



***SERVIÇO DE VISUALIZAÇÃO DE
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA WEB***

***A publicação do Atlas de Portugal utilizando a
especificação Web Map Service***

Danilo Nunes Furtado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica

Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação
da Universidade Nova de Lisboa

SERVIÇO DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA WEB

A publicação do Atlas de Portugal utilizando
a especificação *Web Map Service*

Dissertação orientada por
Professor Doutor Rui Pedro Julião

Setembro de 2006

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho, contou com o apoio de várias pessoas e entidades. Não posso deixar de expressar a todos os meus mais sinceros agradecimentos.

Esta dissertação não poderia ter sido realizada sem a ajuda e orientação do Prof. Rui Pedro Julião, a quem em primeiro lugar, expresso o meu reconhecimento.

Ao Presidente do Instituto Geográfico Português, Coronel Arménio Castanheira, a permissão para a realização deste mestrado e os meios disponibilizados.

À ESRI Portugal, em particular ao Dr. Rui Santos e Eng. Victor Carvalho, os recursos disponibilizados para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas e amigos, Alexandra Fonseca, António Alves da Silva, Beatriz Condessa, Cristina Gouveia, Júlia Cardoso, Nuno Neves, Paula Camacho, e Rita Nicolau, pelo apoio e palavras de incentivo dadas. À Alexandra e à Beatriz um agradecimento especial pela leitura e sugestões dadas.

À Ana Mendes, Patrícia Alves e Rui Cavaco, a ajuda, apoio, paciência e incentivo que demonstraram em todos os momentos.

À minha família pela força e compreensão que sempre me deram.

Em geral, a todas as pessoas que de forma directa ou indirecta contribuíram para que este trabalho fosse uma realidade.

SERVIÇO DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA WEB

A publicação do Atlas de Portugal utilizando
a especificação *Web Map Service*

RESUMO

O desenvolvimento de Infra-estruturas Nacionais de Informação Geográfica possibilitam o acesso a grandes quantidades de informação espacial e a ferramentas de visualização e exploração dessa informação, proporcionando assim, o acesso a recursos e serviços que conduzam todos os agentes (técnicos, decisores e público em geral) a participarem de forma mais activa nos processos de tomada de decisão.

Este trabalho visa conceber e desenvolver uma aplicação que permita a visualização e distribuição do Atlas de Portugal na WEB, utilizando a especificação *Web Map Service* do *Open Geospatial Consortium*.

Assim, apresenta aspectos inerentes à utilização desta tecnologia (*Web Services*) como forma de permitir a troca de dados geográficos, utilizando a *Internet* como canal de comunicação e as especificações do *Open Geospatial Consortium* como regras para a troca de dados.

Os recursos desenvolvidos no presente trabalho permitem a integração desta aplicação no Sistema Nacional de Informação Geográfica.

GEOINFORMATION VISUALIZATION SERVICE ON THE WEB

Atlas of Portugal publication using
Web Map Service specification

ABSTRACT

The development of National Spatial Data Infrastructures enables the access to large amounts of spatial data so as the access to tools of visualization and exploration of that information. Subsequently it facilitates the direct access to resources and services by all agents (technicians, deciders and general public) so that they can participate in a more active way on the decision-making process.

This project aims to conceive and develop an application that allows the distribution and visualization of the Portugal Atlas on the Web, by using the Web Map Service specification from the Open Geospatial Consortium.

So, it presents appearances inherent to the use of this technology (Web Services) as a way to permit the interchange of geographic data, by using the Internet as a channel of communication and the Open Geospatial Consortium specifications as rules for the geographic data trade.

The resources developed by the present project will allow the integration of this application in the National Spatial Data Infrastructure of Portugal (SNIG).

PALAVRAS-CHAVE

Atlas

Infra-estruturas de Dados Espaciais

Interoperabilidade

Sistemas de Informação Geográfica

Visualização

WebGIS

Web Map Service

Web Services

KEYWORDS

Atlases

Spatial Data Infrastructures

Interoperability

Geographic Information System

Visualization

WebGIS

Web Map Service

Web Services

ACRÓNIMOS

AIS – *Atlas Information System*

AM – Associação de Municípios

API – *Aplication Programming Interface*

BN – Biblioteca Nacional

CAD – *Computer Aided Design*

CGDI – *Canadian Geospatial Data Infrastructure*

CGIS – *Canadian Geographic Information System*

CIG – Ciência da Informação Geográfica

CM – Câmaras Municipais

CNIG – Centro Nacional de Informação Geográfica

CEN/TC – *European Committee for Standardization/Technical Committees*

CERN – *Centre European Research Nuclear*

DGT – Direcção-Geral do Turismo

DTD – *Document Type Definition*

EPSG – *European Petroleum Survey Group*

FTP – *File Transfer Protocol*

GeoCID – Geo-Cidadão

GIF – *Graphic Interchange Format*

GII – *Geographic Information Infrastructure*

GINIE – *Geographic Information Network In Europe*

GISc – *Geographic Information Science*

GML – *Geography Markup Language*

GPS – *Global Positioning System*

GSDI – *Global Spatial Data Infrastructure Association*

HTML – *HyperText Markup Language*

HTTP – *HyperText Transfer Protocol*

IA – Instituto do Ambiente

ICA – *International Cartographic Association*

IDEE – *Infraestructura de Datos Espaciales de España*

IGP – Instituto Geográfico Português

INE – Instituto Nacional de Estatística

INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação

INSPIRE – *Infrastructure for Spatial Information in Europe*

ISO – *International Standards Organization*

J2EE – *Java 2 Platform, Enterprise Edition*

JPEG – *Joint Photographic Experts Group*

MIG – Metadados de Informação Geográfica

MSI – Missão para a Sociedade da Informação

NII – *National Information Infrastructure*

NSDI – *National Spatial Data Infrastructure*

OGC – *Open Geospatial Consortium*

PNG – *Portable Network Graphics*

RISE – Rede de Informação de Situações de Emergência

ROT – Rede de Observação da Terra

SNB – Serviço Nacional de Bombeiros

SDI – Estruturas de Dados Espaciais

SNPC – Serviço Nacional de Protecção Civil

SI – Sociedade da Informação

SIC – Sociedade de Informação e do Conhecimento

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIGD – Sistema de Informação Geográfica Distribuída

SOAP – *Simple Object Access Protocol*

SNIG – Sistema Nacional de Informação Geográfica

SRS – *Spatial Reference Systems*

SVG – *Scalable Vector Graphics*

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

TIG – Tecnologias de Informação Geográfica

UDDI – *Universal Description, Discover, and Integration*

UMIC – Agência para a Sociedade do Conhecimento

URL - *Uniform Resource Locator*

USGS – *United States Geological Survey*

VR – *Virtual Reality*

VRML – *Virtual Reality Modelating Language*

W3C – *World Wide Web Consortium*

WEB – *World Wide Web*

WebCGM – *Web Computer Graphics Metafile*

WCS – *Web Coverage Service*

WFS – *Web Feature Service*

WMS – *Web Map Service*

WSDL – *Web Service Definition Language*

WWW – ver WEB

XML – *eXtensible Markup Language*

ÍNDICE DO TEXTO

	Pág.
AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
PALAVRAS-CHAVE.....	vi
KEYWORDS.....	vi
ACRÓNIMOS.....	vii
ÍNDICE DE TABELAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	2
1.2 Definição de objectivos	5
1.3 Estrutura e conteúdo da dissertação	7
2. A Sociedade da Informação e do Conhecimento e a Informação Geográfica	9
2.1 Sociedade da Informação	11
2.1.1 Informação Geográfica	15
2.1.2 Metadados	16
2.2 Infra-estruturas de Dados Espaciais	20
3. Visualização cartográfica na Sociedade da Informação	28
3.1 Comunicação em Cartografia	30

3.2	Visualização e os Sistemas de Informação Geográfica	36
3.3	Atlas electrónicos.....	43
4.	Distribuição de Informação Geográfica na WEB	47
4.1	Métodos para publicação de mapas na WEB	49
4.1.1	<i>WebGIS</i>	50
4.1.2	<i>Estratégias de implementação de WebGIS</i>	51
4.1.3	<i>WebMaps</i>	59
4.2	Interoperabilidade e o Open Geospatial Consortium	61
4.2.1	<i>Interoperabilidade</i>	61
4.2.2	<i>Open Geospatial Consortium</i>	65
4.3	Web Services.....	68
4.4	Invocação dos Web Services do OGC.....	71
4.4.1	<i>Web Feature Service</i>	73
4.4.2	<i>Web Coverage Service</i>	74
4.5	Web Map Service.....	76
4.5.1	<i>GetCapabilities</i>	79
4.5.2	<i>GetMap</i>	86
4.5.3	<i>GetFeatureInfo</i>	90
4.6	Atlas na WEB que utilizam a especificação WMS	94
4.6.1	<i>Atlas Nacional do Canadá</i>	94
4.6.2	<i>Atlas Nacional dos Estados Unidos</i>	98
5.	A implementação do serviço de visualização do Atlas de Portugal na WEB	101
5.1	Atlas de Portugal na WEB	102
5.2	Fontes de informação	105
5.3	Desenvolvimento do servidor.....	106
5.3.1	<i>Arquitectura do servidor</i>	106
5.3.2	<i>Servidor de mapas ArcIMS</i>	110
5.4	Desenvolvimento do cliente	117
5.4.1	<i>Construção da aplicação cliente</i>	118

5.5	Resultados e experimentação	122
5.5.1	<i>Thin Web Client</i>	122
5.5.2	<i>Thick Web Client</i>	125
5.5.3	<i>Funcionalidades adicionais disponíveis no SNIG</i>	129
6.	Considerações finais e desenvolvimentos futuros	132
	Referências bibliográficas.....	135
	Anexo 1. Internet e a World Wide Web	146

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1: Principais diferenças entre AIS e SIG (Fonte: adaptado Schneider, 1999).....	45
Tabela 4.1: Resumo de estratégias de implementação de <i>WebGIS</i> (Fonte: adaptado Cabral, 2001)	55
Tabela 4.2: Estrutura de um pedido WMS (Fonte: adaptado Beaujardiere, 2006).....	72
Tabela 4.3: Parâmetros do pedido <i>GetCapabilities</i> (Fonte: adaptado Beaujardiere, 2006)	80
Tabela 4.4: Atributos do <i>LayerAttributes</i> (Fonte: adaptado Beaujardiere, 2006).....	85
Tabela 4.5: Parâmetros do pedido <i>GetMap</i> (Fonte: adaptado Beaujardiere, 2006).....	88
Tabela 4.6: Parâmetros do pedido <i>GetFeatureInfo</i> (Fonte: adaptado Beaujardiere, 2006)	92
Tabela 5.1: Estrutura dos temas disponibilizados	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Estrutura da tese.....	7
Figura 2.1: Informação Geográfica e a Sociedade da Informação (Fonte: adaptado Julião, 1999)	14
Figura 2.2: Componentes da IG (Fonte: adaptado Shirey, 2001).....	16
Figura 2.3: <i>Global Spatial Data Infrastructure</i> (Fonte: GeoConnections, 2004)	21
Figura 2.4: O Sistema Nacional de Informação Geográfica (Fonte: Julião, 2001).....	24
Figura 2.5: Componentes do SNIG (Fonte: IGP, 2006)	25
Figura 3.1: Modelo simplificado de comunicação cartográfica (Fonte: Dorling e Fairbairn, 1997).....	33
Figura 3.2: Modelo de comunicação cartográfica de Kolacny	34
Figura 3.3: Modelo de comunicação cartográfica de Peterson para mapa interactivo.....	35
Figura 3.4: As TIG e a sua utilização no contexto de um projecto SIG (Fonte: Julião, 2001)	39
Figura 3.5: Processo de visualização.....	41
Figura 4.1: Estratégia <i>Server-Side</i> (Fonte: Adaptado Foote e Kirvin, 1998)	52
Figura 4.2: Estratégia <i>Client-Side</i> (Fonte: Adaptado Foote e Kirvin, 1998)..	53
Figura 4.3: Estratégia Híbrida (Fonte: Adaptado Foote e Kirvin, 1998).....	55
Figura 4.4: Arquitectura <i>two-tier</i>	56

Figura 4.5: Arquitectura <i>three-tier</i>	57
Figura 4.6: Arquitectura cliente/servidor para disseminação de Informação Geográfica	58
Figura 4.7: Classificação de WEB Maps (Fonte: Kraak, 2001a)	59
Figura 4.8: Informação Geográfica adquirida (Fonte: Buehler e Mckee, 1998)	62
Figura 4.9: OGC remove barreiras à interoperabilidade (Fonte: Buehler e Mckee, 1998)	64
Figura 4.10: Organização do <i>Open Geospatial Consortium</i>	66
Figura 4.11: Arquitectura dos Web Services (Fonte: Whiteside, 2005).....	69
Figura 4.12: Arquitectura dos OGC Web Services (Fonte: Kolodziej, 2003)	71
Figura 4.13: Integração de dados de servidores distribuídos (Fonte: Kolodziej, 2003)	76
Figura 4.14: Comunicação cliente/servidor (Fonte: Kolodziej, 2003)	77
Figura 4.15: Operações WMS (Fonte: adaptado Vretanos, 2005)	78
Figura 4.16: Operações GetCapabilities (Fonte: adaptado GeoConnections, 2004).....	79
Figura 4.17: Exemplo das componentes <i>WMS_MS_Capabilities</i>	81
Figura 4.18: Exemplo da componente <i>Service</i>	82
Figura 4.19: Exemplo da componente <i>Capability</i>	83
Figura 4.20: Exemplo da componente <i>Layer</i>	86
Figura 4.21: Operações GetMap (Fonte: adaptado GeoConnections, 2004)	87

Figura 4.22: Resposta da operação <i>GetMap</i>	90
Figura 4.23: Operações <i>GetFeatureInfo</i> (Fonte: adaptado GeoConnections, 2004).....	91
Figura 4.24: Resposta da operação <i>GetFeatureInfo</i>	93
Figura 4.25: Página inicial do Atlas do Canadá (Fonte: http://atlas.nrcan.gc.ca/).....	94
Figura 4.26: Temas WMS do Atlas do Canadá (Fonte: http://atlas.nrcan.gc.ca/).....	95
Figura 4.27: Extracto do documento <i>GetCapabilities</i> do Atlas do Canadá (Fonte: http://atlas.nrcan.gc.ca/)	96
Figura 4.28: Resposta ao pedido <i>GetMap</i> do Atlas do Canadá (Fonte: http://atlas.nrcan.gc.ca/).....	97
Figura 4.29: Extracto do documento <i>GetCapabilities</i> do Atlas dos Estados Unidos (Fonte: http://www-atlas.usgs.gov/).....	99
Figura 4.30 Resposta ao pedido <i>GetMap</i> do Atlas dos Estados Unidos (Fonte: http://www-atlas.usgs.gov/).....	100
Figura 5.1: Arquitectura <i>Web Services</i> da aplicação de visualização	101
Figura 5.2: Página de entrada do Atlas de Portugal.....	103
Figura 5.3: Página <i>Web Services</i> do Atlas de Portugal na WEB.....	104
Figura 5.4: Arquitectura Windows DNA (Fonte: Microsoft, 2006).....	107
Figura 5.5: Estrutura do modelo <i>three-tier</i> da aplicação	108
Figura 5.6: Arquitectura global da aplicação de visualização.....	109
Figura 5.7: Arquitectura do ArcGIS (Fonte: www.esri.com)	110

Figura 5.8: Arquitectura do ArcIMS (Fonte: ESRI, 2004a)	111
Figura 5.9: Fluxo do serviço ArcIMS (Fonte: adaptado ESRI, 2004a).....	113
Figura 5.10: Configuração básica de um ficheiro ArcXML (Fonte: ESRI, 2004a).....	113
Figura 5.11: Diagrama de configuração do ficheiro ArcXML.....	114
Figura 5.12: Extracto do ficheiro ArcXML do Atlas de Portugal.....	114
Figura 5.13: Diagrama de criação do <i>ImageServer</i>	115
Figura 5.14: Componente <i>ArcIMS Administrator</i>	115
Figura 5.15: Diagrama de utilização do <i>WMS Connector</i>	116
Figura 5.16: Operações disponíveis no visualizador.....	117
Figura 5.17: Esquema de <i>frames</i> do visualizador	119
Figura 5.18: Interface do visualizador do Atlas de Portugal	120
Figura 5.19: Extracto do pedido <i>GetCapabilities</i> ao servidor do Atlas de Portugal.....	123
Figura 5.20: Resposta da operação <i>GetMap</i> ao servidor do Atlas de Portugal	124
Figura 5.21: Invocação visualizador do Atlas de Portugal.....	126
Figura 5.22: Temas disponibilizados pelo servidor WMS do Atlas de Portugal	126
Figura 5.23: Temas activos no visualizador	127
Figura 5.24: Função <i>zoom in</i>	127
Figura 5.25: Identificação de atributos usando a operação <i>GetFeatureInfo</i>	128

Figura 5.26: Arquitectura do visualizador do SNIG	129
Figura 5.27: Visualização de dados do IDEE	130
Figura 5.28: Visualização dos dados a partir do INSPIRE	130
Figura 5.29: Visualização do Atlas de Portugal e do IDEE na plataforma ArcGIS	131
Figura A.1: Arquitectura em camadas da <i>Internet</i>	149
Figura A.2: Modelo cliente/servidor nos serviços da <i>Internet</i>	151

1. Introdução

O crescimento exponencial da utilização da *World Wide Web* (WEB ou WWW) ao longo dos últimos anos deveu-se essencialmente à simplicidade com que se adicionam conteúdos (basta um servidor HTTP e um conjunto de páginas WEB) e à possibilidade inesgotável de satisfação de quaisquer necessidades de informação dos utilizadores. De facto, desde a sua criação há 15 anos e até aos dias de hoje, o apelo a serviços e recursos da WEB tem tido um aumento galopante. A *Internet* tornou-se numa tecnologia indispensável para uma larga faixa da sociedade.

O actual estado de desenvolvimento da tecnologia WEB permite hoje a distribuição de informação muito mais interactiva e dinâmica do que há alguns anos atrás. Estes desenvolvimentos tecnológicos possibilitam novos ambientes para a publicação, acesso, exploração e distribuição de Informação Geográfica.

Plewe (1997) utiliza o termo Sistema de Informação Geográfica Distribuída para descrever o processo que permite disponibilizar a Informação Geográfica para inúmeros utilizadores, acompanhado de mecanismos de manipulação. O *Open Geospatial Consortium* (OGC) desenvolveu um conjunto de especificações que permite a integração de Informação Geográfica distribuída de forma aberta e independente.

Neste capítulo pretende-se caracterizar de uma forma geral o contexto em que este projecto está inserido. Começa-se por fazer um enquadramento geral do projecto e de seguida definem-se os objectivos e as contribuições do projecto. Finaliza-se este capítulo com a apresentação da estrutura desta dissertação.

1.1 Enquadramento

A WEB é actualmente um dos maiores repositórios mundiais de informação, permitindo que pessoas de diferentes nacionalidades, com interesses e conhecimentos variados possam trocar e partilhar informações.

Os recentes desenvolvimentos tecnológicos associados à *Internet* e em especial à WEB (recursos sofisticados, crescente capacidade de processamento e de transporte), têm vindo a criar excelentes condições para o desenvolvimento de novos ambientes para publicação, acesso, exploração e distribuição da Informação Geográfica. No entanto, a maior parte dos produtos comerciais existentes disponibiliza a informação em formato proprietário, ou por interfaces específicas, não permitindo a consulta conjunta de mapas disponibilizados por diferentes servidores com sistemas proprietários.

Para ultrapassar esta situação, o *Open Geospatial Consortium* desenvolveu diversas especificações das quais se destaca a especificação *Web Map Service* (WMS), que define quais as funcionalidades a disponibilizar por um servidor de mapas e qual a interface a implementar para permitir o acesso aos seus serviços.

A especificação WMS disponibiliza três protocolos (*GetCapabilities*, *GetMap* e *GetFeatureInfo*) para a criação e visualização de mapas a partir de diversas fontes de dados distribuídas e heterogéneas.

Nos últimos anos, as formas de produção e disponibilização de mapas, principal objectivo da cartografia, tem sofrido alterações substanciais, principalmente após o surgimento da informática. Neste contexto encontra-se também a WEB como ambiente para disseminação destas informações, apresentando-se o mapa como uma importante ferramenta de análise visual.

O papel dos mapas ultrapassa a simples comunicação da informação quando são utilizados como instrumentos para análises visuais, no processo denominado de visualização cartográfica.

A ênfase da visualização está no seu poder exploratório e não somente nos aspectos comunicativos, ou seja, na apresentação de mapas. A possibilidade de explorar a informação permite descobrir e entender os fenómenos espaciais e as suas relações.

A cartografia convencional está baseada na representação de fenómenos que ocorrem na superfície terrestre na forma de um mapa estático. A inclusão da tecnologia computacional na produção de mapas originou o aparecimento dos mapas digitais, que permitiu a interacção do utilizador com o mapa. Esta interactividade permite ao utilizador, por exemplo, visualizar diferentes aspectos de um determinado fenómeno, a mesma informação a diferentes escalas ou diferentes detalhes do mapa.

Dentro do contexto explicitado anteriormente, os mapas passam a ser vistos como uma interface de interacção entre o utilizador e os dados espaciais estruturados em uma ou várias bases de dados distribuídas pela *Internet*.

Assim, a interface com o utilizador é de primordial importância, pois esta deve facilitar o seu entendimento e permitir um acesso fácil às tarefas e funções disponibilizadas.

Um Atlas, entendido como uma colecção ordenada de mapas, concebido para representar um determinado espaço, procura responder às necessidades de uma síntese de Informação Geográfica que contribua para o conhecimento do meio que nos rodeia.

A implementação de uma aplicação de visualização de mapas na WEB permite a um utilizador consultar e gerar interactivamente mapas localizados em servidores geograficamente distribuídos, permitindo também a geração

de novas informações a partir dos dados originais, através da combinação de diferentes temas possibilitados pela implementação do serviço WMS.

Os Atlas na WEB são conjuntos de mapas em ambiente digital associados a uma base de dados (Slocum, 1999). A Associação Cartográfica Internacional (ICA) propõe a utilização de conceitos de visualização cartográfica e a inclusão de novos recursos de interactividade para o desenvolvimento dos Atlas na *Internet*.

A disponibilização do Atlas de Portugal na WEB enquadra-se no segundo pilar do Plano de Acção para a Sociedade da Informação. Este pilar refere que a “utilização das Tecnologias de Informação e da Comunicação pode melhorar grandemente a qualidade da aprendizagem, facilitar o acesso a recursos e serviços de educação e formação, bem como promover o intercâmbio cultural e pedagógico à distância” (UMIC, 2003).

Através das metodologias desenvolvidas no âmbito desta tese, pretende-se que esta aplicação seja implementada no SNIG (Sistema Nacional de Informação Geográfica), a Infra-estrutura Nacional de Informação Geográfica, a quem compete promover e divulgar o desenvolvimento de novas aplicações de modo a facilitar o acesso e exploração de Informação Geográfica a uma vasta audiência (Fonseca e Henriques, 1999).

1.2 Definição de objectivos

Considerando que um Atlas Nacional na WEB é um instrumento adequado para o conhecimento detalhado de fenómenos espaciais, constituindo um instrumento de divulgação indispensável na Sociedade de Informação e do Conhecimento (SIC) em que vivemos, propõe-se a concepção e criação de um serviço de visualização do Atlas de Portugal na WEB, implementando um servidor de mapas WMS e uma aplicação de visualização de mapas interactivos baseado na especificação WMS do OGC. Este serviço, se integrado na estrutura do SNIG, facilitaria a visualização integrada da Informação Geográfica disponibilizada no SNIG.

A escolha dos *Web Services* e de uma arquitectura baseada no modelo WEB justifica-se porque os desenvolvimentos nas tecnologias baseadas em *Web Services* são um meio possível para ultrapassar as barreiras à interoperabilidade de dados geográficos. Além disso, os *Web Services* são uma promissora tecnologia de suporte ao desenvolvimento de sistemas distribuídos.

A actividade de normalização na área dos *Web Services* é muito intensa, contando com a colaboração da maioria de empresas de desenvolvimento de *software* relacionados com Informação Geográfica. Os mais recentes desenvolvimentos de normalização preconizados pelo OGC produziram um conjunto de especificações que facilitam a integração dinâmica de dados espaciais distribuídos.

O serviço WMS foi escolhido para este trabalho pelos seguintes motivos:

1. Foi a primeira especificação do OGC no desenvolvimento de componentes para as Infra-estruturas de Informação Geográfica;
2. Um cliente WMS, em geral, é simples e relativamente fácil de implementar;

3. Tem a capacidade de combinar diferentes serviços, sendo por isso possível compor um mapa com informação proveniente de servidores distribuídos geograficamente;
4. Existem actualmente muitos servidores de mapas WMS implementados¹, e a maioria das aplicações SIG permitem a possibilidade de ligação a estes servidores WMS.

Como objectivos específicos deste trabalho, pretende-se:

- Discutir as capacidades de visualização cartográfica de Informação Geográfica, temática introduzida com o desenvolvimento associado à *Internet* e em particular à *WEB*;
- Implementar um servidor de mapas WMS;
- Conceber e criar um sistema de visualização de mapas interactivo para o Atlas de Portugal, baseado na especificação WMS do OGC.

Para a realização deste trabalho será utilizado o servidor de mapas ArcIMS 9.1 da ESRI e a extensão *WMS Connector*, que implementa a especificação WMS do OGC. A nível de servidor será usado também o GeoServer², um servidor de mapas que permite o desenvolvimento de aplicações *WebGIS*, para exemplificação das capacidades da especificação WMS.

O desenvolvimento da aplicação cliente (visualizador *WEB*) tem por base a adaptação de um conjunto de *templates* do *GIS Portal Toolkit* da ESRI.

¹ Pode ser consultada uma lista em http://www.skylab-mobilesystems.com/en/wms_serverlist.html

² <http://docs.codehaus.org/display/GEOS/Home>

1.3 Estrutura e conteúdo da dissertação

A dissertação encontra-se organizada em seis capítulos e um anexo, conforme se ilustra na Figura 1.1.

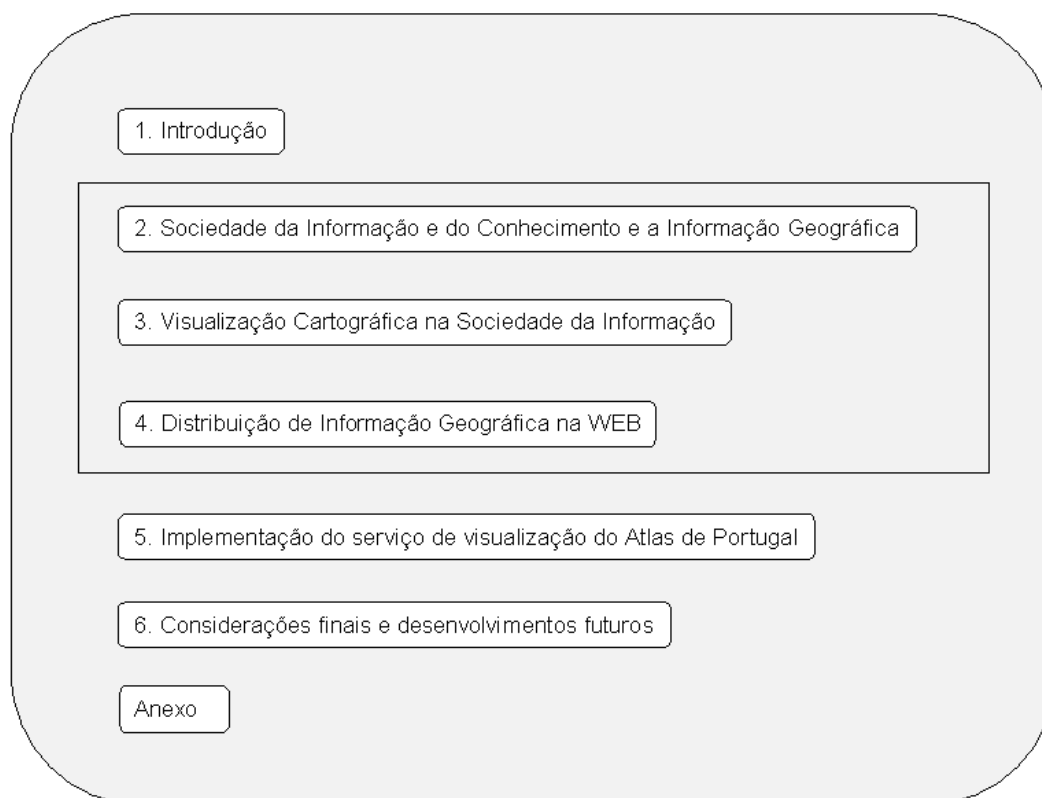


Figura 1.1: Estrutura da tese

O primeiro capítulo apresenta um enquadramento geral dos temas desenvolvidos no âmbito desta tese, definindo os principais objectivos e as motivações que lhe estão subjacentes.

Os segundo, terceiro e quarto capítulos apresentam um conjunto de conceitos sobre os temas considerados relevantes para a presente dissertação, nomeadamente a visualização, a disponibilização de mapas na WEB, os *Web Services* e os Atlas.

No capítulo dois começa-se por fazer uma breve introdução sobre a Informação Geográfica e suas componentes na Sociedade da Informação. Em seguida faz-se referência à importância das Infra-estruturas de Dados Espaciais como plataforma de conhecimento e divulgação de dados espaciais, focando o Sistema Nacional de Informação Geográfica.

O terceiro capítulo fornece um enquadramento teórico da visualização cartográfica na Sociedade da Informação. Começa por descrever o processo de comunicação cartográfica, abordando em seguida os Sistemas de Informação Geográfica e os processos de visualização de dados espaciais.

A disponibilização de Informação Geográfica na WEB e os *Web Services* são abordados no quarto capítulo, onde são expostos alguns aspectos que são pertinentes no desenvolvimento do projecto.

O capítulo cinco é dedicado à descrição da implementação da aplicação de visualização do Atlas de Portugal na WEB. Começa por apresentar os temas disponíveis na aplicação e de seguida descreve-se a implementação do servidor de mapas e do visualizador. Por último é feita uma breve descrição da experimentação da aplicação.

Por fim, no sexto e último capítulo apresentam-se as conclusões do trabalho desenvolvido, sendo ainda apontadas futuras áreas de investigação.

No Anexo I é feita uma breve descrição da evolução das tecnologias da informação e da comunicação, mais especificamente da *Internet*.

2. A Sociedade da Informação e do Conhecimento e a Informação Geográfica

Este capítulo surge como o primeiro de um conjunto de capítulos em que se revêem de forma sistematizada fundamentos essenciais (nomeadamente conceitos e ferramentas do domínio WEB) utilizados para sustentar o desenvolvimento deste projecto. Pretende-se desta forma enquadrar conceptualmente e metodologicamente o desenvolvimento de serviços de distribuição de Informação Geográfica.

A capacidade de criar, difundir e usar conhecimento e informação marca indelevelmente o mundo actual. De facto, a informação tem vindo a ganhar uma importância crescente em todos os sectores de actividade económica, no que culminou com o advento da chamada Sociedade da Informação.

A necessidade de conhecer profunda e rigorosamente o espaço sobre o qual intervimos e de planear a intervenção nesse espaço, faz da Informação Geográfica um elemento essencial no mundo actual. A Informação Geográfica é reconhecida pelo desempenho de uma "função essencial nas actividades de planeamento territorial, encontrando importantes aplicações no domínio autárquico, na construção de infra-estruturas de natureza diversa e na protecção do ambiente" (MSI, 1997).

Os últimos anos são caracterizados pelo crescente reconhecimento da importância do acesso à Informação Geográfica e, neste contexto, das Infra-estruturas de Dados Espaciais (SDI) como elementos fundamentais para o desenvolvimento no mundo actual (Julião, 2004). As SDI permitem dar a conhecer a Informação Geográfica existente, proporcionando serviços e/ou acesso a essa informação.

O SNIG foi a primeira Infra-estrutura Nacional de Informação Geográfica a ser criada na Europa, tendo sido também a primeira em todo o mundo a ser aberta à *Internet* em 1995 (Henriques *et al.*, 1999).

As entidades que constituem a Informação Geográfica descrevem informação do mundo real. Estas entidades caracterizam-se por uma posição relativa num determinado referencial, por atributos gráficos e alfanuméricos e por relações espaciais que traduzem a relação posicional dos objectos à superfície da Terra.

Neste capítulo pretende-se efectuar um enquadramento teórico da importância da Informação Geográfica e das Infra-estruturas de Dados Espaciais na Sociedade da Informação, designadamente, tal como expresso no Livro Verde para a Sociedade da Informação, para a “criação de uma Infra-estrutura Nacional de Informação Geográfica” (MSI, 1997).

2.1 Sociedade da Informação

Na era da informação, a evolução da sociedade mede-se, entre outros parâmetros, pela capacidade e pela possibilidade de acesso, por parte dos cidadãos, a um conjunto de informação para o desenvolvimento da sociedade.

A Sociedade da Informação (SI) é um conceito utilizado para descrever uma sociedade que faz o melhor uso possível das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no sentido de lidar com a informação, e que considera a informação como elemento central de toda a actividade humana (Castells, 2001). Esta SI é também uma Sociedade da Informação e do Conhecimento dado que a informação serve de apoio à tomada de decisão e gera valor e conhecimento, que deve ser partilhada por todos (Cidadãos, Empresas e Estado).

A SI coloca importantes desafios às organizações devido ao elevado ritmo de produção de informação e do desenvolvimento e aperfeiçoamento das tecnologias da informação e comunicação onde a preocupação central é a valorização dessa informação (Julião, 2003).

As tecnologias da informação e comunicação encontram-se entre as áreas tecnológicas que, nos últimos anos, conheceram maiores avanços, com o aparecimento diário de novos programas e computadores com potencialidades cada vez maiores. Esta situação tem contribuído, de forma decisiva, para uma crescente utilização das TIC nas organizações e na sociedade em geral, afirmando-se como uma ferramenta imprescindível, que já é parte integrante do nosso quotidiano.

A SI em que vivemos pode caracterizar-se como “um modo de desenvolvimento social e económico em que a aquisição, armazenamento, processamento de dados, e a transmissão, distribuição e disseminação da informação conducente à criação de conhecimento e à satisfação das

necessidades dos cidadãos e das organizações desempenham um papel fulcral na produção de riqueza, fundamental para a sustentação da qualidade de vida dos cidadãos e das suas práticas culturais” (MSI, 1997).

Mais recentemente, o Plano de Acção para a Sociedade da Informação (UMIC, 2003) considera que “a Sociedade da Informação é uma sociedade onde a componente da informação e do conhecimento desempenha um papel nuclear em todos os tipos de actividade humana em consequência do desenvolvimento da tecnologia digital, e da *Internet* em particular, induzindo novas formas de organização da economia e da sociedade”.

A UMIC (2003) considera a produção de serviços, aplicações e conteúdos factores importantes para o desenvolvimento da SI em Portugal. Um dos sete pilares do Plano de Acção para a Sociedade da Informação tem por objectivo contribuir para a melhoria das qualificações e conhecimentos dos portugueses através da utilização das TIC como forma de melhorar o sistema de aprendizagem nos ensinos básico, secundário, superior e ao longo da vida.

O final do século XX marcou a emergência, a nível global, de uma nova forma de conectividade que pôs em comunicação todos com todos. Esta conectividade total, expressa no nosso dia a dia pela termo *Internet*, é consolidada pela convergência de tecnologias informáticas e de comunicação com a procura de novas fontes de vantagem competitiva nos processos de negócio, de maior qualidade nos serviços e eficácia nas organizações.

Este progresso tecnológico veio permitir armazenar, processar, apresentar e comunicar informação, em qualquer dos seus formatos – oral, escrita ou visual – e sem limitações de tempo e distância.

Shapiro e Varian (1999) referem que o valor da *Internet* reside, precisamente, na sua capacidade de fornecer acesso imediato à informação.

No entanto, estes autores referem que, actualmente, o problema já não é o

do acesso à informação mas, sim, o do excesso de informação, residindo o verdadeiro valor introduzido pelos produtores de informação na localização, filtragem e comunicação da informação que, realmente, tem utilidade para o processo de tomada de decisão.

Deste modo, considerando a crescente popularização da *Internet* e a necessidade dos organismos públicos em viabilizar o acesso do cidadão à informação, é adequado o desenvolvimento de Infra-estruturas de Informação Geográfica, que de algum modo, auxiliem os utilizadores na pesquisa, acesso e visualização da informação que necessitem.

Esta tese foi reforçada pela Medida 2.8 do Livro Verde para a Sociedade da Informação designada por: “Promover o Desenvolvimento de uma Infra-estrutura Nacional de Informação Georreferenciada”. Esta medida visa “apoiar a integração de informação cartográfica digital no Sistema Nacional de Informação Geográfica e, em particular, de uma base cartográfica digitalizada na escala 1:25 000, para suporte às funções de ordenamento do território e de protecção do ambiente, disponível para organismos públicos e privados, de modo a permitir a integração de aplicações de informação geográfica numa base comum de domínio público” (MSI, 1997).

Em Portugal, o desenvolvimento de uma infra-estrutura desta natureza já tinha tido início em 1990, com a criação do Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG), um sistema de informação distribuído e acessível pela *Internet* desde 1995. O SNIG tem como objectivo assegurar aos utilizadores o acesso e visualização de dados espaciais.

Na Sociedade da Informação, a *Internet* é reconhecida como meio privilegiado de distribuição de Informação Geográfica. O seu desenvolvimento veio trazer novas possibilidades ao cidadão de aceder à informação, sendo desejável explorar as ferramentas assim disponíveis para facilitar o acesso do cidadão à Informação Geográfica.

Importa pois, utilizando as potencialidades que oferece um Atlas nacional, proporcionar um conjunto de conhecimentos geográficos ao cidadão, não só em termos de utilização de tecnologia apropriada, mas também de raciocínio espacial (Figura 2.1). Ou seja, para além dos conhecimentos e das metodologias tradicionais de trabalho, importa “dotar o cidadão de uma sensibilidade acrescida para a importância do relacionamento espacial entre os diferentes tipos de objectos, de entidades e indivíduos” (Julião, 1999), formando assim, o Geocidadão.

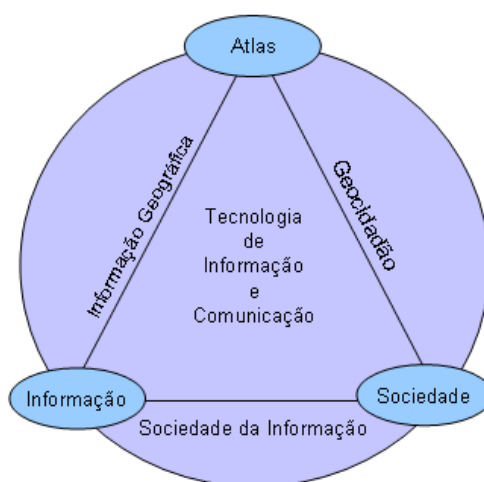


Figura 2.1: Informação Geográfica e a Sociedade da Informação (Fonte: adaptado Julião, 1999)

O impacto na sociedade da Informação Geográfica representa cerca de 80 a 90% do universo da informação existente. Esta Sociedade da Informação é na realidade uma Sociedade da Informação Geográfica. O conceito de Informação Geográfica entendido num sentido mais lato engloba não só informação cartográfica, mas também informação de índole quantitativa e/ou qualitativa georreferenciável (Julião, 1999).

A visão do *Consortium GINIE*³ (*Geographic Information Network In Europe*) é que a Informação Geográfica com todos os seus aspectos (económico,

³ <http://www.ec-gis.org/ginie/>

social e político) deve tornar-se um componente completamente integrado da sociedade Europeia baseada no conhecimento. Os governos em todo o mundo estão a compreender cada vez melhor o valor da Informação Geográfica e estão a actuar no sentido de desenvolver e explorar o seu uso, através de Infra-estruturas de Dados Espaciais.

2.1.1 Informação Geográfica

A Informação Geográfica não se limita à informação de âmbito cartográfico, deve ser entendida num sentido mais lato, englobando todo o tipo de informação susceptível de ser georreferenciada, isto é, informação que pode ser relacionada com localizações específicas (Machado, 1993) e passível de análise espacial.

Genericamente, a Informação Geográfica define-se como informação acerca de entidades e fenómenos localizados na superfície terrestre, em termos de (Artimo, 1994):

- a) Localização geográfica. A localização das entidades é normalmente feita recorrendo à utilização de um determinado sistema de coordenadas;
- b) Dos seus atributos não espaciais. Estas entidades podem ter vários significados com determinadas características;
- c) Suas relações espaciais com outras entidades.

A descrição da Informação Geográfica deve considerar três componentes (Figura 2.2) de informação (Shirey, 2001):

- Espaço, componente que descreve o espaço ocupado pelos fenómenos representados, normalmente referenciados a um sistema

de coordenadas. Estes fenómenos são classificados num dos três tipos de elementos básicos (ponto, linha e polígono) ;

- Atributos, os objectos espaciais possuem um conjunto de propriedades associadas que indicam a sua natureza;
- Metadados, que descreve a componente espacial e não espacial, permitindo assegurar uma correcta utilização da Informação Geográfica.



Figura 2.2: Componentes da IG (Fonte: adaptado Shirey, 2001)

2.1.2 Metadados

A Informação Geográfica é um recurso demasiado caro e por isso convém valorizar a sua utilização, tornando-a conhecida (Rocha, 2005). “A informação não deve somente existir, mas deve ser fácil identificar onde é possível obtê-la, se é adequada para um objectivo concreto, saber como pode ser acedida e se pode ser integrada com outra informação” (SNIG, 2004). Esta informação documental é conhecida como metadados.

Os metadados são frequentemente denominados como dados que descrevem dados ou conjunto de dados. Assim, os metadados descrevem o conteúdo, a qualidade, os procedimentos com que foram criados e outras

características dos dados. Correspondem a um conjunto de características sobre os dados que não estão normalmente incluídas nos dados propriamente ditos.

Nesta perspectiva, pode-se considerar que os metadados são informação que resume, enriquece e complementa os dados, produzindo assim um potencial incremento de informação (BN, 2006).

Os metadados podem ser usados a três níveis distintos (Nebert, 2004):

- Inventário, que permite à organização conhecer e publicar os dados que produz;
- Pesquisa, que providencia aos utilizadores quem são os detentores dos dados e como podem aceder a esses dados;
- Uso, que possibilita uma descrição completa dos dados de forma a permitir aos utilizadores aferir a utilidade dos mesmos.

Os metadados têm como principais objectivos localizar e descrever uma fonte de informação, com o intuito de facilitar e otimizar a sua gestão, bem como possibilitar a disponibilização e manutenção da estrutura dos dados produzidos. Servem para documentar a produção de informação respondendo às perguntas:

- a) Que informação foi produzida?
- b) Porque foi a informação produzida e qual o seu uso?
- c) Quando ela foi produzida?
- d) Quem produziu essa informação e qual o público alvo?
- e) Qual a sua localização geográfica em termos de sistemas de coordenadas?

f) Como foi produzida e a sua acessibilidade?

Assim, pode-se distinguir quatro funções desempenhadas pelos metadados:

- Existência, os dados necessários para determinar os conjuntos de dados existentes para uma determinada localização geográfica;
- Acesso, dados necessários para que se adquira um conjunto de dados identificados;
- Transferência, dados necessários para processar e usar um conjunto de dados;
- Compatibilidade de uso, dados necessários para determinar se um conjunto de dados se enquadra em determinado fim.

Na tentativa de organizar os metadados para facilitar seu uso na localização e acesso a Informação Geográfica surgiram várias propostas de normalização dos metadados. A normalização estabelece categorias e elementos de metadados necessários para descrever adequadamente a informação.

A iniciativa mais significativa no estabelecimento de normas ocorreu nos Estados Unidos, com o trabalho coordenado pelo *Federal Geographic Data Committee*⁴, responsável pelo desenvolvimento do *National Spatial Data Infrastructure* (NSDI)⁵ (Timpf et al., 1996).

A nível europeu, a iniciativa para a catalogação dos metadados foi conduzida pelo CEN/TC 287 - Comité Técnico de Informação Geográfica do Comité Europeu de Normalização, constituído em Outubro de 1991 e integrando 22 países.

⁴ <http://www.fgcd.gov>

⁵ <http://www.fgcd.gov/nsdi/nsdi.html>

Portugal tem participado nos esforços de normalização ao nível da comunidade europeia. Através do SNIG⁶ são disponibilizados ao público os metadados existente no Instituto Geográfico Português (IGP). Foi também criado o MIG (Metadados de Informação Geográfica), ferramenta de catalogação, edição e assistência ao preenchimento de metadados de Informação Geográfica segundo a norma ISO 19115. Esta norma internacional define uma estrutura para descrever genericamente a Informação Geográfica digital. É composta por um conjunto de 326 elementos de metadados organizados por 92 classes com o objectivo de caracterizar produtos, processos, aplicações e serviços relacionados com a Informação Geográfica (SNIG, 2004).

Os metadados de Informação Geográfica trazem vantagem tanto para os utilizadores como para os produtores. Aos utilizadores permitem localizar e perceber o significado da informação que necessitam, enquanto que do lado dos produtores permitem dar a conhecer a informação bem como auxiliar no processo de produção e manutenção (Rocha, 2005).

⁶ http://snig.igeo.pt/menu/Frameset_metadados.htm

2.2 Infra-estruturas de Dados Espaciais

O termo “*Spatial Data Infrastructure*” (SDI), em português, Infra-estrutura de Informação Geográfica, é usado para designar um conjunto de tecnologias, políticas e envolvimento de instituições (principalmente as organizações produtoras de cartografia) que promovam a disponibilidade e acesso a dados espaciais (Nebert, 2004). As SDI são desenvolvidas maioritariamente na *Internet* para facilitar o acesso, consulta e partilha de informação espacial. Tal como qualquer outra infra-estrutura, para poder ser eficiente deve funcionar a nível nacional, regional e local.

Uma Infra-estrutura de Informação Geográfica tem como objectivo central oferecer serviços de acesso à Informação Geográfica, com base em catálogos, tornando transparente para o utilizador a sua pesquisa. É mais do que um simples conjunto de dados e base de dados geograficamente distribuídos: deve fornecer serviços para a sua pesquisa, como podem ser acedidos e possuir aplicações que permitam a sua visualização. O utilizador não necessita de conhecer o local onde os dados estão armazenados, cada fornecedor encarrega-se de registar, num serviço, que informação possui, onde está e como está organizada.

Desde 1996, os Estados Unidos disponibilizam serviços de pesquisa sobre todo o tipo de dados geográficos produzidos pelo sector público com o objectivo de facilitar a sua disseminação. O portal Geospatial One Stop⁷ é uma SDI cuja política obedece ao princípio da liberdade de conhecer quais são os produtores e como poderá ser acedida a Informação Geográfica.

A *Global Spatial Data Infrastructure Association* (GSDI)⁸ é uma organização que pretende promover o desenvolvimento de uma Infra-estrutura de Dados Espaciais a nível planetário (Figura 2.3), como suporte a políticas de

⁷ <http://www.geo-one-stop.gov/>

⁸ <http://www.gsdi.org/>

desenvolvimento sustentável e de impacto social, económico e ambiental (GSDI, 2006).

De acordo com um estudo realizado por Crompvoets (2002), existem mais de 120 países a trabalhar na sua Infra-estrutura de Informação Geográfica.

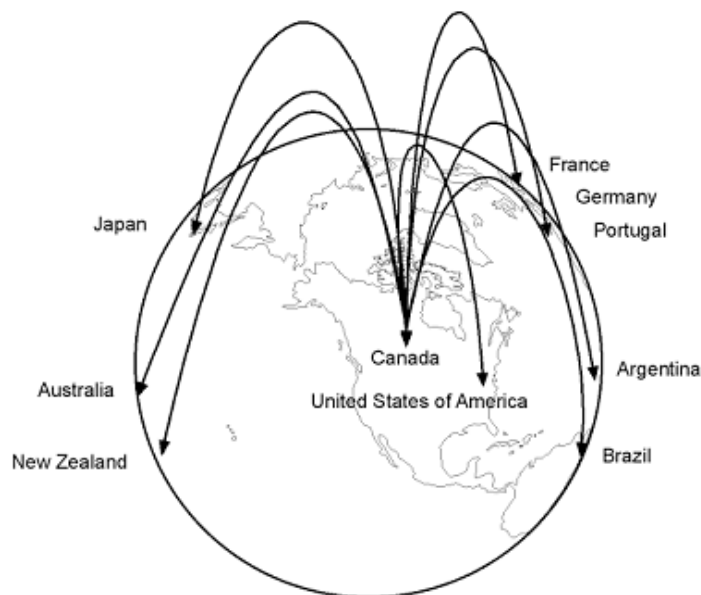


Figura 2.3: Global Spatial Data Infrastructure (Fonte: GeoConnections, 2004)

Em finais de 2004, foi publicada uma proposta do Conselho da União Europeia para a iniciativa INSPIRE⁹ (*Infrastructure for **S**patial **I**nformation in **E**urope*), tendo em vista a criação de uma Infra-estrutura Europeia de Informação Geográfica, para apoiar decisões de carácter ambiental, estando prevista a expansão gradual para outros sectores que beneficiem da informação espacial, como a agricultura, os transportes e a energia.

O acesso e a utilização de informação espacial na Europa constitui ainda um problema, devido a vários factores, nomeadamente falta ou duplicação de informação espacial, incompatibilidade entre conjuntos e serviços de informação espacial e entraves à partilha e reutilização de informação espacial existente (Rase, 2002).

⁹ <http://www.ec-gis.org/inspire/>

O objectivo da iniciativa INSPIRE é “promover a disponibilização de informação de natureza espacial, utilizável na formulação, implementação e avaliação das políticas da União Europeia” (SNIG, 2004), a todos os níveis (nível europeu, nacional e local).

Os princípios comuns que orientam o projecto INSPIRE são (Rase, 2002):

- Os dados devem ser recolhidos e armazenados de forma a garantir um acesso eficiente;
- A informação espacial, proveniente de diferentes fontes, localizadas nas Infra-estruturas dos Estados Membros, deverá poder ser combinada de forma transparente, e partilhada por diversos utilizadores e aplicações;
- A informação recolhida a um determinado nível deverá poder ser partilhada entre os diversos níveis: detalhada para investigação e geral para fins estratégicos;
- A informação espacial de suporte à actividade governamental deve existir em grande quantidade, e estar disponível sob condições que não restrinjam o seu uso generalizado;
- A informação espacial deverá ser de fácil compreensão e interpretação, de modo a poder ser visualizada no contexto adequado e ser facilmente utilizável;
- Deve ser fácil identificar que informação espacial está disponível, as suas especificações para um determinado uso, bem como as formas de acesso e utilização.

A iniciativa INSPIRE requer que cada Estado Membro construa uma Infra-estrutura de Informação Geográfica, disponível na *Internet* ou em qualquer outro meio à disposição do público, de forma a permitir, gratuitamente, a pesquisa e visualização da informação espacial e dos seus metadados. Esta

Infra-estrutura deverá possuir serviços que permitam descobrir, transformar, visualizar e efectuar *download* de informação espacial. Os componentes destas Infra-estruturas incluirão metadados, serviços e tecnologias em rede, acordos em matéria de partilha, acesso e utilização da informação, mecanismos e procedimentos de coordenação e acompanhamento (SNIG, 2004).

Em Portugal, o SNIG, criado pelo Decreto-Lei nº 53/90 de 13 de Fevereiro, foi a primeira Infra-estrutura Nacional de Informação Geográfica a ser criada na Europa, tendo sido também a primeira em todo o mundo a ser aberta à *Internet* em Maio de 1995 (Henriques *et al.*, 1999).

Neste particular cabe destacar as actividades desenvolvidas pelo Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG) na implementação e consolidação do SNIG. Desde 2002, compete ao IGP a coordenação e dinamização do SNIG, promovendo projectos inovadores de modo a facilitar o acesso à Informação Geográfica por parte do cidadão.

Como em qualquer Infra-estrutura, para o seu sucesso, é necessária a participação activa e empenhada dos produtores e utilizadores de Informação Geográfica. Uma infra-estrutura só faz sentido quando realmente é utilizada.

Neves (1996), refere o SNIG como “uma Infra-estrutura de Informação Geográfica de âmbito nacional, concebida com o objectivo de assegurar a todos os utilizadores, em condições de grande eficácia e com base nas potencialidades proporcionadas pelas tecnologias de informação, o acesso a dados georreferenciados necessários às actividades de planeamento e gestão de recursos e actividades e, de uma forma geral, ao ordenamento do território”.

Julião (2003) refere que o SNIG é um serviço útil à sociedade e ao desenvolvimento do País, sendo um pilar do funcionamento das mais variadas entidades que têm uma intervenção a nível territorial.

O SNIG foi criado com o objectivo de integrar Informação Geográfica ou susceptível de referência geográfica em formato digital, a nível Nacional, Regional e Local (Figura 2.4), e que está à disposição de todos os utilizadores através da *Internet* (Henriques *et al.*, 1999), visando assim a partilha e o acesso a informação espacial e não espacial, em formato digital, através de interfaces de fácil utilização.

A informação disponível no SNIG pretende cobrir toda a informação nacional georreferenciada, em formato digital, como também alguns procedimentos que apoiem os utilizadores de Informação Geográfica.

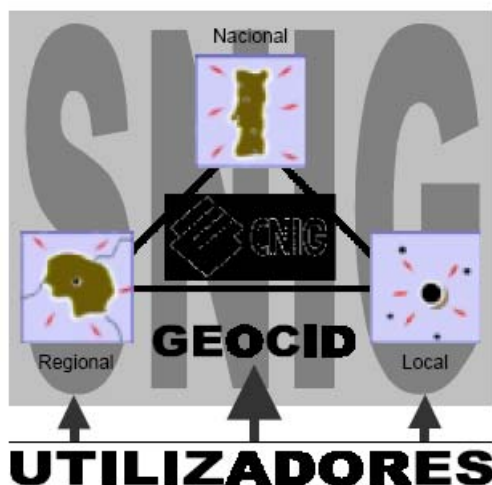


Figura 2.4: O Sistema Nacional de Informação Geográfica (Fonte: Julião, 2001)

Fundamentalmente, o SNIG pretendeu dar resposta à procura de Informação Geográfica em formato digital disponível em Portugal. O SNIG tem ainda como objectivo disponibilizar, a partir dos seus vários pontos de acesso (SNIG, GeoCID, ROT e RISE), aplicações que permitam pesquisar, identificar, visualizar e explorar Informação Geográfica bem como aceder a bases de dados temáticas. O SNIG é constituído por três componentes (Figura 2.5) principais interligadas (Metadados, Mercado e Produtos e Serviços Web).

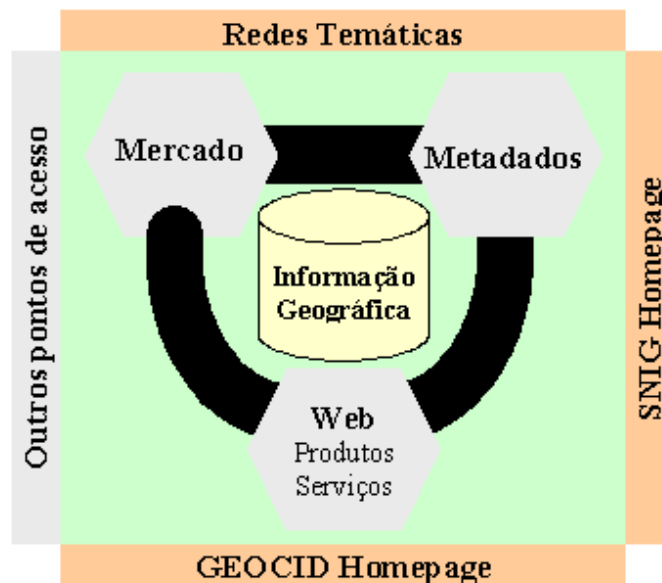


Figura 2.5: Componentes do SNIG (Fonte: IGP, 2006)

O núcleo do SNIG é suportado por uma estrutura descentralizada que permite a disponibilização de dados (informação de base e temática) a partir dos respectivos produtores.

A componente Mercado corresponde a um espaço dedicado ao mercado nacional de Informação Geográfica que permite encontrar os agentes relacionados com actividades na área da Informação Geográfica, nomeadamente, a investigação, desenvolvimento, produção e comercialização de Informação Geográfica oficial.

A componente Metadados permite saber que informação existe, onde está, como pode ser acedida e se é adequada para um determinado objectivo. Esta componente permite que todos os produtores de Informação Geográfica possam documentar os seus dados de forma a poderem ser acedidos por todos os utilizadores.

A componente Produtos e Serviços Web disponibiliza aplicações que permitem a visualização, exploração e *download* de informação de cidadania¹⁰.

O GeoCID¹¹, desenvolvido em 1999, foi concebido como uma componente destinada ao cidadão, disponibilizando conteúdos relativos a Informação Geográfica de cidadania. O GeoCID é dirigido especialmente àqueles que, não sendo técnicos de Informação Geográfica ou peritos em Tecnologias de Informação, pretendam de um modo mais directo obter informações úteis, bem como conhecer algumas das características geográficas nacionais, como por exemplo, ambiente, património, sismos, através da *Internet*.

Integradas no SNIG existem duas redes temáticas, a Rede de Observação da Terra (ROT) e Rede de Informação de Situações de Emergência (RISE).

A ROT¹², disponível desde 1997, é um serviço de informação destinado à Comunidade Nacional de Observação da Terra (utilizadores e fornecedores) e tem como principal objectivo promover a utilização e disponibilizar informações sobre imagens de satélite de Observação da Terra.

A RISE¹³, criada pelo CNIG em parceria com o Serviço Nacional de Bombeiros (SNB) e com o Serviço Nacional de Protecção Civil (SNPC), disponível na *Internet* desde 1998, é um serviço de informação destinado ao cidadão comum e a instituições que trabalhem com situações de emergência, e tem como objectivo disponibilizar um conjunto de informações variada, recolhida no âmbito da implementação de um sistema informático para introdução, gestão e visualização da informação das situações de emergência para a Protecção Civil.

¹⁰ Segundo o Livro Verde para a Sociedade da Informação, a “informação de cidadania”, deve ser universal e gratuita. Deve estar normalizada e acessível a todos, o que exige tecnologias abertas e transparentes, capazes de motivar a sua utilização por parte de pessoas tecnologicamente menos dotadas.

¹¹ <http://geocid-snig.igeo.pt/>

¹² <http://snig.igeo.pt/ROT/>

¹³ <http://scrif.igeo.pt/>

O acesso público a informação espacial proporcionado pelas SDI apresenta alguns benefícios:

- Promove um canal privilegiado de comunicação entre organizações públicas, privadas e os cidadãos;
- Fornece a base para uma sociedade baseada no conhecimento;
- Permite aos cidadãos uma participação activa, com base no conhecimento espacial (por exemplo, nas discussões públicas sobre impactes ambientais de obras públicas);
- Aumenta a eficiência da Administração Pública, promovendo, por exemplo, a comercialização *on-line* de produtos cartográficos.

O acesso à informação por parte dos cidadãos constitui um dos indicadores mais relevantes sobre o estado de desenvolvimento das sociedades.

3. Visualização cartográfica na Sociedade da Informação

Nas últimas décadas tem-se assistido a um incremento significativo no uso dos mapas em todo o mundo em consequência de, entre outras coisas, o crescimento do número de relações espaciais, grande mobilidade humana (globalização) e particularmente do desenvolvimento tecnológico.

A natureza dos mapas e o seu uso na ciência e na sociedade tem sofrido nos últimos anos uma notável evolução. Esta evolução é estimulada não só pela comunidade científica e pela sociedade em geral, como também pelo crescente desenvolvimento tecnológico que proporciona métodos inovadores para a disponibilização dessa informação. A questão chave que está no centro desta evolução é o conceito de visualização (ICA, 1999).

O conceito de visualização na Cartografia não é novo, dado que a utilização de um mapa, produto da Cartografia, é um processo de comunicação visual. A primeira referência na literatura cartográfica surge em 1957 por intermédio de Philbrick (ICA, 1999).

O poder das imagens enquanto forma de comunicação é sobejamente conhecido – “uma imagem vale por mil palavras”, dado que o cérebro humano está vocacionado para processar e responder a estímulos.

A conjugação de diferentes técnicas e tecnologias permite-nos hoje estabelecer interligações de princípios tradicionalmente separados. A Cartografia é certamente um dos domínios do conhecimento humano onde a utilização de novas técnicas e tecnologias tem contribuído para o evoluir dos meios de transmissão do conhecimento: por exemplo, é hoje comum a utilização de mapas interactivos onde o utilizador tem a possibilidade de alterar a composição em função das suas necessidades (Andrienko e Andrienko, 1999).

O desenvolvimento da computação teve grande influência na Cartografia, ajudando ao surgimento de novos paradigmas de comunicação cartográfica, quando as ferramentas informáticas foram incorporadas no processo de comunicação cartográfica. A visualização cartográfica é um desses novos paradigmas.

A importância da visualização cartográfica na análise e interpretação dos mapas é ressaltada por Peterson (1994) que reconhece que todos os seres humanos têm capacidades especiais para interpretar apresentações gráficas e que essas capacidades devem ser exploradas. Artimo (1994) reconhece que a visualização pode ser vista como um subsistema dos Sistemas de Informação Geográfica.

Um Atlas pode ser considerado como um conjunto de mapas, com formato e apresentação normalizados, que cobre sistematicamente um espaço geográfico. Os atlas distinguem-se por certas características, tais como o tema, o objectivo ou a forma de apresentação (Kraak, 2001c). Existem vários tipos de Atlas, dos quais destacam-se: os mundiais, os nacionais, os regionais ou ainda os escolares e os históricos.

Os Atlas que contêm informações dinâmicas têm um alto grau de interactividade com o utilizador, já que são construídos com o auxílio da tecnologia SIG e disponibilizados através de um *browser*¹⁴ na *Internet*, sendo actualizados continuamente permitindo ao utilizador consultar versões actualizadas.

Este capítulo começa por efectuar um enquadramento teórico sobre o processo de comunicação cartográfica. De seguida são abordados os SIG e a sua componente da visualização. Por último caracteriza-se os diferentes tipos de Atlas electrónicos e efectua-se um paralelismo com os SIG.

¹⁴ Aplicações que possibilitam a leitura de páginas WEB.

3.1 Comunicação em Cartografia

A Cartografia nos seus contornos e aspectos tradicionais está em pleno período de revolução. A Associação Cartográfica Internacional adoptou em 1966, a definição de Cartografia “como o conjunto de estudos e de operações científicas, técnicas e artísticas efectuadas a partir dos resultados de observações directas ou da exploração de documentos, nomeadamente os resultantes da captação da radiação electromagnética, tendo em vista a execução de mapas, plantas e outras formas de expressão gráfica, assim como da sua utilização” (CNIG, 1994).

A introdução de novas tecnologias na Cartografia culminou em 1995 com uma nova definição de Cartografia por parte da Associação Cartográfica Internacional, na qual esta passou a ser considerada como a disciplina que trata da concepção, produção, disseminação e estudo dos mapas (ICA, 2003). Taylor (1994) refere também a Cartografia como a disciplina que trata da organização, apresentação, comunicação e utilização de Informação Geográfica, desde a criação de mapas e produtos relacionados até ao seu uso final.

A Cartografia trata portanto de expressar graficamente, por mapas, o nosso conhecimento da superfície da Terra e dos seus vários aspectos. Em sentido lato consiste na representação e comunicação de informação espacial sob a forma de mapas.

A Cartografia, ao longo dos tempos, tem disponibilizado instrumentos adequados que traduzem de forma satisfatória a representação de dados espaciais.

Actualmente, os mapas e outras formas de representação cartográfica podem ser produzidos, analisados e publicados não só no tradicional formato analógico (papel), mas também no formato digital e de forma tridimensional. Com a introdução dos computadores nos anos 60 e os

desenvolvimentos tecnológicos verificados nas últimas décadas, a Cartografia passou a dispor de ferramentas muito mais rápidas e eficazes. Inicia-se então uma nova era na Cartografia. Com o aparecimento dos primeiros sistemas CAD (*Computer Aided Design*) surgiu a Cartografia Digital e os mapas em papel são substituídos por mapas em formato digital (CNIG, 1994).

Entende-se por Cartografia Digital toda a cartografia que se encontra em suporte informático, incluindo deste modo a resultante da digitalização (manual, por *scanner* ou por restituidor fotogramétrico e por detecção remota). A Cartografia Digital também pode receber a designação de cartografia automática, ou ainda cartografia numérica, uma vez que a informação fica registada sob a forma de valores numéricos (CNIG, 1994).

A Cartografia digital revolucionou a forma de concepção, estruturação, armazenamento, manipulação, análise e publicação dos mapas. Para além da sua função tradicional de representação e comunicação de informação espacial, os produtos derivados da Cartografia Digital assumiram uma nova dimensão: a possibilidade de análise e exploração de informação espacial (Visvalingam, 1994).

A Cartografia Digital introduziu alterações significativas ao nível dos produtos cartográficos, apresentando vantagens e potencialidades em relação à cartografia analógica tradicional (CNIG, 1994):

- Possibilita o manuseamento da informação contida num mapa, tornando-se possível fazer a actualização e representação de elementos gráficos com maior rapidez;
- A maior facilidade na reprodução de cartas actualizadas, a diferentes escalas ou projecções, traduziu-se na redução dos preços de produção destes produtos;

- A informação em formato digital não se deteriora com o tempo e o uso;
- Possibilita a navegação ao longo de uma parcela de terreno sem ser interrompido pela fronteira artificial que constitui o limite de uma folha de papel introduzindo a noção de continuidade dos elementos geográficos;
- Dá a possibilidade de efectuar ampliações e reduções o que facilita o trabalho sobre a informação em formato digital;
- Permite alterar a simbologia (cor, espessura, etc.) das entidades gráficas permitindo desta forma ensaiar novas representações simbólicas de grande importância na Cartografia;
- A estruturação da informação por níveis (*layers*) permite, por exemplo, trabalhar com menos informação simultaneamente.

Uma das formas de obter informações sobre o mundo real é através de modelos da realidade na forma de mapas. A principal finalidade de um mapa é proporcionar ao seu utilizador o reconhecimento e a aquisição de informações de forma clara e correcta, a respeito do espaço representado.

Um mapa é uma abstracção da realidade que nos ajuda a compreender o ambiente que nos rodeia (Peterson, 1995), envolvendo transformações de vários tipos (projecção, escala).

Os mapas, como descrições da superfície terrestre, representam a forma “como os cartógrafos informam sobre o mundo que nos rodeia” (Peterson, 1995) e como veículos de comunicação por excelência que são, devem ser claros e objectivos (MacEachren, 1994).

Desta forma, um mapa não representa a totalidade dos fenómenos existentes no espaço, reproduzindo apenas alguns deles, dependendo essa selecção do cartógrafo, que deve ter sempre em conta os objectivos a que

se destina o mapa, e da escala, que determina a importância da informação a ser mostrada. A utilização de mapas é um processo de comunicação cartográfica, estando envolvidos o cartógrafo, o mapa e o utilizador (Figura 3.1).

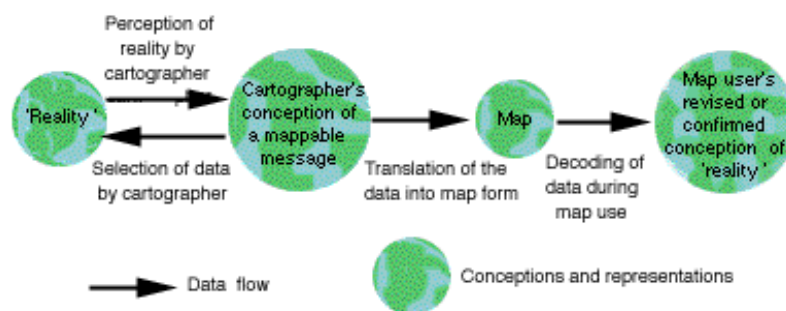


Figura 3.1: Modelo simplificado de comunicação cartográfica (Fonte: Dorling e Fairbairn, 1997)

Nas últimas décadas a importância dos mapas como forma de comunicação de informação espacial tem sido incrementada pelo seu uso nas organizações e na sociedade em geral, bem como pelos avanços tecnológicos verificados.

Um dos modelos de comunicação cartográfica que merece destaque é o de Kolacny (1969). Este modelo (Figura 3.2) assume que existe uma sobreposição entre a realidade do cartógrafo e a realidade do utilizador, de forma a possibilitar o reconhecimento da representação da informação pelo utilizador. Neste processo, o sistema de comunicação cartográfica considera níveis diferenciados entre o cartógrafo e o utilizador do mapa. O cartógrafo observa a realidade segundo o seu ponto de vista e traduz a sua observação (reflectida no seu nível de conhecimento e experiência) numa representação em forma de mapa. O utilizador, por seu lado, após a leitura e análise do mapa (utilizando o seu conhecimento e experiência) extrai do mapa uma mensagem de forma a ter uma ideia sobre a realidade.

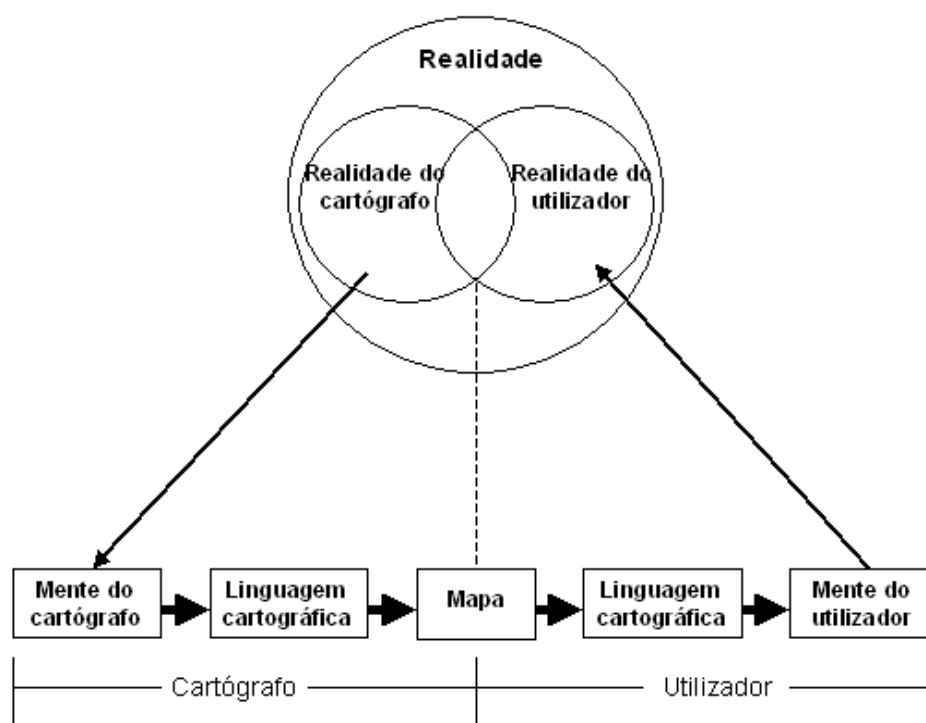


Figura 3.2: Modelo de comunicação cartográfica de Kolacny
(Fonte: Adaptado Kolacny, 1969)

Os mapas em papel representam a realidade dinâmica e complexa de forma estática e simplificada e as representações mentais que são retiradas a partir dos mapas limitam as interações do utilizador com a realidade (Cartwright, 1999).

As tecnologias computacionais modificaram a forma como os mapas eram encarados, utilizando métodos de representação mais interactivos e dinâmicos.

A partir do momento em que o utilizador pode alterar um mapa, este deixa de ser um elemento estático transformando-se num elemento interactivo e controlado pelo utilizador. Se for permitido ao utilizador a possibilidade de escolher a visualização de determinadas entidades do mapa, visualizar as entidades a diferentes escalas ou escolher a simbologia, então estamos perante um mapa interactivo (Peterson, 1995).

Com os mapas interactivos, os utilizadores passam a ser participantes activos no processo de comunicação cartográfica entendendo melhor os fenómenos e características da realidade.

Peterson (1995) adapta o modelo de Kolacny para um mapa interactivo (Figura 3.3), onde o controle do processo de comunicação cartográfica conta com a participação do utilizador. O utilizador decide quais e como serão apresentadas as informações. Um mapa interactivo passa a servir de interface entre o utilizador e a realidade. Neste contexto, o cartógrafo implementa ferramentas computacionais para a utilização do mapa pelo utilizador. Este por sua vez, decide como e quais as informações a serem visualizadas, passando o utilizador a ser o cartógrafo (Köbben e Kraak, 1999). Neste contexto importa disponibilizar ferramentas intuitivas que permitam ao utilizador facilmente construir o seu mapa.

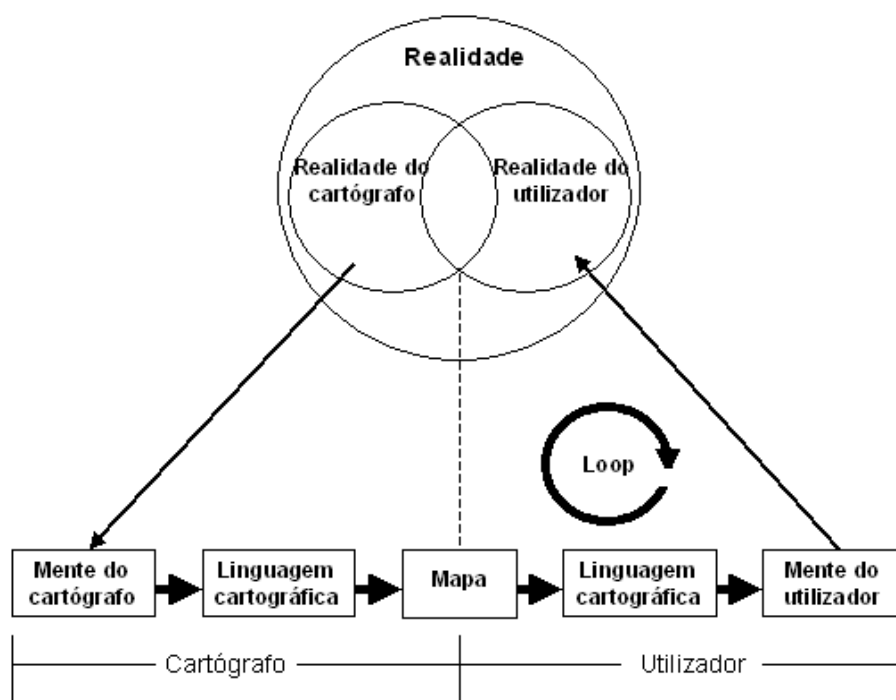


Figura 3.3: Modelo de comunicação cartográfica de Peterson para mapa interactivo
(Fonte: Adaptado Peterson, 1995)

3.2 Visualização e os Sistemas de Informação Geográfica

Segundo Julião (2001), nos últimos anos têm-se assistido à afirmação das Tecnologias de Informação Geográfica (TIG). O termo TIG abrange todo o tipo de tecnologias para recolher e tratar a Informação Geográfica. Pode-se distinguir quatro grandes grupos: os *Computer Aided Design* (CAD), os Sistemas de Posicionamento Global (GPS), os sistemas de Detecção Remota e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Pode-se considerar um Sistema de Informação como um conjunto de componentes que permite produzir, recolher e armazenar dados, com a finalidade de produzir informação que é essencial à tomada de decisão (DiBiase, 2001). Se os dados se referirem a localizações geográficas, podemos então dizer que estamos perante um Sistema de Informação Geográfica (Artimo, 1994).

Os SIG integram operações correntes de gestão de base de dados, como organização, armazenamento, manipulação, pesquisa de informação e análises estatísticas, com os benefícios de visualização e de análises geográficas únicas proporcionadas pela utilização de mapas. Estas capacidades distinguem os SIG de outros sistemas de informação, e fazem desta uma ferramenta valiosa e insubstituível para explicar eventos, prever resultados e planear estratégias, permitindo aumentar prodigiosamente as capacidades humanas para conhecer a complexidade do mundo real (Machado, 1993).

A expressão “Sistema de Informação Geográfica” foi usada pela primeira vez na década de 1960, por Roger Tomlinson, quando coordenou o *Canadian Geographic Information System* (CGIS), destinado a armazenar um vasto conjunto de informação relativa ao inventário das aptidões do solo a nível nacional (Coppock e Rhind, 1991).

Devido à heterogeneidade da sua comunidade de utilizadores e áreas de aplicação, não existe uma definição universal para os Sistemas de Informação Geográfica (Maguire, 1991; Heywood *et al.*, 2002; Davis, 2001). O campo dos SIG é caracterizado por uma grande diversidade de áreas de aplicação e consiste em juntar ideias desenvolvidas em muitos domínios, como por exemplo, a cartografia, a informática, a matemática, a geologia, a agricultura e a geografia, só para enumerar algumas.

Assim, a expressão “Sistemas de Informação Geográfica” descreve um ambiente tecnológico ligado também a outras componentes de carácter social e metodológico (Painho, 2003).

Ao longo do tempo, os Sistemas de Informação Geográfica têm sido definidos de diversas formas por variados autores. Alguns autores salientam as capacidades dos SIG como ferramenta informática para manipulação de informação georreferenciada. Neste sentido, Burrough (1986), define os SIG como “um conjunto poderoso de ferramentas para a recolha, armazenamento, organização e selecção, transformação e representação da informação de natureza espacial do mundo real, para um conjunto particular de objectivos”, enfatizando assim os SIG como ferramentas informáticas vocacionadas para a análise de dados espaciais.

Um SIG pode ser considerado não só como um conjunto de ferramentas informáticas, mas incluir também outros componentes sem os quais não seria possível atingir os objectivos pretendidos. O conceito de SIG pode ser assim alargado de forma a constituir “um conjunto organizado de *hardware*, *software*, dados geográficos e pessoas (*peopleware*), destinados a eficientemente obter, armazenar, actualizar, manipular, analisar e mostrar todas as formas de informação geograficamente referenciadas (ESRI, 1990).

Outros autores consideram os SIG como casos especiais de Sistemas de Informação, onde é possível integrar informação espacial e não espacial. “Um SIG é uma tecnologia da informação que permite o armazenamento,

análise e representação tanto de dados espaciais como não espaciais” (Parker, 1988).

Refira-se ainda a capacidade dos SIG como “um sistema de apoio à decisão, que envolve a integração de dados georreferenciados, num ambiente orientado para a resolução de problemas” (Cowen, 1988).

Tendo-se desenvolvido de uma forma acelerada nas últimas décadas, os SIG são aceites actualmente como uma ferramenta essencial para o uso efectivo da Informação Geográfica. Os SIG vieram modificar de modo notável a velocidade a que a informação georreferenciada pode ser produzida, actualizada, analisada e disseminada (CNIG, 1994).

Mais recentemente, em alternativa às perspectivas tecnológicas anteriores, os SIG são encarados como uma ciência da informação espacial, designada por Michael Goodchild (1992) como *Geographic Information Science* (GISc). A Ciência da Informação Geográfica (CIG) é o ramo da Ciência da Informação que estuda a Informação Geográfica. Esta disciplina envolve tanto a investigação sobre Informação Geográfica como a investigação com Informação Geográfica, e estuda o impacto da Informação Geográfica na sociedade (Goodchild *et al.*; 1999, Mark, 2003; Rocha, 2005).

Estas perspectivas reflectem as diferentes aplicações SIG e os diversos interesses dos seus utilizadores. Os SIG são assim uma disciplina multidisciplinar e integradora dado que envolve diferentes áreas do saber.

Koshkarirov *et al.* citado por Machado (1993) apresenta uma visão abrangente dos SIG definindo como “um complexo, homem-máquina ou ainda *hardware-software*, que possibilita a captura, o processamento, a visualização e distribuição de dados georreferenciados integrando informação e conhecimentos sobre o território, úteis à investigação e às actividades da geografia aplicada e envolvendo inventários, análises, modelação, destinados ao planeamento ambiental e ao ordenamento do território”.

Como ferramenta informática, podemos decompor um SIG em vários subsistemas:

- Um subsistema para a entrada de dados, capaz de efectuar a aquisição de informação analógica (papel) e digital;
- Um subsistema para integração e gestão de dados, com funções relativas ao armazenamento, organização e gestão da informação em base de dados;
- Um subsistema de análise integrada de dados gráficos e alfanuméricos, das quais destacam as funções de pesquisa, de sobreposição (*overlay*), de conectividade e análise de vizinhança e proximidade;
- Um subsistema de visualização de dados, capaz de gerar *outputs* sob a forma de mapas, tabelas de valores e texto.

Considerando os subsistemas apresentados, as TIG, são exploradas de forma diferenciada, no âmbito de um projecto SIG (Figura 3.11).

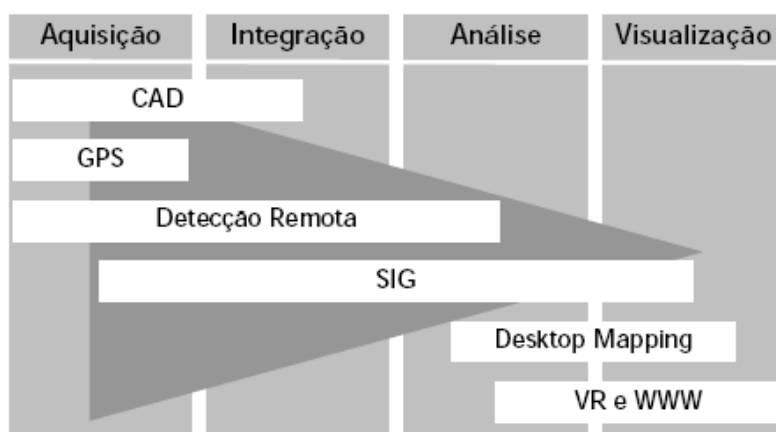


Figura 3.4: As TIG e a sua utilização no contexto de um projecto SIG (Fonte: Julião, 2001)

A *Virtual Reality* (VR) e a *World Wide Web* (WWW), apesar de não serem na sua essência TIG, são utilizadas nas fases de visualização e comunicação de resultados, podendo também incorporar algumas funções de análise de dados (Julião, 2001).

Actualmente podemos “olhar os SIG como o conjunto dos saberes associados ao conhecimento do comportamento geo-espacial de fenómenos (Ciência de Informação Geográfica) que permitem uma integração quase perfeita de dados de naturezas diversas possibilitando uma interacção via WEB” (Painho; 2003).

Os SIG desenvolveram um conjunto de funções que permitem visualizar em conjunto a informação espacial e alfanumérica. Como já foi referido, a visualização é reconhecida como um meio para seleccionar e aceder a informação relevante de modo a analisar e interpretar dados e efectuar o reconhecimento de padrões complexos.

O papel da visualização nas tarefas executadas por um SIG tem aplicação ao nível da integração e gestão da base de dados (monitorização visual da estrutura dos dados), na análise integrada de dados (baseadas em operações visuais) bem como na comunicação dos dados (mapas, tabelas e texto).

Como subsistema dos SIG, a visualização tem servido para compreender e descrever padrões de distribuição espacial. A transformação de grandes quantidades de dados em representações visuais é benéfica para o processo cognitivo de análise da informação porque liberta o cérebro humano para tarefas relacionadas para a compreensão de padrões e relações espaciais complexas.

De um modo geral, a visualização é o uso da representação visual (imagens) suportada por computador, da percepção da realidade, para ampliar a aquisição de conhecimentos (Figura 3.5).

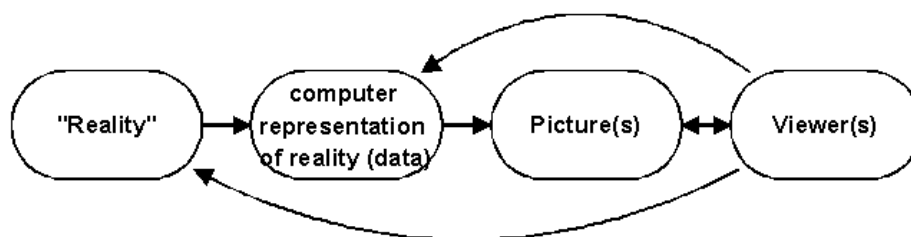


Figura 3.5: Processo de visualização
 (Fonte: <http://www.siggraph.org>)

O uso do termo visualização na literatura cartográfica surge através de Philbrick em 1957 (ICA, 1999) argumentando que “a interpretação de fenómenos geográficos depende da visualização de mapas”.

No entanto, apenas em 1987, após a publicação do “relatório McCormick”, baseado no *workshop* sobre Visualização Científica, a ideia da visualização na Cartografia teve grande significado para os cartógrafos.

Após a publicação do “relatório McCormick” pelo *U.S. National Science Foundation*, vários cartógrafos iniciaram diversos estudos nesta área para a formulação de uma teoria da visualização cartográfica. De maneira simplificada, a visualização cartográfica significa a utilização de métodos gráficos para a análise e apresentação de dados (Dibiase *et al.*, 1992). A ênfase da visualização está mais no poder exploratório dos dados do que em aspectos comunicativos, mais direccionada para a descoberta e compreensão de fenómenos que ocorrem no espaço.

As técnicas provenientes da visualização cartográfica trouxeram novas capacidades de utilização dos mapas, que não existiam nos mapas em papel, nomeadamente, interactividade, visualizações múltiplas dos dados e a possibilidade de representações dinâmicas (Elzakker, 1999).

Assim, o principal objectivo da representação visual dos dados é explorar a eficácia do sistema visual humano no reconhecimento de padrões e relações

espaciais, tendo como fim a análise, o processamento e a tomada de decisão. A visualização procura mostrar, através dos dados representados, algumas características relevantes, fazendo com que se tornem mais fácil e intuitivamente entendidas pelo utilizador (Taylor, 1994).

A representação de dados espaciais pode ser realizada por intermédio de produtos cartográficos divulgados através de novos meios de comunicação como a *Internet*, na qual se destaca a *World Wide Web* (Kraak, 2001b). Esta tese é reforçada por Peterson (2000) quando afirma que a WEB se tornou no principal meio de comunicação e distribuição de produtos cartográficos. O seu crescimento, juntamente com a sua arquitectura distribuída e descentralizada com milhares de servidores espalhados geograficamente, os conteúdos dinâmicos e capacidades interactivas vieram trazer novas potencialidades para a disponibilização de Informação Geográfica.

3.3 *Atlas electrónicos*

O desenvolvimento dos Atlas electrónicos iniciou-se no final dos anos 80. O Atlas de Arkansas (Estados Unidos) é considerado o primeiro Atlas Electrónico. Este Atlas possui apenas um conjunto de mapas estáticos que podem ser acedidos através de um menu. O desenvolvimento destes Atlas surge paralelamente com a introdução dos computadores na Cartografia. No início, o seu desenvolvimento era limitado por factores como a capacidade de armazenamento e a resolução do monitor (Kraak, 2001c).

Os primeiros Atlas eram apenas cópias das edições de papel, sendo conhecidos como *View-only*. Mais tarde, os produtores começaram a utilizar opções adicionais que o ambiente digital oferece, como por exemplo, interactividade, introduzindo, então, os Atlas interactivos e os analíticos. Esses Atlas permitem que o utilizador decida o detalhe que pretende visualizar e o seu conteúdo.

Assim, Kraak e Ormeling (1998), sugerem a existência de três tipos de Atlas Electrónicos:

- a) Atlas Electrónicos *view-only*, que podem ser considerados como versões electrónicas de edições dos Atlas em papel, sem funcionalidades extras. Possuem a vantagem de ter um custo de produção e distribuição menor, pois podem ser gravados em CD-ROM;
- b) Atlas Electrónicos interactivos, que permitem ao utilizador manipular os dados. Num ambiente interactivo o utilizador pode alterar a simbologia de cores, ajustar o método de classificação ou modificar o número de classes, gerando novos mapas, sem alterar os dados originais. São dirigidos para um público com alguns conhecimentos informáticos;

- c) Atlas Electrónicos analíticos, que possibilitam explorar melhor o ambiente digital. Neste tipo de Atlas, os dados podem ser combinados, e o utilizador não fica restrito somente aos temas seleccionados pelo produtor do Atlas. Podem ser efectuados cálculos e manipulações sobre áreas geográficas, sobre temas, além da disponibilidade de algumas funcionalidades específicas de um SIG. A ênfase está no acesso à informação espacial e na visualização do resultado. Este tipo de Atlas pode ser encontrado na WEB.

Na sua forma mais simples, um Atlas Electrónico emula a aparência dos tradicionais Atlas em papel. Segundo Slocum (1999), um Atlas Electrónico é "uma colecção de mapas (e base de dados) que está disponível num ambiente digital". A principal vantagem de um Atlas Electrónico é permitir ao utilizador manipular os mapas e a base de dados de uma forma que não é possível nos Atlas tradicionais (papel).

A utilização de Atlas Electrónicos traz algumas vantagens, tais como:

- Exploração de dados num ambiente gráfico interactivo;
- Utilização de mapas animados, especialmente para a representação de mudanças temporais;
- Utilização de multimédia (som, vídeo, Realidade Virtual);
- Possibilidade do utilizador construir os seus próprios mapas.

Alguns autores, como Koop (1998) e Schneider (1999), definem os chamados *Atlas Information System* (AIS). A diferença básica entre um SIG e um AIS é que enquanto um SIG possui ferramentas que permitem recolher, armazenar, manipular, modelar, analisar e visualizar a Informação Geográfica, a ênfase do AIS está centrada na visualização da informação.

Isto significa que as análises realizadas num Atlas Electrónico estão fortemente baseadas no conhecimento e experiência do utilizador sobre o assunto apresentado, enquanto que num SIG as análises são auxiliadas por processamentos computacionais.

As diferenças básicas entre um AIS e um SIG mostradas na Tabela 2.1 são analisadas por Schneider (1999) considerando as seguintes características: uso da *interface* gráfica, utilizador, controle, objectivo principal, dados e meio de saída.

Tabela 3.1: Principais diferenças entre AIS e SIG (Fonte: adaptado Schneider, 1999)

	AIS	SIG
Uso da interface gráfica	Mais fácil	Complexo
Utilizador	Não especialista	Especialista
Controle	Produtor	Utilizador
Objectivo principal	Visualização dos dados	Manipulação dos dados
Dados	Editados	Bruto
Formato de saída	Papel/monitor	Papel/monitor

Nesta análise, o uso da interface gráfica num SIG é considerado complexo devido ao facto de num SIG executarmos procedimentos mais complexos como entrada de dados, a sua análise e visualização, enquanto que num Atlas a interface é mais simples, porque o objectivo é a visualização da informação e não o processamento.

Em relação aos utilizadores, Schneider afirma que os utilizadores de um SIG são especialistas enquanto que os utilizadores de um Atlas podem não ser especialistas. A utilização de um Atlas não requer conhecimentos especializados.

Em relação ao controle, num SIG, o utilizador deverá ter conhecimentos sobre o assunto para poder realizar os processamentos que necessita, necessitando em muitos casos de criar funções específicas que não estão implementadas através das linguagens de programação

disponibilizadas pelos diversos *software* SIG. Num Atlas o seu produtor define que funções vão ser disponibilizadas, restringindo as capacidades do utilizador.

O objectivo principal de um Atlas consiste na visualização dos dados, permitindo que o utilizador, a partir do seu conhecimento, faça as análises necessárias. Num SIG, o objectivo principal é a manipulação e processamento dos dados para análise espacial.

Quanto ao formato de saída, os mapas podem ser visualizados tanto no monitor de um computador como podem ser impressos.

Actualmente existem alguns Atlas nacionais disseminados na *Internet*, destacando-se o Atlas do Canadá¹⁵, o Atlas Nacional dos Estados Unidos¹⁶ e o Atlas Nacional da Suíça¹⁷ (Kraak, 2001c).

Devido às características intrínsecas da WEB, esta oferece capacidades interactivas, e permite o acesso a uma vasta audiência. Os Atlas na *Internet* permitem *hyperlinks* a outros *sites* da WEB, além das tradicionais informações associadas (gráficos, textos, tabelas). Neste sentido, os Atlas transformam-se em portais de informação com acesso a grandes bases de dados (Buckley, 2003).

Os Atlas disponibilizados na WEB representam um meio diferente de visualizar e interagir com a informação. Representam uma ferramenta muito importante nas sociedades modernas, sendo utilizados nas escolas e organizações públicas e privadas.

¹⁵ <http://atlas.nrcan.gc.ca/site/index.html>

¹⁶ <http://www-atlas.usgs.gov/>

¹⁷ <http://www.karto.ethz.ch/atlas/index>

4. Distribuição de Informação Geográfica na WEB

Os recentes desenvolvimentos tecnológicos, associados à *Internet* e, em especial à WEB (recursos sofisticados, crescente capacidade de processamento e de transporte de informação), têm vindo a criar excelentes condições para o desenvolvimento de novos ambientes para publicação, acesso, exploração e distribuição da Informação Geográfica.

A *Internet* rapidamente se tornou no meio preferencial para a disseminação de informação e os SIG rapidamente adaptaram-se a este ambiente. Actualmente todos os principais fornecedores de aplicações SIG dispõem de alternativas para a disseminação de Informação Geográfica através da WEB.

A WEB é actualmente um meio privilegiado para a publicação e disseminação de mapas, tornando-se numa plataforma atraente para disponibilização de informação espacial devido a vários factores: independência de plataforma, facilidade no seu uso e acesso. A *Internet* veio alterar a acessibilidade à Informação Geográfica criando um canal alternativo para a sua divulgação e disponibilização, constituindo também um meio de transmissão de informação, através, por exemplo, da importação (*download*) directa por um utilizador. Os serviços de transferência de informação existentes através da *Internet* (HTTP e FTP) proporcionam um acesso actualizado e rápido à informação. (Elzakker, 2001; Gartner, 1999; Peng, 1997).

Estas potencialidades proporcionam um aumento do número de utilizadores e um valor acrescentado para a Informação Geográfica.

Uma das grandes limitações das aplicações SIG centradas na *Internet* era a adopção de tecnologias proprietárias, com a sua própria estrutura de base de dados, arquitectura e formatos. Assim, as soluções apresentadas não permitiam a integração de dados provenientes de diversas fontes e formatos, tornando a interoperabilidade uma tarefa difícil. A interoperabilidade visa

garantir a partilha e a troca de informações entre sistemas, evitando sujeitar a informação a transformações que possam alterar o seu conteúdo.

Em Agosto de 1994 foi fundado o *OpenGis Consortium*, hoje *Open Geospatial Consortium*, com o objectivo de conceber especificações para a integração de Informação Geográfica e seu processamento, de forma a permitir a utilização e divulgação de informação de forma aberta e independente do suporte utilizado (OGC, 2005).

Na perspectiva do OGC, os produtos e serviços que se adaptarem às suas especificações, permitirão ao utilizadores trocarem livremente informações espaciais independentemente da sua plataforma ou formato (OGC, 2005).

Neste capítulo pretende-se, assim, apresentar os conceitos ligados à disponibilização de Informação Geográfica na WEB. Em primeiro lugar descrevem-se os métodos e formas de publicação de Informação Geográfica na WEB.

Seguidamente apresentam-se os aspectos relevantes dos *Web Services* que permitem a troca de Informação Geográfica, utilizando a *Internet* como canal de comunicação e as especificações *Open Geospatial Consortium* como regras para a publicação dessa informação.

O consórcio apresenta uma arquitectura para a criação de uma diversidade de *Web Services* que no seu conjunto proporcionam a disponibilização de Informação Geográfica na WEB. Neste contexto, será apresentada de forma mais detalhada a especificação WMS.

4.1 Métodos para publicação de mapas na WEB

A *Internet* e a WEB constituem actualmente um meio privilegiado para a disponibilização de grandes quantidades de Informação Geográfica tornando-se assim num instrumento para a comunicação e visualização de produtos cartográficos.

A WEB é caracterizada pela sua capacidade interactiva e pelos conteúdos dinâmicos que disponibiliza facilitando o acesso, análise e a transmissão de dados espaciais (Peng, 1997). Na WEB é cada vez mais frequente encontrar conteúdos de diferentes fontes e, dada a sua natureza, permite um certo grau de interactividade. O utilizador final pode ter acesso a estes dados em tempo real sem que para tal necessite adquirir *software* específico. As ligações são dinâmicas, o que permite utilizar sempre a informação mais recente que reside no servidor.

A distribuição de mapas através da *Internet* não é novidade. Os mapas têm sido disseminados na *Internet* durante muitos anos através do protocolo FTP, que permite a cópia de ficheiros entre dois computadores ligados em rede. No entanto, além de ser necessário o utilizador copiar os ficheiros para o seu disco local, era necessário, a maior parte das vezes, converter ou descomprimir estes mapas antes de serem utilizados. Adicionalmente, o utilizador necessitava de ter *software* específico para manipular a Informação Geográfica.

A disponibilização e visualização de mapas na *Internet* iniciou-se através de páginas estáticas desenvolvidas em HTML que apresentavam mapas no formato imagem GIF ou JPEG. A linguagem HTML apresenta opções limitadas pois permite apenas disponibilizar mapas no formato matricial, seleccionar áreas do mapa e anexar informações a essas áreas através de *hyperlinks*.

Actualmente, a tecnologia *WebGIS* permite integrar, disseminar e comunicar visualmente Informação Geográfica na WEB através de um *browser*.

4.1.1 WebGIS

A tecnologia *WebGIS* permite disponibilizar na WEB informação geográfica e funções tipicamente associadas aos SIG, designadamente funções de navegação do tipo “*zoom*” e “*pan*” e funções de pesquisa gráfica e alfanumérica (Henriques *et al.*, 1999).

Este tipo de tecnologias permite disponibilizar informação no formato vectorial e *raster* na WEB, aumentando a interactividade e reduzindo o tempo de *download* da informação. Deste modo, o utilizador pode aceder e manipular informação geográfica sem necessitar de ter conhecimentos prévios em Sistemas de Informação Geográfica para, por exemplo, localizar uma determinada área num dado concelho ou estabelecer uma zona de protecção (*buffer*) à sua volta. A Informação Geográfica e as funcionalidades proporcionado pelos SIG passam a estar disponíveis ao cidadão e o mercado dos utilizadores é tanto mais vasto quanto o número de cidadãos que se encontra ligado à *Internet*.

O termo Sistema de Informação Geográfica Distribuída (SIGD) é utilizado por Plewe (1997) para descrever o processo que permite disponibilizar a Informação Geográfica para inúmeros utilizadores, acompanhado de mecanismos de manipulação. Um SIGD pode assentar num modelo simples, onde os mapas previamente desenhados estão disponíveis na WEB, ou num modelo mais complexo que integra sistemas SIG, concebidos para utilizadores especializados ou não, com mapas dinâmicos.

Actualmente existem várias ferramentas que permitem disponibilizar na *Internet* algumas “funcionalidades SIG”, ou seja, visualizar mapas e informação alfanumérica associada e permitir ao utilizador efectuar pesquisas, quer gráficas quer alfanuméricas.

Plewe (1997) refere que existem algumas maneiras básicas para publicar Informação Geográfica na WEB:

- Copiando a base de dados geográfica completa ou parcialmente para o cliente, necessitando os utilizadores de experiência em SIG e de *software* para manipular esses dados;
- Disponibilizando mapas estáticos em páginas HTML, em formato *raster* (GIF ou JPEG);
- Permitindo a navegação através de mapas dinâmicos;
- Permitindo ao cliente a realização de consultas e análises (cálculo de áreas, distâncias e *buffer zones*) sobre a base de dados no servidor, assim como a navegação em mapas dinâmicos.

4.1.2 Estratégias de implementação de WebGIS

Para a implementação de funcionalidades de *WebGIS* podem ser usadas as seguintes estratégias (Foote e Kirvin, 1998):

- I. Estratégia focada no servidor (*Server-Side*);
- II. Estratégia focada no cliente (*Client-Side*);
- III. Servidor/cliente em equilíbrio (*Hybrid*).

I. Estratégia focada no servidor (*Server-side*)

Neste tipo de estratégia, o utilizador (cliente) submete um pedido de dados ou de análise a um servidor WEB (Figura 4.1). O servidor processa o pedido e envia os resultados para o cliente.

Server-Side Configuration

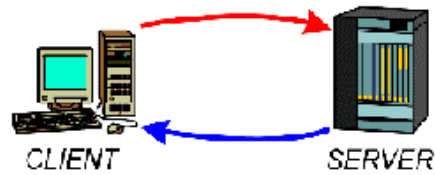


Figura 4.1: Estratégia *Server-Side* (Fonte: Adaptado Foote e Kirvin, 1998)

Esta implementação tem os seguintes passos:

1. Um utilizador faz um pedido pelo *browser* WEB;
2. O pedido é enviado pela *Internet* a um servidor;
3. O servidor processa o pedido;
4. A resposta devolvida ao utilizador é visualizada num *browser* WEB.

As vantagens da estratégia de *Server-Side* incluem:

1. A possibilidade de concentrar grandes quantidades de dados e programas no servidor de forma económica e de fácil gestão dos dados;
2. Considerando um servidor muito potente, o tempo de resposta a um pedido pode ser muito curto.

Estes sistemas apresentam algumas desvantagens:

1. Todos os pedidos (mesmo os mais pequenos) devem ser dirigidos ao servidor e processados. As respostas são então devolvidas ao cliente pela *Internet* gerando um aumento de troca de dados.
2. A performance é afectada pela largura de banda nas comunicações via *Internet*;

3. As aplicações não tiram proveito do poder de processamento do computador do utilizador (cliente) que somente é usado submeter um pedido e mostrar o resultado.

II. Estratégia focada no cliente (*Client-Side*)

Esta estratégia pressupõe que os utilizadores (clientes) podem executar alguma manipulação e análise dos dados localmente, nos seus próprios computadores (Figura 4.2). Em vez de forçar o servidor a fazer a maioria do trabalho, algumas das capacidades SIG são carregados no cliente, sendo os dados processados localmente. Neste tipo de estratégia, os servidores encapsulam a informação em formatos gráficos, que podem ser apresentados por meio de programas adicionais (*plug-ins*)¹⁸ acoplados a *browsers* como o Netscape ou o Internet Explorer ou por meio de *applets* JAVA.

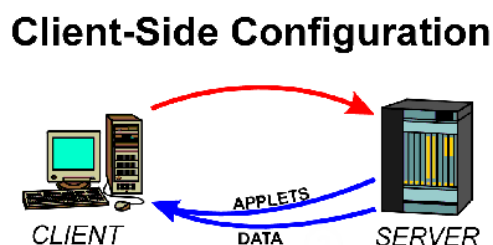


Figura 4.2: Estratégia *Client-Side* (Fonte: Adaptado Foote e Kirvin, 1998)

Esta arquitectura funciona do seguinte modo:

1. Um utilizador faz um pedido pelo *browser* WEB;

¹⁸ *Plug-ins* são programas desenvolvidos em linguagens de programação como o C ou o C++ segundo uma API (*Application Programming Interface*), e é específica para cada *browser*. No essencial, os *plug-ins* permitem embeber no *browser* novas funcionalidades e o suporte para novos formato de dados. Apresentam como grande desvantagem não serem independentes da plataforma de visualização, tornando necessário o desenvolvimento de versões para cada plataforma, sistema operativo ou *browser* utilizado. Por outro lado, é necessário importar e instalar previamente o *plug-in*, para poder usufruir das suas capacidades. Adicionalmente, por cada nova versão que é desenvolvida, é necessário proceder a uma nova instalação.

2. O pedido é enviado pela *Internet* a um servidor;
3. O servidor processa o pedido;
4. A resposta é devolvida ao utilizador, os dados e *applets* são enviados conjuntamente, permitindo ao utilizador processar os dados no seu computador. No caso de ser utilizado um *plug-in*, é requerida a sua instalação prévia.

Nas vantagens deste sistema pode-se destacar:

1. Tira proveito de utilizadores com computadores poderosos;
2. Controle dos dados por parte do utilizador;
3. Reduz os pedidos via *Internet*.

Como desvantagens destes sistemas temos:

1. São enviadas pela *Internet* grandes quantidades de dados e *applets*;
2. Os utilizadores podem não ter computadores com grande capacidade de processamento;
3. Os utilizadores podem não ter conhecimento suficiente para utilização e análise dos dados.

III. Servidor/cliente em equilíbrio (*Hybrid*)

As duas estratégias anteriores podem ser combinadas (estratégia híbrida) resultando assim num equilíbrio entre o lado do servidor e o lado do cliente (Figura 4.3).

Hybrid Client-Server Combination

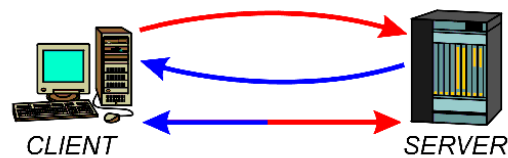


Figura 4.3: Estratégia Híbrida (Fonte: Adaptado Foote e Kirvin, 1998)

As tarefas que envolvam bases de dados e complexas análises espaciais podem ser executados no servidor e tarefas que envolvam controle dos dados podem ser executadas pelo utilizador (cliente).

O funcionamento desta arquitectura é a seguinte:

1. Um utilizador faz um pedido pelo *browser* WEB;
2. O pedido é enviado pela *Internet* a um servidor;
3. O servidor processa o pedido;
4. A resposta é devolvida ao utilizador;
5. Continua a interacção e transferência de dados.

A tabela seguinte apresenta um resumo das estratégias de implementação apresentadas anteriormente.

Tabela 4.1: Resumo de estratégias de implementação de *WebGIS* (Fonte: adaptado Cabral, 2001)

	<i>Server-Side</i>	<i>Client-Side</i>	<i>Hybrid</i>
Tarefas do servidor	<ul style="list-style-type: none"> • Navegação • Pesquisa • Análise • Desenho de mapas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa • Análise • Desenho de mapas 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise • Desenho de mapas

Tarefas do cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Visualização 	<ul style="list-style-type: none"> • Visualização • Pesquisas • Navegação 	<ul style="list-style-type: none"> • Visualização • Elaboração de pesquisa • Navegação
Formato de transferência dos dados	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Raster</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Vectorial 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Raster/Vectorial</i>

Todas estas estratégias recaem na arquitectura clássica cliente/servidor, vulgarmente conhecida por arquitectura em camadas.

A arquitectura cliente/servidor original é denominada de arquitectura de duas camadas (*two-tier*), já que seus componentes estão logicamente distribuídos entre dois níveis, o do cliente (serviços de apresentação) e o do servidor (acesso aos dados) (Figura 4.4).

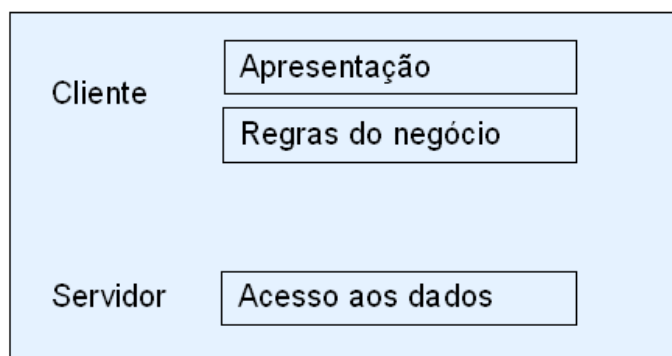


Figura 4.4: Arquitectura *two-tier*

Este tipo de arquitectura poderá ter problemas:

- É difícil e cara de modificar em caso de alterações na componente “regras de negócio”;
- Alterações ao nível do servidor de dados (localizações e acesso) implicam alterações nos clientes;

- Quando exista um número muito grande de clientes a aceder ao servidor.

Estes factos levaram à evolução para a arquitectura *multi-tier*, tipicamente empregue em sistemas baseados na WEB.

A arquitectura *multi-tier* acrescenta, entre a camada cliente e a camada servidor, uma camada intermediária, correspondente às “regras do negócio”, que recebe o nome de servidor aplicacional (Figura 4.5).

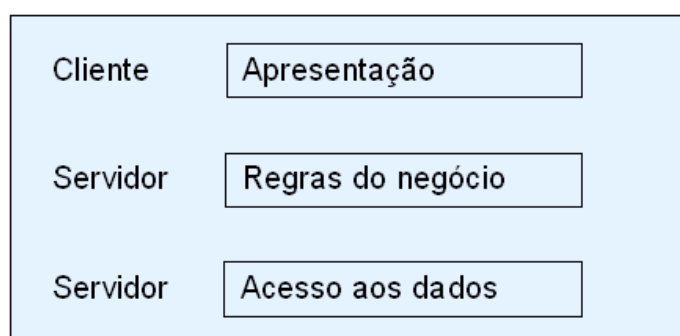


Figura 4.5: Arquitectura *three-tier*

A nível de distribuição de Informação Geográfica, a arquitectura adoptada é cliente/servidor, *three-tier* ou *n-tier* (Peng e Tsou, 2003). Este modelo é composto por um cliente (*browser* WEB) com capacidade para mostrar Informação Geográfica. A aplicação pode ser escrita em Java, Javascript, ou simples HTML. Por intermédio desta aplicação, o utilizador manipula a informação apresentada, com maior ou menor interactividade, dependendo da tecnologia usada.

A camada aplicacional é composta por um servidor WEB (HTTP), que está ligado a um servidor SIG para responder a pedidos sobre Informação Geográfica.

O servidor de dados recebe, processa e devolve os pedidos do servidor aplicacional.

Neste tipo de estrutura, a aplicação cliente recebe as solicitações do utilizador através de uma interface e efectua um pedido ao servidor. O servidor HTTP recebe o pedido do cliente e encaminha o pedido ao servidor SIG. O servidor SIG interpreta o pedido e solicita os dados geográficos que necessita e gera um mapa como resposta. O servidor HTTP acede ao mapa gerado e devolve-o como resposta ao cliente que visualiza o mapa. A Figura 4.6 apresenta um resumo da arquitectura cliente/servidor para a disseminação de Informação Geográfica na WEB.

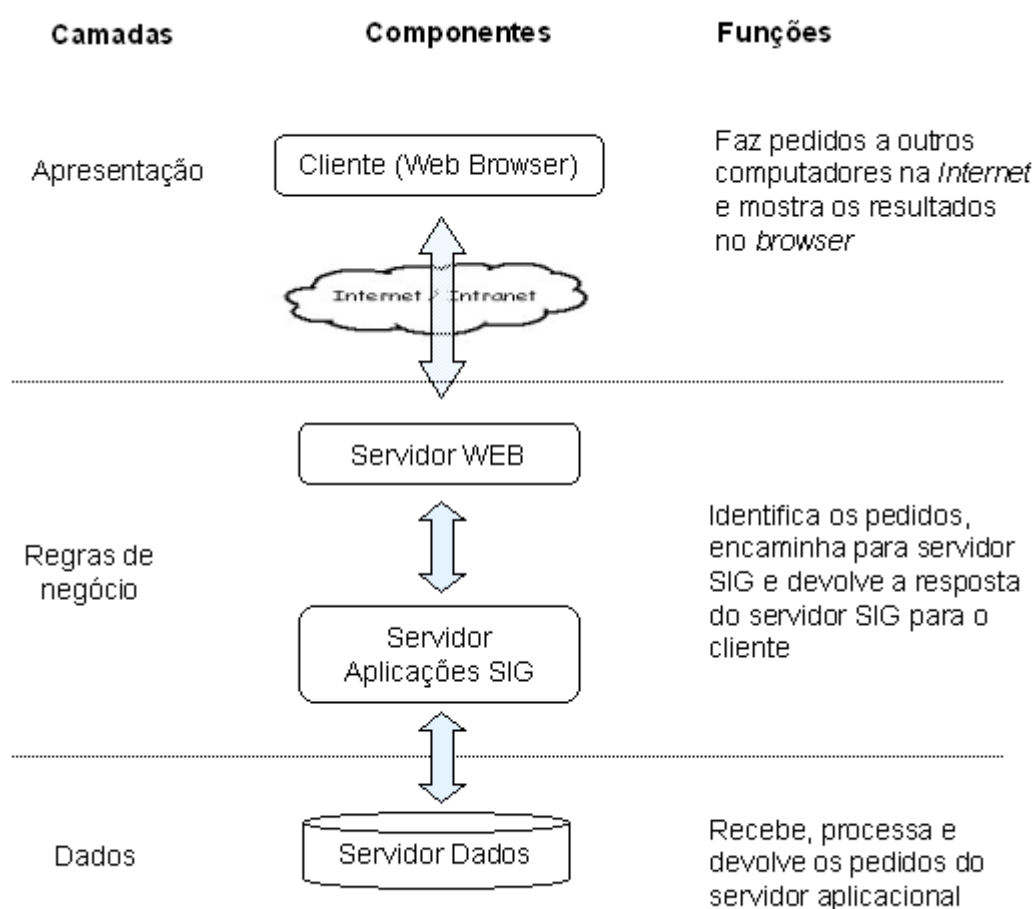


Figura 4.6: Arquitectura cliente/servidor para disseminação de Informação Geográfica

4.1.3 WebMaps

É possível distinguir dois métodos par inserir mapas na WEB. Na Figura 4.7 apresenta-se uma classificação para os mapas na Web. O esquema distingue os mapas na WEB em estáticos e dinâmicos. Cada uma destas categorias é subdividida adicionalmente *view-only maps* e *interactive maps* (Kraak, 2001a).

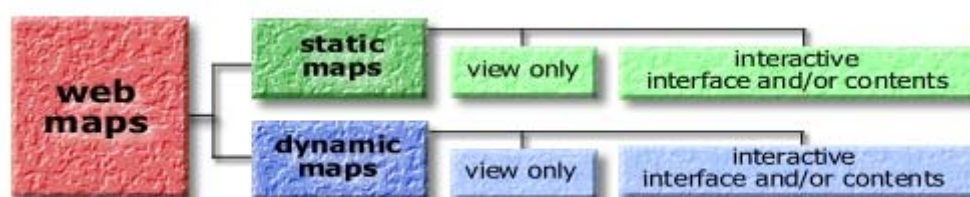


Figura 4.7: Classificação de WEB Maps (Fonte: Kraak, 2001a)

Até há poucos anos, a informação geográfica era disseminada na WEB através de mapas estáticos (*view only maps*), em formato GIF ou JPEG, com problemas inerentes relativamente ao detalhe apresentado, portanto com baixo nível de interactividade. Este tipo de mapa é o mais fácil de encontrar, pois deriva dos produtos cartográficos originais, os quais são digitalizados e inseridos na WEB em formato imagem.

Os mapas estáticos também podem ser interactivos (*interactive maps*). As aplicações mais interactivas baseiam-se em mapas de áreas sensíveis (*imagemaps*) que permitem associar a uma imagem ligações a outras imagens e/ou páginas WEB. Neste caso, o mapa funciona como interface para outros dados, dado que uma entidade geográfica pode conduzir a outras fontes de informação na WEB. Esta interactividade pode também significar que o utilizador tem opções de visualização sobre o mapa. Actualmente existem várias ferramentas que permitem disponibilizar na *Internet* algumas "funcionalidades SIG", ou seja, funções de *zoom* (aproximação e afastamento) e de *pan* (deslocamento), alteração de

simbologia, visualizar mapas e informação alfanumérica associada e permitir ao utilizador efectuar pesquisas, quer gráficas quer alfanuméricas.

Os mapas dinâmicos (*view only*) podem ser simplesmente GIF's animados onde várias imagens, cada uma representando uma imagem da animação, são posicionadas uma após outra e o *browser* WEB repete continuamente a animação.

Os mapas dinâmicos interactivos introduzem o conceito de mudança, permitindo ao utilizador tomar determinadas decisões (definir caminhos, mudanças de direcções), como é exemplo o VRML (*Virtual Reality Modeling Language*).

Köbben e Kraak (1999) introduzem a ideia de um utilizador cartógrafo, alguém que à medida que explora o espaço, constrói mapas estáticos ou dinâmicos. Este facto permite uma nova atitude que possibilita ao utilizador produzir análises e visualizações, ou seja, conceber os seus próprios mapas. O utilizador deixa de estar dependente daquilo que o cartógrafo decidiu colocar no mapa podendo criar os seus mapas de acordo com as suas necessidades. Esta nova perspectiva obrigou os cartógrafos a pensarem em novas formas de disseminação cartográfica e na criação de ferramentas que permitam os utilizadores construírem de forma dinâmica e interactiva os seus mapas pessoais.

4.2 Interoperabilidade e o Open Geospatial Consortium

4.2.1 Interoperabilidade

Actualmente, interoperabilidade é uma palavra chave na área da Informática, pois com a popularização da *Internet*, aumentou significativamente o número de aplicações que interagem através das redes de comunicação e com a necessidade de trocar dados independentemente da plataforma do utilizador.

O termo interoperabilidade pode ser definido de várias formas, mas basicamente consiste na possibilidade da partilha eficiente de informação entre vários sistemas, aliada a uma possibilidade de comunicação entre diferentes sistemas de informação.

Aybet (1997) define a interoperabilidade como uma capacidade de um utilizador ou de um componente do computador aceder a uma variedade de recursos heterogéneos por meio de um único interface. Pretende-se essencialmente, estabelecer a integração de várias soluções tecnológicas.

Para Goodchild *et al.* (1997), a interoperabilidade pode ser definida de várias formas:

- Tornar aberta a estrutura interna dos formatos de dados;
- Permitir que os utilizadores desenvolvam aplicações que combinem componentes de *software* de diferentes fabricantes, conforme as suas necessidades;
- Viabilizar a capacidade de conversão de dados entre diferentes *softwares* sem perda de informação;
- Desenvolver interfaces uniformizados para os utilizadores.

Cliff Kottman, vice-presidente do OGC, citado por Julião (2001), define a interoperabilidade como: “processamento de Informação Geográfica aberto e interoperável, ou, a capacidade de partilhar Informação Geográfica heterogénea e recursos para o seu processamento de forma transparente num ambiente em rede.”

Rocha (2005) entende a interoperabilidade não só ao nível da comunicação entre os diferentes componentes de *software*, mas também na capacidade de partilha e conjugação de conhecimento entre as diversas áreas que contribuem para a CIG. Define a interoperabilidade como “a capacidade de comunicar, executar programas entre diferentes unidades funcionais sem o utilizador se preocupar com as características específicas de cada uma dessas unidades”.

A interoperabilidade em SIG é uma questão cada vez mais importante, tendo em vista o aumento de dados geográficos disponíveis e o crescimento exponencial de novos sistemas informáticos e aplicações. Nas últimas décadas têm-se assistido à transição de sistemas informáticos fechados e centralizados para sistemas mais simples e distribuídos e com a preocupação de integrar informação de diversas fontes e formatos (Figura 4.8).

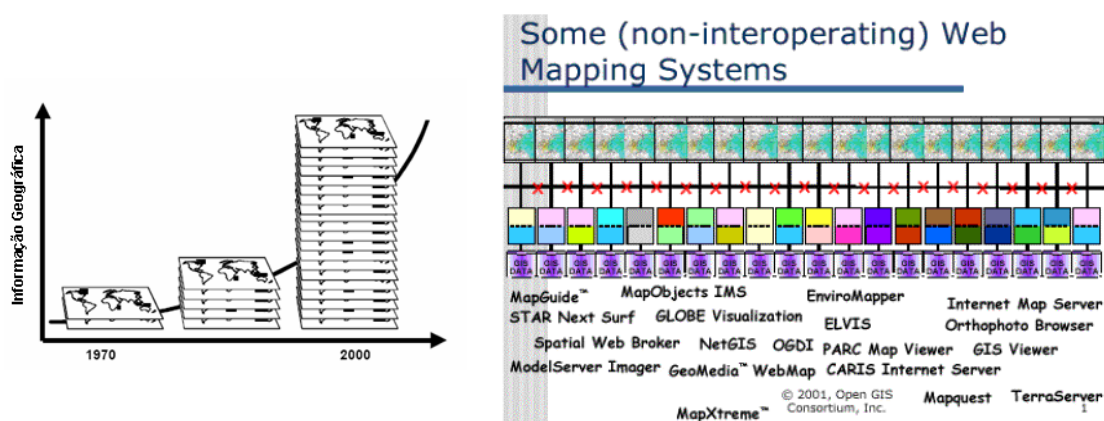


Figura 4.8: Informação Geográfica adquirida (Fonte: Buehler e Mckee, 1998)

Para ultrapassar as dificuldades inerentes a esta transição, a questão chave é a interoperabilidade. O principal objectivo é que sistemas independentes consigam trocar informações entre si de forma transparente, apesar de possuírem formatos distintos e potencialmente incompatíveis.

A ênfase na interoperabilidade levou a que os principais fabricantes de *software*, que tradicionalmente competem entre si no desenvolvimento de tecnologias proprietárias, se preocupem agora em tornar abertos os seus sistemas de forma a permitir aos utilizadores focarem-se mais no acesso, gestão, análise e visualização dos seus dados do que na tecnologia utilizada (Astroth, 1998).

Assim, para os utilizadores de aplicações SIG significa a liberdade e capacidade para aceder a ambientes de processamento de dados que podem utilizar diferentes produtos comerciais e conter diferentes formatos de dados, simplificando o conhecimento exigido aos utilizadores na utilização de aplicações.

Até meados da década de 90, as disciplinas ligadas à Informação Geográfica foram desenvolvidas de forma independente, segundo tecnologias proprietárias, pois o segredo estava justamente na forma de armazenamento, recuperação e processamento dos dados espaciais. Estas ilhas de informação dificultavam a partilha dos dados, funcionalidades e poder de processamento (Goodchild *et al.*, 1999), proporcionadas pela criação do *Open Geospatial Consortium* (Figura 4.9).

Rocha (2005) destaca o papel do *Open Geospatial Consortium* no sentido de criar e agregar sinergias entre todos os parceiros na área dos SIG.

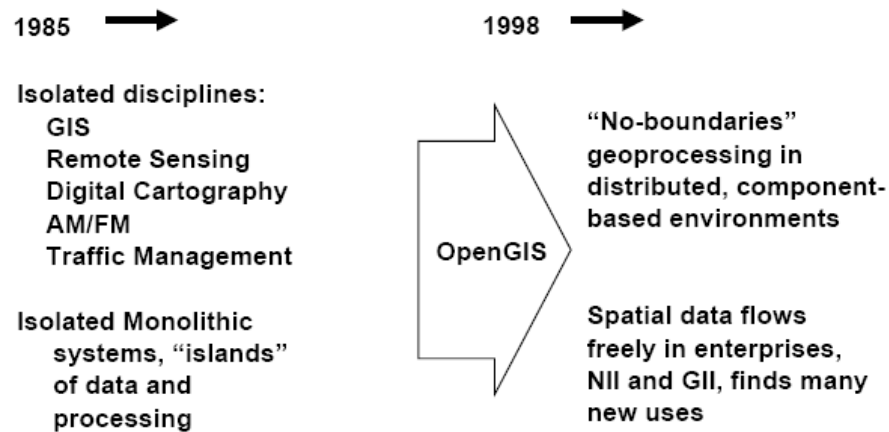


Figura 4.9: OGC remove barreiras à interoperabilidade (Fonte: Buehler e Mckee, 1998)

Só quando os vários Sistemas de Informação Geográfica forem capazes de trocar livremente todos os tipos de informação espacial sem envolver processos de conversão que possam resultar na perda de conteúdo e integridade dos dados e conseguirem, estando interligados por uma rede, executar aplicações que permitam manipular essa informação é que verdadeiramente se pode falar em interoperabilidade.

4.2.2 Open Geospatial Consortium

O *OpenGeospatial Consortium* assumiu um papel preponderante na resolução dos problemas de interoperabilidade em SIG, tendo produzido especificações abstractas, como o modelo de referência OpenGIS (Percivall, 2003) e de implementação como o *Web Map Service* - WMS (Beaujardiere, 2006), o *Web Feature Service* - WFS (Vretanos, 2005), *Geography Markup Language* - GML (Cox *et al.*, 2004) e a *Web Coverage Service* - WCS (Evans, 2005) entre muitas outras, apresentando assim, um conjunto de *Web Services* para disponibilização de Informação Geográfica na WEB.

O *Open Geospatial Consortium* é uma associação internacional sem fins lucrativos, criada em 1994, que conta com a participação de 307 membros (em 12-04-2006) que representam os principais sectores ligados à indústria da Informação Geográfica (universidades, instituições governamentais, instituições privadas, produtores de *software* e de informação).

O consórcio OGC dedica-se a promover o desenvolvimento de especificações para ambientes suportados por tecnologias abertas e distribuídas e os seus principais objectivos são (Buehler e Mckee, 1998):

- Envolver a comunidade de informação geográfica no desenvolvimento de especificações para a interoperabilidade e na promoção da oferta de produtos interoperáveis certificados;
- Promover a interoperabilidade entre aplicações de processamento de informação geográfica através da colaboração entre produtores e utilizadores;
- Sincronizar os *standards* das tecnologias de informação geográfica com os standard das tecnologias de informação baseadas em sistemas abertos, processamento distribuído e arquitectura de componentes;

- Apresentar um *forum* que promova o desenvolvimento de iniciativas relacionadas com o processamento distribuído.

O plano de actividades do Consórcio divide-se em três programas fundamentais: o programa para o desenvolvimento de especificações, o programa da interoperabilidade e o programa de divulgação e adopção das especificações pela comunidade de utilizadores da Informação Geográfica (Figura 4.10).

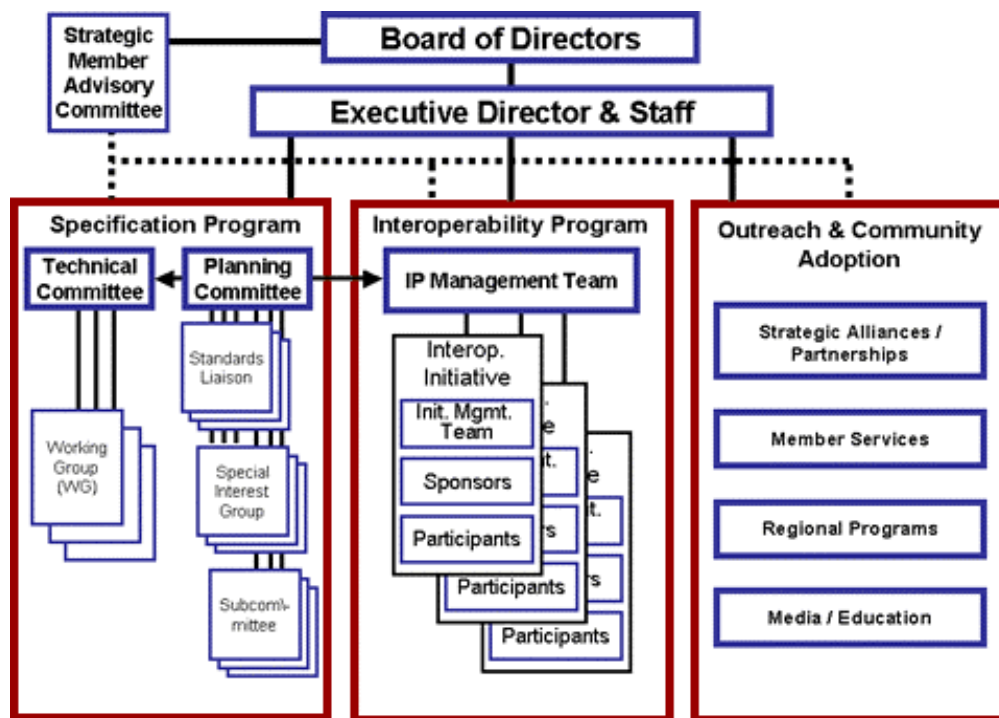


Figura 4.10: Organização do *Open Geospatial Consortium*
(Fonte: [www. www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org))

O programa de desenvolvimento de especificações é composto pelo comité técnico e pelo comité de planeamento, produzindo uma série de documentos até se chegar a um consenso, do qual resulta uma especificação que é aprovada pelo Consórcio.

O programa da interoperabilidade, ligado ao anterior através do comité de planeamento, centra a suas actividades nas componentes informáticas para

acelerar a adopção das especificações produzidas. Estas actividades dividem-se em (OGC, 2005):

- a) *Test beds*, para a definição, desenho, desenvolvimento e testes de esboços de interfaces, que serão depois submetidas a análise, revisão e aprovação pelo programa de desenvolvimento de especificações;
- b) *Pilot projects*, que utilizam num ambiente real diversos produtos conforme as especificações do Consórcio;
- c) *Interoperability Support Services*, para apoio às organizações na implementação de aplicações e codificações abertas;
- d) *Interoperability Experiments*, composta por uma estrutura simples para desenvolvimento de experiências com objectivos técnicos bem definidos.

No âmbito deste programa, destaca-se a especificação WMS que será utilizada na aplicação de visualização que adiante se descreve.

O programa de divulgação e adopção das especificações, visa apoiar a criação e partilha de iniciativas que ajudem a adopção das especificações, através de publicações, seminários, acções formação e conferências.

4.3 Web Services

Os *Web Services* são a mais recente evolução nos padrões de desenvolvimento de aplicações distribuídas, com capacidade para interagirem entre si, permitindo que aplicações cooperem facilmente e compartilhem informações e dados umas com as outras. Surgem como uma plataforma que recorre a formatos abertos para suporte ao desenvolvimento de aplicações distribuídas através da *Internet* (Araújo e Rocha, 2004).

De acordo com Kreger (2001), *um Web Service* corresponde a uma interface que descreve um conjunto de operações que são acessíveis pela *Internet* através de normas *standards*, de entre as quais se destacam: XML, SOAP, WSDL e UDDI.

De seguida descrevem-se sumariamente as normas referidas anteriormente (Gunzer, 2002):

- XML (*eXtensible Markup Language*), uma linguagem de marcação ("*Markup Language*"), sob a orientação do *World Wide Web Consortium* (W3C)¹⁹. Mais do que uma linguagem, a XML é uma metalinguagem que se constitui como um conjunto de especificações que permitem definir novas linguagens de marcadores, ou seja, não está limitada a um conjunto fixo de marcadores, daí a sua extensibilidade. A XML foi projectada para descrever e organizar documentos.
- SOAP (*Simple Object Access Protocol*), é uma norma baseada em XML, para troca de informações num ambiente distribuído, permitindo que dois programas se comuniquem.
- WSDL (*Web Service Definition Language*), descreve os serviços do *Web Service* através de XML, fornecendo uma documentação do

¹⁹ <http://www.w3.org/>

serviço para que possíveis clientes possam utilizá-lo de forma automatizada.

- UDDI²⁰ (*Universal Description, Discover, and Integration*), definida em XML, corresponde a um serviço para publicar e localizar *Web Services*.

A arquitectura dos *Web Services* é baseada na interacção entre três elementos: o Fornecedor, o Cliente e o Catálogo (Figura 4.11).

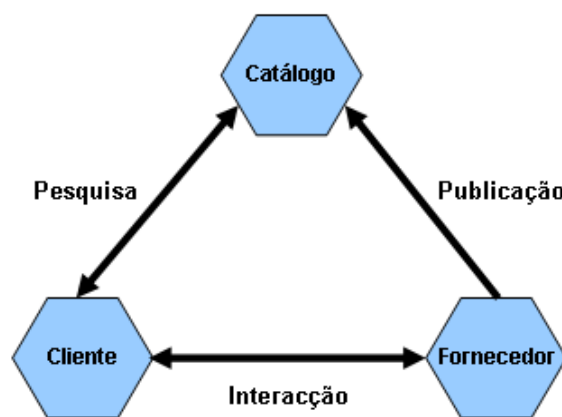


Figura 4.11: Arquitectura dos Web Services (Fonte: Whiteside, 2005)

O Fornecedor é a entidade que cria e disponibiliza o serviço num formato padrão, que seja compreensível para quem queira usar o serviço.

O Catálogo é o local onde estão registados e classificados os serviços, fornecendo ao Cliente uma descrição e localização dos serviços.

O Cliente é a aplicação ou utilizador que usufrui do serviço. Após a consulta do Catálogo, e caso encontre o serviço pretendido, requisita-o directamente ao Fornecedor.

²⁰ <http://www.uddi.org/>

Esta arquitectura descreve um conjunto de operações fundamentais na utilização dos *Web Services* (Kreger, 2001): publicação, descoberta, descrição e invocação, em que cada operação necessita de normas para que o serviço possa ser utilizado por qualquer aplicação independentemente da plataforma sobre a qual está sendo executado.

A publicação é o processo através do qual o fornecedor do *Web Service* dá a conhecer a existência do serviço, efectuando o registo no catálogo.

A descoberta é o processo através do qual um utilizador ou aplicação cliente, efectuando uma pesquisa no catálogo, toma conhecimento da existência do serviço pretendido.

A descrição é o processo no qual o *Web Service* disponibiliza todas as funcionalidades e formas de acesso ao serviço.

A interacção é o processo pelo qual o cliente e o servidor interagem usando os detalhes obtidos na descrição do serviço.

Araújo e Rocha (2004) referem que “numa tentativa de criar um modelo conceptual que defina um conjunto de serviços que abranja todas as áreas da Informação Geográfica, o consórcio *Open Geospatial* sugere a criação de um conjunto de *Web Services*, através dos quais os utilizadores trocam Informação Geográfica, de acordo com normas bem definidas”.

Os *Web Services* permitem suportar as especificações WMS, WFS e WCS. Assim, serão apresentados de forma simplificada o WFS e WCS e de forma mais detalhada a versão 1.1.1 do WMS, que irá ser implementada na aplicação de visualização de Informação Geográfica.

4.4 Invocação dos Web Services do OGC

A especificação *Web Map Service* faz parte de um conjunto de serviços definidos pelo OGC de disponibilização de Informação Geográfica aos utilizadores através da *Internet*, denominado por *OGC Web Services*. Este conjunto de serviços é composto principalmente por três tipos de serviços de acesso a Informação Geográfica: *Web Map Service* (WMS), *Web Feature Service* (WFS) e *Web Coverage Service* (WCS). A Figura 4.12 mostra a relação entre estes serviços e a definição de algumas operações.

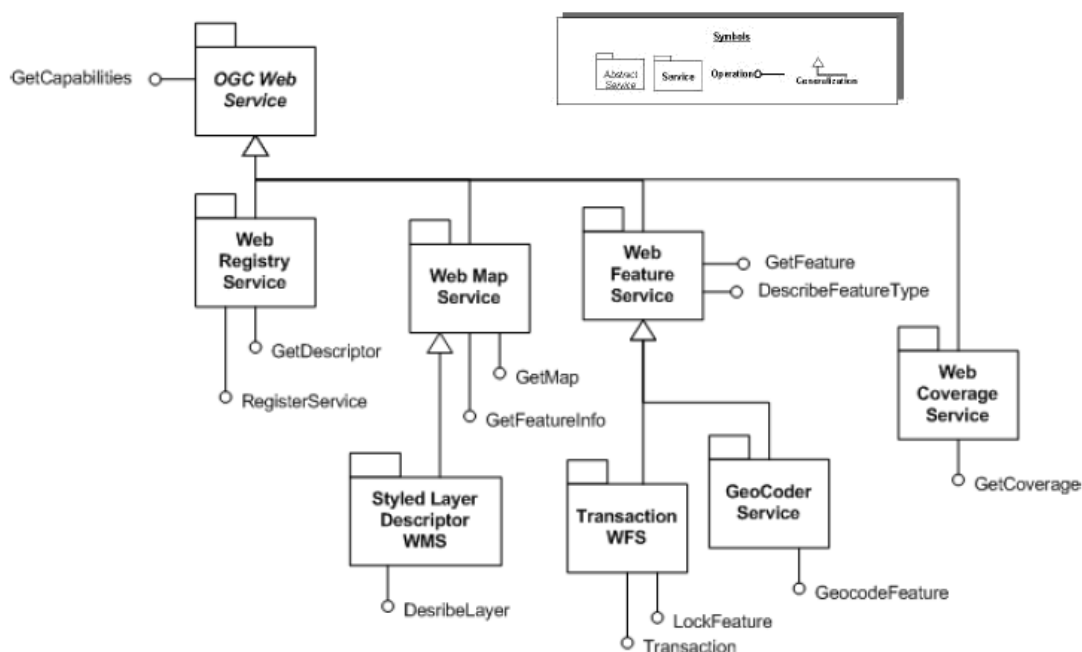


Figura 4.12: Arquitectura dos OGC Web Services (Fonte: Kolodziej, 2003)

Cada um dos serviços fornece um conjunto de operações que devem ser executadas pelas aplicações clientes. Este conjunto de operações indica o modo como as aplicações clientes podem executar as operações disponibilizadas pelo servidor e o formato dos resultados que estas devolvem (Painho *et al.*, 2002).

Estas operações podem ser executadas através da utilização de um *browser* comum (Internet Explorer, Netscape, Firefox), sob a forma de um protocolo HTTP URL. O protocolo HTTP suporta dois métodos de requisição: GET²¹ e POST²².

Um pedido de um serviço corresponde a um URL que contém o endereço do servidor seguido de um conjunto de parâmetros separados pelo carácter “&”. A sintaxe de um pedido é dado pela expressão *http://host[:port]/path[?{name=value}&]}*, em que o *host[:port]* representa o nome ou o endereço IP do servidor que aloja o serviço, sendo o parâmetro *port* opcional e corresponde à porta em que o servidor Web está a receber os pedidos. O elemento *path* corresponde à estrutura de directorias do servidor que indica o caminho para o serviço. Os parâmetros de entrada que são enviados para o servidor surgem a seguir ao símbolo ? na forma de um par constituído por *name=value*. Caso exista mais do que um par, o símbolo & é utilizado como separador (Tabela 4.2).

Tabela 4.2: Estrutura de um pedido WMS (Fonte: adaptado Beaujardiere, 2006)

Componente do URL	Descrição
http://host[:port]/path[?{name=value}&]}	Prefixo do URL
Name=Value&	Cada pedido pode ter um ou mais parâmetros, sendo estes constituídos por um par Name/Value.

A ordem em que os parâmetros são apresentados não é relevante e apenas o *Value* é *case sensitive*.

Em qualquer dos serviços referidos anteriormente, existem vários parâmetros que são comuns na invocação de qualquer operação:

²¹ O método GET é utilizado como método padrão para pedidos através do protocolo HTTP. Neste método os pedidos são enviados ao servidor através de um URL.

²² O método POST é utilizado para enviar dados para o servidor, de forma a criar conteúdos dinâmicos, em função dos dados enviados pelo cliente.

Version – este parâmetro especifica o número da versão do serviço. Um servidor pode suportar mais do que uma versão do mesmo serviço, podendo a aplicação cliente negociar com o servidor a versão que ambos querem utilizar.

Service – indica qual o serviço a ser invocado no pedido.

Request – indica qual a operação do serviço que está a ser invocada.

Format – especifica o formato de resposta de uma operação.

Exceptions – formato no qual é devolvido uma excepção. O serviço pode indicar uma excepção, no caso de um pedido ser feito de modo incorrecto.

O valor devolvido da requisição do serviço deve ser o correspondente ao requerido no parâmetro *Format*.

4.4.1 Web Feature Service

A especificação WFS foi concebida para operações de manipulação e consulta de Informação Geográfica. Este serviço fornece aos utilizadores a informação propriamente dita, geralmente codificada em GML.

Este serviço inclui operações de inserção, remoção, actualização e pesquisa de Informação Geográfica. O processamento de manipulação e consulta num WFS são suportados pelas seguintes operações (Vretanos, 2005):

- *GetCapabilities*, que descreve as capacidades do serviço, indicando os parâmetros que aceita e as operações suportadas;

- *DescribeFeatureType*, que permite descrever a estrutura de cada entidade disponibilizada;
- *GetFeature*, que fornece a Informação Geográfica pretendida em GML, podendo o cliente especificar o tipo de informação que pretende e qual a zona geográfica;
- *Transation*, operação opcional, que permite modificar a informação, isto é, operações de inserção, remoção e actualização de Informação Geográfica;
- *LockFeature*, que permite o WFS bloquear uma ou mais entidades durante uma transacção.

Com base nestas operações, a especificação WFS pode ser implementado em duas versões: a *Basic WFS* que implementa as operações *GetCapabilities*, *DescribeFeatureType* e *GetFeature*, onde apenas estão disponíveis operações de consulta de Informação Geográfica e a *Transation WFS*, que suporta para além das operações da versão *Basic WFS*, as operações *LockFeature* e *Transation*, permitindo, para além da consulta, a inserção, remoção e modificação de Informação Geográfica.

4.4.2 Web Coverage Service

O *Web Coverage Service* (Evans, 2005) é um serviço que suporta o intercâmbio de informação espacial sob a forma de coberturas (*coverage*), isto é, informação que representa fenómenos com variação contínua no espaço. Ao contrário do WFS, que devolve informação espacial discreta (*vectorial*), o WCS devolve representações de fenómenos espaciais variáveis (*raster*) e possibilita o acesso a descrição de informação detalhada, que permite a sua utilização como *input* em modelos mais complexos

(Evans, 2005), dado que os dados podem ser interpretados e extrapolados, e não só retratados como no WMS.

Este serviço implementa três operações (Evans, 2005):

- *GetCapabilities*, que devolve um ficheiro XML com a descrição das operações suportadas pelo servidor e informação sobre os dados disponíveis;
- *DescribeCoverage*, que devolve uma descrição completa de uma ou mais coberturas de um servidor WCS. O servidor responde com um documento XML completo das coberturas existentes. Apesar de não ser uma operação de carácter obrigatório existe toda a vantagem de ser incluída em aplicações WCS, pois permite ao utilizador aperceber-se da informação contida numa cobertura antes de a importar;
- *GetCoverage*, operação que permite a devolução da cobertura especificada.

4.5 Web Map Service

A especificação WMS 1.1.1 (Beaujardiere, 2006) normaliza a forma como os clientes podem requisitar mapas a servidores de mapas e também o modo como estes servidores devem descrever e devolver mapas. Esta especificação define três operações: *GetCapabilities*, *GetMap*, *GetFeatureInfo*.

Em 19 de Abril de 2000, foi publicada a primeira versão da especificação de implementação do WMS (versão 1.0.0), na sequência da iniciativa *Web Mapping Testbed, Phase 1* (WMT-1) (Nebert, 2004). Esta especificação não contemplava a integração com outras especificações do OGC, como por exemplo, WFS e WCS, contempladas na versão mais recente (versão 1.3.0), de 15 de Março de 2006.

No essencial, a especificação WMS define a forma de criação e visualização de mapas georreferenciados a partir de diversas fontes de dados distribuídas e heterogéneas (Figura 4.13).

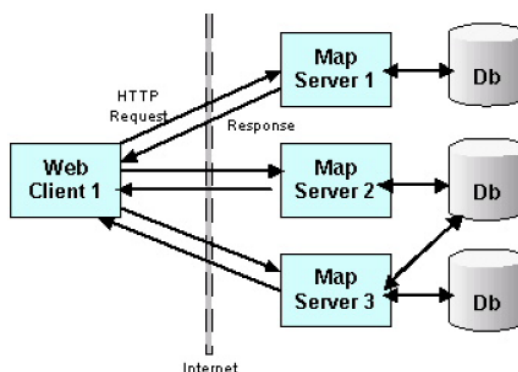


Figura 4.13: Integração de dados de servidores distribuídos (Fonte: Kolodziej, 2003)

Os mapas são uma representação visual e bidimensional da informação em formato *raster*, como PNG, GIF ou JPEG, ou ocasionalmente formatos vectoriais como o *Scalable Vector Graphics* (SVG) e *Web Computer Graphics Metafile* (WebCGM) e não a informação propriamente dita (Beaujardiere, 2006).

A Figura 4.14 descreve de forma simplificada a comunicação entre a aplicação cliente e o servidor de mapas.

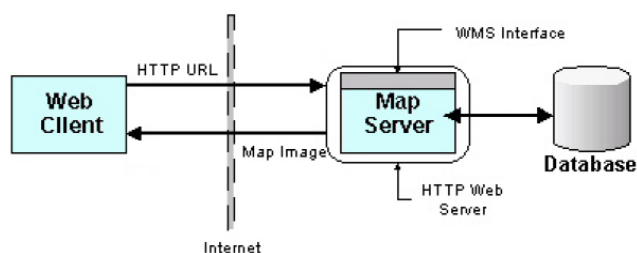


Figura 4.14: Comunicação cliente/servidor (Fonte: Kolodziej, 2003)

A aplicação cliente consiste num programa que permite processar os pedidos dos utilizadores e visualizar dados espaciais. Baseia-se numa série de páginas HTML geradas dinamicamente num browser WEB que comunica directamente com o servidor mapas por protocolo HTTP. Na comunicação entre a aplicação cliente e o servidor de mapas são usadas três operações: *GetCapabilities*, *GetMap* e *GetFeatureInfo*.

Podem existir dois tipos de clientes: *Thin Web Client* e *Thick Web Client* (Kolodziej, 2003). Na sua forma mais básica, um *Thin Web Client* consiste numa página HTML que corre num *browser* WEB. O utilizador através de um *browser* WEB efectua pedidos a um servidor de mapas WMS na forma de um URL. O servidor processa o pedido e envia a resposta, via *browser*, no formato requerido (GIF, JPEG, PNG ou XML) pelo utilizador.

Um *Thick Web Client* consiste numa aplicação mais inteligente que implementa aplicações Java ou *plug-ins*.

A vantagem de um *Thin Web Client* sobre um *Thick Web Client* está no seu baixo custo e no facto de poder ser utilizado em qualquer *browser* WEB. No entanto, a interacção com o utilizador é mais complexa e restritiva, dado que qualquer pedido tem de ser descrito detalhadamente, conforme será descrito nas próximas secções deste Capítulo.

As três operações definidas para o WMS são (Figura 4.15):

- *GetCapabilities*, que se destina a disponibilizar para a aplicação cliente informação sobre os serviços que disponibiliza;
- *GetMap*, responsável por produzir o mapa, de acordo com os parâmetros especificados;
- *GetFeatureInfo* (opcional), que devolve informação sobre as entidades geográficas apresentadas pelo mapa.

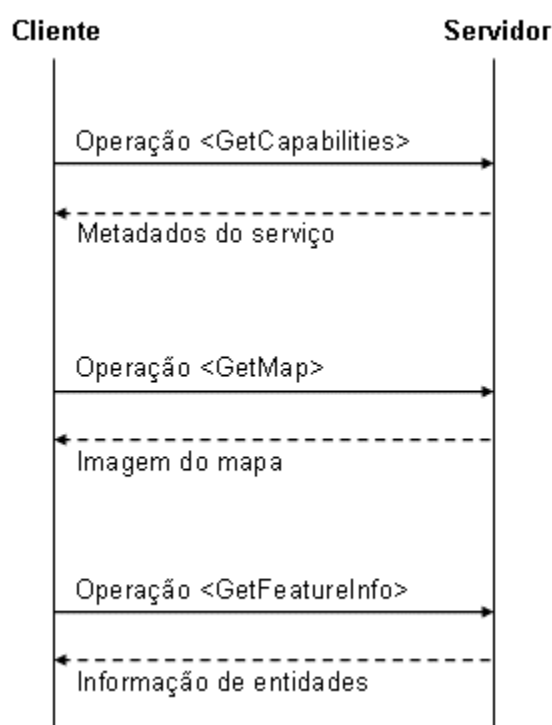


Figura 4.15: Operações WMS (Fonte: adaptado Vretanos, 2005)

Para exemplificar estas operações, foi utilizado o servidor GeoServer. O GeoServer é um *software* aberto, implementado em J2EE²³ (*Java 2 Platform, Enterprise Edition*), e contempla as especificações do *Open Geospatial Consortium*, WMS (*Web Map Service*) e WFS-T (*Web Feature*

²³ Plataforma JAVA para programação de aplicações executadas do lado do servidor.

Service-Transactional) que permite as seguintes operações: *add*, *delete*, e *update* de entidades.

4.5.1 *GetCapabilities*

É uma operação obrigatória do serviço WMS. Destina-se a publicar informações sobre os serviços disponibilizados. Estas informações correspondem aos metadados do serviço e é fornecida no formato XML (Figura 4.16).

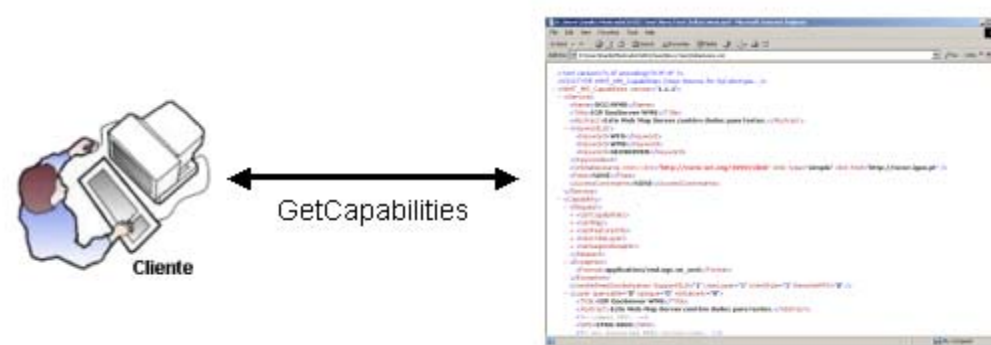


Figura 4.16: Operações *GetCapabilities* (Fonte: adaptado GeoConnections, 2004)

É através desta operação que a aplicação cliente ou utilizador fica a saber a informação que é disponibilizada e as operações que pode efectuar, por isso, deve ser a primeira operação a ser executada.

A operação *GetCapabilities* é composta pelos seguintes parâmetros:

VERSION – parâmetro opcional, especifica o número da versão da operação;

SERVICE – parâmetro obrigatório, indica que serviços possíveis estão sendo invocados. Este parâmetro permite que um mesmo URL disponibilize diferentes *OGC Web Services*. No caso particular da implementação do serviço WMS, o valor do parâmetro *SERVICE* deve ser “WMS”.

REQUEST – parâmetro obrigatório, indica qual a operação do serviço a ser pedida. Neste caso, o valor do parâmetro deve ser *GetCapabilities*.

FORMAT – parâmetro opcional, indica o formato da resposta a um pedido, normalmente em XML.

UPDATESEQUENCE – parâmetro opcional, utilizado para manter a consistência da *cache*, ou seja, o servidor e a aplicação cliente sabem quando existem mudanças no serviço (um novo mapa adicionado).

A tabela 4.3 resume os parâmetros da operação *GetCapabilities*.

Tabela 4.3: Parâmetros do pedido *GetCapabilities* (Fonte: adaptado Beaujardiere, 2006)

Parâmetro	Obrigatoriedade	Descrição
VERSION=version	Opcional	Versão da operação
SERVICE=WMS	Obrigatório	Tipo de serviço
REQUEST=GetCapabilities	Obrigatório	Nome do pedido
FORMAT=MIME_type	Opcional	Formato de retorno
UPDATESEQUENCE=string	Opcional	Número sequencial ou <i>string</i> para controlo da cache

De seguida apresenta-se um exemplo de um URL com o pedido *GetCapabilities* a um servidor WMS:

```
http://ni04:8080/geoserver/wms?request=getcapabilities&
service=WMS&version=1.1.1
```

Neste exemplo pode ver-se a invocação a um serviço WMS, através da sintaxe (*service=WMS*), utilizando a versão (*version=1.1.1*), executando a operação *GetCapabilities*, (*request=getcapabilities*).

A resposta a um pedido *GetCapabilities* é um documento no formato XML, com informação sobre o serviço, e cuja estrutura é definida por um *Document Type Definition*²⁴ (DTD). A estrutura deste documento é composta na raiz pelo elemento *WMS_MS_Capabilities* que tem dois componentes fundamentais (Figura 4.17):

1. Informação sobre o serviço (*Service*);
2. Informação sobre as operações suportadas e os temas (*layer*) disponibilizados pelo servidor (*Capabilities*).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE WMT_MS_Capabilities (View Source for full doctype...)>
- <WMT_MS_Capabilities version="1.1.1">
+ <Service>
+ <Capability>
</WMT_MS_Capabilities>
```

Figura 4.17: Exemplo das componentes *WMS_MS_Capabilities*

A informação sobre a componente *Service* contém dados gerais sobre o serviço. Estes dados são disponibilizados através dos seguintes elementos:

Name – usado para a comunicação entre a aplicação cliente e o servidor, contém o nome do serviço a utilizar, neste caso, OGC:WMS.

Title – descreve o título do serviço a um utilizador.

Abstract – para uma descrição um pouco mais extensa do serviço.

KeywordList – lista as palavras-chave, possibilitando o serviço ser catalogado e pesquisado por essas palavras.

OnlineResource – para referenciar o *site* do fornecedor do serviço.

²⁴ http://schemas.opengis.net/wms/1.1.1/WMT_MS_Capabilities.dtd

ContactInformation (opcional) – contém informação de contacto da pessoa responsável pelo serviço.

Fees (opcional) – destinado a indicar se existe alguma taxa de utilização do serviço.

AccessConstraints (opcional) – para indicar restrições de acesso ou utilização do serviço.

A Figura seguinte lista um extracto do documento XML com informação da componente *Service*.

```
- <WMT_MS_Capabilities version="1.1.1">
- <Service>
  <Name>OGC:WMS</Name>
  <Title>IGP GeoServer WMS</Title>
  <Abstract>Este Web Map Server contém dados para testes.</Abstract>
- <KeywordList>
  <Keyword>WFS</Keyword>
  <Keyword>WMS</Keyword>
  <Keyword>GEOSERVER</Keyword>
</KeywordList>
  <OnlineResource xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xlink:type="simple"
    xlink:href="http://www.igeo.pt" />
  <Fees>NONE</Fees>
  <AccessConstraints>NONE</AccessConstraints>
</Service>
```

Figura 4.18: Exemplo da componente *Service*

A componente *Capabilities* contém informações sobre as operações suportadas pelo serviço e sobre os mapas disponibilizados. Os elementos mais relevantes desta componente são (Figura 4.19):

Request – contém uma listagem das operações disponibilizadas pelo serviço.

Exception – especifica a forma como é reportado um erro. Por defeito é um documento XML.

Layer (opcional) – elemento opcional, contém informações sobre os temas suportados pelo serviço.

```

- <WMT_MS_Capabilities version="1.1.1">
+ <Service>
- <Capability>
+ <Request>
+ <Exception>
  <UserDefinedSymbolization SupportSLD="1" UserLayer="1" UserStyle="1" RemoteWFS="0" />
+ <Layer queryable="0" opaque="0" noSubsets="0">
  </Capability>
</WMT_MS_Capabilities>

```

Figura 4.19: Exemplo da componente *Capability*

Uma das partes mais importantes da componente *Capabilities* é definida pelo elemento *Layer*. É através deste elemento que o serviço publica informação sobre os mapas disponibilizados e deverá existir um elemento *Layer* para cada mapa existente no serviço. Este elemento pode conter outros elementos do mesmo tipo, que podem ser hierarquicamente dependentes. Uma propriedade definida para um *Layer* pai pode ser herdada pelos *Layer* que estão hierarquicamente dependentes. Esta propriedade traduz uma característica fundamental deste elemento, a herança.

Seguidamente, descreve-se os parâmetros do elemento *Layer*:

Title – descrição do título aos utilizadores.

Name (opcional) – usado para interacção entre serviços. Caso exista este parâmetro no elemento, então este mapa pode ser requisitado usando o valor deste elemento na requisição *GetMap*.

Abstract (opcional) – resumo das características do tema.

KeywordList (opcional) – contém uma lista de palavras-chave relacionadas com o mapa, que pode ser utilizado para pesquisar o tema.

Style (opcional) – utilizado para invocar um estilo. Podem ser definidos zero ou mais estilos para um tema.

SRS – sistema de coordenadas do mapa, sendo que cada mapa pode ter disponível vários sistemas de coordenadas. Esta especificação utiliza o *namespace* EPSG, que usa a tabela do *European Petroleum Survey Group*²⁵, que define identificadores numéricos para as projecções mais comuns e associa projecções ou metadados de coordenadas para cada identificador. O SRS pode ser indefinido (NONE) para o caso de um sistema de coordenadas ser indefinido.

LatLonBoundingBox – define o rectângulo mínimo que limita o mapa no SRS EPSG:4326²⁶.

BoundingBox (opcional) – especifica a área rectangular do mapa que deve ser mostrada, expressos na unidade SRS especificada. Não deve existir mais do que uma *BoundingBox* para o mesmo SRS. Caso o pedido contenha uma *BoundingBox* inválida, o servidor envia uma excepção.

ScaleHint (opcional) – indica a escala mínima e máxima de representação do mapa.

Dimension e Extent (opcional) – inclui informações para dados multi-dimensionais (por exemplo, concentração do ozono em diferentes camadas da atmosfera). O parâmetro *Extent* especifica que valores são válidos para uma *Dimension*.

MetadataURL (opcional) – disponibiliza informação sobre os elementos do tema.

Attribution (opcional) – fornece a identificação sobre a estrutura física do mapa ou conjunto de mapas.

Identifier e AuthorityURL (opcional) – para referência a identificadores definidos por entidades externas. O parâmetro *AuthorityURL* contém

²⁵ <http://www.epsg.org>

²⁶ EPSG:4326 - WGS84 (*World Geodesic Datum*)

um *OnlineResource* que indica o URL do documento que define os valores de identificação.

FeatureListURL (opcional) – lista as entidades que compõem o tema.

DataURL (opcional) – utilizado para fornecer mais informações sobre os elementos representados por um tema.

LayerAtributtes (opcional) – atributos de um tema (tabela 4.4).

Tabela 4.4: Atributos do *LayerAttributes* (Fonte: adaptado Beaujardiere, 2006)

Atributo	Valores permitidos	Descrição
Queryable	0 (False),1 (True)	Caso o valor seja 1 o mapa suporta a operação <i>GetFeatureInfo</i> para este mapa.
Cascaded	0, inteiro positivo	O valor maior que 0 indica que este mapa foi pedido a um outro servidor.
Opaque	0 (False),1 (True)	Se o valor é 0 indica que o mapa é transparente, enquanto que o valor 1 indica que é opaco.
NoSubsets	0 (False),1 (True)	Caso o valor seja 0, o servidor pode devolver várias regiões do mapa, o valor 1 indica que devolve o mapa todo.
FixedWidth	0, inteiro positivo	O valor 0 indica que a largura do mapa é variável. Valor diferente de 0, o mapa tem largura fixa.
FixedHeight	0, inteiro positivo	O valor 0 indica que a altura do mapa é variável. Valor diferente de 0, o mapa tem altura fixa.

A Figura 4.20 mostra um exemplo para o caso da disponibilização do mapa Freguesias no sistema de coordenadas EPSG: 4326 (*Datum* WGS 1984).


```

- <Layer queryable="1" opaque="0" noSubsets="0">
  <Name>topp:Freguesias</Name>
  <Title>Freguesias_Type</Title>
  <Abstract>Generated from Lisboa</Abstract>
  <KeywordList>
    <Keyword>Freguesias Lisboa</Keyword>
  </KeywordList>
  <SRS>EPSG:4326</SRS>
- <!--
  WKT definition of this CRS:
  GEOGCS["WGS 84",
    DATUM["WGS 1984",
      SPHEROID["WGS 84", 6378137.0, 298.257223563, AUTHORITY["EPSG","7030"]],
      AUTHORITY["EPSG","6326"]],
    PRIMEM["Greenwich", 0.0, AUTHORITY["EPSG","8901"]],
    UNIT["degree", 0.017453292519943295],
    AXIS["Lon", EAST],
    AXIS["Lat", NORTH],
    AUTHORITY["EPSG","4326"]]
  -->
  <LatLonBoundingBox minx="104607.08310504867" miny="192105.46420770756" maxx="116798.38403133948"
    maxy="203617.9090636249" />
- <Style>
  <Name>polygon</Name>
  <Title>A boring default style</Title>
  <Abstract>A sample style that just prints out a transparent red interior with a red outline</Abstract>
- <LegendURL width="20" height="20">
  <Format>image/png</Format>
  <OnlineResource xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xlink:type="simple"
    xlink:href="http://127.0.0.1:8080/geoserver/wms/GetLegendGraphic?
      VERSION=1.0.0&FORMAT=image/png&WIDTH=20&HEIGHT=20&LAYER=topp:Freguesias" />
  </LegendURL>
</Style>
</Layer>

```

Figura 4.20: Exemplo da componente *Layer*

4.5.2 GetMap

A operação *GetMap*, de implementação obrigatória, é responsável por produzir um mapa no formato requerido pela aplicação cliente (Figura 4.21). Ao receber um pedido *GetMap*, o servidor WMS deve satisfazer o pedido ou enviar uma exceção.

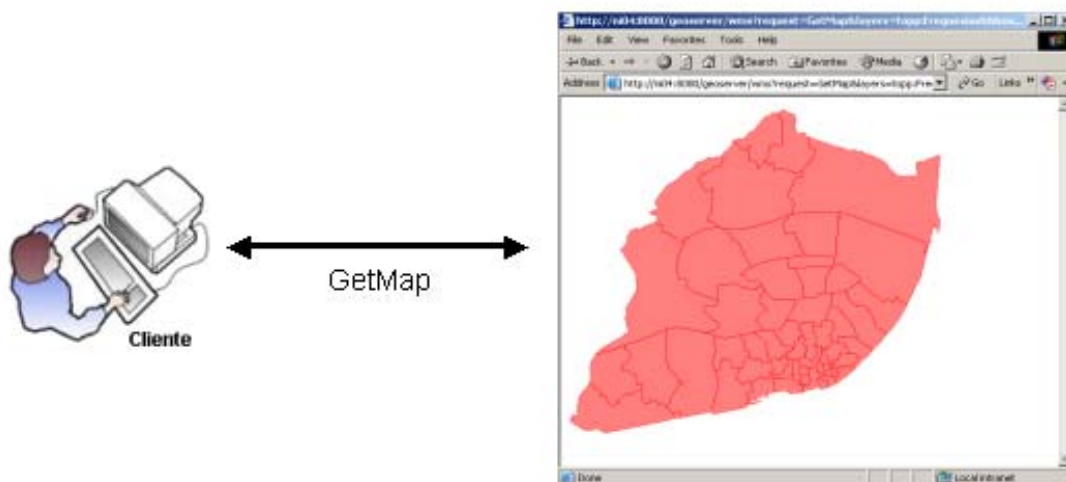


Figura 4.21: Operações GetMap (Fonte: adaptado GeoConnections, 2004)

Os principais parâmetros de um pedido *GetMap*, usados para especificar as características do mapa, são:

VERSION – parâmetro obrigatório, especifica o número da versão da operação.

REQUEST – parâmetro obrigatório, indica qual a operação do serviço a ser pedida. Neste caso, o valor do parâmetro deve ser *GetMap*.

LAYERS – parâmetro obrigatório, lista os temas que devem ser devolvidos pelo servidor WMS. Os temas têm que corresponder aos que estão referidos na operação *GetCapabilities*.

STYLES – parâmetro obrigatório, contém uma lista de estilos de representação, que indicam como vão ser desenhados cada um dos temas pedidos.

SRS – parâmetro obrigatório, indica o sistema de coordenadas utilizado para os valores do parâmetro BBOX.

BBOX – parâmetro obrigatório, quando suportado pelo servidor WMS, permite à aplicação cliente delimitar o mapa pretendido.

FORMAT – parâmetro obrigatório, indica o formato da resposta a um pedido. Os formatos permitidos são imagens (GIF, JPEG e PNG) e elementos vectoriais (SVG, WebCGM).

WIDTH e HEIGHT – parâmetros obrigatórios, especificam o tamanho em largura e altura, em pixels²⁷, da imagem de um mapa.

TRANSPARENT – parâmetro opcional, especifica se a imagem deve ser transparente ou não. Se for omitido a especificação WMS considera o valor falso. A capacidade das imagens serem transparentes permite que diferentes temas sejam sobrepostos, produzindo um novo mapa. O formato JPEG não suporta transparência.

BGCOLOR – parâmetro opcional, indica a cor de fundo em RGB (Red, Green, Blue) de um mapa.

EXCEPTIONS – parâmetro opcional, devolve um erro, no caso de um pedido incorrecto.

TIME – parâmetro opcional, destina-se a informações temporais sobre dados geográficos, usado por exemplo, em mapas meteorológicos gerados de hora a hora.

ELEVATION – parâmetro opcional, referente à altitude dos elementos de um mapa.

A tabela 4.5 resume os parâmetros da operação *GetMap*.

Tabela 4.5: Parâmetros do pedido *GetMap* (Fonte: adaptado Beaujardiere, 2006)

Parâmetro	Obrigatoriedade	Descrição
VERSION=version	Obrigatório	Versão da operação
REQUEST=GetMap	Obrigatório	Nome do pedido

²⁷ Pixel – Picture element, o elemento mais pequeno de uma imagem

LAYERS=layer_list	Obrigatório	Lista de temas separadas por vírgulas.
STYLES=style_list	Obrigatório	Lista de estilos de representação para cada tema.
SRS=namespace:identifier	Obrigatório	Sistemas de coordenadas para cada tema.
BBOX=minx,miny,maxx,maxy	Obrigatório	Delimitação do mapa nas unidades SRS.
WIDTH=output_width	Obrigatório	Largura da imagem em pixels.
HEIGHT=output_height	Obrigatório	Altura da imagem em pixels.
FORMAT=output_format	Obrigatório	Formato da imagem.
TRANSPARENT=TRUE FALSE	Opcional	Se a imagem é transparente ou não.
BGCOLOR=color_value	Opcional	Número hexadecimal em RGB da cor de fundo do mapa.
EXCEPTIONS=exception_format	Opcional	Formato em que deve ser devolvido uma exceção. Por defeito, documento XML.
TIME=time	Opcional	Tempo (data/hora) dos elementos do mapa.
ELEVATION=elevation	Opcional	Altitude dos elementos do mapa.

Uma resposta válida para um pedido *GetMap* corresponde a uma imagem contendo as informações pedidas, obedecendo ao sistema de coordenadas, extensão, tamanho, transparência e formato especificados.

Para um pedido inválido, o servidor WMS deve devolver um erro no formato XML.

Um exemplo de um pedido *GetMap* a um servidor WMS é dado pelo seguinte URL:

```
http://ni04:8080/geoserver/wms?request=GetMap&layers=topp:Freguesias&
bbox=104607.083,192105.464,116798.384,203617.909&
width=400&height=370&srs=EPSG:4326&styles=polygon&Format=image/png
```

Nesta invocação é pedido um mapa no formato png com 400 pixels de largura e 370 de altura. Este pedido inclui o tema Freguesias com estilo *polygon* (ver Figura 4.16 – parâmetro *style*) no sistema de referência EPSG:4326 (WGS84 – *World Geodesic Datum*).

A resposta ao pedido anterior corresponde a um mapa no formato requerido pelo utilizador (Figura 4.22).

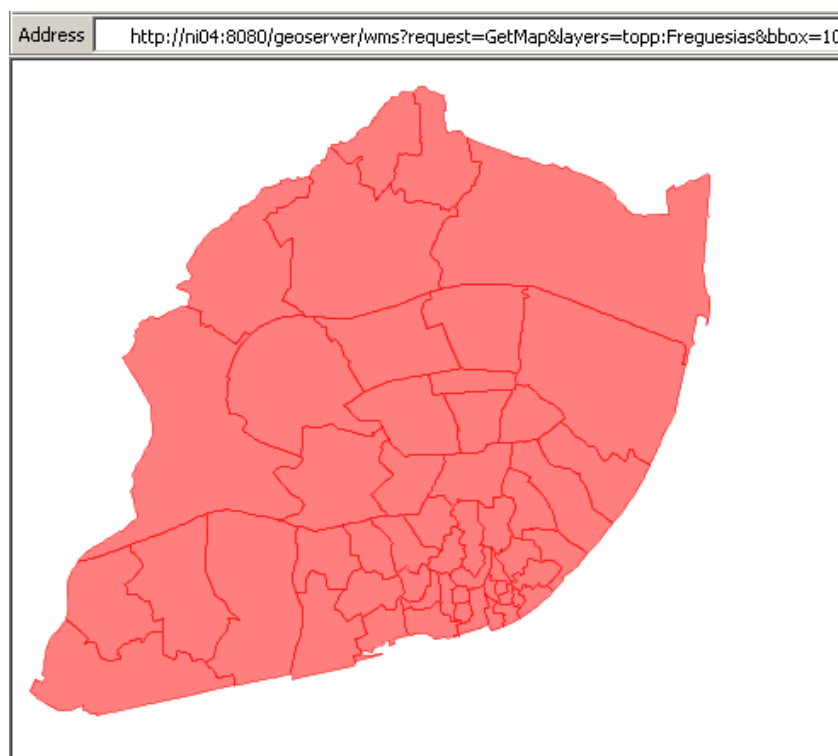


Figura 4.22: Resposta da operação *GetMap*

4.5.3 *GetFeatureInfo*

A operação *GetFeatureInfo*, de implementação opcional, permite a uma aplicação cliente requerer mais informações, além das contidas no mapa, devolvido pela operação *GetMap*.

O caso típico de uso desta operação é, depois de receber um mapa, o utilizador pretender obter mais informações acerca de um ponto do mapa (Figura 4.23). Esta operação é suportada pelos elementos *Layer* cujo atributo *queryable* tenha o valor 1 (*true*).

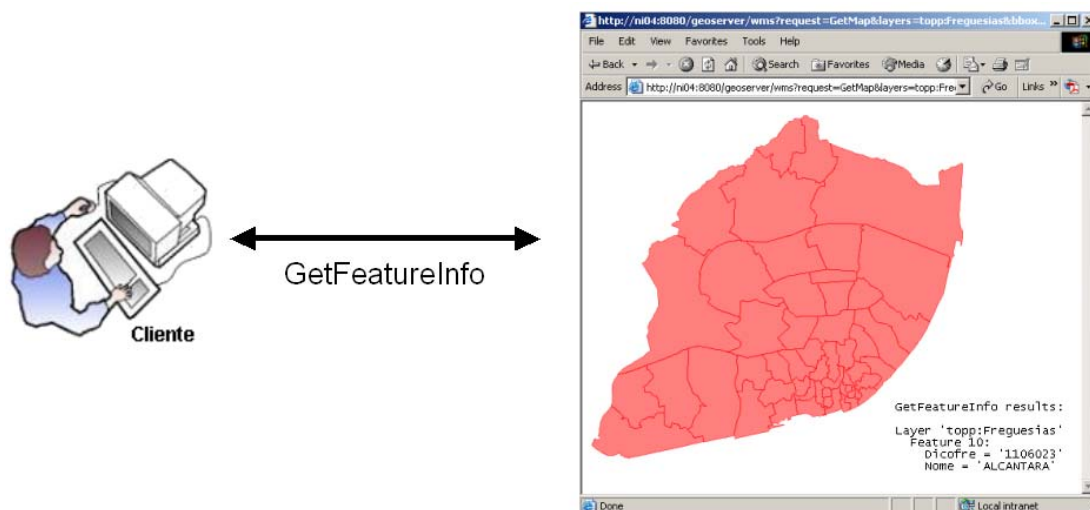


Figura 4.23: Operações GetFeatureInfo (Fonte: adaptado GeoConnections, 2004)

Esta operação permite ao utilizador indicar qual o pixel, através das suas coordenadas, para o qual quer obter mais informações e em que tema deve essa informação ser obtida. Como o WMS não guarda o estado dos pedidos, a operação *GetFeatureInfo* tem de incluir a maior parte dos parâmetros da operação *GetMap* (todos os parâmetros indicados no ponto 4.3.9, excepto os parâmetros *VERSION* e *REQUEST*). Com os parâmetros originais da operação *GetMap* (BBOX, SRS, WIDTH, HEIGHT), mais as coordenadas X e Y do ponto do qual se deseja obter mais informações, o servidor WMS, devolve mais informações sobre o ponto inquirido.

Os parâmetros principais de uma operação *GetFeatureInfo* são os seguintes:

VERSION – parâmetro obrigatório, especifica a versão da operação;

REQUEST – parâmetro obrigatório, indica qual a operação do serviço a ser pedida. Neste caso, o valor do parâmetro deve ser *GetFeatureInfo*.

map_request_part – parâmetro obrigatório, os parâmetros da operação *GetMap* são repetidos.

QUERY_LAYERS – parâmetro obrigatório, lista os temas em relação aos quais se pretende obter informações.

INFO_FORMAT – parâmetro opcional, indica qual o formato utilizado na devolução da operação.

FEATURE_COUNT – parâmetro opcional, indica o número de entidades em relação aos quais deve ser devolvida a informação.

I, J – parâmetro obrigatório, indica o ponto seleccionado no mapa. Este ponto deve estar entre as coordenadas *WIDTH* e *HEIGHT*.

EXCEPTIONS – parâmetro opcional, define a forma de reportar os erros. Por defeito, é um documento XML.

A tabela 4.6 resume os parâmetros da operação *GetFeatureInfo*.

Tabela 4.6: Parâmetros do pedido *GetFeatureInfo* (Fonte: adaptado Beaujardiere, 2006)

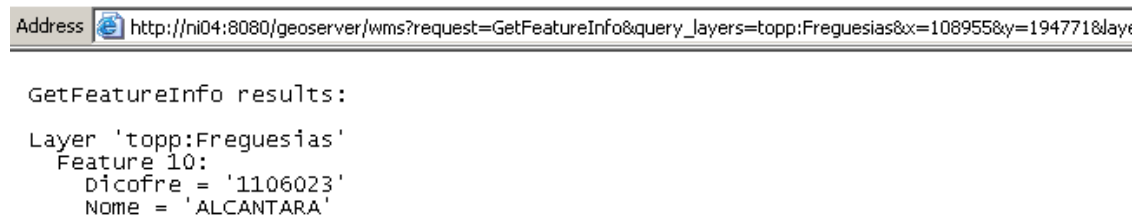
Parâmetro	Obrigatoriedade	Descrição
VERSION=version	Obrigatório	Versão da operação
REQUEST=GetFeatureInfo	Obrigatório	Nome do pedido
<i>map_request_part</i>	Obrigatório	Cópia parcial dos parâmetros da operação <i>GetMap</i> .
QUERY_LAYERS=layer_list	Obrigatório	Lista de temas dos quais se deseja obter informações.
INFO_FORMAT=output_format	Obrigatório	Formato de resposta do pedido.
FEATURE_COUNT=number	Opcional	Número de entidades em relação às quais deve ser devolvida a informação. O valor de defeito é 1.
I=pixel_column	Obrigatório	Coordenada <i>i</i> (coluna) do ponto de identificação em pixels.
J=pixel_row	Obrigatório	Coordenada <i>j</i> (linha) do ponto de identificação em pixels.
EXCEPTIONS=exception_format	Opcional	Formato em que deve ser reportado um erro.

O servidor WMS deve devolver uma resposta de acordo com o *INFO_FORMAT* pedido ou enviar uma exceção, caso seja necessário.

A invocação de um pedido *GetFeatureInfo* a um servidor WMS é dada pelo seguinte URL:

```
http://ni04:8080/geoserver/wms?request=GetFeatureInfo&
query_layers=topp:Freguesias&x=108955&y=194771&
layers=topp:Freguesias&bbox=104607.083,192105.464,
116798.384,203617.909&width=400&height=370&srs=EPSG:4326
&styles=&format=text/plain
```

Nesta invocação é pedida informação adicional ao tema Freguesias através do parâmetro *query_layers* ao ponto coordenado definido pelos parâmetros *x* (coluna) e *y* (linha). De notar que o parâmetro *queryable* da componente *Layer* é *True* (Figura 4.20). A resposta a este pedido é dada em formato *plain text* mostrada na figura seguinte.



```
Address http://ni04:8080/geoserver/wms?request=GetFeatureInfo&query_layers=topp:Freguesias&x=108955&y=194771&layers=topp:Freguesias&bbox=104607.083,192105.464,116798.384,203617.909&width=400&height=370&srs=EPSG:4326&styles=&format=text/plain

GetFeatureInfo results:
Layer 'topp:Freguesias'
Feature 10:
  Dicofre = '1106023'
  Nome = 'ALCANTARA'
```

Figura 4.24: Resposta da operação *GetFeatureInfo*

4.6 Atlas na WEB que utilizam a especificação WMS

4.6.1 Atlas Nacional do Canadá

O Atlas Nacional do Canadá²⁸ foi publicado em cinco edições, formato papel, desde 1906. Em Agosto de 1999, foi lançada a sexta edição do Atlas Nacional do Canadá, na *International Cartographic Association Conference* em Ottawa. A partir desta data passou a integrar a *Canadian Geospatial Data Infrastructure* (CGDI).

Esta nova edição oferece maior interactividade aos utilizadores. Na página de entrada do *site*, versão em inglês (Figura 4.25), destacam-se as opções oferecidas pelo Atlas Nacional do Canadá: consulta e visualização de diversos mapas temáticos, aulas on-line para utilização de professores e alunos e recursos como *download* gratuito de mapas e acesso a um serviço WMS de alguns mapas temáticos.



Figura 4.25: Página inicial do Atlas do Canadá (Fonte: <http://atlas.nrcan.gc.ca/>)

²⁸ <http://atlas.nrcan.gc.ca/>

Web Map Service

O Atlas do Canadá OGC é um serviço que disponibiliza funcionalidades WMS para acesso a alguns mapas temáticos do Atlas do Canadá. Este serviço permite o acesso a 25 temas a diversas escalas (Figura 4.26).

WMS Map Layers

There are 25 individual base layers with English titles provided by this WMS (a separate WMS exists with French layer titles and descriptions). The labels (names) of the populated places are provided in separate layers from their associated point locations (symbols).

The following 25 national scale base layers are currently available through the Atlas WMS:

1. Regions outside Canada (1:2 000 000)
2. Regions outside Canada (1:7 500 000)
3. Regions outside Canada (1:15 000 000)
4. Water areas (1:2 000 000)
5. Water areas (1:7 500 000)
6. Water areas (1:15 000 000)
7. Water areas (1:60 000 000)
8. Drainage (1:2 000 000)
9. Drainage (1:7 500 000)
10. Drainage (1:15 000 000)
11. Drainage (1:60 000 000)
12. Road network (1:2 000 000)
13. Road network (1:7 500 000)
14. Road network (1:15 000 000)
15. Provincial and Territorial Boundaries
16. Boundaries
17. Landmass outline (1:7 500 000)
18. Populated Places (symbols 1:2M)
19. Populated Places (labels 1:2M)
20. Populated Places (symbols 1:7.5M)
21. Populated Places (labels 1:7.5M)
22. Populated Places (symbols 1:15M)
23. Populated Places (labels 1:15M)
24. Capital Cities (symbols)
25. Capital Cities (Canada)

Figura 4.26: Temas WMS do Atlas do Canadá (Fonte: <http://atlas.nrcan.gc.ca/>)

A operação que permite a consulta das informações sobre o serviço WMS e que auxilia a formulação de pedidos válidos é dada pela especificação *GetCapabilities*:

```
http://atlas.gc.ca/cgi-bin/atlaswms_en?  
VERSION=1.1.1&request=Getcapabilities&service=wms
```

A Figura seguinte mostra um extracto do documento *GetCapabilities*.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="no" ?>  
<!DOCTYPE WMT_MS_Capabilities (View Source for full doctype...)>  
<!-- end of DOCTYPE declaration -->  
- <WMT_MS_Capabilities version="1.1.1">  
  <!-- MapServer version 4.8.1-AoC OUTPUT=GIF OUTPUT=PNG OUTPUT=JPEG OUTPUT=WBMP OUTPUT=SVG SUPPORTS=PROJ  
    SUPPORTS=FREETYPE SUPPORTS=WMS_SERVER SUPPORTS=WMS_CLIENT SUPPORTS=WFS_SERVER INPUT=EPPL7 INPUT=POSTGIS INPUT=OGR  
  - <Service>  
    <Name>OGC:WMS</Name>  
    <Title>Atlas of Canada WMS</Title>  
    <Abstract>The Atlas of Canada's Web Mapping Service (WMS) is an Internet-based service designed to provide developers  
      of on-line mapping tools access to the Atlas of Canada's base layers. By using this service, developers gain access to our  
      most current and accurate base data for rendering customized maps. Our OGC-compliant WMS technology will is  
      provided free of charge and does not require a contract, license agreement or any special software systems - only a web  
      browser such as Internet Explorer or Netscape. Due to non-redistribution agreements in effect between the Atlas and our  
      providers of thematic data, we are only able to make base information available to the public for the time being. Please  
      note that all our base layers were compiled from data at a scale of 1:7 500 000 and subsets were created to optimize  
      visualization at three other scales: 1:2 000 000, 1:15 000 000 and 1:60 000 000. There are 25 individual base layers  
      provided and each is available with either an English or a French title, for a total of 50 layers. The labels (names) of the  
      populated places are provided in separate layers from their associated point locations (symbols).</Abstract>  
    <OnlineResource xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"  
      xlink:href="http://atlas.gc.ca/site/english/dataservices/web_map_service.html" xlink:type="simple" />  
    + <ContactInformation>  
    </Service>  
  - <Capability>  
    - <Request>  
      + <GetCapabilities>  
      + <GetMap>  
      + <GetFeatureInfo>  
      + <DescribeLayer>  
      + <GetLegendGraphic>  
    </Request>  
    + <Exception>  
    <VendorSpecificCapabilities />  
    <UserDefinedSymbolization SupportSLD="1" UserLayer="0" UserStyle="1" RemoteWFS="0" />  
    - <Layer queryable="0" opaque="0" noSubsets="0">
```

Figura 4.27: Extracto do documento *GetCapabilities* do Atlas do Canadá
(Fonte: <http://atlas.nrcan.gc.ca/>)

A operação *GetMap* devolve uma imagem cujos conteúdo e dimensão são definidos pelo cliente. A formulação de uma operação *GetMap*, usada para a produção de um mapa, é dada pelo exemplo seguinte:

```
http://atlas.gc.ca/cgi-bin/atlaswms_en?VERSION=1.1.0  
&request=GetMap&SRS=EPSG:42304&BBOX=-2750564.75,-936638.5,  
3583872.5,4673125&WIDTH=500&HEIGHT=500&LAYERS=wa_15m  
&STYLES=&FORMAT=GIF
```

O pedido anterior solicita o tema *Water areas* (*layer wa_15m*) à escala 1:15 000 000. A resposta consiste numa imagem, gerada segundo os parâmetros especificados, conforme a Figura seguinte:

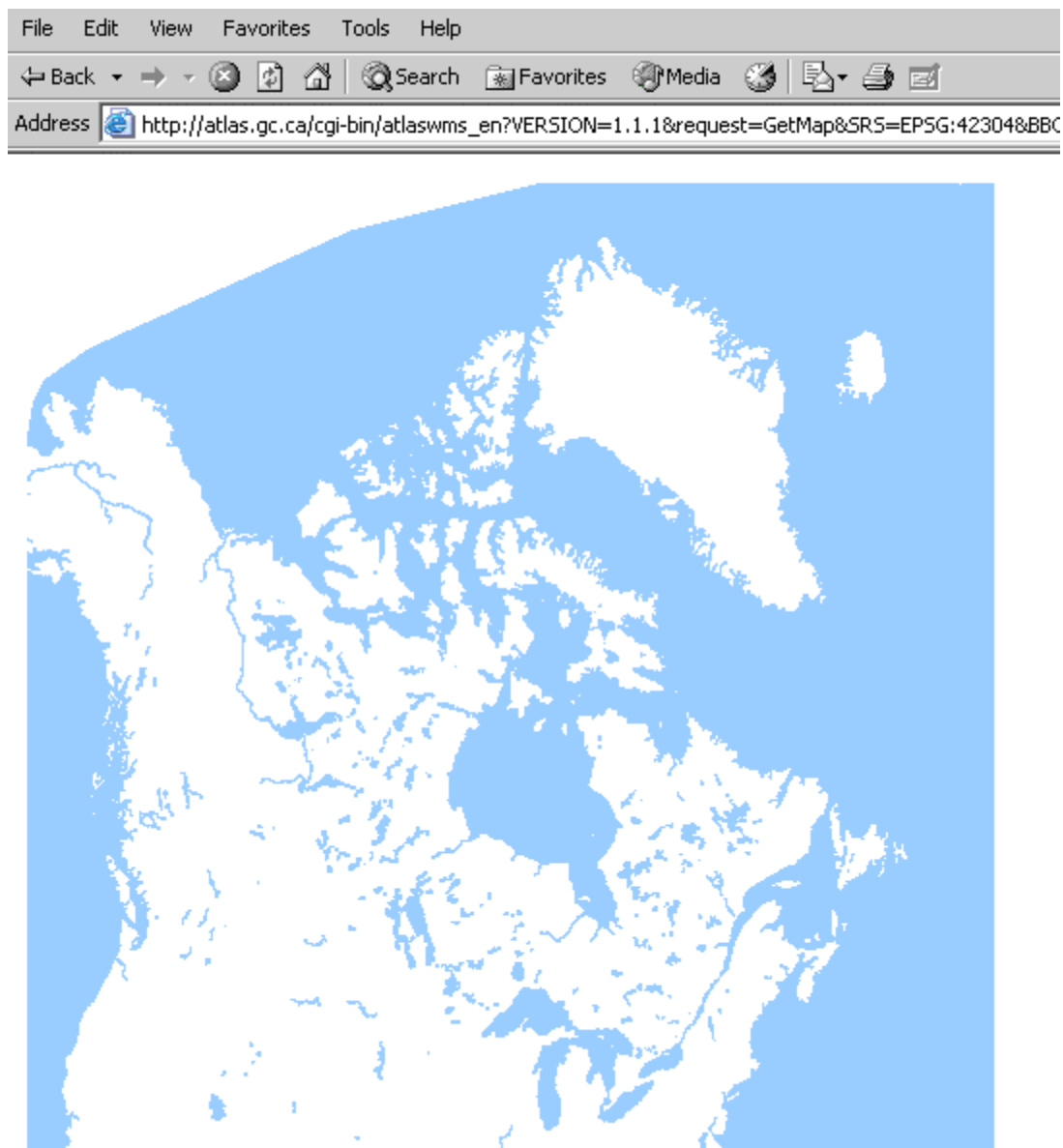


Figura 4.28: Resposta ao pedido *GetMap* do Atlas do Canadá
(Fonte: <http://atlas.nrcan.gc.ca/>)

4.6.2 *Atlas Nacional dos Estados Unidos*

O Atlas Nacional dos Estados Unidos²⁹ começou a ser desenvolvido em 1997, pelo *United States Geological Survey* (USGS) com o apoio do governo americano, e corresponde a uma actualização dos mapas em papel publicados desde 1970. Possibilita o acesso a diversas áreas temáticas e inclui produtos e serviços projectados para estimular o utilizador a visualizar e entender as relações e padrões espaciais entre os diferentes temas.

Web Map Service

O Atlas Nacional dos Estados Unidos disponibiliza funcionalidades WMS para acesso a diferentes temas especificados no documento *GetCapabilities*. O sistema de referência espacial para todos os temas é o de Lambert azimuthal equal-area, que utiliza o *namespace* EPSG: 2163.

Este serviço WMS também está disponível através do *Geography Network*.

A operação *GetCapabilities* é dada pelos seguintes URL:

<http://nationalatlas.gov/natlas/capabilities.xml>

ou,

<http://nationalatlas.gov/natlas/WMSProcess.asp>

²⁹ <http://www-atlas.usgs.gov/>

A figura seguinte mostra um extracto do documento *GetCapabilities*.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<!DOCTYPE WMT_MS_Capabilities (View Source for full doctype...)>
- <WMT_MS_Capabilities version="1.0.7" updateSequence="0">
- <Service>
  <Name>GetMap</Name>
  <Title>National Atlas of the United States Map Server</Title>
  <Abstract>WMT Map Server maintained by National Atlas Team - USGS Contact: atlasmail@usgs.gov.
    variety of themes</Abstract>
  <!-- Should KeywordList be expanded -->
- <KeywordList>
  <Keyword>agriculture</Keyword>
  <Keyword>biology</Keyword>
  <Keyword>boundaries</Keyword>
  <Keyword>climate</Keyword>
  <Keyword>geology</Keyword>
  <Keyword>hydrography</Keyword>
  </KeywordList>
  <OnlineResource xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xlink:href="http://nationalatlas.gov" />
  (...)
- <Layer queryable="0" opaque="0" noSubsets="0">
  <Title>National Atlas of the United States Map Server</Title>
  <SRS>EPSG:2163</SRS>
  <!-- all layers are only available in this SRS
    this SRS is defined by EPSG as of 6/19/2001
    Projection Lambert Azimuthal (Equal Area)
    Datum North American Datum 1983
    Zunits No
    Units Meters
    Xshift 0.0000000000
    Yshift 0.0000000000
    Parameters
    6370997.00000 /* radius of the sphere of reference
    -100 0 0.000 /* longitude of center of projection
    45 0 0.000 /* latitude of center of projection
    0.00000 /* false easting (meters)
    0.00000 /* false northing (meters)
    -->
  <LatLonBoundingBox minx="-179.99" miny="12" maxx="-60." maxy="72" />
  <BoundingBox SRS="EPSG:2163" minx="-5720171" miny="-2783739.25" maxx="4279073" maxy="4487617" />
  <ScaleHint min="84679" max="86711870" />
- <Layer queryable="0" opaque="0" noSubsets="0">
  <Title>Agriculture</Title>
  <MetadataURL type="FGDC" format="SGML">http://nationalatlas.gov/agcensusm.html</MetadataURL>
```

Figura 4.29: Extracto do documento *GetCapabilities* do Atlas dos Estados Unidos
(Fonte: <http://www-atlas.usgs.gov/>)

Um exemplo da operação *GetMap* é dada pelo seguinte URL:

```
http://nationalatlas.gov/servlet/com.esri.esrimap.Esrimap?name=VBatlas&
Request=Map&Width=450&Height=320&Layers=background,states,Grid&
SRS=EPSG:2163& BBOX=-5720171,-2783739.25,4279073,4487617 &
Format=JPEG& Transparent=True&BGColor=0xffaadd
&WMTVER=1.0.7&Exceptions=WMS_XML
```

Este pedido requisita três temas, “background”, “states” e “grid”, no sistema de coordenadas EPSG:2163 (*Lambert Azimuthal -Equal Area, Datum North American Datum 1983*) no formato JPEG. A figura seguinte mostra a imagem devolvida pelo servidor WMS.

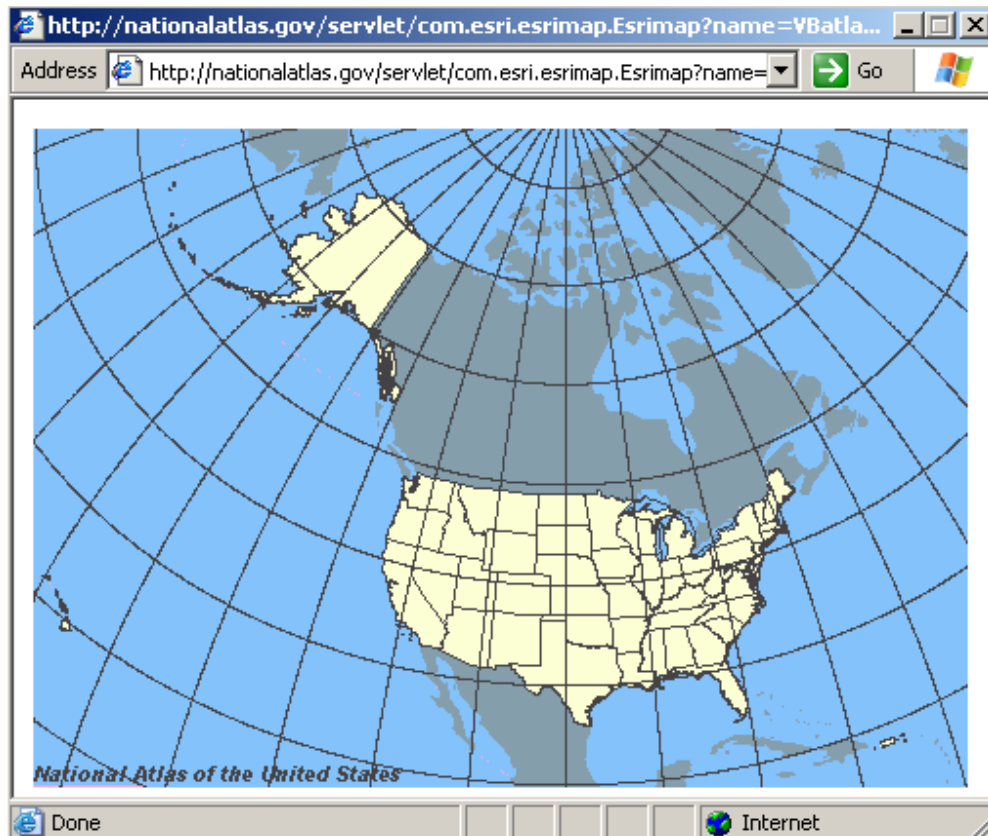


Figura 4.30 Resposta ao pedido *GetMap* do Atlas dos Estados Unidos
(Fonte: <http://www-atlas.usgs.gov/>)

5. A implementação do serviço de visualização do Atlas de Portugal na WEB

O Atlas de Portugal na WEB tem por objectivo disponibilizar um conjunto de informações, de âmbito social, ambiental e económico que fazem o retrato do Portugal actual, proporcionando assim, a criação de conhecimento e a satisfação das necessidades dos cidadãos.

A motivação principal deste trabalho é desenvolver uma aplicação que permita a visualização dessa Informação Geográfica, disponível num servidor de mapas WMS, por meio de um *browser* WEB. A arquitectura *Web Service* da aplicação é composta pelo Fornecedor e pelo Cliente. O Fornecedor disponibiliza o serviço WMS através de um servidor de mapas que o Cliente utiliza por meio de um *browser* WEB (Figura 5.1).



Figura 5.1: Arquitectura *Web Services* da aplicação de visualização

Pretende-se assim criar um Atlas na WEB com capacidades interactivas para visualização de um conjunto de temas que utilizam a especificação WMS. Esta especificação permite que os utilizadores consultem a informação utilizando aplicações genéricas de visualização independentemente da plataforma utilizada.

Este capítulo descreve as várias tarefas levadas a cabo na implementação do serviço de visualização do Atlas de Portugal. Começa por uma breve descrição do *site*, das funcionalidades disponíveis e dos temas que fazem parte da aplicação. De seguida descreve-se a implementação do servidor do visualizador de mapas. Finaliza-se o capítulo com a apresentação dos resultados obtidos com a utilização da aplicação desenvolvida.

5.1 *Atlas de Portugal na WEB*

A Associação Cartográfica Internacional tem promovido intensos debates quanto ao papel dos Atlas Nacionais no processo de disseminação da Informação Geográfica, motivado pelo reconhecimento da eficiência da linguagem cartográfica na exploração e compreensão dos fenómenos naturais e sociais que caracterizam o espaço geográfico.

Como foi descrito anteriormente, um Atlas na sua forma mais simples pode ser visto como uma combinação estruturada e intencional de mapas (Cartwright, 1999) elaborado para um objectivo específico (Koop, 1998). Para Kraak (2001c), os Atlas serão provavelmente os produtos cartográficos mais conhecidos. Os Atlas são colecções de mapas temáticos que representam os múltiplos aspectos da Geografia Física e Humana. Estes mapas constituem uma ferramenta básica de aprendizagem acerca do meio ambiente e do mundo que nos rodeia.

Os primeiros Atlas modernos são os *Ortelius' Theatrum Orbis Terrarum*, publicado em 1570, e o *Atlas sive Cosmographicae Meditationes de Fabrica Mundi et Fabricati Figura* de Gerhard Mercator, publicado em 1585. O termo *atlas* utilizado por Mercator faz referência à figura mitológica grega condenada a suportar o mundo sobre os ombros (Kraak, 2001c).

O Atlas de Portugal é um Atlas nacional, promovido pelo Instituto Geográfico Português, que pretende ser “um documento de suporte às várias actividades de Instituições Públicas e Privadas, dos estabelecimentos de ensino, de processos de avaliação dos programas comunitários e, em última instância, que sirva com obra de referência ao cidadão em geral” (IGP, 2006), constituindo-se assim num instrumento valioso de transmissão de informação e de suporte à decisão.

Este Atlas encontra-se dividido em quatro secções que fazem um retrato actual do País. Representa de uma forma abrangente a dinâmica do espaço

geográfico nacional, retratando as formas e o uso do território, o movimento da população, as actividades sócio-económicas, as relações externas e as comunidades portuguesas no mundo.

O desenvolvimento do Atlas de Portugal na WEB (Figura 5.2) obedece aos mesmos princípios da sua edição em papel. Encontra-se dividido em quatro secções:

- Um país de área repartida;
- Os homens e os meios;
- O País sócio-económico;
- Portugal num mundo de relações.



Figura 5.2: Página de entrada do Atlas de Portugal

Através do *link* “Web Services”, o utilizador tem acesso a um conjunto de informações sobre o serviço WMS do Atlas de Portugal na WEB, nomeadamente, quais os temas disponíveis, em que sistemas de referência se encontram e formas de acesso ao serviço (Figura 5.3). Nesta primeira fase estão disponíveis 17 temas.

Exploração do ATLAS	Web Map Service do ATLAS de Portugal
Um País de área repartida >	<p>O <i>Open Geospatial Consortium</i> (OGC), fundado em 1994, tem como objectivo conceber especificações para a integração de informação geográfica e seu processamento, de forma a permitir a utilização e divulgação de informação de forma aberta e independente do suporte utilizado.</p> <p>O serviço Web Map Service (WMS) do Atlas de Portugal na WEB permite o acesso a diferentes temas do Atlas através da especificação WMS do <i>Open GeoSpatial Consortium</i>.</p> <p>A especificação WMS define a forma de criação e visualização de mapas georreferenciados a partir de diversas fontes de dados distribuídas e heterogéneas. Para mais informações consultar o manual do OGC.</p>
Os homens e os meios >	
O País sócio-económico >	
Portugal num mundo de relações	
Anexos	
Outros recursos	Temas disponíveis
MIG	Estão disponíveis os seguintes temas:
Metadados	1. Falhas activas
Atlas do Ambiente	2. Geologia
	3. Tipos de solo
	4. Intensidade de sismos
	5. Insolação
	6. Precipitação
	7. Precipitação total anual
	8. Temperatura média anual
	9. Índice de dependência total
	10. Índice de envelhecimento
	11. Densidade populacional
	12. Regiões agrícolas
	13. Regiões de turismo
	14. PIB per capita
	15. Concelhos continente
	16. Distritos continente
	17. NUT II continente
Data services	
Web Services	
Mapas gratuitos >>	
Crie o seu mapa	
Search for:	
<input type="text"/>	<input type="button" value="OK"/>
Google	
	Serviços
	GetCapabilities
	Para consultar informações gerais sobre o serviço WMS do Atlas de Portugal na WEB deve invocar a operação <i>GetCapabilities</i> , disponibilizada no formato XML. Para aceder a esta operação deve invocar o pedido seguinte no seu URL:
	http://atlas.igeo.pt:8181/wmsconnector/com.esri.wms.EsriMap/Atlas?request=getcapabilities&service=WMS&version=1.1.1
	GetMap
	A operação <i>GetMap</i> , é responsável por produzir um mapa no formato requerido pelo cliente. Um exemplo pode ser dado pelo seguinte URL:
	http://atlas.igeo.pt:8181/wmsconnector/com.esri.wms.EsriMap/Atlas?request=GetMap&service=WMS&version=1.1.1&layers=Distritos&bbox=-12.4493883885,36.7473660571,-3.3014179705,42.2831938048&width=1000&height=600&srs=EPSG:4326&Format=image/png

Figura 5.3: Página *Web Services* do Atlas de Portugal na WEB

5.2 Fontes de informação

A tabela que se segue representa a lista de temas disponíveis no servidor de mapas WMS. Para cada tema é apresentada a sua estrutura, composta pelo tipo de dados e pelo detentor da informação.

Tabela 5.1: Estrutura dos temas disponibilizados

Tema	Tipo	Fonte
Carta Geológica	<i>ShapeFile</i> de polígonos	INETI
Falhas activas	<i>ShapeFile</i> de linhas	INETI
Intensidade sísmica	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IA
Tipos de solo	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IA
Insolação	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IA
Precipitação	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IA
Precipitação Total Anual	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IA
Temperatura Média Anual	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IA
Índice Dependência Total	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IGP – INE
Índice Envelhecimento	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IGP – INE
Densidade Populacional	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IGP – INE
Regiões Agrícolas	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IGP – INE
Regiões de Turismo	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IGP – DGT
PIB per Capita	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IGP – INE
Concelhos Continente	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IGP
Distritos Continente	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IGP
NUT II Continente	<i>ShapeFile</i> de polígonos	IGP

5.3 Desenvolvimento do servidor

Para permitir o acesso, visualização e processamento de Informação Geográfica na *Internet* usando a especificação WMS é necessário desenvolver um servidor de mapas capaz de implementar os padrões definidos pelo OGC.

Basicamente, um servidor de mapas WMS deve ser capaz de:

- Descrever que mapas estão disponíveis, quais podem ou não ser consultados, de forma a permitir a um utilizador saber que mapas podem ser requisitados;
- Gerar mapas georreferenciados em formato *raster*, SVG ou WebCGM;
- Responder a perguntas sobre o conteúdo de um mapa devolvendo informações sobre qualquer entidade do mapa, quando disponível.

5.3.1 Arquitectura do servidor

A arquitectura da aplicação de visualização obedece ao modelo típico cliente/servidor. Ao nível do servidor WEB (plataforma Windows 2003 Server), procedeu-se à instalação e configuração do servidor de mapas, ESRI ArcIMS e de um servidor HTTP, o Apache Tomcat.

- ESRI ArcIMS: servidor de mapas que interpreta dados geográficos e permite disponibilizá-los na WEB;
- Apache Tomcat: servidor de aplicações HTTP, que tem a função de enviar e receber informações através do protocolo HTTP. Funciona

como um contendor de *servlets*³⁰ desenvolvido sob o *Jakarta Project* na *Apache Software Foundation*.

Uma vez que se perspectiva a necessidade da implementação de duas aplicações de visualização com vista a suportar duas componentes do SNIG (visualizador do SNIG e visualizador do Atlas de Portugal), a metodologia de desenvolvimento adoptada baseia-se na arquitectura Windows DNA da Microsoft (*Microsoft Windows Distributed interNet Application*) (Figura 5.4).

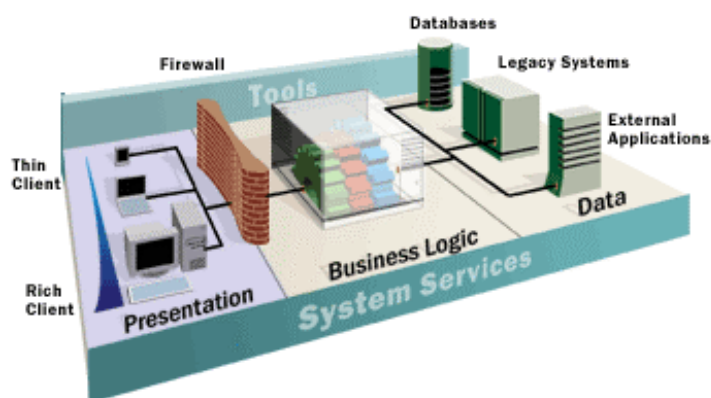


Figura 5.4: Arquitectura Windows DNA (Fonte: Microsoft, 2006)

Com efeito, este modelo permite que um componente de *software* desenvolvido, seja utilizado por várias aplicações, promovendo assim a reutilização de código.

Esta arquitectura especifica como desenvolver aplicações robustas, escaláveis e distribuídas usando a plataforma Windows. O Windows DNA está baseado no conceito de que as aplicações distribuídas devem ser separadas logicamente em três camadas. Assim, o Windows DNA é uma arquitectura geral que descreve como construir aplicações de três camadas (*three-tier*) para a plataforma Windows (Figura 5.5).

³⁰ *Servlets*, são pequenos programas que executam funções num servidor. O termo *servelt*, foi criado no contexto *Java applet*: pequenos programas que enviam um ficheiro separado na WEB por via de uma página HTML.

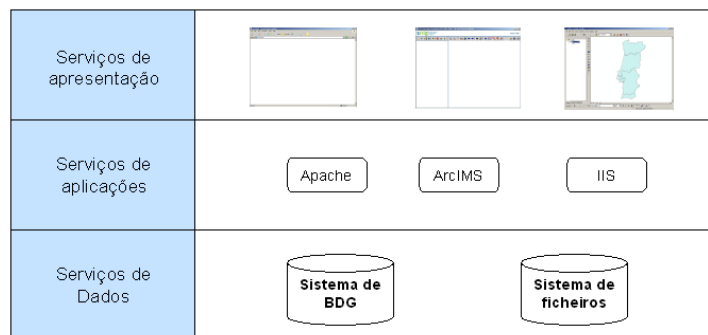


Figura 5.5: Estrutura do modelo *three-tier* da aplicação

O modelo de três camadas veio impor uma certa ordem na filosofia de construção de aplicações distribuídas, onde diferentes partes de uma aplicação podem residir em diferentes máquinas. Segundo este modelo, ao construir-se uma aplicação distribuída, o princípio de organização consiste em dividir os requisitos em três camadas distintas, os serviços de apresentação, os serviços de aplicações, e os serviços de base de dados, ou seja (Microsoft, 2006):

1. Serviços de apresentação (*Presentation Layer*);
2. Servidor de Aplicações (*Business Layer*);
3. Servidor de Base de Dados (*Data Access Layer*).

A primeira camada, os serviços de apresentação, referem-se à interface com o utilizador, ou à interacção do utilizador com o sistema. É a componente responsável pela disponibilização de informação ao utilizador e interligação com os serviços de processamento.

A segunda camada, os serviços de processamento, referem-se às regras lógicas, ou de processamento, que controlam o comportamento do sistema. É responsável pela interligação entre a componente do servidor de aplicações e o servidor de Base de Dados.

A terceira camada, os serviços de base de dados, é a componente responsável pelo armazenamento e manutenção de dados.

As vantagens de utilização deste modelo são as seguintes (Cabral, 2001):

- Reutilização, permite que as funcionalidades podem ser partilhadas e reutilizadas por várias aplicações;
- Flexibilidade, onde o processamento pode ser distribuído do posto de trabalho para servidores mais poderosos, o que ajuda a satisfazer, em algumas situações, requisitos de desempenho;
- Gestão, torna mais simples e fácil de gerir as aplicações;
- Manutenção, caso se verifiquem alterações nos serviços aplicacionais basta alterar a implementação do componente que disponibiliza esses serviços.

A Figura 5.6 descreve de forma simplificada a arquitectura global da aplicação, que obedece ao modelo *three-tier*. Ao nível dos clientes, é necessário um *browser* WEB ou um *SIG Desktop*, que corresponde aos serviços de apresentação. A nível do servidor existem o servidor de aplicações (HTTP e SIG), correspondente à camada de serviços de aplicações e o servidor de dados, correspondente ao serviço de dados.

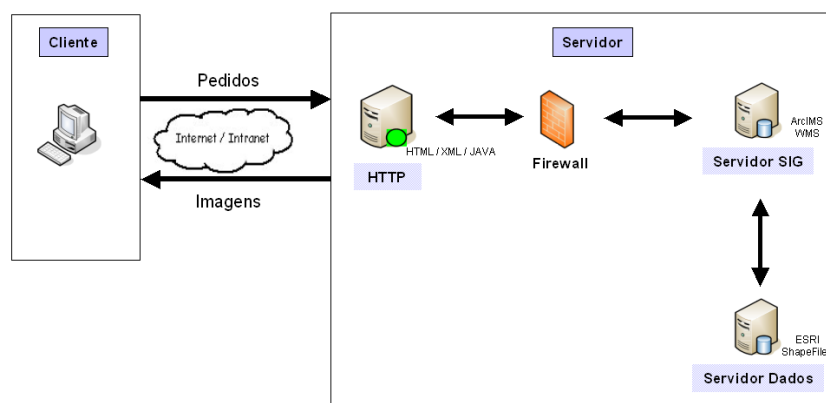


Figura 5.6: Arquitectura global da aplicação de visualização

Por motivos de segurança, o servidor aplicacional SIG e o servidor de dados estão protegidos dos acessos externos por uma *Firewall*. Os pedidos dos clientes são efectuados ao servidor HTTP, que por sua vez comunica com o servidor SIG que gera o mapa pedido utilizando os dados que estão no servidor SIG e envia novamente para o servidor HTTP, que devolve ao cliente o mapa pretendido.

5.3.2 Servidor de mapas ArcIMS

O ArcIMS é um servidor de aplicações integrado na arquitectura ArcGIS (Figura 5.7), um conjunto de programas de SIG integrados da ESRI.

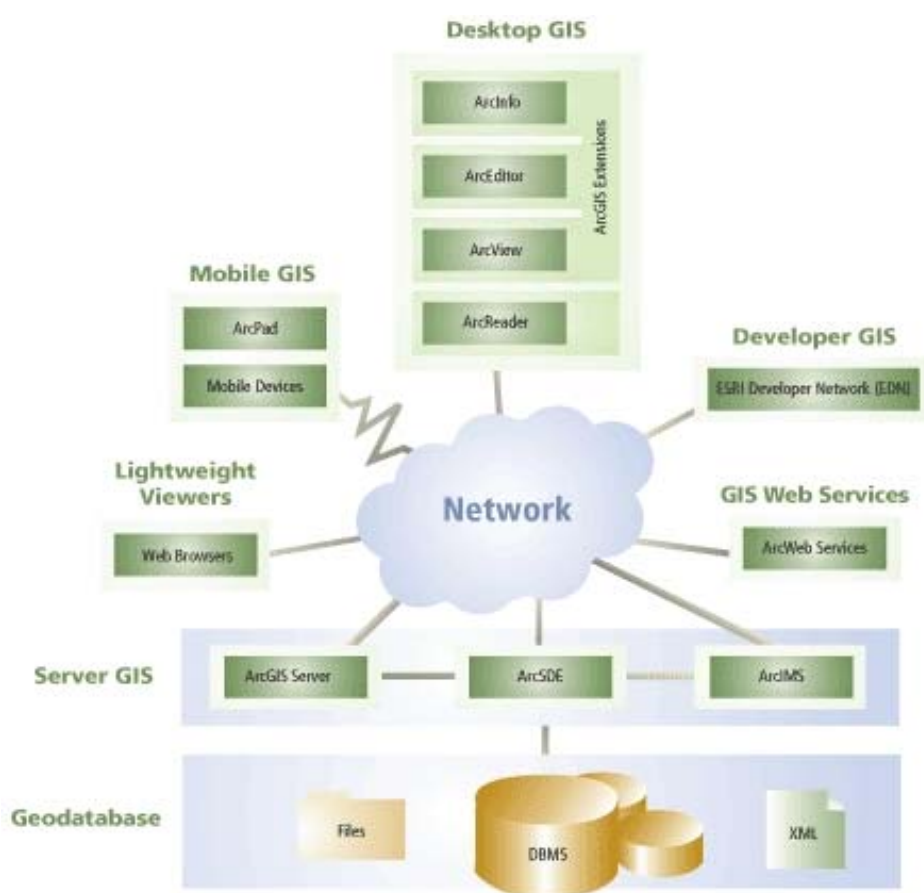


Figura 5.7: Arquitectura do ArcGIS (Fonte: www.esri.com)

O ArcIMS fornece uma plataforma para a distribuição e visualização de dados e serviços através da *Internet*, bem como para a integração de Informação Geográfica em tempo real.

A implementação de uma solução ArcIMS requer sempre um servidor WEB que suporte *servlets*. O ArcIMS possui três módulos independentes: *ArcIMS Author*, *ArcIMS Administrator* e *ArcIMS Designer*. Cada um destes módulos possui funcionalidades distintas que auxiliam no processo de desenvolvimento de distribuição de Informação Geográfica pela WEB. O *ArcIMS Author* é a aplicação que permite a composição dos temas a serem disponibilizados, sendo o resultado final um ficheiro com a extensão AXL. O *ArcIMS Designer* auxilia a criação do *website*. O *ArcIMS Administrator* permite a criação e gestão de serviços ArcIMS. É através deste módulo que são efectuados os processos de inicialização, remoção e interrupção dos serviços. Podem ser criados três tipos de serviços: *ImageServer*, *FeatureServer* ou *MetadataServer* (ESRI, 2004a).

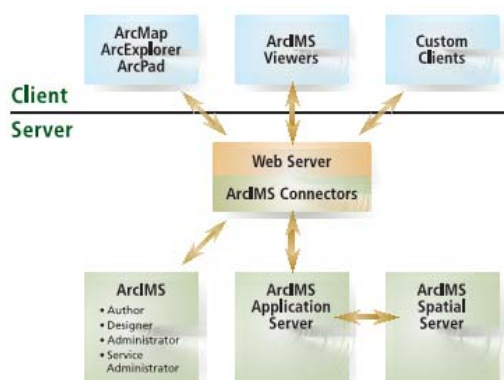


Figura 5.8: Arquitectura do ArcIMS (Fonte: ESRI, 2004a)

A arquitectura do ArcIMS (Figura 5.8) é composta por duas camadas: Cliente e Servidor. A camada Cliente pode ser desenvolvida utilizando um SIG *Desktop* ou utilizando um dos três tipos de *viewers* (ESRI, 2004a): *ArcIMS HTML Viewer*, *ArcIMS Java Custom Viewer* e *ArcIMS Java Standard Viewer*.

A diferença entre estes *viewers* está na sua funcionalidade, pois o *ArcIMS Java* apresenta funções mais relevantes que o *ArcIMS HTML*.

Uma aplicação ArcIMS é composta por (Figura 5.9):

- Um Cliente que envia pedidos ao servidor e recebe e apresenta as respostas a esses pedidos;
- *WEB Server*, cuja função é receber pedidos de aplicações clientes e enviá-las para o *Servlet Connector* respectivo. Este por sua vez envia o pedido para o *ArcIMS Connector*;
- *ArcIMS Connector*, recebe o pedido do *Servlet Connector* convertendo para a linguagem ArcXML. Após a conversão, o pedido é feito para o *ArcIMS Application Server*.
- *ArcIMS Application Server*, que recebe o pedido do *ArcIMS Connector* e envia o pedido para o *ArcIMS Spatial Server* respectivo;
- *ArcIMS Spatial Server*, recebe o pedido do *ArcIMS Application Server*. Os seis *ArcIMS Spatial Server* (*image*, *feature*, *query*, *geocode*, *extract*, *metadata* e *route*) definem quais os tipos de pedidos que vão ser processados pelo servidor espacial. A resposta é uma *string XML*.
- Aplicações de gestão compostas pelo *ArcIMS Author*, *ArcIMS Administrator* e *ArcIMS Designer*.

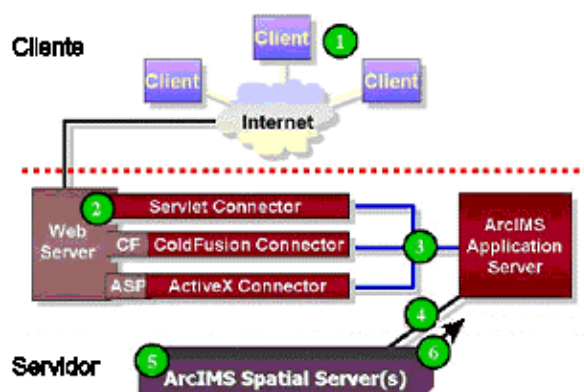


Figura 5.9: Fluxo do serviço ArcIMS (Fonte: adaptado ESRI, 2004a)

A Informação Geográfica disponibilizada pelo ArcIMS é definida e configurada em ficheiros de configuração escritos em linguagem ArcXML.

O ArcXML é a linguagem utilizada para comunicação entre a camada cliente e a camada servidor do ArcIMS. O ArcXML é uma especificação do XML que possibilita a criação de mensagens estruturadas. Todos os pedidos efectuados pelos clientes, bem como as respostas enviadas pelos servidores, são codificadas em ArcXML. Uma vez que são utilizados protocolos padrão XML, toda e qualquer linguagem que entenda XML poderá trabalhar conjuntamente e operar normalmente com o ArcIMS (ESRI, 2002).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ARXML version="1.1">
  <CONFIG>
    <ENVIRONMENT>...</ENVIRONMENT>
    <MAP>
      <PROPERTIES>...</PROPERTIES>
      <WORKSPACES>...</WORKSPACES>
      <LAYER>...</LAYER>
    </MAP>
  </CONFIG>
</ARXML>
```

Figura 5.10: Configuração básica de um ficheiro ArcXML (Fonte: ESRI, 2004a)

A Figura anterior apresenta a estrutura básica de um ficheiro ArcXML. Estes ficheiros contêm duas partes: a primeira corresponde aos parâmetros de configuração do ArcXML e a segunda corresponde aos temas (elemento *Layer*) a disponibilizar.

A criação e a configuração do ficheiro ArcXML foram realizadas usando um editor XML. Os temas a disponibilizar encontram-se no formato ESRI *Shapefiles* (Figura 5.11).

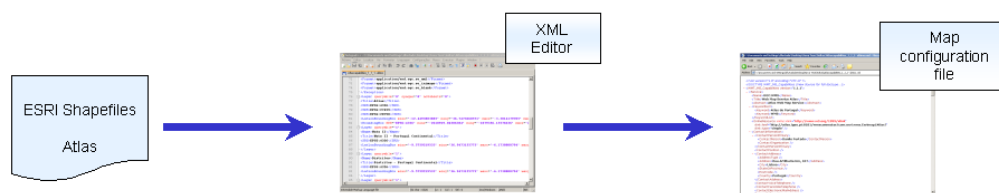


Figura 5.11: Diagrama de configuração do ficheiro ArcXML

A Figura seguinte mostra um extracto do ficheiro de configurações ArcXML utilizado para a disponibilização dos temas do Atlas de Portugal. Na criação deste ficheiro foram definidas as propriedades dos temas, sistemas de referência utilizados, localização dos dados no servidor e simbologia para cada tema.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <ARXML version="1.1">
- <CONFIG>
- <ENVIRONMENT>
  <LOCALE country="PT" language="pt" variant="" />
  <UIFONT color="0,0,0" name="SansSerif" size="12" style="regular" />
  <SCREEN dpi="96" />
</ENVIRONMENT>
- <MAP>
- <PROPERTIES>
  <ENVELOPE minx="-356443.3340363628" miny="-314818.3414898719" maxx="399317.4840363624" maxy="290496.6314898716" name="Initial_Extent" />
  <MAPUNITS units="meters" />
  <FILTERCOORDSYS id="102161" />
  <FEATURECOORDSYS id="102161" />
</PROPERTIES>
- <WORKSPACES>
  <SHAPEWORKSPACE name="shp_ws-0" directory="D:\Geodata\Atlas" />
</WORKSPACES>
- <LAYER type="featureclass" name="Nuts II" visible="true" id="1">
  <DATASET name="Nuts_II_Cont" type="polygon" workspace="shp_ws-0" />
  <VALUEMAPRENDERER lookupfield="NUT_II_DES">
    <EXACT value="Alentejo" label="Alentejo">
      <SIMPLEPOLYGONSYMBOL boundarytransparency="1.0" filltransparency="1.0" fillcolor="255,250,204" boundarycaptype="round" />
    </EXACT>
    <EXACT value="Algarve" label="Algarve">
      <SIMPLEPOLYGONSYMBOL boundarytransparency="1.0" filltransparency="1.0" fillcolor="255,255,166" boundarycaptype="round" />
    </EXACT>
    <EXACT value="Centro" label="Centro">
      <SIMPLEPOLYGONSYMBOL boundarytransparency="1.0" filltransparency="1.0" fillcolor="255,255,201" boundarycaptype="round" />
    </EXACT>
    <EXACT value="Lisboa e Vale do Tejo" label="Lisboa e Vale do Tejo">
      <SIMPLEPOLYGONSYMBOL boundarytransparency="1.0" filltransparency="1.0" fillcolor="250,255,220" boundarycaptype="round" />
    </EXACT>
    <EXACT value="Norte" label="Norte">
      <SIMPLEPOLYGONSYMBOL boundarytransparency="1.0" filltransparency="1.0" fillcolor="245,245,230" boundarycaptype="round" />
    </EXACT>
  </VALUEMAPRENDERER>
</LAYER>
</MAP>
</CONFIG>
</ARXML>

```

Figura 5.12: Extracto do ficheiro ArcXML do Atlas de Portugal

O ArcIMS acede aos mapas através dos ficheiros de configuração ArcXML onde estão referenciados os serviços de mapas (*MapServices*) criados a partir da componente *ArcIMS Administrator* (Figura 5.13).



Figura 5.13: Diagrama de criação do *ImageServer*

Para o Atlas de Portugal foi criado um serviço imagem (*ImageServer*) (Figura 5.14). Os *MapServices* de imagem produzem o mapa no servidor e enviam ao cliente uma imagem do mapa no formato PNG, JPEG ou GIF. Trata-se portanto de uma estratégia de implementação focado no servidor, dado que cada pedido é processado no servidor.

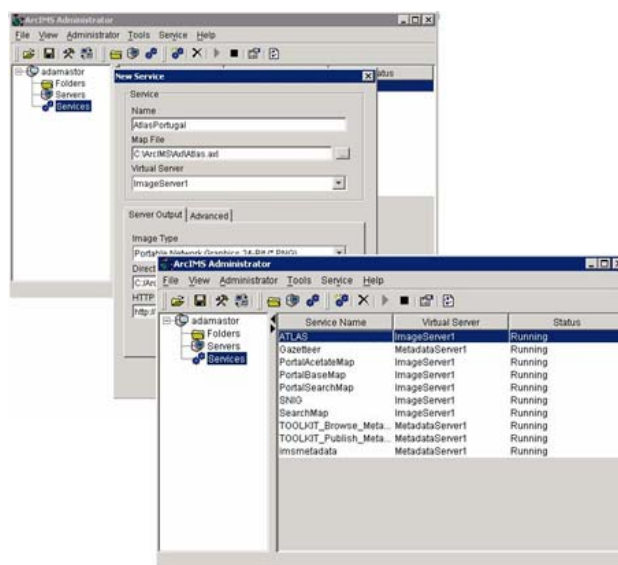


Figura 5.14: Componente *ArcIMS Administrator*

O *ESRI WMS Connector* é uma aplicação que possibilita uma interface com a especificação WMS do OGC e permite a qualquer cliente que suporte as versões WMS 1.0.0, WMS 1.1.0 ou WMS 1.1.1, obter mapas a partir de um servidor ArcIMS. A comunicação entre o servidor ArcIMS e o *WMS Connector* é feita através do ficheiro ArcXML. O *WMS Connector* recebe os

pedidos (*GetCapabilities*, *GetMap*, *GetFeatureInfo*) e converte em pedidos ArcXML que são enviados para o servidor ArcIMS. A resposta é traduzida de novo na especificação WMS e é devolvida ao cliente (Figura 5.15).

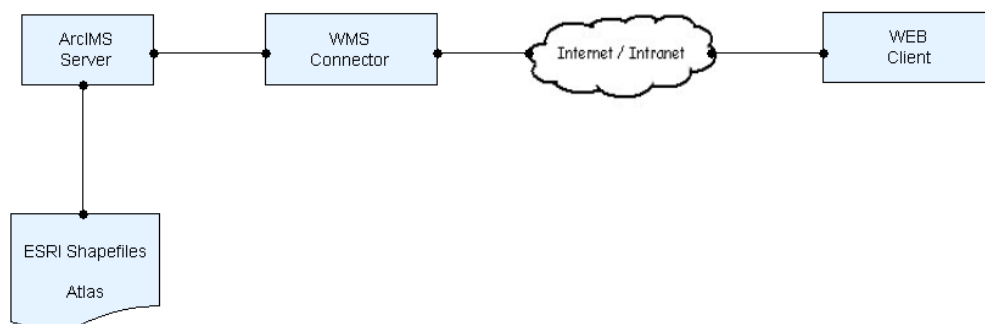


Figura 5.15: Diagrama de utilização do *WMS Connector*

5.4 Desenvolvimento do cliente

A especificação WMS garante um conjunto de operações normalizadas que permitem a uma aplicação cliente que suporte esta especificação, efectuar pedidos de mapas a qualquer servidor que suporte esta norma.

Para permitir o acesso ao servidor de mapas foi implementado uma aplicação cliente acessível através de um *browser* WEB. A aplicação cliente (visualizador WEB) a partir do qual os utilizadores vão interagir com o servidor de mapas WMS foi implementada utilizando HTML, linguagem de *script* (Javascript), Java ServerPages e XML.

No visualizador do Atlas de Portugal na WEB somente estão acessíveis os temas disponibilizados no âmbito do Atlas através da especificação WMS (ponto 5.2). O utilizador tem disponível um conjunto de ferramentas que permitem criar, guardar, abrir e imprimir o seu próprio mapa.

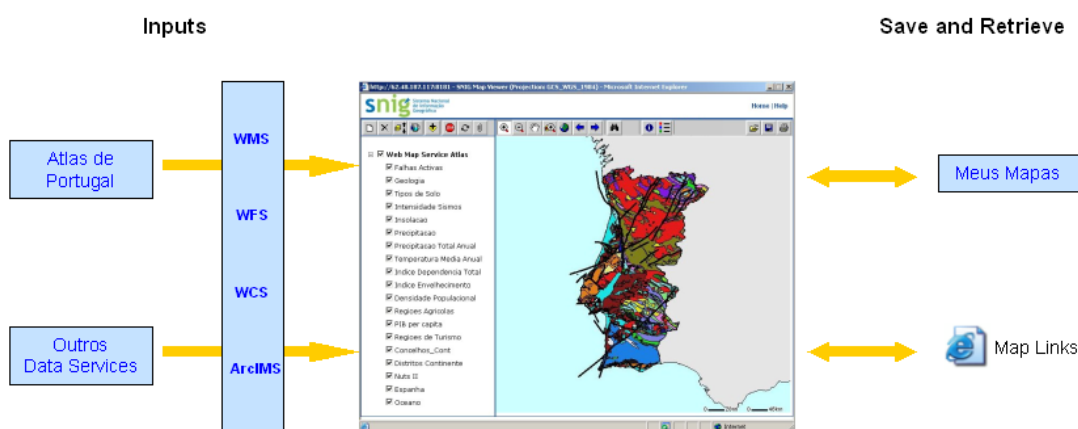


Figura 5.16: Operações disponíveis no visualizador

Este visualizador estará também disponível a partir do SNIG com um conjunto de funcionalidades acrescidas, nomeadamente (Figura 5.16):

- Um catálogo com instituições que disponibilizem serviços de mapas;

- Adição de outros serviços WMS localizados em servidores distribuídos;
- Permite adicionar outros serviços OGC, nomeadamente, WFS, WCS e serviços ArcIMS.

5.4.1 Construção da aplicação cliente

A principal finalidade do visualizador é permitir o acesso de modo eficiente a um conjunto de temas do Atlas de Portugal. O desenho da interface com o utilizador do visualizador teve em conta que esta pode ser utilizado tanto por utilizadores experientes como por utilizadores ocasionais.

Por desenho de interface com o utilizador entende-se o desenho das partes da aplicação com que o utilizador interage de modo a que sejam fáceis de utilizar e com as quais seja fácil e eficiente de trabalhar (Barfield, 1993).

A interface com o utilizador de uma aplicação preocupa-se com a aplicação em si, com o utilizador da aplicação e com a forma como interagem. É composta pelas partes da aplicação que foram desenhadas para estarem expostas e serem manipuladas pelo utilizador e pelos modelos e impressões que são construídos na mente do utilizador em resposta à interacção com estes.

Os requisitos básicos que estiveram na base do desenho da interface do visualizador foram os seguintes (Cabral, 2001):

- Acessibilidade, permitindo que qualquer utilizador, mesmo não conhecendo a aplicação, a possa utilizar intuitivamente;

- Simplicidade, reduzindo ao mínimo o número de operações que um utilizador deve efectuar;
- Interactividade, permitindo que a informação circule eficientemente entre o utilizador e a aplicação e vice-versa;
- Flexibilidade, possibilitando que o utilizador recupere de situações não intencionais;
- Baseado em eventos, de forma a permitir que o utilizador esteja consciente das tarefas que está a executar.

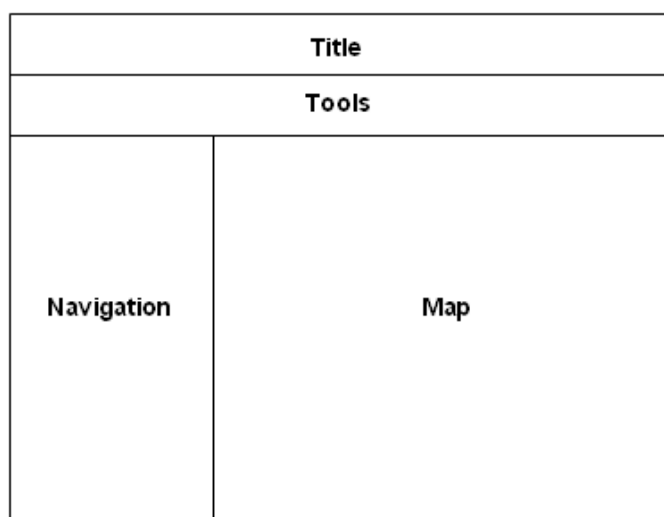


Figura 5.17: Esquema de *frames* do visualizador

A figura anterior mostra o esquema da divisão das *frames* do visualizador WEB, onde é feita a interacção com o utilizador. A *frame* Title corresponde a um espaço informativo onde o utilizador pode encontrar ajuda na utilização do visualizador. A *frame* Tools contém a barra de ferramentas da aplicação. Estas duas *frames* são estáticas. A *frame* Navigation permite a selecção de temas e a *frame* Map é um espaço dedicado à visualização dos temas. Estas duas *frames* são rescritas sempre que sejam manipuladas pelo utilizador.

Assim, a interface com o utilizador (Figura 5.18), é constituída por quatro partes distintas:

- Um espaço que contém o título e o acesso a informação de ajuda na utilização da aplicação;
- Uma barra de ferramentas com botões que permitem o acesso a diversas funcionalidades;
- Um espaço correspondente aos serviços e temas disponibilizados na aplicação;
- Uma componente para a visualização e análise de Informação Geográfica Distribuída.

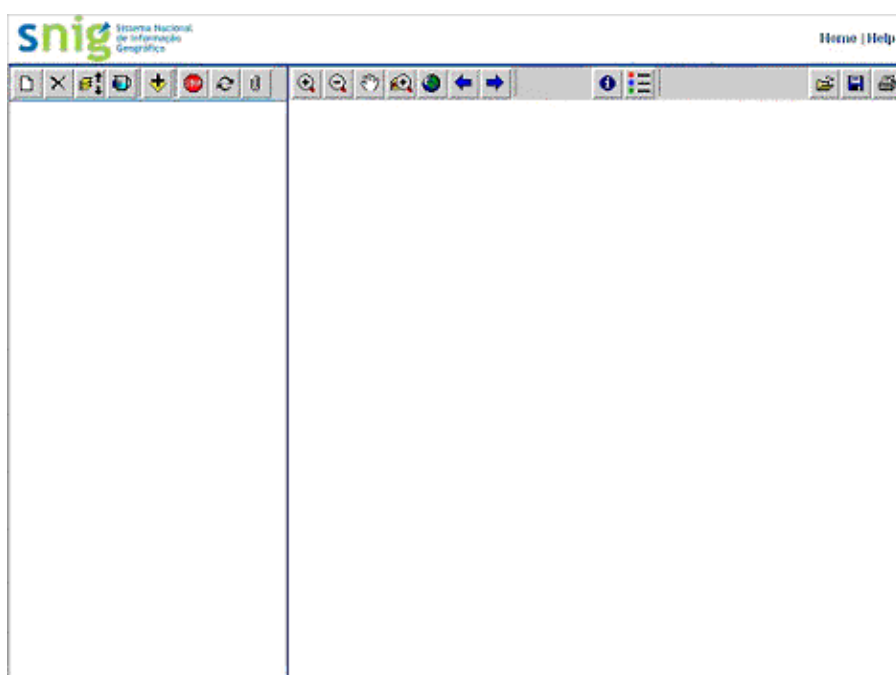





















Figura 5.18: Interface do visualizador do Atlas de Portugal

A barra de ferramentas contém botões com diversas funcionalidades:



New map – permite remover todos os serviços WMS activos (caso existam) e criar um novo mapa.

-  **Remove services** – permite remover um ou mais serviços WMS activos.
-  **Move services** – permite mover um serviço para cima ou para baixo.
-  **Set transparency** – permite modificar a transparência de um mapa, de 0% que corresponde ao opaco até 100% que corresponde a completamente transparente.
-  **Add services** – permite adicionar novos serviços WMS. Funcionalidade só disponível através do visualizador do SNIG.
-  **Stop Loading** – permite parar o *refresh* do mapa.
-  **Refresh Map** – permite fazer o *refresh* do mapa. Esta função deve ser activada sempre que ocorram alterações no estado dos componentes da *frame* Navigation, por exemplo, tornar visível ou não um tema.
-  **Edit properties** – permite a alteração do sistema de projecção.
-  **Zoom In** – permite fazer uma ampliação do mapa, com um *click* sobre o mapa ou desenhando com o botão esquerdo do rato, um rectângulo sobre a área do mapa que se pretende ampliar.
-  **Zoom Out** – permite fazer uma redução do mapa com um *click* do rato sobre a área do mapa que se pretende reduzir.
-  **Pan** – permite efectuar uma deslocação do mapa com um *click* do rato sobre o mapa e arrastando-o para o local pretendido.
-  **Zoom to Visible Services** – permite visualizar a Informação Geográfica de todos os serviços activos na aplicação em toda a sua extensão.
-  **Zoom to Full Extent** – permite visualizar a Informação Geográfica inserida na aplicação em toda a sua extensão.
-  **Back** – permite disponibilizar a vista anterior.
-  **Forward** – permite disponibilizar a vista posterior.
-  **Identify** – permite obter informação sobre as entidades constantes no mapa, através de um *click* com o rato sobre o mapa.
-  **View Map Legend** – permite visualizar a legenda do mapa, a partir dos temas visíveis no visualizador. A especificação WMS não implementa esta funcionalidade. Somente disponível para serviços ArcIMS.
-  **Open Saved Map** – permite abrir um mapa previamente guardado.
-  **Save Map** – permite guardar o mapa visível em formato imagem.
-  **Open Print Page** – permite criar uma página para impressão do mapa com a legenda respectiva.

5.5 Resultados e experimentação

Nos capítulos anteriores descreveu-se a análise e implementação de uma aplicação que possibilita a distribuição de Informação Geográfica através da WEB a partir de servidores de mapas geograficamente distribuídos.

O resultado do trabalho desenvolvido traduz-se na utilização dos serviços implementados. Assim, esta secção é preenchida com figuras que demonstram os resultados alcançados. Na legenda de cada figura é feita uma breve descrição dos recursos utilizados.

5.5.1 Thin Web Client

O *Thin Web Client* corre num *browser* WEB sendo os pedidos efectuados ao servidor de mapas WMS na forma de um URL.

A operação *GetCapabilities* é executada pelo seguinte URL:

```
http://atlas.igeo.pt:8181/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/Atlas?  
request=getcapabilities&service=WMS&version=1.1.1
```

Este pedido invoca o serviço WMS do Atlas, através da sintaxe (*service=WMS*), utilizando a versão (*version=1.1.1*), executando a operação *GetCapabilities* (*request=getcapabilities*).

A resposta é um documento em XML com a informação sobre o serviço disponibilizado. A Figura seguinte mostra um extracto do pedido. São exemplificados a componente *Service* e a componente *Layer*, para os temas Nuts II e Distritos de Portugal Continental. É também informado que o

serviço disponibiliza os sistemas de referência EPSG: 4326, EPSG: 27429, EPSG: 20790, respectivamente, WGS84 – *World Geodesic Datum*, *Datum 73* e *Datum LX* (ESRI, 2004b).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<DOCTYPE WMT_MS_Capabilities (View Source for full doctype...)>
- <WMT_MS_Capabilities version="1.1.1">
- <Service>
  <Name>OGC:WMS</Name>
  <Title>Web Map Service Atlas</Title>
  <Abstract>Atlas Web Map Service</Abstract>
- <KeywordList>
  <Keyword>Atlas de Portugal</Keyword>
  <Keyword>WMS</Keyword>
</KeywordList>
  <OnlineResource xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xlink:href="http://atlas.igeo.pt:8181/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/Atlas?"
    xlink:type="simple" />
- <ContactInformation>
  <ContactPersonPrimary>
    <ContactPerson>Danilo Furtado</ContactPerson>
    <ContactOrganization />
  </ContactPersonPrimary>
  <ContactPosition />
  <ContactAddress>
    <AddressType />
    <Address>Rua Artilharia Um, 107</Address>
    <City>Lisboa</City>
    <StateOrProvince />
    <PostCode />
    <Country>Portugal</Country>
  </ContactAddress>
  (...)
- <Layer queryable="0" opaque="0" noSubsets="0">
  <Title>Atlas</Title>
  <SRS>EPSG:4326</SRS>
  <SRS>EPSG:27429</SRS>
  <SRS>EPSG:20790</SRS>
  <LatLonBoundingBox minx="-12.4493883885" miny="36.7473660571" maxx="-3.3014179705" maxy="42.2831938048" />
  <BoundingBox SRS="EPSG:4326" minx="-2610919.04586384" miny="-1079356.15576636" maxx="2090436.31008285" maxy="1838256.33908209" />
- <Layer queryable="1" opaque="0" noSubsets="0">
  <Name>Nuts II</Name>
  <Title>Nuts II - Portugal Continental</Title>
  <SRS>EPSG:4326</SRS>
  <LatLonBoundingBox minx="-9.5759219533" miny="36.9473155773" maxx="-6.1738808794" maxy="42.1534541174" />
</Layer>
  (...)
</WMT_MS_Capabilities>
```

Figura 5.19: Extracto do pedido *GetCapabilities* ao servidor do Atlas de Portugal

A operação *GetMap* especifica o pedido de um mapa ao servidor de mapas WMS.

```
http://atlas.igeo.pt:8181/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap/Atlas?
request=GetMap&service=WMS&version=1.1.1&layers=Distritos&
bbox=-12.4493883885,36.7473660571,-3.3014179705,42.2831938048&
width=1000&height=600&srs=EPSG:4326&Format=image/png
```

Nesta invocação é pedido um mapa cujo tema é Distritos, no formato PNG com 1000 pixels de largura e 600 de altura, no sistema de referência EPSG:4326.

A resposta ao pedido anterior apresenta o mapa mostrado na figura seguinte.

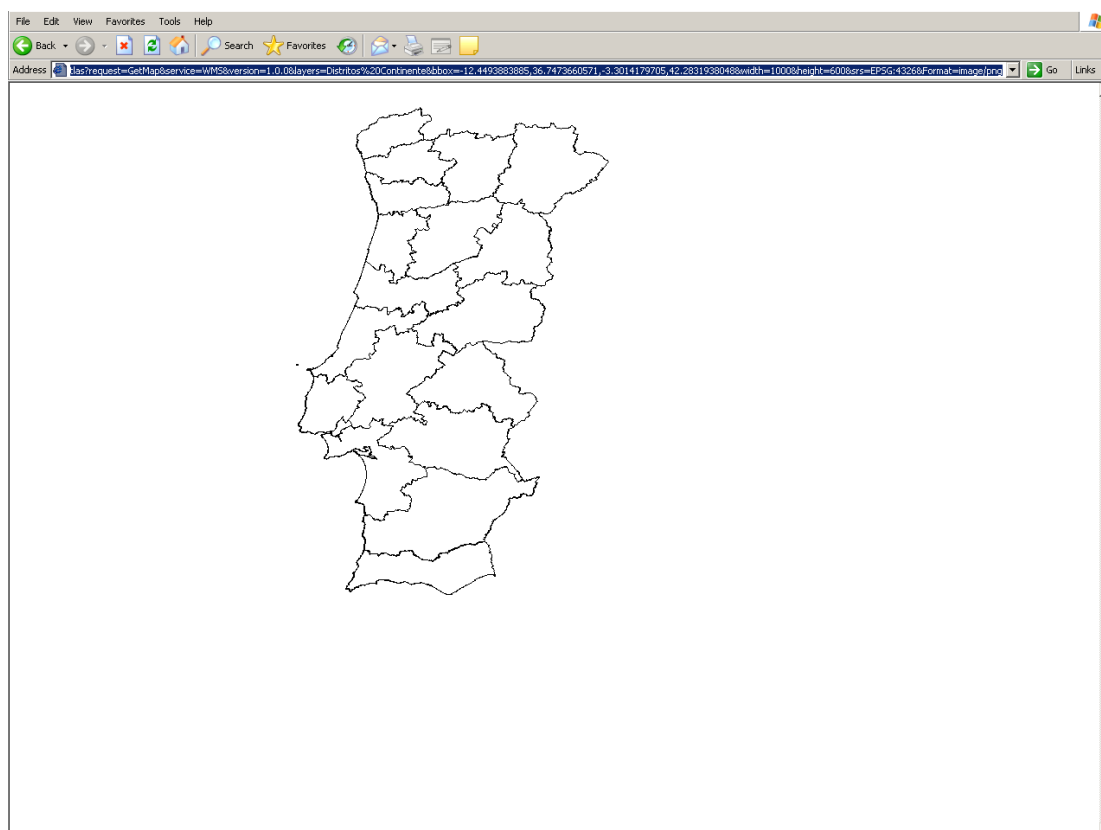


Figura 5.20: Resposta da operação *GetMap* ao servidor do Atlas de Portugal

5.5.2 *Thick Web Client*

Como *Thick Web Client* foi desenvolvida uma aplicação de visualização descrita no ponto anterior. A aplicação de visualização é acedida a partir da página inicial do Atlas de Portugal na WEB a partir do *link* “Crie o seu mapa” (Figura 5.2).

Esta aplicação permite aceder à informação a partir de mapas que, dinamicamente, são construídos no servidor de mapas WMS e enviados ao utilizador sob a forma de imagens ou informações sobre o serviço.

Trata-se de uma aplicação que permite a visualização dinâmica de mapas, isto é, a divulgação de mapas elaborados dinamicamente de acordo com critérios definidos pelo utilizador, como por exemplo, a escala, o conjunto de temas a incluir e a visualização ou não dos mesmos. Outra funcionalidade disponível é a pesquisa de atributos de entidades através da operação de identificação de entidades individuais.

Ao lançar a aplicação é apresentada uma janela que contém três opções (Figura 5.21):

1. Acesso aos mapas do Atlas de Portugal;
2. Acesso a um mapa novo, sem nenhum tema;
3. Acesso a um mapa previamente guardado.

A primeira opção, que permite o acesso aos mapas do Atlas de Portugal, é feita através da operação *GetCapabilities*, que permite obter informações sobre os temas disponíveis para visualização. O utilizador pode escolher visualizar todos os temas ou através de múltipla selecção escolher quais os temas que deseja para criar o seu mapa (Figura 5.22).

Após escolher os temas, estes são adicionados ao visualizador. Um conjunto de ferramentas permite interagir com o mapa, no sentido de obter a informação pretendida.

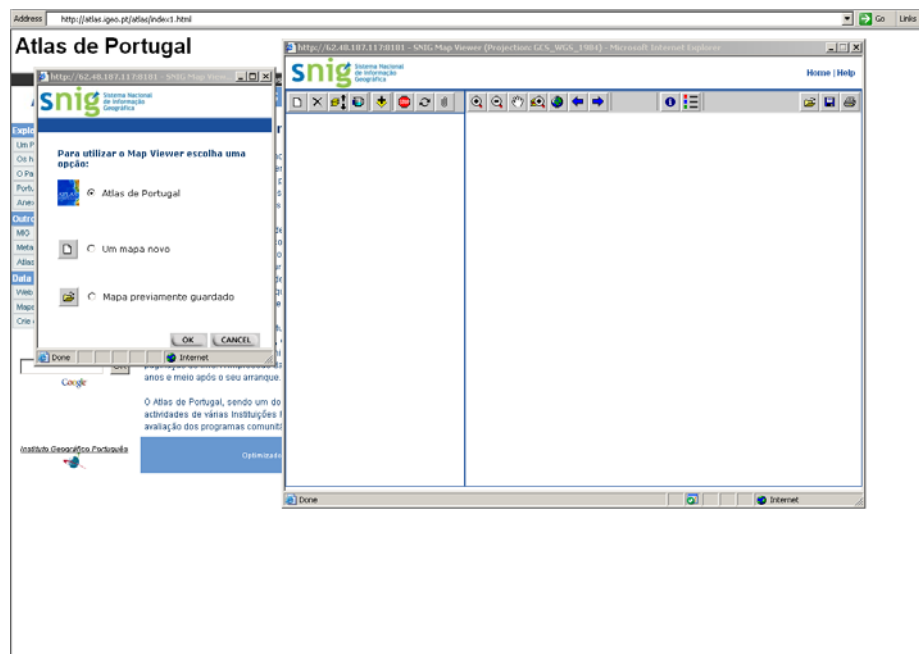


Figura 5.21: Invocação visualizador do Atlas de Portugal

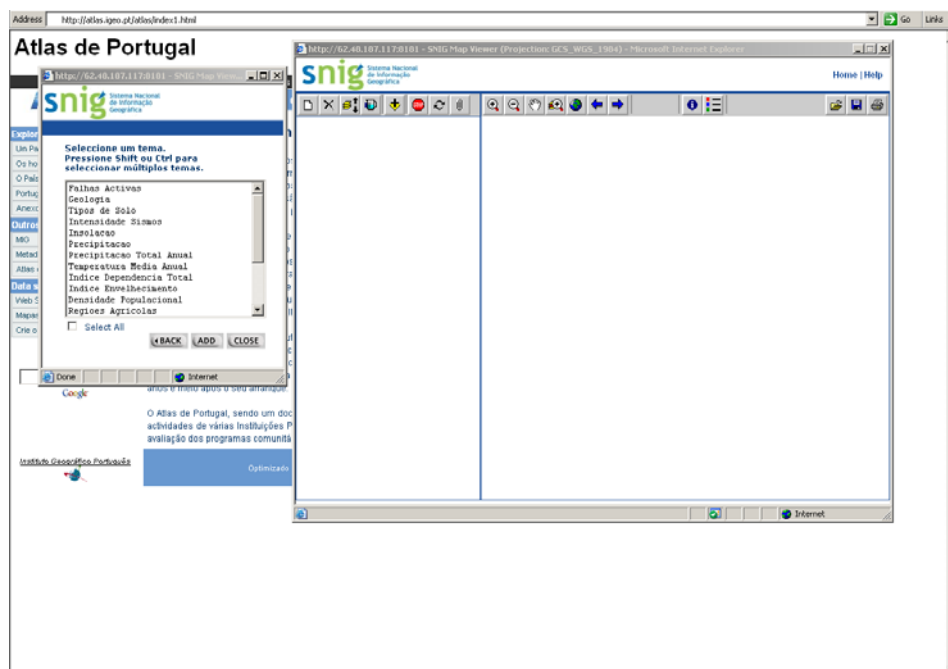


Figura 5.22: Temas disponibilizados pelo servidor WMS do Atlas de Portugal

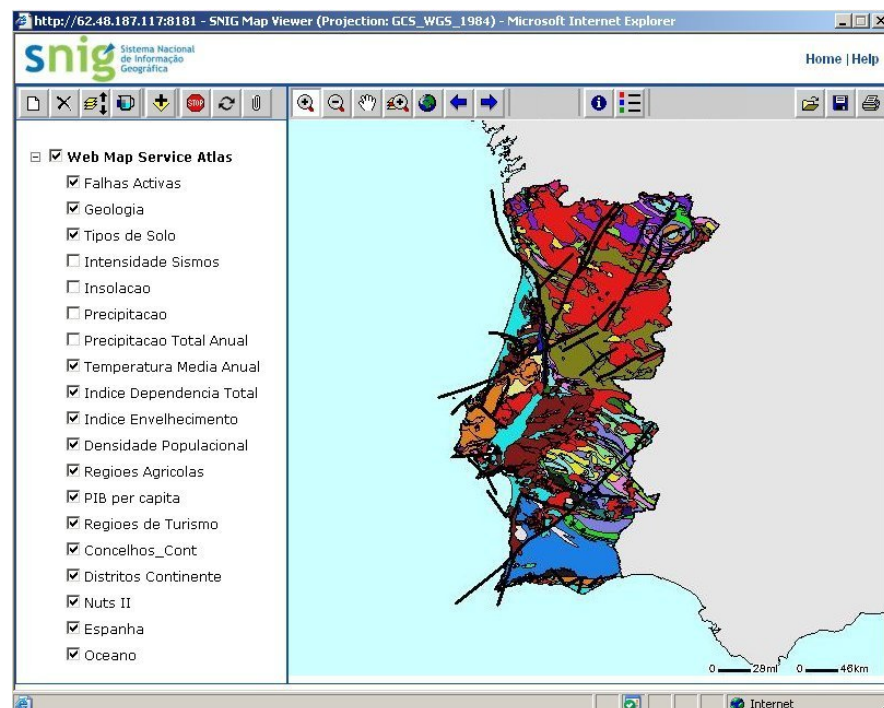


Figura 5.23: Temas activos no visualizador

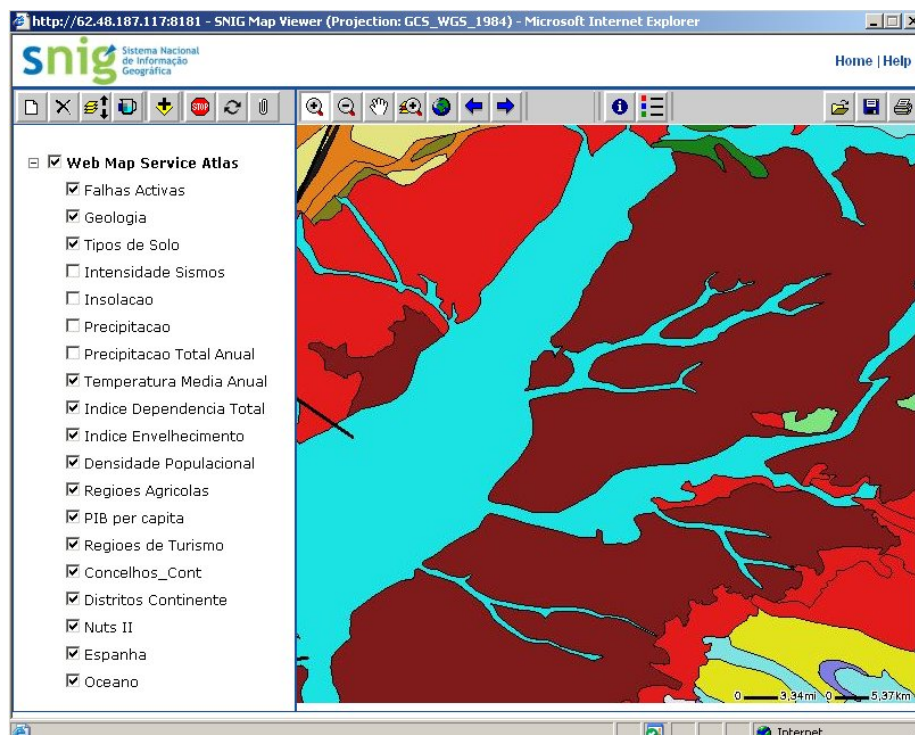


Figura 5.24: Função zoom in

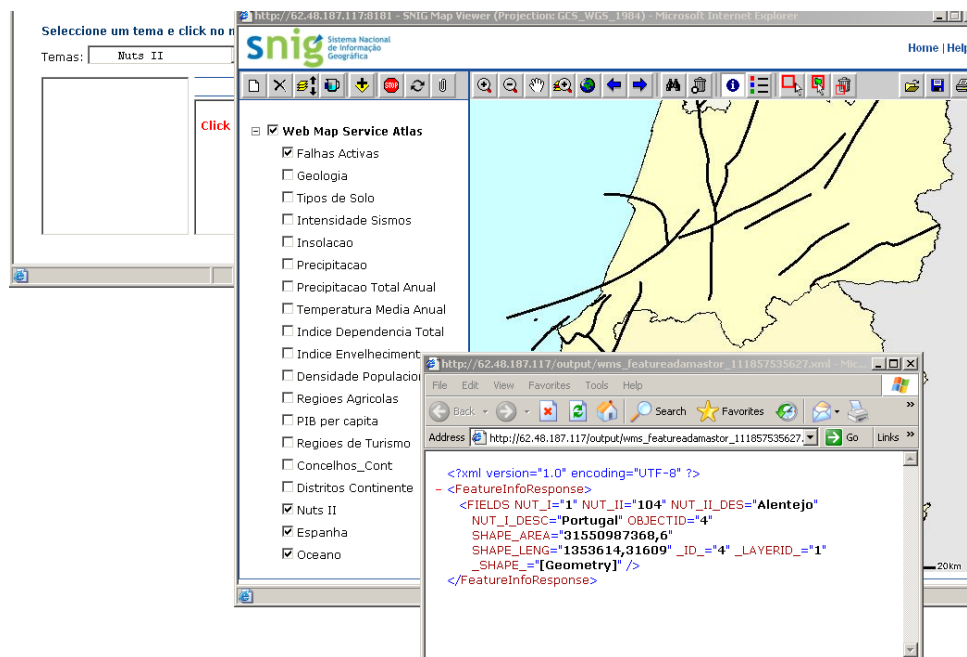


Figura 5.25: Identificação de atributos usando a operação *GetFeatureInfo*

A sequência anterior de imagens reflecte algumas funcionalidades que um utilizador pode executar. Compreende as operações de selecção de temas para visualização (Figura 5.23), operação de mudança de escala (Figura 5.24) e inquirição de uma entidade no mapa, devolvida num ficheiro em formato XML (Figura 5.25).

5.5.3 Funcionalidades adicionais disponíveis no SNIG

O serviço de visualização de mapas do SNIG permite a qualquer utilizador proceder à visualização simultânea de mapas pedidos a vários servidores remotos.

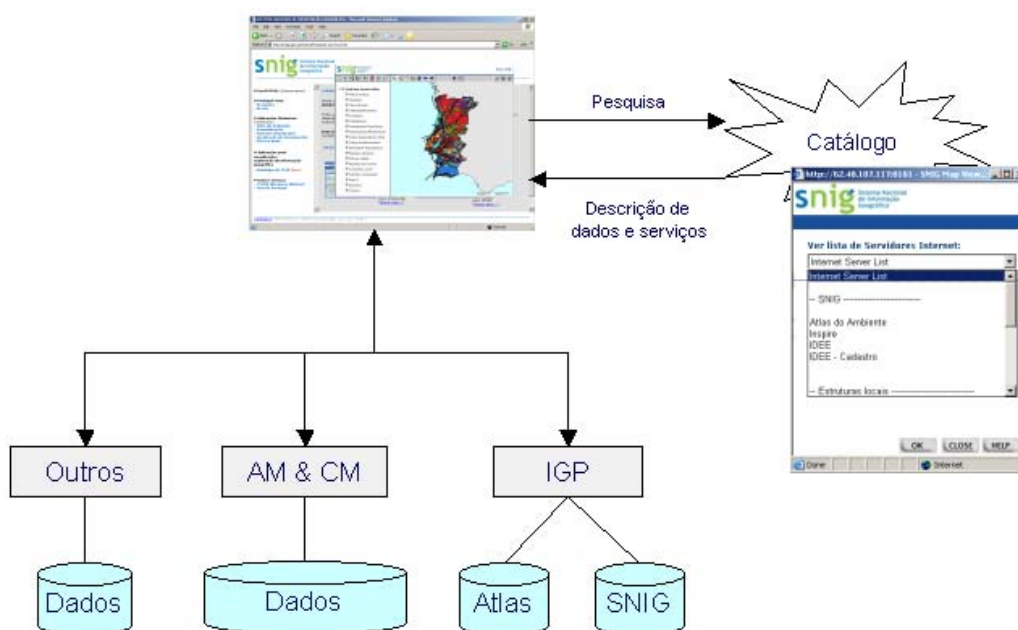


Figura 5.26: Arquitectura do visualizador do SNIG

A Figura anterior descreve a arquitectura do visualizador do SNIG que permite a integração de mapas de diversas fontes geograficamente distribuídas, através da implementação de especificações promovidas pelo OGC. Um utilizador consulta no catálogo uma lista de serviços ao seu dispor. Após esta consulta e caso encontre os serviços pretendidos, acede e usufrui desses serviços.

As figuras seguintes exemplificam a integração de dados localizados em servidores de mapas remotos. A Figura 5.27 integra mapas do Atlas de Portugal e da *Infraestructura de Datos Espaciales de Espanha* (IDEE), enquanto que a Figura 5.28, corresponde ao visualizador do INSPIRE, integrado com dados do Atlas de Portugal.

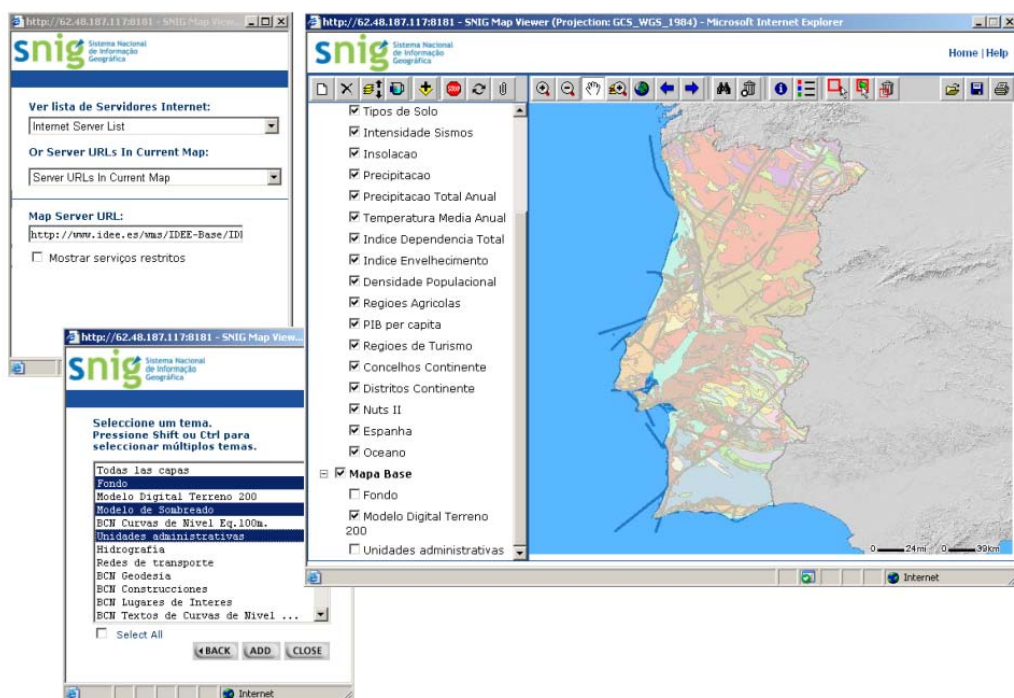


Figura 5.27: Visualização de dados do IDEE



Figura 5.28: Visualização dos dados a partir do INSPIRE

Conforme referido anteriormente, a especificação WMS permite que um serviço seja visualizado por um SIG *Desktop*, desde que implemente esta especificação. A Figura 5.29 exemplifica esta situação através da integração de dois serviços: o Atlas de Portugal e o do IDEE. Com esta especificação as funcionalidades disponíveis ao utilizador são mínimas, dado que o que se vê é uma imagem.

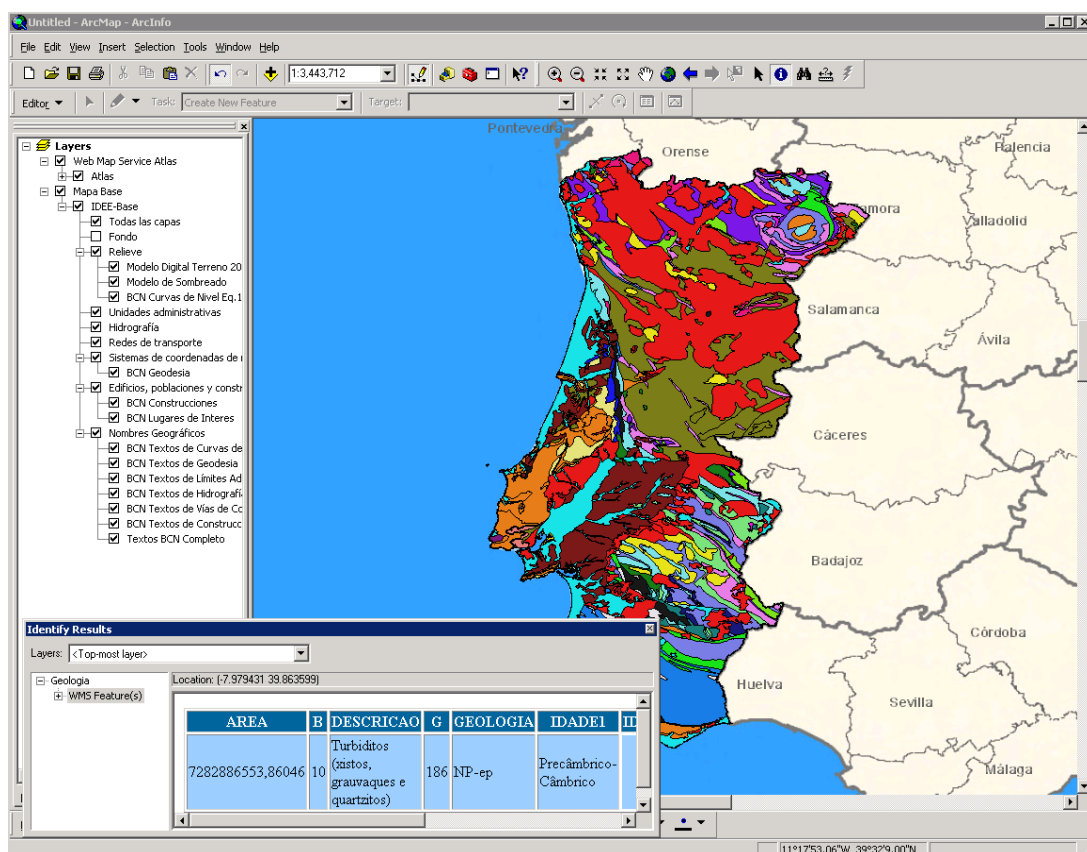


Figura 5.29: Visualização do Atlas de Portugal e do IDEE na plataforma ArcGIS

6. Considerações finais e desenvolvimentos futuros

No desenvolvimento deste trabalho foram várias as temáticas que desempenharam um papel importante, pelo que foram objecto de análise. Fizeram parte das referidas temáticas conceitos, métodos e referências relativos à integração de Informação Geográfica distribuída para uma vasta audiência.

As primeiras temáticas em análise abordam conceitos relativos à relevância da Informação Geográfica na Sociedade da Informação. Foram neste âmbito discutidos conceitos relativos à Informação Geográfica e a sua integração em Infra-estruturas de Dados Espaciais que possibilitam o acesso e visualização dessa informação, analisando em particular o caso português – o SNIG.

Procedeu-se ainda a um estudo sobre temas relevantes no âmbito do trabalho, nomeadamente, o processo de comunicação cartográfica, os Sistemas de Informação Geográfica e os Atlas electrónicos.

Outro aspecto relevante para o desenvolvimento deste trabalho foi o estudo da interoperabilidade, do *WebGIS* e dos *Web Services* na integração de Informação Geográfica distribuída. Assim, analisou-se em detalhe a especificação WMS do OGC que implementa um conjunto de operações que permitem a um cliente WEB requisitar mapas a servidores de mapas.

A adopção de protocolos e formatos normalizados contribui claramente para a massificação da utilização dos mesmos e foi esse um dos desafios que se tentou atingir com o presente trabalho, contribuindo para que a Informação Geográfica possa ser partilhada livremente e sem restrições tecnológicas.

Com base nos estudos anteriores procedeu-se à implementação da aplicação do Atlas de Portugal na WEB, desenvolvendo um servidor e um visualizador que implemente a especificação WMS.

Com a disponibilização do Atlas de Portugal na WEB preconiza-se um serviço universal, facilitando o acesso de um vasto auditório, a um conjunto de ferramentas que permitem a manipulação de dados geográficos, constituindo assim um valioso instrumento de divulgação de informação e conhecimento.

Os SIG, enquanto instrumentos de produção cartográfica e suporte à análise espacial podem estar vinculados aos processos de produção de um Atlas, na medida em que modificam o processo de produção e disseminação dos Atlas.

As potencialidades associadas à especificação WMS foram já referidas ao longo da dissertação, e delas destacam-se:

- Uma aplicação cliente WMS, é simples e relativamente fácil de implementar;
- Possibilidade de usar uma única interface para consultar e integrar serviços de mapas distintos;
- Existência de muitos servidores de mapas WMS implementados;
- Reconhecimento dos fabricantes de *software* SIG comercial através da inclusão de extensões que implementem a especificação WMS nos seus produtos.

Entre as principais limitações destacam-se:

- Simplicidade, dado que em último caso, basta um *browser* WEB para a consulta de Informação Geográfica;
- O utilizador obtém uma imagem do mapa e não os dados;
- Todos os pedidos são processados no servidor, o que aumenta o tráfego de rede;

- A inquirição de elementos de um mapa só pode ser feita através de um ponto.

A aplicação desenvolvida para o Atlas de Portugal na WEB cumpre os objectivos inicialmente definidos. No entanto, esta aplicação constitui uma base de trabalho que permite a incorporação de novos conjuntos de dados geográficos.

A nível do SNIG, um projecto desta envergadura tem continuidade com a expansão das funcionalidades de novos serviços a serem disponibilizados, nomeadamente:

- Criação de um geoPortal que permita a outras instituições publicarem e descreverem os seus serviços;
- Ligação com o MIG. Para além da identificação da Informação Geográfica, o catálogo do visualizador do SNIG deve também fornecer outras características da informação, tais como, os seus produtores e detentores, formas de acesso, o seu conteúdo e qualidade, o que será possibilitado por uma interligação com a meta-informação existente no MIG;
- Criação de uma interface que permita a um utilizador saber que dados existem para uma área definida sobre uma dada região.

Este trabalho abre novos horizontes para todos os que pretendam que a Informação Geográfica seja partilhada livremente, de utilização transparente e sem restrições.

Referências bibliográficas

- Andrienko, Gennady L., Andrienko, Natalia V., 1999, Interactive Maps for Visual Data Exploration. *International Journal Geographic Information Science*, 4, pp. 355-374.
- Araújo, Mário, Rocha, J. G., 2004, Web Services na Informação Geográfica. In *XATA 2004 – XML, aplicações e tecnologias associadas*. Editado por José Ramalho e Alberto Simões (Braga: Universidade do Minho), pp. 88-101.
- Artimo, K., 1994, The Bridge Between Cartographic And Geographic Information Systems. In *Visualization in Modern Cartography*, editado por Alan M. MacEachren e D. R. F. Taylor (New York: Elsevier Science), pp. 45-59.
- Astroth, J., 1998, GIS 2000. In *Proceedings of the GIS PlaNet'98 - International Conference & Exhibition on Geographic Information*, Lisboa, Portugal [CD-ROM], 2 pp.
- Aybet, J., 1997. Interoperability of Spatial Objects for Open System Geoprocessing. In *Proceedings of the Third Joint European Conference & Exhibition on Geographical Information*, Vienna, Austria, pp. 201-211.
- Barfield, L., 1993, *The User Interface: Concepts & Design*. (Massachusetts: Addison-Wesley).
- Beaujardiere, J., 2006, OpenGIS Web Map Service Implementation Specification, Version 1.3.0
(URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>, consulta em 28/03/2006).
- Berners-Lee, T., 1996, *The World Wide Web: Past, Present and Future*

- (URL: <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/1996/ppf.html>, consulta em 11/07/2005).
- BN, 2002, Metadados (URL: <http://metadados.bn.pt/>, consulta em 14/09/2005).
- Buckley, A., 2003, Atlas mapping in the 21st century. *Cartography and Geographic Information Science*, Volume 30, nº 2, pp.149-159.
- Buehler, k., Mckee, L., 1998, The OpenGIS Guide. Open GIS Consortium Technical Committee.
- Burrough, P. A., 1986, *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. (Oxford: Clarendon Press).
- Cabral, P., 2001, *Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão - O Sistema de Apoio ao Licenciamento da Direcção Regional do Ambiente do Alentejo*. Tese de mestrado, IST, Lisboa.
- Cartwright, W., 1999, Development of Multimedia. In *Multimedia Cartography*, editado por W. Cartwright, M Peterson e G. Gartner (Berlin: Springer), pp. 11-30.
- Castells, M., 2001, *Internet Galaxy: Reflections on the Internet, Business, and Society*. (Oxford : Oxford University Press).
- CNIG, 1994, *Manual para a Exploração de Sistemas de Informação Geográfica*. Volume V (Lisboa: CNIG-MPAT).
- Cowen, D., 1988, GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* Volume 54, pp. 1551-1554.
- Coppock, J. T., Rhind, D. W., 1991, The history of GIS. In *Geographical Information Systems, 1 – An Overview And Definition of GIS*, editado

- por D. J. Maguire, M. F. Goodchild, D. W. Rhind, Paul Longley (London: John Wiley & Sons), pp. 21-43.
- Cox, S., Daisey, P., Lake, R., Portele, C., Whiteside, A., 2004, Geography Markup Language (GML), Version 3.1.0
(URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>, consulta em 29/03/2006).
- Crompvoets, J., 2002, Global developments of national spatial data clearinghouses. In *Proceedings of the 6th Global Spatial Data Infrastructure Conference*, Budapest, Hungary
(URL: <http://www.gsdi-docs.org/gsdiconf/GSDI-6/>, consulta em 10/02/2006).
- Davis, B., 2001, *GIS a Visual approach*. (NY: OnWord Press).
- DiBiase, D., MacEachren, A., Krygier, J., Reeves, C., 1992, Animation and the role of map design in scientific visualization. *Cartography and Geographic Information Systems*, Volume 19, nº 4, pp. 201-214, 265-266.
- DiBiase, D., 2001, ESRI Virtual Campus: Understanding Geographic Data
(URL: <http://campus.esri.com/>, consulta em 05/09/2005).
- Dorling, D., Fairbairn D., 1997, *Mapping: Ways of Representing the World*. (England: Addison Wesley Longman).
- Elzakker, C., 1999, Thinking aloud about exploratory cartography. In *Proceedings of the 19th International Cartographic Conference*, Ottawa, Canadá [CD-ROM], 11 pp.
- Elzakker, C., 2001, Use and Users of Maps on the Web. In *Web Cartography – Developments and Prospects*. Editado por M-J. Kraak e Allan Brown (New York: Taylor & Francis), pp. 21-33.

- ESRI, 1990, *Understanding GIS: The ARC/INFO Method*. ESRI, Redlands.
- ESRI, 2002, *ArcXML Programmer's Reference Guide*. ESRI, Redlands.
- ESRI, 2004a, *Getting Started with ArcIMS*. ESRI, Redlands.
- ESRI, 2004b, *ArcIMS WMS Connector Overview*. ESRI, Redlands.
- Evans, J., 2005, Web Coverage Service (WCS), Version 1.0.0 (Corrigendum) (URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs>, consulta em 28/03/2006).
- Fonseca, A., Henriques, Rui G., 1999, Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG) - Uma Infraestrutura de Fomento e Suporte ao Desenvolvimento, *Expresso - Dossier Sistemas de Informação Geográfica*, nº 1387, Lisboa.
- Foote, K. E., Kirvan, A. P., 1998, *WebGIS*, NCGIA Core Curriculum in GIScience (URL: <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u133/u133.html>, consulta em 13/10/2005).
- Gartner, G., 1999, Multimedia GIS and the Web. In *Multimedia cartography*, editado por William Cartwright, Michael Peterson, Georg Gartner (Berlin: Springer), pp. 305-313.
- GeoConnections, 2004, Guide to The Canadian Geospatial Data Infrastructure (URL: http://www.geoconnections.org/publications/Technical_Manual/html_e/cgdiindex.html, consulta em 21/07/2005).
- Goodchild, M., Egenhofer, M., Kemp, K., Mark, D., Sheppard, E., 1999, Introduction to the Varenus Project (URL: www.spatial.maine.edu/~max/GIScience.pdf, consulta em 11/01/2006).

- Goodchild, M., 1992, Geographical Information Science. In *International Journal of Geographical Information Systems*, 6. pp. 31-45.
- GSDI, 2006, Global Spatial Data Infrastructure Association
(URL: <http://www.gsdi.org/>, consulta em 22/07/2005).
- Gunzer, H., 2002, Introduction to Web Services
(URL: <http://bdn.borland.com/article/images/28818/webservices.pdf>,
consulta em 03/04/2006).
- Henriques, Rui G., Fonseca, A., Gouveia, C., 1999, Sistema Nacional de Informação Geográfica, In *Forum Snig*, Nº 5, Lisboa, Portugal.
- Heywood, I., Cornelius, S., Carver, S., 2002, *An Introduction to Geographical Information Systems*. (Harlow: Prentice-Hall).
- ICA, 1999, Commission on Visualization
(URL: http://kartoweb.itc.nl/icavis/com_overview.html, consulta em 20/08/2005).
- ICA, 2003, *Reflections on the Results of a Questionnaire on the Definitions of Map, Cartography and GIS*
(URL: http://www.icaci.org/en/ga_reflections.html, consulta em 20/08/2005).
- IGP, 2006, Sistema Nacional de Informação Geográfica: SNIG, *Expresso – Caderno Especial do Instituto Geográfico Português*, nº 1751, Lisboa.
- Julião, R. P., 1999, Geografia, Informação e Sociedade. *GeolNova - Revista do Departamento de Geografia e Planeamento Regional*, nº 0, UNL-DGPR, Lisboa, Portugal.
- Julião, R. P., 2001, *Tecnologias de Informação Geográfica e Ciência Regional - Contributos Metodológicos para a Definição de Modelos de*

Apoio à Decisão em Desenvolvimento Regional. Dissertação de doutoramento, FCSH-UNL, Lisboa.

Julião, R. P., 2003, Estratégia para um novo SNIG. Documento interno do Instituto Geográfico Português.

Julião, R. P., 2004, *A importância de uma Infra-estrutura Nacional de Informação Geográfica*. In *Proceedings do ESIG 2004 – VIII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica*, Oeiras, Portugal, pp.17-18.

Köbben, B.J., Kraak, M-J., 1999, Web Cartography: Dissemination of spatial data on the Web. In *Proceedings of the 2nd AGILE Conference on Geographic Information Science*, Roma, Itália, pp. 14-18.

Kolacny, A., 1969, Cartographic Information – A Fundamental Concept and Term in Modern Cartography. *The Cartographic Journal*. Vol. 6, nº 1, pp. 47-49.

Kolodziej, K., 2003, OpenGIS® Web Map Server Cookbook Version: 1.0.1 (URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>, consulta em 28/03/2006).

Koop, O., 1998, Developing Electronic Atlases: an Update!, *Presentation at the Seminar on Electronic Atlases and National Atlas Information Systems in the Information Age* (URL: <http://cartography.geog.uu.nl/research/eatlas.html>, consulta em 27/11/2005).

Kraak, M-J., 2001a, Setting and Needs for Web Cartography. In *Web Cartography – Developments and Prospects*. Editado por M-J. Kraak e Allan Brown (New York: Taylor & Francis), pp. 1-6.

Kraak, M-J., 2001b, Trends in Cartography. In *Web Cartography – Developments and Prospects*. Editado por M-J. Kraak e Allan Brown (New York: Taylor & Francis), pp. 9-15.

- Kraak, M.-J., 2001c, Web Maps and Atlases. In *Web Cartography – Developments and Prospects*. Editado por M.-J. Kraak e Allan Brown (New York: Taylor & Francis), pp. 135-137.
- Kraak, M.-J.; Ormeling, F. J., 1998, *Cartography: Visualization of Spatial Data*. (England: Addison Wesley Longman).
- Kreger, H., 2001, Web Services Conceptual Architecture (WSCA 1.0) (URL: <http://www-306.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/WSCA.pdf>, consulta em 12/04/2006).
- MacEachren, A., 1994, Visualization in modern cartography: Setting the Agenda. In *Visualization in Modern Cartography*, editado por Alan M. MacEachren e D. R. F. Taylor (New York: Elsevier Science), pp. 1-11.
- Machado, J. R., 1993, *A Emergência dos Sistemas de Informação Geográfica na Análise e Organização do Espaço*. Dissertação de doutoramento, FCT-UNL, Lisboa.
- Magalhães, J. C., 2005, *Redes de Computadores*. (Lisboa: FCA).
- Maguire, D. J., 1991, Visualization. In *Geographical Information Systems, 1 – An Overview An Definition of GIS*, editado por D. J. Maguire, M. F. Goodchild, D. W. Rhind, Paul Longley (London: John Wiley & Sons), pp. 427-443.
- Mark, D., 2003, Geographic Information Science: Defining the field. In *Foundations of Geographic Information Science*, editado por M. Duckham, M. F. Goodchild, M. F. Worboys (London: Taylor and Francis), pp. 3-18.
- Microsoft, 2006, Windows DNA Architecture Design: A Scalable, Highly Available Business Object Architecture (URL:<http://www.microsoft.com/technet/archive/ittasks/deploy/depovg/windna.msp?mfr=true>, consulta em 20/04/2006).

- MSI, 1997, *Livro Verde para a Sociedade da Informação*. (Lisboa: MSI-MCT).
- Nebert, D., 2004, *Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook Version 2.0*
(URL: www.gsdi.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf, consulta em 20/02/2006).
- Neves, N., 1996, *Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica em Planeamento Municipal: Desenvolvimento de Modelos de Simulação e Decisão*. Dissertação de doutoramento, Universidade de Barcelona, Barcelona.
- OGC, 2005, *Open GeoSpatial Consortium*
(URL: <http://www.opengeospatial.org/>, consulta em 24/08/2005).
- Painho, M., Sena, R., Mota, F., Silva, H., Roseiro, H. Matos, P., Rodrigues, D., Rodrigues, N., Alves, H., 2002, *Desenvolvimento de Aplicações WebGIS utilizando a especificação Web Mapping Server do OpenGIS. Proceedings do ESIG 2002 – VII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica*. Oeiras, Portugal [CD-ROM], 10 pp.
- Painho, M., 2003, *Textos de Apoio à Disciplina Ciência e Sistemas de Informação Geográfica* do Mestrado de Ciência & Sistemas de Informação Geográfica. ISEGI-UNL, Lisboa.
- Parker, H. D., 1988, *The Unique Qualities of a Geographic Information System: a Commentary*. In *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 54, nº 11, pp. 1547-1549.
- Peng, Z., 1997, *An Assessment of the Development of Internet GIS*, In *Proceedings of the ESRI User Conference*. San Diego, Califórnia.

- Peng, Z., Tsou, M., 2003, *Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks*. (New Jersey: John Wiley & Sons).
- Percivall, G., 2003, OGC Reference Model. Version 0.1.3 (URL: http://portal.opengeospatial.org/files/index.php?artifact_id=3836, consulta em 06/08/2005).
- Peterson, M., 1994, Cognitive Issues in Cartographic Visualization. In *Visualization in Modern Cartography*, editado por Alan M. MacEachren e D. R. F. Taylor (New York: Elsevier Science), pp. 27-41.
- Peterson, M., 1995, *Interactive and Animated Cartography*. (New Jersey: Prentice Hall).
- Peterson, M., 2000, *The Web and Ethics in Cartography* (URL: <http://maps.unomaha.edu/mp/Articles/WebEthics/Ethics.html>, consulta em 27/07/2005).
- Plewe, B., 1997, *GIS Online: Information, Retrieval, Mapping and the Internet*. (NY: OnWord Press).
- Rase, D., 2002, *Reference Data and Metadata Orientation Paper*. (Disponível em: <http://inspire.jrc.it/>, consulta em 14/09/2005).
- Rocha, J. G., 2005, *Informação Geográfica: Meta-Informação, Codificação e Visualização*. Dissertação de doutoramento, Universidade do Minho, Portugal.
- Schneider, B., 1999, Integration of Analytical GIS-Functions in Multimedia Atlas Information Systems. In *Proceedings of the 19th International Cartographic Conference*, Ottawa, Canada, pp.8-15.

- Shapiro, C., Varian, H., 1999, *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy* (Massachusetts: Harvard Business School Publishing).
- Shirey, G., 2001, *Metadata: What's the Big Deal? Protecting Your Investment in Data With Metadata*. ESRI Online Course, consulta em Abril 2006.
- Silberschatz, A., Stonebraker, M., Ullman, J., 1996, *Database Research: Achievements and Opportunities Into the 21st Century*. Report of the Lagunita II NSF Workshop on the Future of Database Systems, pp.52-63.
- Slocum, T., 1999, *Thematic Cartography and Visualization*. (New Jersey: Prentice-Hall).
- SNIG, 2004, Sistema Nacional de Informação Geográfica (URL: <http://snig.igeo.pt/>, consulta em 15/09/2005).
- Taylor, D. R. F., 1994, Perspectives on Visualization and Modern Cartography. In *Visualization in Modern Cartography*, editado por Alan M. MacEachren e D. R. F. Taylor (New York: Elsevier Science), pp. 333-342.
- Timpf, S., Raubal, M., Kuhn, W., 1996, Experiences With Metadata. In *Proceedings of the 7th Int. Symposium on Spatial Data Handling*, Delft, Holanda, pp.31-43.
- UMIC, 2003, Uma Nova Dimensão de Oportunidades: Plano de Acção para a Sociedade da Informação (URL: <http://www.unic.pcm.gov.pt/>, consulta em 15/02/2006).
- Visvalingam, M., 1994, Visualization in GIS, Cartography and ViSC. In *Visualization in Geographical Information Systems*, editado por H. Hearnshaw e D. Unwin (London: John Wiley & Sons), pp.18 a 25.

Vretanos, P., 2005, Web Feature Service Implementation Specification, Version 1.1.0 (URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>, consulta em 29/03/2006).

Whiteside, A., 2005, OpenGIS® Web Services Architecture Description, Version 0.1.0 (URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/bp>, consulta em 28/03/2006).

Anexo 1. Internet e a World Wide Web

Sem a preocupação de ser exaustivo, torna-se relevante para esta tese, fazer uma breve descrição da evolução das tecnologias da informação e da comunicação, mais especificamente da *Internet*.

Desde os princípios da Humanidade que a preocupação em desenvolver formas e mecanismos de comunicação entre indivíduos foi fundamental para o desenvolvimento da nossa sociedade. Para se relacionar, o Homem desenvolveu mecanismos de comunicação, rudimentares no início porque eram essencialmente gestuais e mais elaborados com o uso da oralidade.

Mas a grande revolução das comunicações aconteceu com a chegada dos computadores. Com a evolução destes foi possível melhorar radicalmente os serviços já existentes (*fax*, rede de telefones), bem como criar novos meios de comunicação (por fibras ópticas de alta velocidade, via satélite, etc.). O passo decisivo resultou da percepção de que os computadores em conjunto eram ainda mais úteis do que isolados.

Surge assim, o conceito de *Internet* (abreviação de ***Interconnected Networks***). A *Internet* – a rede das redes informáticas – é hoje um dos meios mais poderosos de comunicação mundial. Engloba milhões de computadores, muitos dos quais são fontes importantes de informação, tornando-se assim, numa tecnologia indispensável para uma larga faixa da sociedade como veículo privilegiado para a pesquisa e disseminação do conhecimento.

Começa a ser difícil definir *Internet*, não na sua forma física, porque não há dúvida que existe e existirá sempre uma definição técnica, mas na sua dimensão social e cultural. No seu essencial, trata-se de uma rede mundial de computadores que proporciona a partilha e permuta da informação.

Em termos físicos, a *Internet* define-se como uma rede de redes de computadores, com cobertura quase mundial que interliga milhares de redes e milhões de computadores (desde os vulgares PC's até aos supercomputadores). Em termos sociais e culturais, a *Internet* representa

uma comunidade de instituições (utilizadores), colectivas e singulares, que partilham um meio comum, onde milhões de pessoas se encontram, comunicam e trocam informações diariamente, através dos diversos serviços de comunicação (correio electrónico, grupos de notícias e discussão, IRC, etc.) e de informação (WEB, pesquisa e transferência de ficheiros, etc.).

Os computadores comunicam uns com os outros porque usam protocolos comuns. Existem duas famílias de protocolos reconhecidas e normalizadas a nível Internacional (Magalhães, 2005):

- A família **OSI** (*Open Systems Interconnection*) - normalizadas pela ISO (International Standards Organization) e pelo ITU (International Telecommunications Union);
- A família *Internet* - normalmente designada **TCP/IP** (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), normalizada pelo IAB (Internet Architecture Board).

A *Internet* é uma rede comutada de pacotes, suportada pelo protocolo TCP/IP. A arquitectura está estruturada em 4 camadas (Figura A.1): física, rede, transporte e aplicação. Só a camada de aplicação interessa a um utilizador final, mas todas as outras são necessárias para a suportar. Existem muitos protocolos pertencentes à família TCP/IP, no entanto os mais importantes são os seguintes:

IP (*Internet Protocol*) - Serviço de rede;

TCP (*Transmission Control Protocol*) - Serviço de transporte orientado à conexão;

UDP (*User Datagram Protocol*) - Serviço de transporte não orientado à conexão;

DNS (*Domain Name System*) - Serviço de resolução de nomes;

SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) - Correio electrónico;

FTP (*File Transfer Protocol*) - Transferência de ficheiros;

TELNET - Serviço de terminal virtual;

SNMP (*Simple Network Management Protocol*) - Serviço de gestão de redes *Internet*;

NFS (*Network File System*) - Sistema de partilha de ficheiros entre computadores.

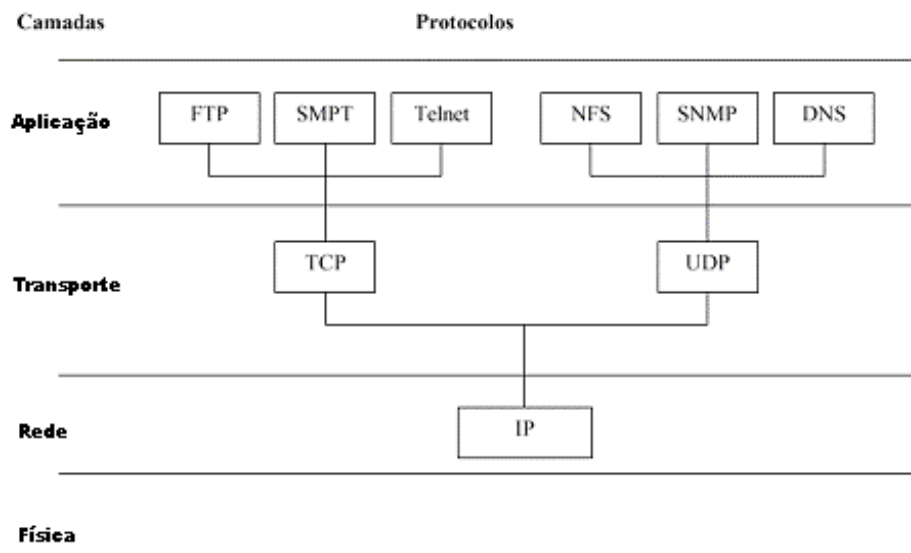


Figura A.1: Arquitectura em camadas da *Internet*

Muito resumidamente, o IP faz a transmissão da informação de local para local, enquanto o TCP organiza e controla de modo a que tudo corra sem erros.

Cada computador ligado à *Internet* pode ser a origem ou o destino de qualquer pacote IP. Para tal tem um endereço único, numérico, que o distingue de todos os outros, que se designa por endereço IP. Devido ao

facto dos endereços IP serem numéricos tornando difícil a sua memorização e manipulação, foi criado um protocolo de suporte a nomes lógicos e respectiva conversão para endereços numéricos, o DNS.

O grande sucesso da *Internet* deve-se a dois factores decisivos. Por um lado, a vertente tecnológica que se encontra estável e madura, assente num conjunto de protocolos de comunicação robusto e adequado a redes heterogéneas, a mecanismos de atribuição e gestão de endereços e de nomes hierarquicamente descentralizado e a um conjunto alargado de serviços baseados no paradigma cliente-servidor. Por outro lado, o facto da *Internet* ser uma rede aberta, ou seja, a sua propriedade, gestão e responsabilidade encontra-se distribuída entre diferentes países, instituições, empresas e grupos de indivíduos.

As origens da *Internet* remontam à segunda metade da década de 60, através do projecto patrocinado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos na criação de uma rede de computadores para interligar os centros de investigação e os investigadores da Agência de Investigação Militar, residentes em diferentes locais, poderem trabalhar em conjunto e partilhar informação, rede essa designada de ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*). Mas é apenas na década de 90 que a *Internet* surge como potencial dominante no universo da comunicação, devido essencialmente ao aumento das capacidades tanto dos computadores pessoais como das linhas de comunicação disponíveis e com a criação da *World Wide Web*.

A maior parte dos serviços existentes na *Internet* baseiam-se na arquitectura cliente/servidor (Figura A.2). O cliente e o servidor comunicam entre si segundo um protocolo conhecido e específico ao serviço que ambos implementam (ex., protocolos de serviços - FTP, SMTP; protocolo de transporte – TCP/IP).

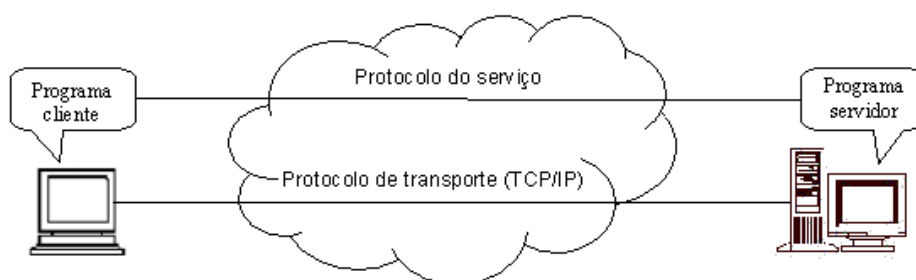


Figura A.2: Modelo cliente/servidor nos serviços da *Internet*

O programa cliente providencia uma interface com o utilizador e é responsável pelo estabelecimento de ligações com um ou mais servidores. Por outro lado, o servidor gere recursos (e.g. ficheiros, bases de dados, caixas de correio), recebe e trata pedidos dos programas clientes, e eventualmente ainda comunica com outros servidores.

A *World Wide Web* (WWW ou simplesmente WEB) é o principal serviço da *Internet*, sendo muitas vezes confundida com esta.

Na sua forma mais conhecida e utilizada, a WEB pode ser vista como um "grande e autónomo sistema de informações distribuído e heterogéneo" (Silberschatz *et al.*, 1996), utilizado como fonte de informações nas mais diversas áreas do conhecimento, seja por motivos profissionais ou simplesmente por lazer.

De acordo com a definição oficial do W3C, a WEB é o "universo da informação acessível em rede, uma materialização do conhecimento humano". Por outras palavras, é um conjunto de documentos espalhados pela *Internet*. Todos estes documentos têm uma característica em comum: são escritos em hipertexto, permitindo que toda a informação existente na *Internet*, sejam textos, imagens, etc., possa ser acedida de forma simples e consistente, usando uma linguagem especial, chamada HTML – *Hypertext Mark-up Language*.

A utilização de técnicas de hipertexto facilita a interligação e a navegação entre os diferentes recursos e serviços, o que torna a utilização da WEB muito simples. As capacidades multimédia, que permitem o acesso a recursos mais elaborados e atractivos, contribuíram para que a WEB se transformasse, em pouco anos, no serviço mais popular da *Internet*.

A *World Wide Web* foi criada por um grupo de cientistas do CERN (*Centre European Research Nuclear*) na Suíça, liderado por Tim Berners-Lee, com o intuito de facilitar a disseminação de informação do CERN através da *Internet*. A informação devia estar acessível através de uma interface simples, a qualquer tipo de computador, situado em qualquer local da rede.

A WEB define um conjunto de *standards* e protocolos permitindo que milhões de computadores possam comunicar e trocar informação, independentemente da plataforma utilizada. A arquitectura básica é definida por (Berners-Lee, 1996):

- Um esquema de endereçamento universal – URL (*Uniform Resource Locator*), destinado à identificação de cada entidade – documentos e outros recursos – na WEB;
- Um protocolo de comunicação – HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), para acesso a dados remotos, usado para estabelecer e efectuar a transferência de informações entre clientes e servidor WEB;
- Uma linguagem de marcação standard – HTML (*Hypertext Mark-up Language*), utilizada para representar a informação nos clientes WEB de forma simples, uniforme e independente da plataforma utilizada.