluir que apesar de se tratar de um grupo de utilizadores com experiência em sistemas informáticos e que tem um grau de exigência maior, achou adequadas as alterações efectuadas na Interface, sendo satisfatório o seu resultado.

3.6.1 Discussão dos resultados

Debruçando sobre os resultados obtidos, permite observar o nível de satisfação dos utilizadores, bem como, observar a importância das Interfaces Adaptativas apresentada ao longo desta dissertação.

Segundo Fortin (2003), os resultados discutidos não são definitivos, mas preparam sobretudo o caminho para os estudos de um nível mais avançado. Sendo assim o que se pretende com este estudo é avaliar a usabilidade da Interface, comparando com o grau de satisfação dos utilizadores.

Durante a avaliação, e como referido anteriormente, contou-se com o apoio de três grupos de utilizadores distintos, dos quais alguns são avançados, pessoas que trabalham na área de informática, tais como, na área de *Enterprise Resource Planning* (ERP), outros da área de *Business Intelligent* (BI) e na área de administração de sistemas, tendo um grande conhecimento a nível informático. Utilizadores com um Perfil Intermédio, contou-se com a ajuda de pessoas com um grau de conhecimento razoável, entre navegação na Internet, contacto com dispositivos móveis e profissionais de outras áreas, como financeira, em que o uso dos computadores faz parte do seu dia-a-dia. Para o perfil Iniciado contou-se com a colaboração de pessoas em que o contacto com computadores é feito esporadicamente.

Na avaliação, pode-se observar que a nível dos utilizadores avançados, teve a maior percentagem no nível Bom, o que é extremamente satisfatório visto que se trata de um grupo de pessoas que lidam com computadores todos os dias e o grau de exigência tende a ser elevado. O mesmo se verifica em utilizadores intermédios, onde a maior percentagem de satisfação esta no nível Bom, também uma avaliação satisfatória. No que se refere a utilizadores de um nível iniciado, a maior avaliação esta no nível Muito Bom, visto que é um grupo de utilizadores com menos experiência e, observando as avaliações anteriores, era de se esperar que a avaliação tende-se para o Muito Bom, sendo também esta, muito satisfatória.

Desta forma conclui-se que o estudo durante anos mostrado ao longo desta dissertação, bem como algumas teorias sobre usabilidade e Interfaces Adaptativas permite melhorar, significativamente, o nível de satisfação por parte dos utilizadores.

3.7 Resumo

No presente capítulo foram apresentadas as várias fases que constituíram a construção da aplicação, desde o desenvolvimento das redes Bayesianas, as alterações realizadas na Interface, algum Pseudocódigo, a ligação dos dois trabalhos eTourism(GUI+DI), algumas ferramentas testadas para a apresentação de ficheiros *Shape* para permitir a representação do Mapa e a apresentação da avaliação feita para analisar o grau de satisfação dos utilizadores.

O desenvolvimento das Redes Bayesianas foi das fases mais morosas do projecto, devendo-se ao facto da classe responsável pelos cálculos das probabilidades de Bayes, ter sido desenvolvida de raiz. Inicialmente, foi usada uma ferramenta designada por MSBNX, que fornece um conjunto de classe que permitem realizar os cálculos probabilísticos sobre a rede. No entanto, revelou-se impossível a sua concretização visto que não estavam compiladas para os dispositivos móveis. Contudo, a ferramenta disponibiliza um editor, que permite desenhar toda a rede, criando um ficheiro XML, que foi usado no projecto, permitindo reutilizar toda a estrutura da rede desenhada no MSBNX.

A representação do mapa permitiu complementar a informação disponibilizado por texto, dando uma visão gráfica, ao utilizador, da localização dos Pontos de Interesse. O uso de ficheiros *Shape* para a apresentação do mapa trouxe algumas vantagens, tais como, a representação de coordenadas, a representação de qualquer região, ou seja, a aplicação permite apresentar a cidade do Porto, mas pode ser colocada qualquer outra cidade. Outro aspecto de salientar, é o facto dos ficheiros *Shape* não necessitarem de ser processados, obtendo-se assim um aumento na performance.

Por último, é apresentada uma avaliação da usabilidade da Interface, permitindo dar uma visão da satisfação do utilizador com a mesma. A avaliação foi satisfatória, pelo que se pode concluir que as Interfaces Adaptativas, bem como alguns conceitos abordados nesta dissertação, permitem atingir uma melhor interacção do sistema com o utilizador.

4 Conclusão

Nesta dissertação foi descrito o trabalho desenvolvido no âmbito do projecto eTourismGUI, destacando-se alguns conceitos de inteligência artificial como as redes Bayesianas e usabilidade, a importância do uso de dispositivos móveis, a abordagem aos sistemas operativos, a integração entre os dois trabalhos eTourism(Gui+DI), a implementação da representação dos Pontos de Interesse num mapa e, como o objectivo principal, as Interfaces adaptativas.

Os conhecimentos adquiridos foram amplamente alargados pelo estudo pormenorizado de cada uma das técnicas aqui referidas e enriquecidos com a visão de vários autores.

Como é normal num projecto deste nível, surgiram inúmeras dificuldades que foram sendo descritas ao longo da dissertação, como o caso da implementação de classes das redes Bayesianas já desenvolvidas para computadores domésticos, não sendo possível o respectivo uso neste projecto. A pequena dimensão do Ecrã levou ao estudo de técnicas ergonómicas e de usabilidade, que fossem capazes de representar toda a informação sem perder a percepção por parte do utilizador. No desenvolvimento da Interface também surgiram algumas dificuldades como a inserção de imagens nos botões e passar de um menu para outro, pois fazia com que o utilizador percebesse esta transição. Este facto deve-se as baixas performances do processador, o que levou a ter sempre em consideração os algoritmos desenvolvidos, sendo necessário optimizá-los de forma a melhorar a interacção com a aplicação.

Para o desenvolvimento desta aplicação, foram realizados alguns estudos sobre PDA, tornando mais perceptível algumas das limitações intrínsecas nestes dispositivos, tais como, pequenas dimensões do Ecrã, baixo processamento, baixa capacidade de armazenamento, entre outras. Apesar de as limitações impostas pelo dispositivo, este tem um conjunto de vantagens que originaram a sua escolha para o desenvolvimento do eTourismGUI, tal como a portabilidade e, apesar das suas pequenas capacidades de armazenamento, permite guardar uma grande quantidade de informação. A evolução da tecnologia permite, actualmente, ter integrado uma antena de GPS, o que é um forte contributo para o desenvolvimento de aplicações em sistemas de georeferenciação, dando a possibilidade de saber a localização exacta, permitindo obter uma visão da deslocação e saber a velocidade a que se desloca.

A escolha do sistema operativo também foi alvo de estudo. Recentemente, surgiu o *Android*, um sistema operativo desenvolvido sobre uma plataforma em Java, que tem como grande vantagem ser completamente livre, ou seja, não só é possível desenvolver novas aplicações, como alterar as que são integrantes, dando uma liberdade completa na sua utilização e desenvolvimento (Speckmann, 2008). A decisão pelo sistema Operativo Windows Mobile deve-se ao facto de já estar há mais tempo implementado, sendo este um sistema mais robusto e usado pela maioria dos PDAs. Outra característica que levou ao abandono do *Android*, foi o facto de poucos PDAs o usarem, além de ainda não estar suficientemente testado o que poderia levar a problemas no desenvolvimento do eTourismGUI (Andrade, 2009).

O estudo de técnicas de inteligência artificial, tais como:

- Redes Neurais,
- Raciocínio Baseado em Casos,
- Redes Bayesianas,

permitiu avaliar algumas vantagens e desvantagens de cada uma das técnicas, permitindo fazer a escolha mais correcta para o desenvolvimento da aplicação eTourismGUI. As Redes de Bayes permitiram principalmente um baixo consumo de recursos que tinha sobre o PDA, pela possibilidade de lidar com informação que contenha algum grau de incerteza e por não necessitar de um treino inicial exaustivo. Desta forma, as redes Bayesianas mostraram ser uma técnica extremamente poderosa no desenvolvimento de aplicações em que há necessidade de avaliar perfis de utilizadores, visto que há uma forte incerteza sobre os dados obtidos. Desta forma, foi possível desenvolver uma rede de Bayes, constituída por um conjunto de Nós, que através da análise do comportamento do utilizador, serão inferidos, permitindo a definição e actualização do perfil do utilizador. Esta inferência terá a capacidade de influenciar os valores probabilísticos de cinco Nós, os quais permitirão fazer uma análise do estado futuro, conseguindo desta forma obter uma visão do possível perfil que o utilizador poderá ter numa próxima utilização.

A Interface foi desenvolvida tendo em consideração alguns conceitos de usabilidade, bem como a sua adaptatividade, tornando mais fácil a sua utilização, memorização e realização das tarefas. O uso destes conceitos revelou ser um forte contributo para o sucesso da aplicação e satisfação por parte do utilizador, reflectindo-se na avaliação desenvolvida (Cap.3.6, pag.130), o que veio comprovar a importância de uma boa avaliação de requisitos no desenvolvimento de Interfaces.

A integração do eTourism(GUI+DI), revelou-se mais complexa do que inicialmente tinha sido pensada. Foram elaborados alguns testes em técnicas de ligação, tais como:

- *Sockets*;
- Ficheiros XML;
- Base Dados.

As duas primeiras técnicas revelaram-se complexas e sem resultados satisfatórios. Por um lado, os *Sockets* causaram alguns problemas na comunicação bidireccional, sendo necessário fazer inúmeras validações de forma a melhorar a comunicação, não sendo garantido que a informação fosse transmitida com êxito. O uso de ficheiros partilhados numa estrutura XML, revelou-se inviável, visto que a estrutura obriga a que haja bastante redundância penalizando a performance na leitura e escrita da informação. Outra razão que levou ao abandono do XML foi a complexidade de relacionamento entre os dados. Além disto, o acesso ao ficheiro teria de ser controlado, pois não podia ser feito ao mesmo tempo. Por último, usou-se uma Base Dados, onde sincronizadamente são colocados os dados por parte do eTourismDI e lidos por parte do eTourismGUI. Este foi o método que forneceu mais vantagens, pela rapidez de acesso aos dados e por permitir a escrita e leitura ao mesmo tempo. Contudo, foi necessário criar-se uma comunicação sincronizada entre as duas aplicações para que os dados lidos fossem os mais actualizados. Para implementar a sincronização foi usado *Threads*, onde eram criados processos em paralelo, que faziam a escrita e leitura em tempos bem definidos.

Como referido anteriormente, o desenvolvimento de novas capacidades nos PDAs revelaram-se um forte contributo para aplicações utilizadas em sistemas de georeferenciação, permitindo obter a localização actual do utilizador através do GPS. Mas para se tornar possível a localização, é importante a sua representação num Mapa. Desta forma, foram desenvolvidos testes sobre algumas ferramentas que permitissem fazer a leitura de ficheiros *Shape*, tais como:

- *GeoFrameworks*;
- *MapSuite*;
- *HiMap*.

As duas primeiras tecnologias revelaram algumas desvantagens determinantes para a sua exclusão, como baixas performances na representação do mapa e a impossibilidade de serem implementadas no Windows Mobile 6.0. O *HiMap*, ao contrário das outras duas, permite o uso das suas classes no sistema operativo escolhido para o desenvolvimento do eTourismGUI, além de apresentar performances satisfatórias. O *HiMap* não só permite a leitura e representação de ficheiros *Shape*, como também permite disponibilizar um conjunto de ferramentas como *Zoom* e *Panning*. O *HiMap* disponibiliza classes que permitem a escrita de pontos e linhas sobre o mapa, através de coordenadas reais. Desta forma, foi possível a representação dos Pontos de Interesse num mapa, bem como a sua ligação, dando a ordem pela qual deverão ser visitados e permitindo visualizar a distância entre eles.

4.1 Objectivos realizados

Os objectivos propostos para este projecto passam pelo desenvolvimento de uma Interface adaptativa, capaz de fazer as adaptações necessárias para uma melhor interacção com o utilizador. Esta funcionalidade tornaria possível uma maior satisfação por parte do utilizador no uso da aplicação. Para uma melhor interacção com a aplicação, estiveram sempre presentes alguns conceitos de usabilidade, havendo sempre a preocupação do posicionamento dos objectos que compunham a Interface, bem como o tamanho e o uso de uma linguagem simples, tornando explícito o que será feito num determinado menu. Outro objectivo consiste na implementação da aplicação num dispositivo móvel e a representação gráfica dos Pontos de interesse num Mapa.

Para a criação de uma Interface Adaptativa foi necessário um modelo capaz de observar o comportamento do utilizador (Almeida et al, 2006). O uso de redes Bayesianas tornou possível fazer esta análise, uma vez que permitiu, através de valores probabilísticos, obter um perfil do utilizador. Foi desenvolvido um algoritmo que respeitasse as regras dos cálculos de Bayes e que inferisse sobre uma rede criada para o efeito. Esta rede tem um Nó filho "User", Nó este que permite observar o tipo de utilizador. Este Nó é influenciado por um conjunto de Nós pai, que vão mudando de estado à medida que a Interface vai sendo usada.

Foram definidos três grupos de utilizadores: Iniciado, Intermédio e Avançados. Estes perfis foram definidos com o intuito de abranger os possíveis grandes grupos de utilizadores, isto é, os que têm pouco contacto com computadores, os que não sendo da área da informática, usam computadores no seu dia-a-dia e aqueles que tem um largo conhecimento na área da informática, respectivamente. Quando detectado o perfil do utilizador, a Interface irá sofrer algumas adaptações, permitindo uma melhor interacção entre pessoas destes grupos.

Essas adaptações passam por disponibilizar informação que seja relevante para os utilizadores como, por exemplo, disponibilizar mais Pontos de Interesse para os que têm perfil Iniciado ou focar os pontos essenciais para os avançados. As adaptações também passam por disponibilizar novas funcionalidades, como o caso de permitir o utilizador obter uma sugestão, a qual poderá ser interessante para um utilizador Intermédio ou avançado, pois terá mais interesse em novas potencialidades, o que, para um Iniciado tornaria mais complexo a utilização da Interface.

Os conceitos de usabilidade revelaram-se essenciais para se alcançar uma melhoria do projecto, a capacidade de se tornar uma Interface satisfatória para o utilizador. Para tal, foi desenvolvida uma Interface seguindo a estrutura de outra conhecida, que é a do GPS TomTom, criando um conjunto de botões com um tamanho aceitável e que permite ao utilizador interagir com os dedos. A divisão do menu principal em dois menus, permitiu criar uma Interface mais fácil de se compreender e aproveitar melhor o pequeno espaço de Ecrã. Também houve a preocupação de adoptar uma linguagem simples na comunicação com o utilizador, reforçando-a, sempre que possível, com imagens. Um aspecto importante confere-se à baixa profundidade dos menus, ou seja, poucos submenus, que permite uma fácil memorização por parte do utilizador. Por último, a representação de Pontos de Interesse e de *Tags* é feita por uma ordem de preferência, ordem esta que é calculada por um algoritmo desenvolvido no âmbito de outro projecto, eTourismDI. Esta representação de preferências de Pontos de Interesse e de *Tags* é realçada, apresentando-as com uma maior ou menor dimensão.

No desenvolvimento de um projecto no âmbito do Turismo, a representação dos Pontos de interesse num Mapa é de extrema importância. Conseguiu-se atingir este objectivo, após se testar algumas ferramentas disponíveis na internet, encontrando-se uma que preenchia todos os requisitos para permitir esta implementação, o *HiMap*. O *HiMap* disponibiliza um conjunto de classes, que foram usadas no projecto, permitindo representar um Mapa e disponibilizar algumas funcionalidades, como fazer Zoom e mover o mapa para todos os sentidos do Ecrã.

4.2 Trabalho futuro

Este trabalho enquadra-se num ramo recente e emergente no mundo da informática, tornando possível vislumbrar vários aspectos que contribuirão para uma melhoria significativa, principalmente na área de GPS e representação da posição do utilizador.

O uso de ficheiros *Shape* permite não só a representação do mapa, mas também a utilização de coordenadas reais. Conjugando esta potencialidade com as classes do *HiMap*, poder-se-á criar um GPS, representando o utilizador através de um objecto e com um processo (Thread) sempre activo que irá ler as coordenadas actuais e representar a deslocação do utilizador pelo mapa.

Existem inúmeros conjuntos de algoritmos que permitem calcular caminhos mais curtos entre 2 pontos, como o exemplo do caixeiro-viajante, usado pelo outro projecto eTourismDi. Criando uma base de dados com as coordenadas das ruas, poder-se-á representar o caminho mais curto no mapa através de linhas. Desta forma, o utilizador terá sempre o menor percurso para se deslocar entre os dois pontos. Aqui alcançar-se-ão melhorias significativas se, forem criados algoritmos que tenham em conta não só o caminho mais curto, mas também os meios de deslocação, implementando também o caminho mais rápido. É de salientar que o caminho mais curto não significa que seja o mais rápido.

Referencias

- 2009.** Amazon. [Online] <http://www.amazon.com/>
- 2009.** TomTom. [Online] <http://www.tomtom.com/?Lid=17>
- 2009.** NDrive. [Online] <http://www.ndriveweb.com/>
- 2009.** Flymaster. [Online] <http://www.flymaster.net/>
- 2009.** Direcção os serviços de Turismo (DST) [Online] <http://www.macautourism.gov.mo/pt/main/faq.php>
- 2009.** UTM Coordinate Converter [Online] <http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html>
- 2009.** ESRI [Online] <http://support.esri.com/index.cfm?fa=forums.gateway>
- 2009.** SmartPhoneMag [Online] <http://www.smartphonemag.com/cms/forums/windows-mobile-work/developer-software-support/enjoy-mobile-gis1-using-c-create-gis-program-m>
- 2009.** MapSuit [Online] <http://www.download32.com/map-suite-pocket-pc-i9864.html>
- 2009.** GeoFramework [Online] <http://www.download32.com/esri-shapefile-plugin-in-for-gis-net-s9235.html>
- 2009.** HiMap [Online] <http://himap.us/en/download/>
- 2009.** OpenSource GPS [Online] http://opensourcegis.org/open_source_gps.html
- 2009.** GeoFramework [Online] <http://www.geoframeworks.com/Closed.aspx>
- 2009.** *FEXA Faculdade de ciências exactas [Online]*
http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/mlearnin/public_html/ParadigmasArgentina/argentinaraciociniobaseadoem_casos.ppt
- 2009.** Mapping [Online] <http://www.componentsource.com/features/mapping-gis/visual-csharp-2005/index.html>
- 2009.** GeoSpacial [Online] <http://csharp-source.net/open-source/geospacial>
- 2009.** MapWinGIS [Online] <http://www.codeproject.com/KB/cs/buildgisapp.aspx?display=PrintAll>
- 2009.** MSBNX [Online] <http://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/groups/adapt/msbnx/>
- 2009.** Wikipedia [Online] http://en.wikipedia.org/wiki/Bayesian_network
- 2009.** GeorgiaTech [Online] http://www.cc.gatech.edu/computing/classes/cs8113d_94_fall/homepage.html
- 2009.** ERCIM [Online] <http://www.ui4all.gr/UI4ALL-97/romitti.pdf>
- 2009.** Hogskolan I Gavle [Online] <http://www2.hig.se/~bjg/geoinformatics/files/p424.pdf>
- 2009.** Yoda [Online] <http://www.yoda.arachsys.com/csharp/threadstart.html>
- 2009.** C# [Online] http://en.csharp-online.net/CSharp_Delegates_and_Events%E2%80%9494Thread_delegates
- 2009.** MSDN [Online] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa645740%28VS.71%29.aspx>
- 2009.** Albahari [Online] <http://www.albahari.com/threading/>
- 2009.** Crows [Online] <http://www.crowsprogramming.com/archives/18>
- 2009.** Patrick [Online] <http://www.pleblanc.com/2009/06/managing-multiple-threads-in-c-with-a-gui/>

- 2009.** FunctionX[Online] <http://www.functionx.com/csharp2/xml/Lesson02d.htm>
- 2009.** Dream.In.Code [Online] <http://www.dreamincode.net/forums/showtopic49289.htm>
- 2009.** C# Corner [Online] <http://www.c-sharpcorner.com/>
- 2009.** The Code Project [Online] <http://www.codeproject.com/KB/cpp/myXPath.aspx>
- 2009.** Slide Share [Online] <http://www.slideshare.net/barao/conceitos-de-usabilidade>
- 2009.** Slide Share [Online] <http://www.slideshare.net/logicadigital/usabilidade-516885>
- 2009.** Koders [Online] <http://www.koders.com/csharp/>
- 2009.** Windows Mobile Developer [Online] <http://social.msdn.microsoft.com/Forums/en-US/vssmartdevicesnative/thread/57ed6689-872c-48aa-943d-b28cc1311a87>
- 2009.** Books Google [Online] <http://books.google.pt/>
- 2009.** Pocket Pc Developer [Online] <http://windowsmobiledn.com/>
- 2009.** Zorched [Online] <http://www.zorched.net/2009/01/01/register-and-unregister-com-dll-from-net-code/>
- 2009.** MSDN [Online] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa454886.aspx>
- 2009.** GECAD [Online] <http://tours.gecad.isep.ipp.pt/>
- 2009.** The Code Project [Online] <http://www.codeproject.com/KB/mobile/Caleidoscope.aspx>
- 2005.** NGH News Gov Hk [Online]
<http://www.news.gov.hk/en/category/businessandfinance/050505/html/050505en03001.htm>
- 2009.** ANC Associação Nacional de Cruzeiros [Online] <http://www.ancruzeiros.pt/longitude3.gif>
- 2009.** MoveAveiro [Online] <http://www.moveaveiro.pt/>

- Aamodt e Plaza**, “Case Based Reasoning, Foundational Issues, methodological variation and system approaches”, National Huwei University of Science and Technology, 1994
- Alexandre Pigari**, “Raciocínio em IA” ,GSI grupo de Sistemas Inteligentes, 2009
<http://www.din.uem.br/ia/sombra/novas/raciocinio/RacBasCasosConstrModelo.html>
- Alvarez-Cortes, V., Zarate Silva, V.H. e Uresti**, “Current Trends in Adaptive User Interfaces: Challenges and Applications” , In Proceedings of Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference, 2007
- Amaral**, “Understanding the implementation of mobile technologies within the firm”, Escola Superior de Tecnologias de Viseu, 2004
- Ana Almeida, Constantino Martins**, “A New Approach for Decision Support in Cooperative Scheduling”, In Proceedings of ED-MEDIA 2006 - World Conference on Educational Multimedia,2006
- Ana Almeida, Constantino Martins, Goreti Marreiros e Eurico Carrapatoso**, “An Adaptive Framework for Collaborative Scheduling”, WACI – Workshop on Applications of Computational Intelligence, 2006
- Ana L.N. Fred**, “Redes Bayesianas”, Instituto de telecomunicações, 2009
http://www.lx.it.pt/~afred/docencia/Percepcao_2006/acetatos/rb.pdf
- Ana Vaz, Paulo Matos, Ana Afonso, Maria Carmo**, “MoViSys: Um Sistema de Visualização para Dispositivos Móveis”, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 2008
- Aparecido Fabiano Pinatti de Carvalho**, “Conceitos de Usabilidade e sua Abrangência no Desenvolvimento de Sistemas Interativos”, Universidade Federal de São Carlos, 2005
- Antonio Neto**, “Aplicação de Redes Bayesianas para extracção de conhecimento de Base Dados”, Universidade da Amazônia, 2002
- Augusto Cesar Castoldi, Marcos de Oliveira dos Santos**, “Raciocínio Baseado em Casos”, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002
- Balabanovic, M.**, “User Modeling and User-Adapted Interaction”,1998
- Basu, C., Hirsh, H., and Cohen, W.**, “Recommendation as classification”, Proceedings of the Fifteenth National Conference on Artificial Intelligence, 1998
- Benjamin Speckmann**, “The Android mobile platform”, Eastern Michigan University, 2008
- Bill Stewart**, “Vannevar Bush and Memex”, LivingInternet, 2009 http://www.livinginternet.com/i/ii_bush.htm
- Bruno A Martinho**, “Um mediador multifacetado”, Museu em Pedacos, 2009
<http://museuempedacos.wordpress.com/2009/01/16/um-mediador-multifacetado-o-pda/>
- Bruno Correa**, “Adicionando Mobilidade ao Processamento de Imagens Medicas”, Projecto de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica, 2009 http://arquivosweb.lncc.br/pdfs/plano_trabalho%20Bruno.pdf
- Bruno Costa Bourbon**, “Um Framework para desenvolvimento de Aplicativos Em Windows Mobile”, Universidade Federal de Pernambuco, 2005
- Bruno Ernesto da Silva Coelho**, “User Modeling and Recommendation Strategies for Tourism”, GECAD Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão, 2009
- Brusilovsky**, “Adaptive Navigation Support in Educational Hypermedia”, Journal of Computing and Information Technology, 1998
- Carlos E. Morimoto**, “A historia do Windows Mobile”, GDHPRESS 2008
<http://www.gdhpess.com.br/blog/historia-windows-mobile/>
- Cláudia Branco, Fernanda Silva, Marisa Loureiro**, “Utilização de plataformas SIG Móveis no Terreno”, Centro de Informação Científica e Técnica do INETI, 2007
http://e-geo.ineti.pt/divulgacao/ciencia_viva/geologia_verao/projectos/platafomas_moveis/default.htm
- Charles L Isbell e Jeffrey Pierce**, “An IP Continuum for Adaptive Interface Design”, College of Computing, 2009 <http://www.cc.gatech.edu/~isbell/papers/IPContinuum-IsbellPierce.pdf>

- Clésio Rubens de Matos**, "ReMoS: Um Software para a Gerência de Servidores Linux em Dispositivos Moveis", Departamento de Ciência da Computação, 2009
- Constantino Martins**, "Ferramentas de autoria de sistemas Hipermédia adaptativos para aprendizagem", Revista Novas Tecnologias na Educação, 2003
- Dias, C.** "Usabilidade na WEB: Criando portais mais acessíveis", Alta Books Ltda, 2003
- Edgar Marçal, Rossana Andrade, Riverson Rios**, "museum: Uma Aplicação de m-Learning com a Realidade Virtual", Universidade Federal do Ceará, 2009
- Douglas MacKenzie**, "Beyond Hypertext: Adaptative Interfaces for Virtual Museums", DMC Ltd, 2009
<http://www.dmcsoft.com/tamh/papers/evaf.php3>
- Encarnação L. M.**, "Concept and Realization of Intelligent User Support in Interactive Graphics Applications", Universidade Eberhard-Karls, 1997
- Foley, James D., Dam, Andries van, Feiner, Steven K., Hughes, John F.**, "Computer Graphics - Principles and Practices", 1990
- Fortin, M.** "O Processo de investigação: da concepção à realização. Loures", Lusociência, 2003
- Freeman, W.J.**, "Mass Action in the Nervous System", Academic Press, 1975
- Gallistel, C. R.**, "Brains as symbol processors. In An Invitation to Cognitive Science", Conceptual and Methodological Foundations, 1990
- Geoff Adams**, "GPS navigation plan to help blind", BBC News Website, 2007
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/6458005.stm>
- Giani, Maurício, Nilson, Rodrigo**, "Geração de Interfaces Adaptativas para Dispositivos Moveis", Paper, 2005
- Henricksen K.**, "Adapting the Web Interface an Adaptive Web Browser", IEEE Computer Society, 2001
- Isabel Milho e Ana Fred**, "Sistema de Apoio ao Diagnostico Medico", Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2002 <http://www.cc.isel.ipl.pt/Pessoais/IsabelMilho/downloads/publications/ccte2002.pdf>
- João Batista Bottentuit Júnior**, "Dispositivos e tecnologias Móveis nas empresas", Universidade do Minho, 2009
- João Paulo Carvalho**, "Mapas cognitivos Baseados em Regras Difusas: Modelação e Simulação da dinamica de sistemas Qualitativos", Universidade Técnica de Lisboa, 2001 <http://digitais.ist.utl.pt/uke/papers/TeseRB-FCM.pdf>
- José Cláudio Terra, Carlos Franco, Eduardo Baer, Felipe Fioravante e Rafael Fraga**, "Usabilidade: Conceitos Centrais", Biblioteca Terra Fórum, 2009
<http://www.terraforum.com.br/biblioteca/Documents/libdoc00000132v003Usabilidade-%20conceitos%20centrais.pdf>
- José Reis, Pedro Sampaio**, "Análise e comparação de algoritmos de cálculo de posições GPS", Departamento de Engenharia Electrónica e Telecomunicações e de Computadores, 2009
- Judea Pearl**, "On Evidential Reasoning In A Hierarchy of Hypotheses", Elsevier Science Publishers Ltd, 1985
- Karen M. Nakazato, Thales F. Duarte**, "Multimédia Moveis", SlideShare, 2009
<http://www.slideshare.net/phpmobile/apresentacao-multimidia-mveis>
- Kevin Murphy**, "A Brief Introduction to Graphical Models and Bayesian Networks", Computer Science, 1998
<http://people.cs.ubc.ca/~murphyk/Bayes/bnintro.html>
- Kolodner, J. L.**, "Case-Based Reasoning. Morgan Kaufmann", Kluwer Academic Publishers, 1993
- Korb e Nicholson**, "Bayesian Artificial Intelligence", Champman, 2003
- Lieberman H.**, "Integrating User Interface Agents with Conventional Applications", ACM, 1999
- Luca Console, Cristina Gena, Ilaria Torre**, "Evaluation of na on-Vehicle adaptative tourist service", Università di Torino, 2009

- MacEachren**, "How Maps Work, Representation, Visualization, and Design", Guilford, 1995
- MacKenzie, D.**, "Using Archives for Education", Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 1995
- Marcelo Martinelli**, "Mapas da Geografia e cartografia temática", Editora Contexto, 2008
- Márcio Andrade**, "Desenvolvimento de Aplicações Android", O Globo, 2009
<http://oglobo.globo.com/blogs/tecnologia/posts/2009/10/19/desenvolvimento-de-aplicacoes-android-232363.asp>
- Marco Koslosky**, "Aprendizagem Baseada em casos em um ambiente para ensino de Lógica de Programação", Universidade Federal de Santa Catarina, 1999 <http://www.eps.ufsc.br/disserta99/koslosky/>
- Martins, A. C., Faria, L., Vaz de Carvalho, C., & Carrapatoso, E.**, "User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational", Systems. Educational Technology & Society, 2008
- Mateus, Geraldo Robson, Loureiro, Antonio A. Ferreira**, "Introdução a Computação Móvel", Instituto de Ciências Exactas e Geociências, 1998
- Menkhaus**, "Adaptive User Interface Generation in a Mobile Computing Environment", Salzburg University, 2002
- McTear, M.** "Intelligent Interface Technology", University of Ulster at Jordanstown, 2000
- Miguel Flori Gorgulho**, Sistemas de Posicionamento global, GPS TrackMaker, 2004
<http://www.gpstm.com/articles.php?lang=port&article=12>
- Monteiro M. Santos**, "Psicologia 1ª Parte: Psicologia 12º ano", Porto editora, 2003
- Nicolai Marquardt**, "Research, Technology: Bayesian Networks, Mobile Interface", Bauhaus University Weimar, 2009 http://www.nicolaimarquardt.com/research-documents/Sens-ation_Talk4_Bayesian-Networks-and-MobileUI.pdf
- Nelson Mandela**, "Adaptive Interfaces for Mobile Preference-Based Searching", University, 2007
- Nielsen J.**, "Usability Engineering", Morgan Kaufmann Publisher, 1993
- Palazzo**, "Towards an Adaptive Web Training Environment Based on Cognitive Style of Learning", Springer Verlag, 2002
- Pat Langley**, "User Modeling in Adaptive Interfaces", Daimler Chrysler Research and Technology Center, 2009
<http://www.cs.usask.ca/UM99/Proc/invited/Langley.pdf>
- Pazzani, Muramatsu e Billsus**, "Syskill & Webert: Identifying interesting web sites", National Conference on Artificial Intelligence, 1996
- Rami Zurayk**, "Money for Food", LAP Land And People, 2007 <http://landandpeople.blogspot.com/2007/07/quite-timely.html>
- Ranon, R.**, "New Directions for the Design of Virtual Reality Interfaces to E-Commerce Sites", Proceedings: 5th International Conference on Advanced Visual Interfaces, 2002
- Reiser, B.J., Anderson, J.R. and Farrell, R.G.**, "Dynamic student modelling in an intelligent tutor for LISP programming", 9th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1985
- Reichenbacher, T.**, "Adaptive Methods for Mobile Cartography", In Proceedings of 21st International Cartographic Conference, 2003
- Rich**, "Users are individuals: Individualizing user models", international Journal of Man-Machine Studies, 1999
- Roberto Marques, Inês Dutra**, "Redes Bayesianas: O que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações", Universidade Rio Janeiro, 2009
<http://www.cos.ufrj.br/~ines/courses/cos740/leila/cos740/Bayesianas.pdf>

- Robson Santos**, “Conceitos para avaliar Usabilidade”, Arquitectura da Informação, 2009
<http://ahdail.net/blog/conceitos-para-avaliar-usabilidade/>
- Robson Santos**, “Usabilidade e AI”, Webinsider, 2003
<http://webinsider.uol.com.br/index.php/2003/06/19/alguns-conceitos-para-avaliar-usabilidade/>
- Russell e Norvig**, “Artificial Intelligence, a Modern Approach”, Prentice Hall, 1995
- Sage, AP**, “Concise Encyclopedia of Information Processing in System and Organizations”, IEEE Press, 1990
- Sangho Kim, Kosuke e Toshio**, “User-Adaptive Reconfigurable Interface for In-Vehicle Information Systems”, Nagoya University, 2009
- Santiago Olmedo**, “A Gestao dos sistemas de Informação”, Centro Atlântico, 2001
- Scott Griffin**, “Doug Engelbart”, Internet Pioneers, 2009 <http://www.ibiblio.org/pioneers/englebart.html>
- Shardanand e Maes, P.** “Social information filtering”, Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, 1995
- Shepherd e Koch**, “The synaptic organization of the brain”, Oxford University Press, 1990
- Shneiderman, B.**, “Designing the User Interface Human-Computer Interaction”, Addison-Wesley, 1998
- Sílvia Shimakura**, “Probabilidade Condicional”, Laboratório de Estatística e Geoinformação, 2005
<http://leg.ufpr.br/~shimakur/CE701/node30.html>
- Sycara**, “Using case-based reasoning for plan adaptation e repair”, Case-Based Reasoning Workshop, 1988
- Theodor Holm Nelson**, “Historia da Interface Gráfica”, Interface, 2009
<http://toshibr.wordpress.com/2009/03/18/historia-da-interface-grafica/>
- Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic**, “Uso de matrizes de correlação na modelagem das redes Bayesianas para análise de riscos no projecto do produto”, Universidade Vasconcellos Ferreira Grubisic, 2009
- Watson, I. D.**, “Applying case-based reasoning”, Morgan Kaufmann, 1997
- Wiklund, M. E.**, “How Companies Develop User”, AP Professional, 1994
- Windson, Robson, Rossana e Paula**, “Mobile Adapter: Uma abordagem para a construção de Mobile Application Servers”, Universidade Federal do Ceará, 2005
- Zsolt L. Kovacs**, “Redes Neurais Artificiais Fundamentos e Aplicações”, Editora Livraria da Física, 2006

Anexo I – Base Dados

Neste anexo, são apresentadas as tabelas usadas para armazenar informação. Esta informação é inserida por uma aplicação eTourismDI e lida pela eTourismGUI. A Base Dados tem as seguintes tabelas:

- POIS, a qual armazena informação detalhada, referente ao Ponto de Interesse. Esta informação irá ser apresentada com maior ou menor detalhe consoante o perfil do utilizador. O campo Keyword permite fazer a ligação com a tabela de TAGS, permitindo atribuir um conjunto de POIS, a uma palavra-chave (Cap. 3.1.1,pag.93);
- TAGS, a qual guarda informação sobre a Keyword, ou seja, palavra-chave que permite identificar um conjunto de Pontos de Interesse e a relevância de cada uma, permitindo apresenta-la com tamanho de letra diferente (Cap. 3.1.3,pag.95);
- TOUR, a qual armazena informação de um conjunto de Pontos de Interesse, que será inserido após uma análise do Perfil do Utilizador, bem como a posição a que ele se encontra. Será apresentada a hora a que deve ser visitado cada Ponto de Interesse, bem como o estado em que ele se encontra, Visitado, ou Por Visitar;
- SUGESTÕES, a qual permite relacionar dois Pontos de Interesse. Tem como objectivo, disponibilizar uma alternativa a um determinado POI (Cap. 3.1.2,pag.94);
- COORDENADAS, a qual guarda a Identificação de um Ponto de interesse e as respectivas coordenadas para que posteriormente seja possível representa-lo num Mapa;

POIS

eTDI_poi	
<input type="checkbox"/>	* (All Columns)
<input type="checkbox"/>	id
<input type="checkbox"/>	name
<input type="checkbox"/>	type
<input type="checkbox"/>	lat
<input type="checkbox"/>	lon
<input type="checkbox"/>	desc
<input type="checkbox"/>	desc_hor_func
<input type="checkbox"/>	hr1_ini
<input type="checkbox"/>	hr1_fim
<input type="checkbox"/>	hr2_ini
<input type="checkbox"/>	hr2_fim
<input type="checkbox"/>	dt_ini
<input type="checkbox"/>	dt_fim
<input type="checkbox"/>	keywords
<input type="checkbox"/>	morada
<input type="checkbox"/>	cp
<input type="checkbox"/>	contacto

TOUR

eTDI_tour	
<input type="checkbox"/>	* (All Columns)
<input type="checkbox"/>	id
<input type="checkbox"/>	poi_id
<input type="checkbox"/>	visited
<input type="checkbox"/>	planned
<input type="checkbox"/>	desc
<input type="checkbox"/>	inactivo
<input type="checkbox"/>	tour_num
<input type="checkbox"/>	hr_ini
<input type="checkbox"/>	hr_fim
<input type="checkbox"/>	nxt_poi_id

Sugestões

eTDI_poi_relations	
<input type="checkbox"/>	* (All Columns)
<input type="checkbox"/>	poi_a_id
<input type="checkbox"/>	poi_b_id

TAGS

eTDI_tags	
<input type="checkbox"/>	* (All Columns)
<input type="checkbox"/>	tag
<input type="checkbox"/>	relevance

Coordenadas

eTDI_poi_coord	
<input type="checkbox"/>	* (All Columns)
<input type="checkbox"/>	id
<input type="checkbox"/>	coordX
<input type="checkbox"/>	coordY

Anexo II – XML com a rede de Bayes

Neste anexo será apresentada a estrutura do ficheiro gerado pela aplicação MSBNX, a qual cria um ficheiro XML (pag.111). É importante focar três Tags principais:

- *Variables*, é responsável por armazenar informação sobre as variáveis e os estados possíveis de cada Nó da rede;
- *Structure*, permite obter informação da estruturada rede, ou seja, é aqui que esta definido quais são os Nós pais, filhos e como é feita a ligação entre eles;
- *Distributions*, que permite guardar todos os valores das tabelas de probabilidade condicional e os respectivos Indexes;

```
<VARIABLES>
<VAR NAME="No1" TYPE="discrete" XPOS="-5787" YPOS="2784">
  <FULLNAME>No1</FULLNAME>
  <STATENAME>Yes</STATENAME>
  <STATENAME>No</STATENAME>
</VAR>
<VAR NAME="No1TN1" TYPE="discrete" XPOS="13246" YPOS="2316">
  <FULLNAME>No1TN1</FULLNAME>
  <STATENAME>Yes</STATENAME>
  <STATENAME>No</STATENAME>
</VAR>
<VAR NAME="No2" TYPE="discrete" XPOS="-2656" YPOS="4233">
  <FULLNAME>No2</FULLNAME>
  <STATENAME>Yes</STATENAME>
  <STATENAME>No</STATENAME>
</VAR>
<VAR NAME="No2TN1" TYPE="discrete" XPOS="17701" YPOS="4005">
  <FULLNAME>No2TN1</FULLNAME>
  <STATENAME>Yes</STATENAME>
  <STATENAME>No</STATENAME>
</VAR>
<VAR NAME="No3" TYPE="discrete" XPOS="-1013" YPOS="7175">
  <FULLNAME>No3</FULLNAME>
  <STATENAME>Yes</STATENAME>
  <STATENAME>No</STATENAME>
</VAR>
<VAR NAME="No3TN1" TYPE="discrete" XPOS="19871" YPOS="6046">
  <FULLNAME>No3TN1</FULLNAME>
  <STATENAME>Yes</STATENAME>
  <STATENAME>No</STATENAME>
</VAR>
<VAR NAME="No4" TYPE="discrete" XPOS="985" YPOS="9400">
  <FULLNAME>No4</FULLNAME>
  <STATENAME>Yes</STATENAME>
  <STATENAME>No</STATENAME>
</VAR>
```

```

<VAR NAME="No4TN1" TYPE="discrete" XPOS="20362" YPOS="8482">
  <FULLNAME>No4TN1</FULLNAME>
  <STATENAME>Yes</STATENAME>
  <STATENAME>No</STATENAME>
  </VAR>
<VAR NAME="No5" TYPE="discrete" XPOS="2142" YPOS="12144">
  <FULLNAME>No5</FULLNAME>
  <STATENAME>Yes</STATENAME>
  <STATENAME>No</STATENAME>
  </VAR>
<VAR NAME="No5TN1" TYPE="discrete" XPOS="21571" YPOS="10407">
  <FULLNAME>No5TN1</FULLNAME>
  <STATENAME>Yes</STATENAME>
  <STATENAME>No</STATENAME>
  </VAR>
<VAR NAME="User" TYPE="discrete" XPOS="-6254" YPOS="16078">
  <FULLNAME>User</FULLNAME>
  <STATENAME>Avancado</STATENAME>
  <STATENAME>Intermedio</STATENAME>
  <STATENAME>Iniciado</STATENAME>
  </VAR>
</VARIABLES>

```

<STRUCTURE>

```

<ARC PARENT="No1" CHILD="No1TN1"/>
<ARC PARENT="No2" CHILD="No2TN1"/>
<ARC PARENT="No3" CHILD="No3TN1"/>
<ARC PARENT="No4" CHILD="No4TN1"/>
<ARC PARENT="No5" CHILD="No5TN1"/>
<ARC PARENT="No1" CHILD="User"/>
<ARC PARENT="No3" CHILD="User"/>
<ARC PARENT="No4" CHILD="User"/>
<ARC PARENT="No5" CHILD="User"/>
<ARC PARENT="No2" CHILD="User"/>
</STRUCTURE>

```

<DISTRIBUTIONS>

```

<DIST TYPE="discrete">
  <PRIVATE NAME="No1"/>
<DPIS>
  <DPI>0.5 0.5 </DPI>
  </DPIS>
</DIST>
<DIST TYPE="discrete">
<CONDSET>
  <CONDELEM NAME="No1"/>
  </CONDSET>
  <PRIVATE NAME="No1TN1"/>
<DPIS>
  <DPI INDEXES="0 ">0.99 0.01 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 ">0.01 0.99 </DPI>
  </DPIS>
</DIST>
<DIST TYPE="discrete">
  <PRIVATE NAME="No2"/>

```

```

<DPIS>
  <DPI>0.5 0.5 </DPI>
  </DPIS>
  </DIST>
<DIST TYPE="discrete">
<CONDSSET>
  <CONDELEM NAME="No2"/>
  </CONDSSET>
  <PRIVATE NAME="No2TN1"/>
<DPIS>
  <DPI INDEXES="0 ">0.99 0.01 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 ">0.01 0.99 </DPI> </DPIS> </DIST>
<DIST TYPE="discrete">

<PRIVATE NAME="No3"/>
<DPIS>
  <DPI>0.5 0.5 </DPI>
  </DPIS>
  </DIST>
<DIST TYPE="discrete">
<CONDSSET>
  <CONDELEM NAME="No3"/>
  </CONDSSET>
  <PRIVATE NAME="No3TN1"/>
<DPIS>
  <DPI INDEXES="0 ">0.99 0.01 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 ">0.01 0.99 </DPI>
  </DPIS>
  </DIST>
<DIST TYPE="discrete">
  <PRIVATE NAME="No4"/>
<DPIS>
  <DPI>0.5 0.5 </DPI>
  </DPIS>
  </DIST>
<DIST TYPE="discrete">
<CONDSSET>
  <CONDELEM NAME="No4"/>
  </CONDSSET>
  <PRIVATE NAME="No4TN1"/>
<DPIS>
  <DPI INDEXES="0 ">0.99 0.01 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 ">0.01 0.99 </DPI>
  </DPIS>
  </DIST>
<DIST TYPE="discrete">
  <PRIVATE NAME="No5"/>
<DPIS>
  <DPI>0.5 0.5 </DPI>
  </DPIS>
  </DIST>
<DIST TYPE="discrete">

```

```

<CONDSET>
  <CONDELEM NAME="No5"/>
</CONDSET>
<PRIVATE NAME="No5TN1"/>
<DPIS>
  <DPI INDEXES="0 ">0.99 0.01 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 ">0.01 0.99 </DPI>
</DPIS>
</DIST>
<DIST TYPE="discrete">
<CONDSET>
  <CONDELEM NAME="No1"/>
  <CONDELEM NAME="No3"/>
  <CONDELEM NAME="No4"/>
  <CONDELEM NAME="No5"/>
  <CONDELEM NAME="No2"/>
</CONDSET>
<PRIVATE NAME="User"/>
<DPIS>
  <DPI INDEXES="0 0 0 0 0 ">0.00035336 0.0667845 0.932862 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 0 0 0 1 ">0.00165399 0.125041 0.873305 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 0 0 1 0 ">0.00236327 0.106347 0.89129 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 0 0 1 1 ">0.01059 0.19062 0.79879 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 0 1 0 0 ">0.0012966 0.14295 0.855754 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 0 1 0 1 ">0.00564653 0.249012 0.745342 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 0 1 1 0 ">0.00822803 0.215986 0.775786 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 0 1 1 1 ">0.0329412 0.345882 0.621176 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 1 0 0 0 ">0.00236327 0.106347 0.89129 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 1 0 0 1 ">0.01059 0.19062 0.79879 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 1 0 1 0 ">0.0152458 0.163348 0.821406 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 1 0 1 1 ">0.0622617 0.266836 0.670902 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 1 1 0 0 ">0.00822803 0.215986 0.775786 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 1 1 0 1 ">0.0329412 0.345882 0.621176 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 1 1 1 0 ">0.048264 0.30165 0.650086 </DPI>
  <DPI INDEXES="0 1 1 1 1 ">0.16145 0.403624 0.434926 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 0 0 0 0 ">0.0040724 0.199548 0.79638 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 0 0 0 1 ">0.0167473 0.328247 0.655006 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 0 0 1 0 ">0.0246286 0.287334 0.688038 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 0 0 1 1 ">0.0888575 0.414669 0.496474 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 0 1 0 0 ">0.0127434 0.364248 0.623009 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 0 1 0 1 ">0.0450225 0.514757 0.44022 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 0 1 1 0 ">0.0676147 0.460156 0.47223 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 0 1 1 1 ">0.195349 0.531783 0.272868 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 1 0 0 0 ">0.0246286 0.287334 0.688038 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 1 0 0 1 ">0.0888575 0.414669 0.496474 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 1 0 1 0 ">0.128722 0.35756 0.513719 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 1 0 1 1 ">0.343726 0.381917 0.274357 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 1 1 0 0 ">0.0676147 0.460156 0.47223 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 1 1 0 1 ">0.195349 0.531783 0.272868 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 1 1 1 0 ">0.276388 0.447851 0.275761 </DPI>
  <DPI INDEXES="1 1 1 1 1 ">0.541215 0.350787 0.107998 </DPI>
</DPIS>
</DIST>
</DISTRIBUTIONS>
</BNMODEL>
</ANALYSISNOTEBOOK>

```

Anexo III – Código Fonte

O metodo *engineCalcValue*, é responsavel pelos calculos da probabilidade de Bayes de cada Nó (pag.114).

```
// Recebe o nome do Nó, vai procurar os pais correspondentes e fazer
// os respectivos calculos de probabilidade bayes
// o calculo será a soma da multiplicação dos varios estados dos nós
// EX: nó1 yes =0.5 nó2=0.6 nóp=0.4 p=(0.5x0.6x0.4)+...
// @param noName, Nome do Nó que vai ser analisado
// @return Array, Retorna ukma lista com os valores calculados
// daquele Nó
private ArrayList engineCalcValue(string noName)
{
    ArrayList indexList = new ArrayList();
    ArrayList listObjectsParents;
    ArrayList indexs = new ArrayList();
    ArrayList listParents = new ArrayList();
    ArrayList varaiveisNoOrigem = new ArrayList();
    double[] values =null;
    double valorMultiplicacao = 0;
    double[] valorNoOrigem;
    int k;
    try
    {
        listParents = getParents(noName);
        varaiveisNoOrigem = getVariable(noName);
        values = new Double[varaiveisNoOrigem.Count];
        // Quando um Nó nao tem pais, os valores da probabilidade é o
        // valor que ja existe na tabela
        if (listParents.Count == 0)
        {
            values = (double[])getAllValue(noName)[0];
        }
        else
        {
            // Recebe uma lista de objectos do tipo NoBayes dos respectivos
            // pais.
            listObjectsParents = getValueInList(listParents);
            //Receber uma lista de indexs correspondentes ao Nó filho ex
            //0 e 1, ou seja, todas as hipoteses dos nós pai
            indexs = getIndex(noName);
```

```

for (int i = 0; i < varaveisNoOrigem.Count - 1; i++)
{
    k = 0;
    valorNoOrigem = getValuesVariable(noName, i);
    //Por cada conjunto de index é necessario fazer a soma das
    //multiplicações de cada um dos valores
    foreach (string index in indexs)
    {
        indexList = getAllValueIndex(listParents, index);
        for (int j = 0; j < listParents.Count; j++)
        {
            if (j == 0)
            // Recebe o valor correspondente ao index do respectivo no pai
                valorMultiplicacao = getValueIndex((string)indexList[j],
(NoBayes)listObjectsParents[j]);
            else
            // Recebe o valor correspondente ao index do respectivo no pai
                valorMultiplicacao *= getValueIndex((string)indexList[j],
(NoBayes)listObjectsParents[j]);
        }
        // Envia o nome do Nó origem, e a posição da variavel e recebe
        //uma lista com todos os valores dessa variavel
        valorMultiplicacao *= valorNoOrigem[k];
        values[i] += valorMultiplicacao;
        k++;
    }
}
values[varaveisNoOrigem.Count - 1] = 1;
// O valor da ultima posição é sempre 1 menos os valores das
// outras posições do Array
for (int i = 0; i < varaveisNoOrigem.Count - 1; i++)
    values[varaveisNoOrigem.Count - 1] -= values[i];
// Percorre o Array de valores e arredonda a 6 casas decimais
for (int i = 0; i < varaveisNoOrigem.Count; i++)
    values[i] = Math.Round(values[i], 6);
}
}
catch { }
return getListBarCharts(noName, values);
}

```

O metodo recursivo *getAllNodesEvidence*, é responsavel por retornar todos os Nós da rede de Bayes ligados a um determinado *Nó* que será passado como parametro (pag.116).

```
// Vai procurar todos os nós ligados ao Nó que sofreu a evidencia e
// retornar a lista com esses nós
//
// @param noName, Nome do Nó
// @param allNodes, Lista que vai guardar todos os valores durante a
// recursividade
// @return Lista, Lista de todos os nós que existem se ligam ao Nó
// enviado como parametro
private ArrayList getAllNodesEvidence(string noName, ArrayList allNodes)
{
    ArrayList childNode = getChild(noName);

    // Adiciona o no na Lista
    allNodes.Add(noName);

    // A condição de termino é o facto de um Nó não ter Filhos ligados
    // Se tiver filhos volta a chamar a propria função de forma a
    // enviar o filho do filho anterior e sempre assim
    if (childNode.Count == 0)
        return allNodes;
    else
    {
        foreach (string nodes in childNode)
            getAllNodesEvidence(nodes, allNodes);

        return allNodes;
    }
}
```

O metodo *setEvidence* e *removeEvidence*, são responsáveis pela criação ou remoção de uma evidencia na rede de Bayes (pag.117).

```
// Vai passar um determinado no para um novo estado
// @param noName, Nome do Nó
// @param noNameState, O estado para o qual o Nó vai passar
public void setEvidence(string noName, string noNameState)
{
    ArrayList barCharts;
    ArrayList childNodes;
    try{
        NoBayes noBayes = findNoListeEvidence(noName);
        noBayes.setEstado(noNameState);
        barCharts = noBayes.getBarCHarts();
        foreach (BarCharts bc in barCharts)
        {
            if (bc.getVariable() == noNameState)
                bc.setValue(1);
            else
                bc.setValue(0);
        }
        childNodes = getAllNodesEvidence(noName, new ArrayList());
        foreach (string noN in childNodes)
            if(noN!=noName)
                updateListeEvidence(noN, engineCalcValue(noN));
        }catch { }
    }
// Vai colocar o Nó passado como parametro para o estado
// "unobserved" e actualizar as probabilidades
//
// @param noName, Nome do Nó
public void removeEvidence(string noName)
{
    ArrayList barCharts;
    ArrayList childNodes;
    try
    {
        NoBayes noBayes = findNoListeEvidence(noName);
        noBayes.setEstado("unobserved");
        barCharts = noBayes.getBarCHarts();
        childNodes = getAllNodesEvidence(noName, new ArrayList());
        foreach (string noN in childNodes)
            updateListeEvidence(noN, engineCalcValue(noN));
    }
    catch { }
}
```

O metodo *iniciarMenu*, é responsável adaptação inicial da Interface, ou seja, no arranque da aplicação, vai ser analisado que tipo de perfil o utilizador tem e fazer as respectivas modificações na Interface (pag.119).

```
// Quando for determinado que tipo de utilizador se esta a tratar, vão ser feitas
// as alterações necessarias na Interface de forma a ajustar-se ao seu perfil
public void iniciarMenu()
{
    if (this.forward1.InvokeRequired && this.tabControlForms.InvokeRequired)
    {
        switch (tipoUtilizador)
        {
            case "Iniciado":
                this.forward1.Invoke((ThreadStart)delegate()
                {
                    updateUserIniciado();
                    forward1.Visible = true;
                });
                break;
            case "Intermedio":
                this.tabControlForms.Invoke((ThreadStart)delegate()
                {
                    Thread.Sleep(4000);
                    updateUserIntermedio();
                    tabControlForms.SelectedIndex = 1;
                });
                break;
            case "Avancado":
                this.tabControlForms.Invoke((ThreadStart)delegate()
                {
                    updateUserAvancado();
                    tabControlForms.SelectedIndex = 1;
                });
                break;
        }
    }
}
```

O metodo *drawTourPoints*, é responsável pelo desenho dos Pontos de Interesse no Mapa, acedendo a Base Dados para obter as coordenadas de cada um e apresentando-os nas respectivas posições (pag.128).

```
private void drawTourPoints()
{
    ArrayList alCoord;
    IPoint mapPoint;
    Point screenPoint;
    Rectangle rectangle;
    Font font = new Font("Arial", 10, FontStyle.Bold);
    // Posicionar o mapa para estas coordenadas X,Y
    mapControll.MoveToMapPoint(coordXini, coordYini);
    Brush brush = new SolidBrush(Color.Red);
    Brush brushText = new SolidBrush(Color.Black);
    Pen pen = new Pen(Color.Black, 2);
    alPoints.Clear();
    alNamePoints.Clear();
    // Por cada poi do tour vai a base de dados retirar as respectivas coordenadas.
    foreach (POI poi in alPoiTour)
    {
        alCoord = di.getMe("tourMap", "", poi.getPoiID().ToString());
        mapPoint = (IPoint)alCoord[0];
        if (mapPoint.X != 0.0 || mapPoint.Y != 0.0){
            screenPoint = mapControll.MapToScreen(mapPoint.X, mapPoint.Y);
            rectangle = new Rectangle(screenPoint.X, screenPoint.Y, 5, 5);
            mapControll.DrawPoint(pen, brush, rectangle);
            mapControll.DrawString(poi.getPoiName(), font, brushText,
                (screenPoint.X - 15), (screenPoint.Y - 15));
            alPoints.Add(screenPoint);
            alNamePoints.Add(poi.getPoiName());
        }
    }
    for(int i =0; i< alPoints.Count-1;i++)
    {
        mapControll.DrawLine(pen, (Point)alPoints[i], (Point)alPoints[i + 1]);
    }
}
```

O metodo *getMe*, é responsável pelo acesso a Base Dados, permitindo retornar diversos tipos de Informação, tais como, POIS, Tags, Tour, Coordenadas de um POI, entre outras (pag.129). De forma a não tornar complexa a compreensão deste metodo, será apenas apresentado o código que permite a obtenção de coordenadas.

```
public ArrayList getMe(string what, string howmany, string specs)
{
    ArrayList al = new ArrayList();
    SqlCeDataReader dr, dr1, dr2;
    string q;
    string[] sa;
    try
    {
        db = new DB_DI();
        switch (what)
        {
            ... ..
            ... ..
            case "tourMap":
                //howmany:não utilizado, depende-se q sejam todos
                //specs: id do poi que se pretende receber as coordenadas
                IPoint point = new PointClass();
                q = "SELECT coordX, coordY from eTDI_poi_coord where id="+specs;
                dr = db.query(q);
                while (dr.Read())
                {
                    point.X = double.Parse(db.GetValueByStr(dr, "coordX"));
                    point.Y = double.Parse(db.GetValueByStr(dr, "coordY"));
                    al.Add(point);
                }
                if (al.Count == 0)
                {
                    point.X = 0.0;
                    point.Y = 0.0;
                    al.Add(point);
                }
                break;
            }
    }
}
```