

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
ESCOLA DE ENGENHARIA DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

JONAS BEZERRA DE MELO JÚNIOR

**INTEROPERABILIDADE DE SIG
ATRAVÉS DE SERVIÇOS WEB**



Recife, 2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
ESCOLA DE ENGENHARIA DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

JONAS BEZERRA DE MELO JÚNIOR

**INTEROPERABILIDADE DE SIG
ATRAVÉS DE SERVIÇOS WEB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, área de Concentração Cartografia e Sistemas de Geoinformação, defendida e aprovada no dia 04/03/2005.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Lúcia Bezerra Candeias

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Carolina Salgado

Recife, 2005

M528i

Melo Júnior, Jonas Bezerra de

Interoperabilidade de SIG através de serviços web / Jonas Bezerra de Melo Júnior. – Recife : O Autor, 2005.
x, 74 folhas. : il. ; tab. e fig.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2005.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Engenharia Cartográfica – Sistemas de Geoinformação. 2. Cartografia digital. 3. Sistemas de Informações Geográficas – GIS . 4. Serviços web – Interoperabilidade. I. Título.

526.1 CDD (22.ed.)

**UFPE
BCTG/2005-08**

INTEROPERABILIDADE DE SIG ATRAVÉS DE SERVIÇOS WEB

POR

JONAS BEZERRA DE MELO JUNIOR

Dissertação defendida e aprovada em 04.03.05.

Banca Examinadora:


Prof. Dr. ANA LÚCIA BEZERRA CANDEIAS (Orientadora)
Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco


Prof. Dr. JOSÉ LUIZ PORTUGAL
Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco


Prof. Dr. CARLOS ANDRÉ GUIMARÃES FERRAZ
Centro de Informática - Universidade Federal de Pernambuco

DEDICATÓRIA

A minha Margot e ao nosso bebê que está a caminho...

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Margot que me incentivou a fazer esta pós-graduação e sempre esteve ao meu lado.

Aos meus pais Jonas e Cesônia que sempre me apoiaram.

As minhas orientadoras Ana Carolina e Ana Lúcia pela motivação, apoio e orientação que tornaram possível a elaboração desta dissertação.

Aos professores Portugal e Carlos Ferraz pelas sugestões e contribuições ao trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia Cartográfica pelos seus ensinamentos que foram importantes na construção deste trabalho.

Aos meus colegas do mestrado e do meu trabalho pelo incentivo e apoio.

À Prefeitura que proporcionou horário flexível possibilitando fazer este mestrado.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	i
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	ix
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	2
1.1.1 Objetivo Geral.....	2
1.1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.1.3 Estrutura da Dissertação	2
2 GEODÉSIA, CARTOGRAFIA E SIG	3
2.1 Definições de Geodésia, Cartografia e SIG	3
2.2 GEODÉSIA	4
2.2.1 Modelo da superfície da Terra	4
2.2.2 Geóide	4
2.2.3 Elipsóide	5
2.2.4 SISTEMA DE REFERÊNCIA GEODÉSICO	6
2.3 CARTOGRAFIA.....	7
2.3.1 Sistemas de Coordenadas	7
2.3.1.1 Coordenadas Cartesianas	7
2.3.1.2 Coordenadas Geográficas	8
2.3.1.3 Coordenadas Geodésicas	8
2.3.2 Projeções Cartográficas.....	9
I) Classificação das Projeções quanto à Superfície de Projeção	10
II) Classificação das Projeções quanto à Posição da Superfície de Projeção em Relação à Superfície de Referência.....	10
III) Classificação das Projeções quanto à Superfície de contato entre a Superfície de Projeção e a Superfície de Referência.....	10
IV) Classificação das Projeções quanto às Propriedades Conservadas	10

2.3.3	Projeção UTM.....	11
2.4	DADOS GEOGRÁFICOS.....	12
2.4.1	Tipos de Dados Geográficos	13
2.4.1.1	Dados Temáticos.....	13
2.4.1.2	Dados Cadastrais	13
2.4.1.3	Redes	13
2.4.1.4	Modelos Numéricos de Terreno.....	14
2.4.1.5	Imagens.....	14
2.4.2	Aquisição de dados geográficos	14
2.5	SIG.....	14
2.6	Considerações finais	18
3	INTEROPERABILIDADE DE SIG E SERVIÇOS WEB.....	19
3.1	Introdução	19
3.2	Interoperabilidade física de SIG.....	20
3.3	Serviços WEB	21
3.3.1	Definições de Serviços Web	21
3.3.2	Papéis:.....	22
3.3.3	Componentes:.....	23
3.3.4	Operações:	23
3.3.5	Tecnologias Relacionadas com Serviços Web	24
3.3.5.1	HTTP	24
3.3.5.2	SOAP	24
3.3.5.3	WSDL	25
3.3.5.4	UDDI.....	27
3.3.6	Vantagens da tecnologia de Serviços WEB.....	28
3.3.7	Implantação Rápida e Fácil	28
3.3.8	Interoperabilidade.....	28
3.3.9	Integração Imediata	29
3.3.10	Redução de complexidade pelo encapsulamento.....	29
3.3.11	Integração com sistemas legados e COTS	29
4	EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA LEVANDO O SIG PARA A INTERNET	31
4.1	Introdução	31
4.2	Internet, Web e Serviços Web.....	31
4.3	SIG na Internet.....	33

4.3.1	Cliente http e dados remotos	33
4.3.2	Cliente http e Servidor de Mapas	34
4.3.2.1	WMS.....	35
4.4	Sistemas de Informações Geográficas Distribuídos	36
4.4.1	Distribuição através de CORBA.....	37
4.4.2	Distribuição através de Serviços Web	37
4.4.3	Análise das Tecnologias de Distribuição	38
4.5	Considerações finais	39
5	SERVIÇOS WEB GEOGRÁFICOS	40
5.1	Introdução	40
5.2	Serviços WEB Geográficos	42
5.3	Funcionalidades de Serviços WEB Geográficos	42
5.4	Encadeamento de Serviços	43
5.5	SWG e Interoperabilidade de SIG.....	45
5.6	Sistemas não Geográficos e SWG.....	46
5.7	SIG LEGADOS E SWG.....	47
5.7.1	SIG Legado Provedor de Serviços	47
5.7.2	SIG Legado Cliente de Serviços	48
5.7.3	SIG Legado cliente de SIG Legado	49
5.7.4	SIG Legado Fechado.....	50
5.8	Considerações finais	51
6	IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DA TECNOLOGIA E RESULTADOS.....	52
6.1	Introdução	52
6.2	Etapas do projeto	52
6.3	Aspectos Cartográficos do projeto	54
6.4	Histórico do desenvolvimento	55
6.5	Servidor de Mapas	58
6.5.1	Configuração do MapServer	58
6.5.2	Esquema de funcionamento dos servidores	58
6.6	Interface para o Serviço.....	59
6.6.1	Implementação	61
6.7	Clientes	62
6.7.1	Cliente Java.....	62
6.7.2	Cliente Pascal.....	64

6.8	Considerações finais	66
7	CONCLUSÃO	67
7.1	Contribuições	67
7.2	Sugestão para trabalhos futuros	68
	REFERÊNCIAS.....	69

RESUMO

MELO JR, Jonas Bezerra de. *Interoperabilidade de SIG Através de Serviços WEB* Recife, 2004. 74 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

Até meados da década de 90, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) eram ilhas de informação. Eles eram desenvolvidos de forma autônoma e utilizavam tecnologias proprietárias. Não havia a preocupação com o intercâmbio de dados nem com a comunicação entre as aplicações. Nos últimos anos a comunidade científica vem propondo tecnologias que possibilitem as instituições compartilharem seus acervos cartográficos e recursos computacionais. Recentemente uma tecnologia denominada de Serviços Web foi apontada como um paradigma que facilitará a construção de SIG interoperáveis. Estes serviços são independentes de plataformas e linguagens de programação. Tendo-se em vista as vantagens e potencialidades desta tecnologia para as instituições que lidam com informações geográficas, foi desenvolvido neste trabalho um aplicativo para verificar uso prático dos Serviços Web em interoperabilidade de SIG.

Palavras-chave: SIG, Serviços Web, Interoperabilidade, Cartografia Digital.

ABSTRACT

Until middle 90's Geographical Information Systems were information islands. They were autonomously developed and used proprietary technologies. There was no concern about data exchange or applications communication. The scientific community has been proposed technologies to enable the institutions share their cartography documents and computational resources. Recently a technology called WEB services has been pointed as a paradigm for building interoperable GIS. These services are platform and program languages independent. Taking account the Web services advantages and potentialities for the institutions who deal with geographic information, this work presents a practical experiment showing the use of WEB Services in GIS interoperability.

Keywords: GIS, Web Services, Interoperability, Digital Cartography.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	RELACIONAMENTO ENTRE AS DISCIPLINAS	3
FIGURA 2	GEÓIDE	4
FIGURA 3	ELIPSÓIDE DE REVOLUÇÃO	5
FIGURA 4	GEÓIDE, ELIPSÓIDES INTERNACIONAL E LOCAL	6
FIGURA 5	COORDENADAS CARTESIANAS	7
FIGURA 6	LATITUDE E LONGITUDE	8
FIGURA 7	COORDENADAS CARTESIANAS E GEODÉSICAS	9
FIGURA 8	PROJEÇÃO CILÍNDRICA, CÔNICA E PLANA	10
FIGURA 9	ZONA UTM24, ABRANGENDO A REGIÃO ENTRE AS LATITUDES 36° W E 42° W.	11
FIGURA 10	ARQUITETURA DE UM SIG	15
FIGURA 11	CICLO QUE ENVOLVE O SIG	17
FIGURA 12	CONSULTA A DADOS GEOGRÁFICOS NA INTERNET	18
FIGURA 13	SERVIÇOS WEB: ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇOS	22
FIGURA 14	CONVERSÃO DE DADOS DO TIPO VETORIAL	33
FIGURA 15	CLIENTE HTTP E DADOS REMOTOS	34
FIGURA 16	CLIENTE HTTP E SERVIDOR DE MAPAS	35
FIGURA 17	EXEMPLO DE ENCADEAMENTO DE SERVIÇOS	38
FIGURA 18	ARCVIEW ACESSANDO BD GEOGRÁFICO	41
FIGURA 19	ENCADEAMENTO DE SERVIÇOS	44
FIGURA 20	ENCADEAMENTO DE SERVIÇOS	44
FIGURA 21	EXEMPLO DE ENCADEAMENTO DE SERVIÇOS	45
FIGURA 22	ENCADEAMENTO DE SERVIÇOS E SIG	45
FIGURA 23	SERVIÇO CONVERSOR DE DADOS	46
FIGURA 24	SISTEMA NÃO GEOGRÁFICO ACESSANDO UM SERVIÇO DE ROTAS	46
FIGURA 25	SIG LEGADO FORNECENDO SERVIÇO	48
FIGURA 26	SIG LEGADO ACESSANDO UM SERVIÇO	49
FIGURA 27	SIG LEGADO CLIENTE DE SIG LEGADO	49
FIGURA 28	SIG LEGADO FECHADO E SERVIÇOS GEOGRÁFICOS	50
FIGURA 29	RESUMO DO APLICAÇÃO	53
FIGURA 30	VISÃO DO SISTEMA IMPLEMENTADO	54
FIGURA 31	SERVIDOR VETORIAL	56
FIGURA 32	SERVIDOR MATRICIAL	56

FIGURA 33 ENCADEAMENTO DE SERVIDORES	57
FIGURA 34 RESUMO DO OVERLAY DOS MAPAS	57
FIGURA 35 ESQUEMA DO FUNCIONAMENTO DOS SERVIDORES	59
FIGURA 36 VISÃO GERAL DO PROCESSO	59
FIGURA 37 FUNCIONAMENTO DO PROCESSO	60
FIGURA 38 CLIENTE JAVA	63
FIGURA 39 MAPA NO CLIENTE JAVA	63
FIGURA 40 CLIENTE DELPHI	64
FIGURA 41 MAPA NO CLIENTE DELPHI	65
FIGURA 42 SITUAÇÃO ANTERIOR	90
FIGURA 43 SITUAÇÃO ATUAL	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 ELIPSÓIDES.....	5
--------------------------	---

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CORBA	<i>Common Object Request Broker Architecture</i>
COTS	<i>Commercial-Of-The-Shelf</i>
DXF	<i>Drawing eXchange File</i>
DWG	<i>DraWinG Files</i>
GIF	<i>Graphics Interchange Format</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
ICA	<i>International Cartographic Association</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
MNT	Modelo Numérico de Terreno
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>
PNG	<i>Portable Network Graphics</i>
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
UDDI	<i>Universal Description, Discovery and Integration</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
SHP	<i>Esri[®] Shape file</i>
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>

XML	<i>Extensible Markup Language</i>
WEB	<i>World Wide Web</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WMS	<i>Web Map Service</i>
WSDL	<i>Web Services Description Language</i>

1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) estão presentes nas mais diversas áreas, dando suporte a aplicações tais como o cadastro imobiliário, saúde pública, prospecção de petróleo, entre outros.

Até meados da década de 90, os SIG desenvolvidos podem ser vistos como ilhas de informação. E portanto, os sistemas desenvolvidos com esta filosofia são independentes na forma de tratar e modelar os dados bem como nas escolhas de bancos de dados, paradigmas de linguagens de programação e sistema operacional.

A solução deste problema vem sendo enfrentada pela comunidade científica. As pesquisas trabalham no sentido de propor tecnologias que possibilitem as instituições compartilharem seus acervos cartográficos e recursos computacionais.

As empresas e instituições públicas que utilizam SIG com a filosofia da década de 90 têm grande dificuldade em compartilhar seus dados. Com isto, surgem os problemas de dados replicados, bem como, problemas de atualização destes dados. Isto é facilmente observado em prefeituras, concessionárias de serviços públicos, instituições privadas e institutos de pesquisa. Outro fato importante é que estes SIG só podem ser acessados no local onde estão instalados. Se por exemplo, a Secretaria de Saúde necessitar de informações de SIG da secretaria de Planejamento, ela tem duas opções: a) dirigir-se a secretaria de Planejamento fisicamente; b) comprar um novo sistema de informações. Um outro problema bastante comum nas prefeituras é ter a base cartográfica replicada em vários departamentos e ser consultada por SIG diferentes.

Este trabalho investiga uma tecnologia denominada Serviços Web que promete possibilitar aos SIG o intercâmbio de dados e funcionalidades, independentemente de plataforma tecnológica.

Tendo-se em vista as vantagens e potencialidades desta tecnologia para as instituições que lidam com informações geográficas, foi desenvolvido um aplicativo para verificar uso prático dos Serviços Web.

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o uso da tecnologia dos Serviços Web na interoperabilidade de SIG

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar o problema da interoperabilidade de SIG.
- Pesquisar a tecnologia dos Serviços Web.
- Desenvolver um Serviço Web Geográfico e demonstrar sua aplicação na interoperabilidade de SIG

1.1.3 Estrutura da Dissertação

O capítulo 1 descreve a introdução da pesquisa.

O capítulo 2 apresenta conceitos de Cartografia que foram fundamentais na implementação prática da tecnologia dos serviços WEB, assim como melhora o entendimento sobre o potencial do encadeamento de serviços apresentado no capítulo 6.

No capítulo 3, o problema da interoperabilidade é abordado com ênfase na sua nuance física. A tecnologia dos Serviços WEB é apresentada como uma alternativa para a solução do problema.

O capítulo 4 mostra que os SIG estão migrando para a Internet

O capítulo 5 particulariza os conceitos dos Serviços WEB para sistemas geográficos. São apresentadas formas de como atingir a interoperabilidade entre SIG utilizando esta tecnologia.

No capítulo 6 encontra-se um exemplo da aplicação da tecnologia dos serviços WEB geográficos.

2 GEODÉSIA, CARTOGRAFIA E SIG

Este capítulo fornece o embasamento teórico necessário ao melhor entendimento dos sistemas de informação que trabalham com dados geográficos.

A Figura 1 mostra uma pirâmide, onde estão dispostas as disciplinas da Geodésia, Cartografia e SIG. A Geodésia, que está na base da pirâmide, desenvolve o suporte à Cartografia que por sua vez alimenta os SIG. A qualidade da informação produzida pelos SIG depende fortemente da Cartografia e da Geodésia.

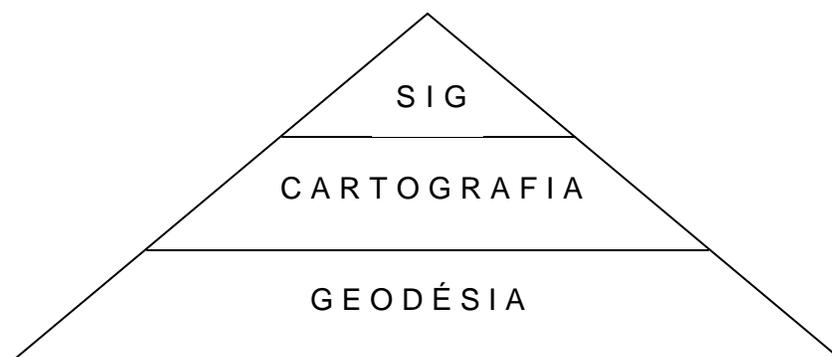


Figura 1 Relacionamento entre as Disciplinas

2.1 Definições de Geodésia, Cartografia e SIG

A Geodésia é definida como a ciência da medição e representação da Terra, ou de porções da sua superfície. Ela é responsável também pela determinação do campo de gravidade externo da Terra bem como a determinação do assoalho oceânico (superfície do fundo dos mares) (TORGE, 2001).

A Cartografia é a ciência cujo objetivo é a organização, apresentação, comunicação e utilização da informação geográfica nas formas visual, digital ou tátil, que inclui todos os processos de preparação de dados no emprego e estudo de todo e qualquer tipo de mapa (ICA, 1989).

“SIG são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la” (CÂMARA et al, 1997).

2.2 GEODÉSIA

2.2.1 Modelo da superfície da Terra

Nos primórdios o homem acreditava que a superfície da Terra era plana. Este conceito evoluiu para a esfera e atualmente a Terra é representada por duas superfícies de referência: O elipsóide e o geóide. O elipsóide é uma superfície matemática de referência para determinação das coordenadas geodésicas (latitude, longitude e altura). O geóide tem como função principal servir como nível de referência para as altitudes ortométricas que são determinadas pelo método de nivelamento geodésico.

2.2.2 Geóide

O Geóide é uma superfície equipotencial do campo de gravidade da Terra que mais se aproxima do nível médio dos mares. O Geóide se estende por todos os continentes e ilhas, sem interrupção, determinado através de medições de aceleração gravitacional com gravímetros. A direção da força da aceleração da gravidade é perpendicular ao geóide e a sua superfície é referência para as observações astronômicas e para o nivelamento geodésico (GEMAEL, 2002; TORGE, 2001; PHILIPS 2004).

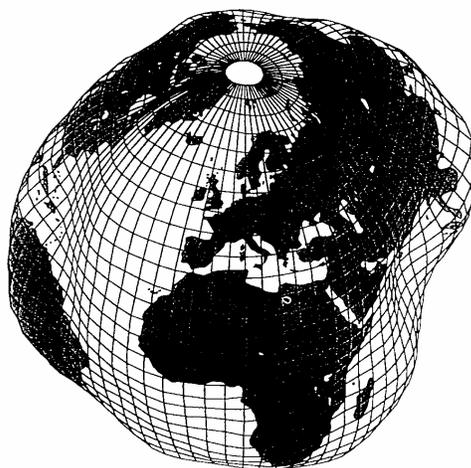


Figura 2 Geóide

Fonte: (PHILIPS, 2004)

2.2.3 Elipsóide

Dado que a Terra é ligeiramente achatada nos pólos e se alarga mais no equador, a figura geométrica regular usada em Geodésia que mais se aproxima de sua verdadeira forma é o elipsóide de revolução. O elipsóide de revolução é a figura que se obtém ao se rodar uma elipse em torno de seu eixo menor. Na Figura 3 é mostrado o elipsóide internacional proposto por Hayford em 1924 aplicado no Brasil no Datum Córrego Alegre. Os parâmetros que definem um elipsóide são as dimensões do semi-eixo maior (a) e do semi-eixo menor (b) ou as dimensões do eixo maior (a) e o achatamento (f).

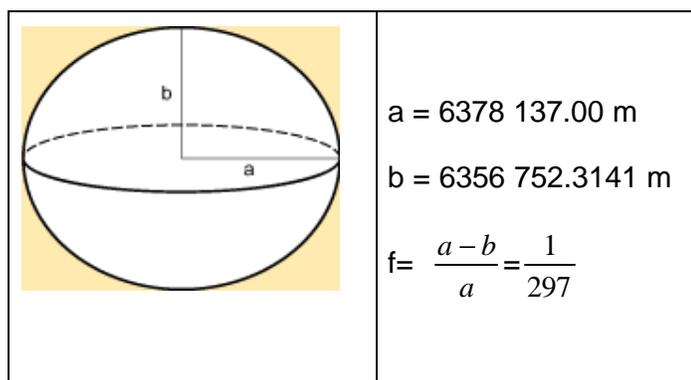


Figura 3 Elipsóide de Revolução

Fonte: (TARTU, 2004)

Na Tabela 1 estão listados alguns elipsóides.

Tabela 1 Elipsóides

Fonte: (SANTOS, 2001; DGF, 2004)

Nome do Elipsóide	Semieixo maior a[m]	achatamento f	Utilização
Geodetic Reference System 1980 (GRS80)	6 378 137	1 : 298.25722	World Geodetic System 1984
World Geodetic System 1972 (WGS72)	6 378 135	1 : 298.26	World Geodetic System 1972
Geodetic Reference System 1967	6 378 160	1 : 298.25	Australian Datum 1966 South American Datum 1969
Krassovski (1942)	6 378 245	1 : 298.3	Pulkovo Datum 1942
International (Hayford 1924)	6 378 388	1 : 297.0	Córrego Alegre

Os elipsóides são divididos em duas categorias: Internacionais e locais. Nos Internacionais o seu centro coincide como o centro de massa da Terra. Já os locais são oriundos de translação e rotação do elipsóide global para se adaptar a superfície do geóide de uma região específica. No Brasil o órgão responsável pela execução e normatização dos trabalhos geodésicos é o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), ele adota atualmente o elipsóide do SAD-69 (SANTOS, 2001). Na Figura 4 encontra-se uma ilustração sobre elipsóide internacional local e o geóide.

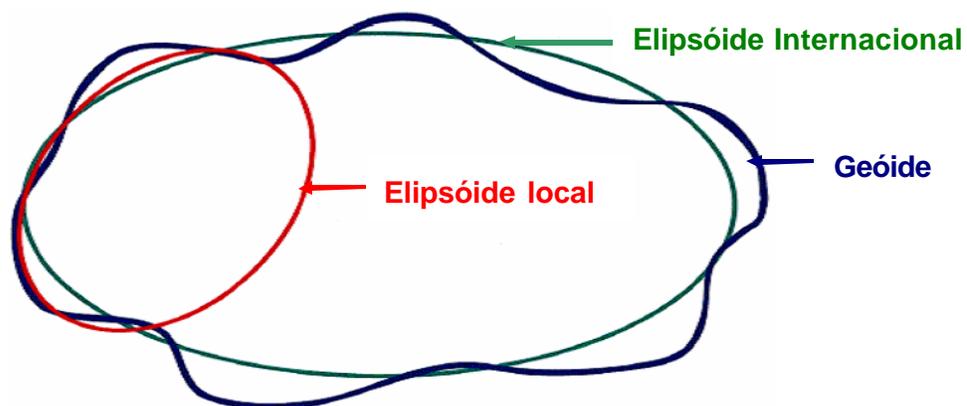


Figura 4 Geóide, Elipsóides Internacional e Local

2.2.4 SISTEMA DE REFERÊNCIA GEODÉSICO

O Brasil adotou vários elipsóides como superfície de referência para os levantamentos. O primeiro elipsóide adotado foi o Internacional de Hayford e o ponto origem estava em Córrego Alegre. O Datum Córrego Alegre foi adotado no país entre as décadas de 50 e 70. Houve um Datum provisório cujo elipsóide era o Hayford e o vértice ficava em Chuá, ele foi conhecido como Astro Datum Chuá.

No final da década de 70 o SAD 69 foi adotado como sistema de referência oficial no Brasil. O elipsóide era baseado no Elipsóide de Referência Internacional de 1967 (porém arredondando o valor do achatamento) e o ponto origem era o vértice Chuá (IBGE, 1998). Em 1996 a rede de referência do SGB, no SAD 69, sofreu um reajustamento.

As potencialidades dos métodos de posicionamento por satélites, aliado ao fato dos sistemas ditos clássicos não possuírem precisão compatível com as atuais técnicas de posicionamento, fizeram com que muitos países adotassem sistemas de referência geocêntricos (origem no centro de massa da Terra) (DALAZOANA e

FREITAS, 2002).

Neste sentido, foi criado na América do Sul o projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), cujo objetivo foi definir um sistema geocêntrico de referência para a América do Sul, adotando-se o ITRS (International Terrestrial Reference System) e o elipsóide do GRS-80 ($a = 6.378.137$ m, $f = 1 : 298.257222101$), que é praticamente o mesmo elipsóide do sistema WGS-84 utilizado pelo GPS (SIRGAS, 2005; DALAZOANA e FREITAS, 2002). Para maiores detalhes sobre ITRS e GPS vide IERS(2005) e MONICO (2000).

2.3 CARTOGRAFIA

2.3.1 Sistemas de Coordenadas

Para a correto posicionamento na superfície da Terra é necessário a adoção de um sistema de coordenadas caracterizado por uma posição origem, orientação dos eixos, escala de medidas.

2.3.1.1 Coordenadas Cartesianas

A superfície adotada pode ser a esfera ou o elipsóide. A origem fica no centro de massa da Terra. O eixo Z aponta para o norte. O eixo X está na intersecção entre o plano do equador e o plano que contem o meridiano de Greenwich. O eixo Y é disposto de forma a tornar o sistema dextrógiro.

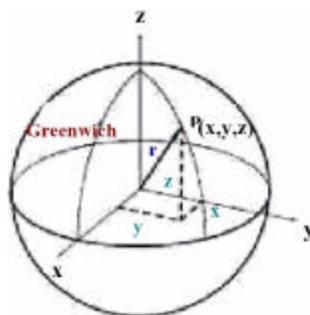


Figura 5 Coordenadas Cartesianas

Fonte: PAIXÃO (2004)

2.3.1.2 Coordenadas Geográficas

Neste sistema a Terra é considerada uma esfera seccionada por meridianos e paralelos. Os meridianos são círculos máximos da esfera que contêm o eixo de rotação. O meridiano de origem (0°) é o que passa pelo observatório de Greenwich, Inglaterra. Os paralelos são círculos da esfera cujo plano é perpendicular ao eixo de rotação. O paralelo de origem (0°) é o equador.

Todos os pontos da superfície terrestre são localizados pelo cruzamento de duas coordenadas geográficas: latitude e longitude.

Latitude é o ângulo formado pela normal, à superfície adotada para a Terra, que passa pelo ponto considerado e a reta correspondente à sua projeção no Plano do Equador (IBGE, 2004).

Longitude é o ângulo diedro formado pelos planos do Meridiano de Greenwich e do meridiano que passa pelo ponto considerado (IBGE, 2004).

Na Figura 6 pode-se observar a representação esquemática da latitude e longitude geográficas.

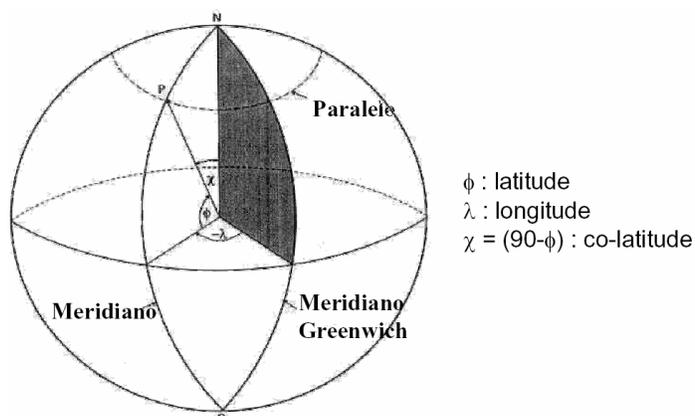


Figura 6 Latitude e Longitude

Fonte: PAIXÃO (2004)

2.3.1.3 Coordenadas Geodésicas

O sistema de coordenadas geodésicas é similar ao geográfico, no entanto a superfície adotada para a Terra é o elipsóide e a latitude e longitude são denominadas geodésicas.

As coordenadas geodésicas de um ponto na superfície da Terra são

determinadas pelos parâmetros (φ, λ, h) onde φ é a latitude geodésica, λ é a longitude geodésica e h é altura elipsoidal.

Na

Figura 7 temos um ponto P com suas coordenadas cartesianas e geodésicas.

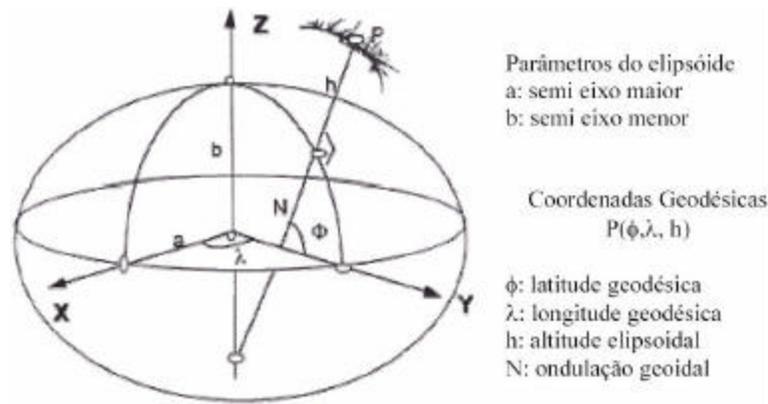


Figura 7 Coordenadas cartesianas e geodésicas

Fonte: PAIXÃO(2004)

2.3.2 Projeções Cartográficas

Todos os mapas são representações aproximadas da superfície terrestre. O motivo é que a Terra, esférica, é desenhada em uma superfície plana.

A construção de um mapa consiste em estabelecer a correspondência dos pontos da superfície da Terra que possuem um par de coordenadas curvilíneas (latitude, longitude) em pontos num plano com suas respectivas coordenadas cartesianas (x, y) . Para se obter esta correspondência utilizam-se os sistemas de projeções cartográficas. As projeções são geométrica e matematicamente bem definidas. Há uma função f_1 que leva os parâmetros f e $?$ em x e uma função f_2 que leva os parâmetros f e $?$ em y . Ou seja $x = f_1(f, ?)$ e $y = f_2(f, ?)$ onde f_1 e f_2 são funções conhecidas.

Podemos dividir a classificação das projeções quanto a superfície de projeção, quanto a posição da superfície de projeção em relação à superfície de referência, quanto a superfície de contato entre a superfícies de projeção e a superfície de referência e quanto às propriedades conservadas. A seguir se tem um breve detalhamento destas classificações.

I) Classificação das Projeções quanto à Superfície de Projeção

Os pontos da superfície da Terra podem ser projetados em superfícies planas, cilíndricas, cônicas ou poliédricas (Figura 8).

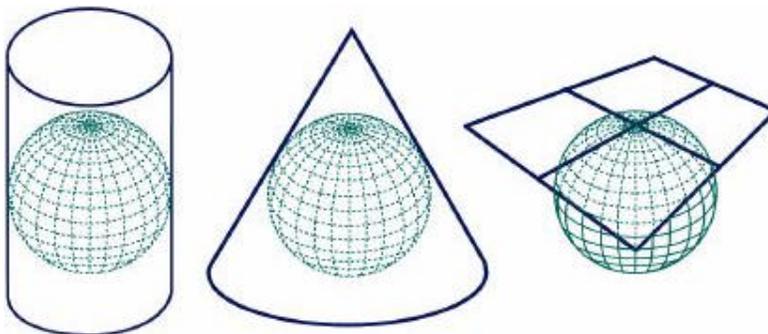


Figura 8 Projeção cilíndrica, cônica e plana

Fonte: (KUMAR, 2004)

II) Classificação das Projeções quanto à Posição da Superfície de Projeção em Relação à Superfície de Referência

Polar – Existe um ponto contato com o pólo

Equatorial – Existe contato com o equador

Normal - O eixo de simetria da superfície de projeção coincide como o eixo de rotação da Terra.

Transversal - O eixo de simetria da superfície de projeção é perpendicular ao eixo de rotação da Terra.

Oblíqua ou Horizontal - O eixo de simetria da superfície de projeção é inclinado com relação ao eixo de rotação da Terra

III) Classificação das Projeções quanto à Superfície de contato entre a Superfície de Projeção e a Superfície de Referência

Tangente – A superfície de projeção é tangente à superfície de referência

Secante – A superfície de projeção secciona a superfície de referência

IV) Classificação das Projeções quanto às Propriedades Conservadas

O processo de construção das projeções gera deformações nas feições

representadas nos mapas. De acordo como as propriedades conservadas elas são classificadas em:

Conformes ou isogonais: mantêm fidelidade aos ângulos observados na superfície de referência da Terra, o que significa que as formas de pequenas feições são mantidas. Isto, porém, causa distorções nas áreas dos objetos representados no mapa.

Equivalentes ou isométricas: conservam as relações de superfície (não há deformação de área).

Eqüidistantes: conservam a proporção entre as distâncias, em determinadas direções, na superfície representada.

Azimutais: preservam as direções

Afiláticas: Não preservam propriedade definida pelo usuário.

2.3.3 Projeção UTM

A projeção UTM (Universal Transverse Mercator) é cilíndrica, conforme e transversa. A Figura 9 mostra um exemplo da zona UTM 24, abrangendo a região entre as latitudes 36° W e 42° W.

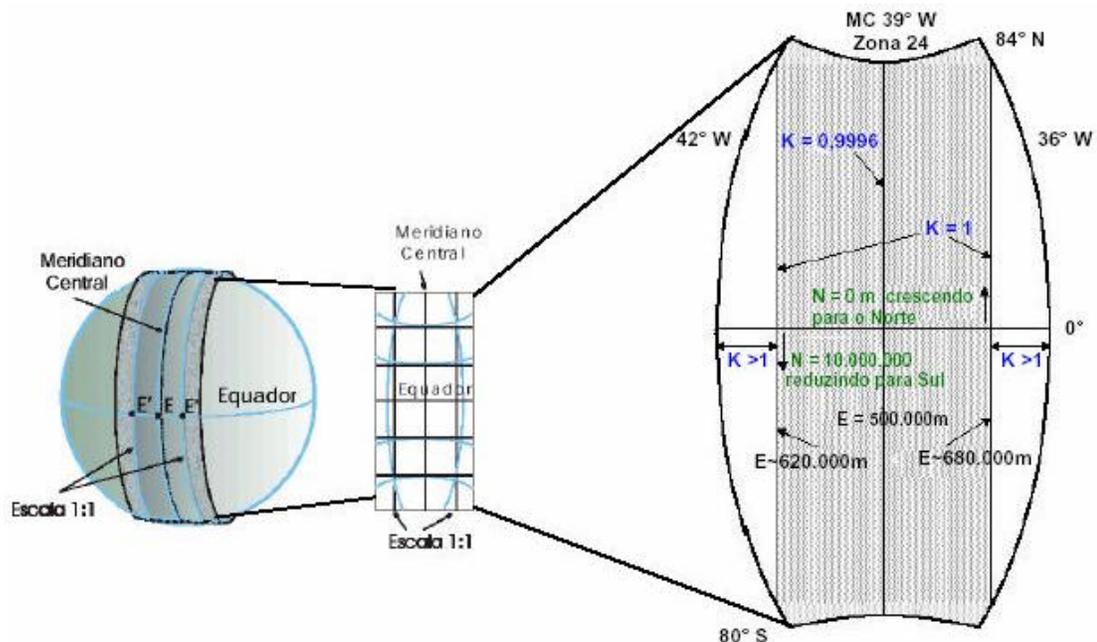


Figura 9 Zona UTM 24, abrangendo a região entre as latitudes 36° W e 42° W.

Fonte: PAIXÃO(2004)

O Sistema de Projeção UTM é o adotado no Mapeamento Sistemático Brasileiro.

No processo de construção da projeção UTM, o mundo é dividido em 60 fusos, onde cada um se estende por 6° de longitude. Os fusos são numerados de um a sessenta. Cada um destes fusos é gerado a partir de uma rotação do cilindro de forma que o meridiano de tangência divide o fuso em duas partes iguais de 3° de amplitude.

O quadriculado UTM está associado ao sistema de coordenadas plano-retangulares, tal que um eixo coincide com a projeção do Meridiano Central do fuso (eixo N apontando para Norte) e o outro eixo, com o do Equador. Assim cada ponto do elipsóide de referência (descrito por latitude, longitude) estará biunivocamente associado ao terno de valores Meridiano Central, coordenada E e coordenada N.

A cada fuso associa-se um sistema cartesiano métrico de referência, atribuindo à origem do sistema (interseção da linha do Equador com o meridiano central) as coordenadas 500.000 m, para contagem de coordenadas ao longo do Equador, e 10.000.000 m ou 0 (zero) m, para contagem de coordenadas ao longo do meridiano central, para os hemisférios sul e norte respectivamente. Isto elimina a possibilidade de ocorrência de valores negativos de coordenadas.

Cada fuso deve ser prolongado até 30' sobre os fusos adjacentes criando-se assim uma área de superposição de 1° de largura. Esta área de superposição serve para facilitar o trabalho de campo em certas atividades.

2.4 DADOS GEOGRÁFICOS

Dados geográficos ou georeferenciados são dados espaciais em que a dimensão espacial está associada a sua localização na superfície da Terra, num determinado instante ou período de tempo. O dado geográfico representa um objeto, fato ou fenômeno da natureza, que esteja localizado sobre a superfície terrestre em um dado instante ou intervalo de tempo (CÂMARA et al, 1997).

O SIG tem por célula básica o dado geográfico, também chamado de entidade geográfica. O dado geográfico é tudo que existe de concreto e que possui quatro parâmetros: uma posição geográfica (responde onde está), atributos (responde o que é), relações espaciais (responde como as entidades se comportam

especialmente entre elas) e tempo (responde quando a entidade existiu)

Todos os SIG armazenam esses parâmetros, porém alguns de forma diferente de outros. Isso faz com que os dados armazenados em uns não possam ser acessados por outros. Uma solução para esse problema é a linha de pesquisa da interoperabilidade de SIG que será vista mais adiante no texto.

2.4.1 Tipos de Dados Geográficos

CÂMARA et al (2004) define 5 tipos de dados geográficos: Dados Temáticos, Dados Cadastrais, Imagens, Redes e Modelos Numéricos de Terreno e são mostrados a seguir.

2.4.1.1 Dados Temáticos

Dados temáticos descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, expressa de forma qualitativa.

Um mapa da vegetação de uma região é um exemplo de dado temático. Observe que o exemplo atende à definição acima por dois motivos. O primeiro é que visualizamos espacialmente os diferentes tipos de vegetação na região. O segundo está no fato que queremos saber apenas os aspectos qualitativos (que tipo de vegetação está presente na região).

Estes dados podem ser obtidos através de classificação de imagens ou através de trabalho de campo com posterior digitalização.

2.4.1.2 Dados Cadastrais

Um dado cadastral está associado a um objeto que tem atributos e forma definida. Apesar de ter forma definida, os objetos poderão admitir representações gráficas diferentes dependendo da escala utilizada no mapa.

2.4.1.3 Redes

É uma especialização do dado cadastral. Os dados do tipo rede são armazenados vetorialmente com topologia arco-nó. Os atributos dos arcos definem o sentido do fluxo e os nós armazenam sua impedância (custo do percorrimto). Redes de água, esgoto e telefonia são exemplos deste tipo de dado geográfico.

2.4.1.4 Modelos Numéricos de Terreno

Os dados temáticos descrevem a variação de um fenômeno geográfico de forma qualitativa. Já o modelo numérico de terreno (MNT) é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço

Um exemplo do uso do MNT são os mapas topográficos com informações de altimetria.

2.4.1.5 Imagens

São uma forma indireta de se captar informações espaciais. É necessário utilizar técnicas de interpretação de imagens, bem como classificação para se extrair as informações de objetos ou fenômenos geográficos. As imagens podem ser obtidas através sensores em satélites, fotografias aéreas em aeronaves e outras formas de captura de imagens.

2.4.2 Aquisição de dados geográficos

O dado geográfico pode ser adquirido através de levantamento de campo, câmaras fotográficas aerotransportadas, satélites, sistemas de radar, sonar ou microondas, Sensoriamento Remoto e restituição aerofotogramétrica. (CÂMARA et al, 1997).

2.5 SIG

Segundo ARONOFF (1989), SIG é qualquer conjunto de procedimentos manuais ou baseados em computador, usados para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados.

BURROUGH (1989) define SIG como uma coleção de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e apresentar dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de propósitos.

CAMARA et al (1997) afirma que devido a sua ampla gama de aplicações, que inclui temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia), há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- como ferramenta para produção de mapas;

- como suporte para análise espacial de fenômenos;
- como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Segundo MELO JR (2002) os SIG foram desenvolvidos ao longo do tempo segundo várias arquiteturas. Nas mais recentes, os dados geográficos passaram a ser armazenados em Banco de Dados. Na Figura 10 tem-se a visão de CÂMARA et al (1997) para a arquitetura de um SIG.

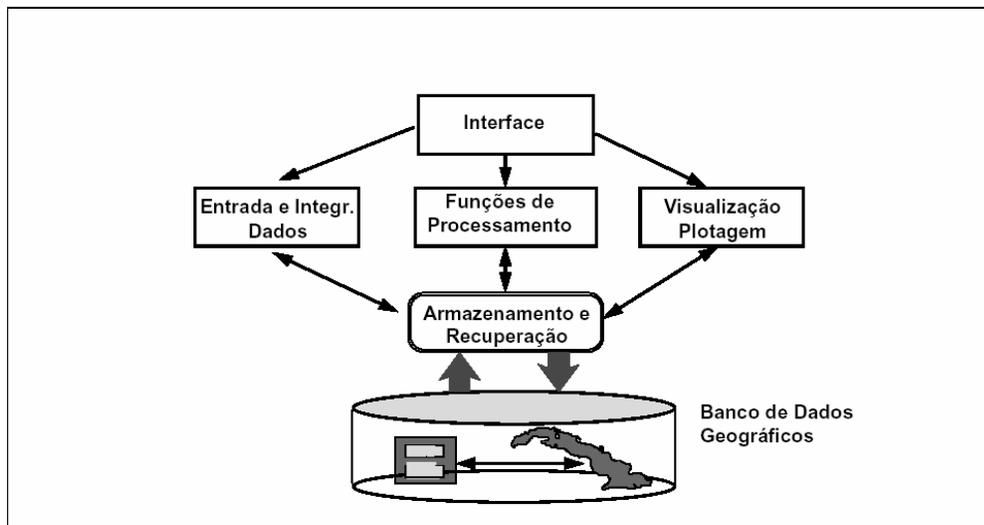


Figura 10 Arquitetura de um SIG

Fonte: (CÂMARA et al, 1997)

Desde as mais antigas civilizações até os tempos modernos, dados espaciais têm sido coletados por navegadores, geógrafos e agrimensores e eram renderizados em formato pictorial por cartógrafos. (BURROUGH, 1989)

No século XX, ocorreu um grande avanço da tecnologia. Este avanço criou uma demanda por grandes volumes de dados geográficos que necessitavam ser apresentados no formato de mapas de forma mais rápida e precisa. Com o desenvolvimento de novas tecnologias de aquisição de dados como fotografias aéreas e sensores remotos orbitais, houve uma explosão da produção de dados geográficos implicando em maior uso e na necessidade de análises mais sofisticadas. Tinha-se o problema que os dados geográficos serem gerados mais rapidamente do que podiam ser analisados. Os sistemas de informações geográficas foram desenvolvidos para prover poder de processamento para analisar grandes

volumes de dados geográficos (ARONOFF,1989).

ARONOFF (1989), descreve os seguintes tipos de componentes de um SIG:

a) Entrada de Dados - Estes componentes convertem dados de seu formato original para àquele que pode ser utilizado em um SIG

b) Gerenciamento de Dados – O componente de gerenciamento de dados inclui aquelas funções necessárias para armazenar e recuperar dados de uma base de dados.

c) Análise e manipulação de dados – As funções de análise e manipulação de dados determinam as informações que podem ser geradas pelo SIG

d) Saída de dados – As funções de saída ou de geração de relatórios são muito semelhantes nos sistemas de informações geográficas. A variação está mais ligada a qualidade, acurácia e a facilidade de uso. Estes relatórios podem ser no formato de mapas, tabelas de valores, texto impresso ou em texto disponível em arquivo eletrônico.

Segundo BURROUGH (1989) um SIG deve ser projetado de forma a responder a indagações dos usuários tais como:

- a) Onde está o objeto A?
- b) Onde está A em relação ao local B?
- c) Quantas ocorrências do tipo A existem em uma distância D de B?
- d) Qual é o valor de uma função Z na posição X?
- e) Quais as dimensões de B(área, perímetro)?
- f) Qual é o resultado da interseção de vários tipos de dados espaciais?
- g) Qual é o caminho de menor custo, resistência, ou distância entre os pontos X e Y sobre uma rede contínua de pontos que definem um relevo?
- h) O que são os pontos X1,X2,....?
- i) Quais objetos estão próximos aos objetos tendo uma certa combinação de atributos
- j) Reclassificar objetos que possuam uma certa combinação de atributos
- k) Usando um banco de dados digital como um modelo de um mundo real, simular o efeito do processo P através do tempo T para um dado cenário S.

ARONOFF (1989) diz que o processamento de informações geográficas começam e terminam no mundo real conforme pode ser visto na Figura 11

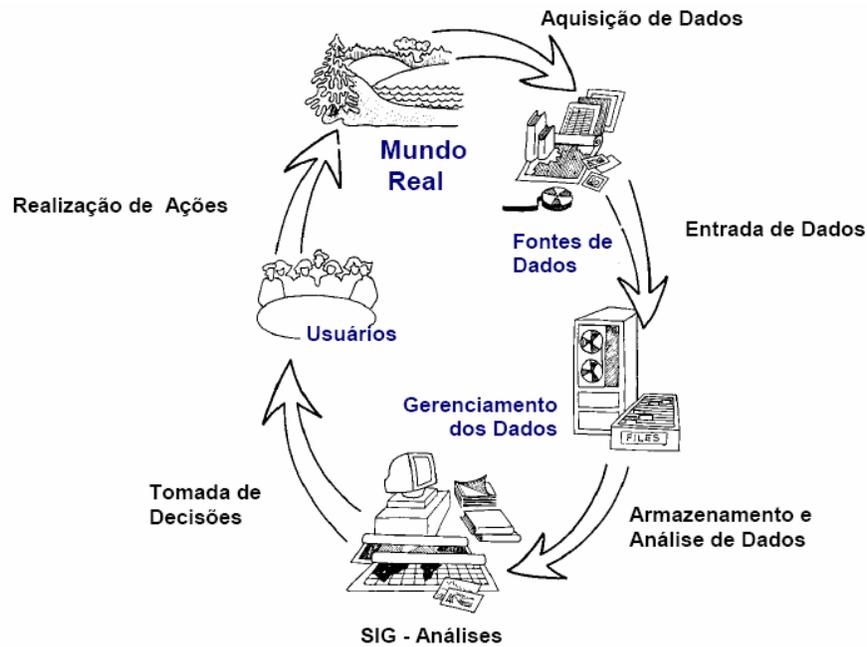


Figura 11 Ciclo que envolve o SIG

Fonte Adaptada: ARONOFF (1989)

Os SIG vêm evoluindo através da incorporação de novas tecnologias como a internet. Segundo COLAS (2000) um SIG on-line é um serviço que usa a Internet para distribuir mapas interativos e outros dados espaciais derivados de um Sistema de Informações Geográficas. A criação de um SIG on-line envolve categorização de conteúdo, preparação dos dados, design da estrutura de navegação do site na Web, projeto da interface, instalação de software, configuração dos servidores, e testes utilizando os usuários potenciais. Na Figura 12 tem-se uma das arquitetura utilizadas para o acesso a dados geográficos através da Internet.

Os fabricantes de produtos comerciais como a Esri® e Autodesk® têm publicadores de mapas que obedecem esta arquitetura genérica. Esta arquitetura é composta de três camadas. O cliente fica na camada mais externa. Ele tem acesso aos dados através do uso de *browsers* como o Internet Explorer. Estas páginas podem conter simplesmente código HTML ou ser mais rebuscada para embarcar *Applets* (programas Java) ou *Plug-ins*. Quanto mais sofisticada for a tecnologia utilizada no cliente maior é o seu poder de processamento local. Por exemplo, se no cliente existe um Applet então a transmissão do dado pode ser feita no formato vetorial e ele é manipulado localmente pelo programa Java em operações como “*query*” e *buffer*. No lado do servidor de mapas encontram-se duas camadas: uma

responsável pelo armazenamento dos dados e outra que faz o papel de intermediário (*middleware*) entre o cliente e os dados. Exemplos de publicadores de mapas são o ArcIms[®], Mapguide[®] e o MapServer.

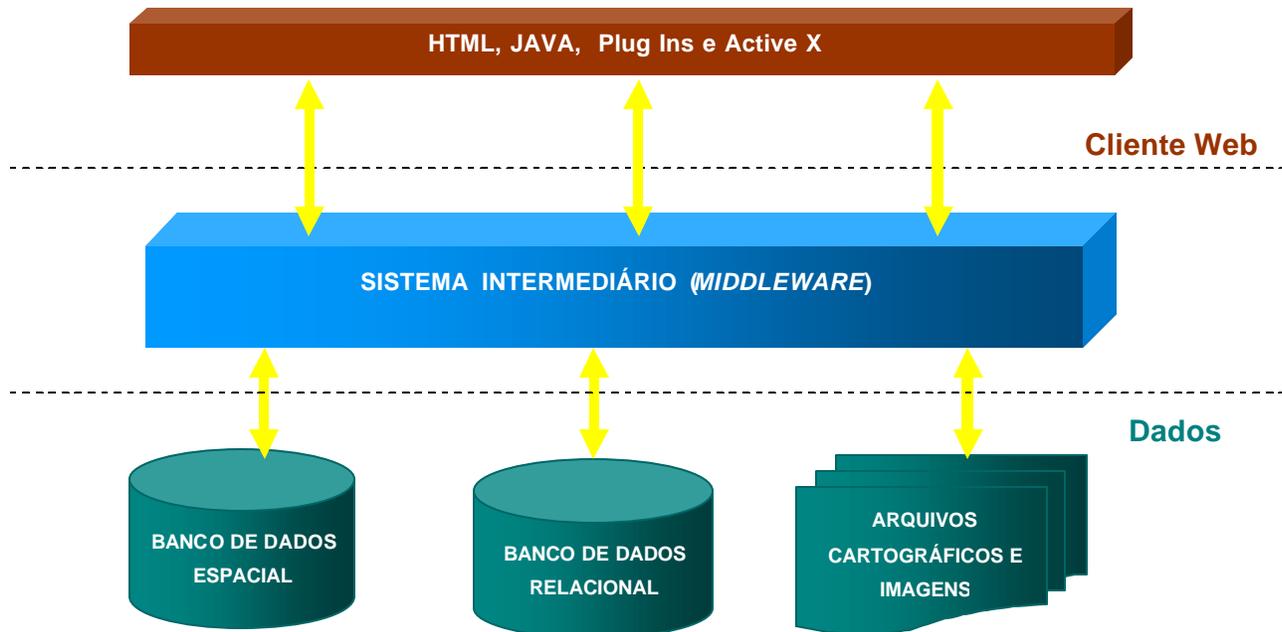


Figura 12 Consulta a Dados Geográficos na Internet
Fonte: (MELO JR, 2002)

2.6 Considerações finais

Neste capítulo abordou-se deste o formato da Terra até a sua representação em cartas através dos sistemas de projeção cartográficas. Foram apresentados os conceitos de dados geográficos bem como os sistemas de informações que os manipulam.

O tema central da dissertação é a interoperabilidade de sistemas de informações geográficas. Antes de iniciar a abordagem deste assunto, optou-se pela introdução de conceitos da geodésia, cartografia e SIG. Eles são importantes para o melhor entendimento do que foi desenvolvido neste trabalho. A cartografia é essencial, pois ela é definidora da posição geográfica (através de sistemas de coordenadas perfeitamente definidos, de coletas de dados compatíveis com a precisão desejada e assim por diante). Ou seja, sem a cartografia não se tem resposta para o “onde está” e o SIG fica comprometido.

3 INTEROPERABILIDADE DE SIG E SERVIÇOS WEB

3.1 Introdução

Interoperabilidade é a habilidade de dois ou mais sistemas ou componentes de trocar informação e usar a informação que foi trocada (IEEE, 2004).

Desta definição conclui-se que existem dois problemas a serem resolvidos. O primeiro é prover a comunicação entre os sistemas (aspecto físico). O segundo parte da premissa que o dado está disponível e o desafio é entendê-lo para que se possa utilizá-lo (aspecto semântico).

A interoperabilidade semântica está intrinsecamente relacionada à modelagem de dados. Esta modelagem tem como objetivo dar suporte ao atendimento dos requisitos do sistema a ser projetado e implementado. Ela pode levar a uma maior ou menor agregação dos dados como também estabelecer uma semântica diferente para um mesmo dado que seja modelado em sistemas distintos. A atual “liberdade” no processo de modelagem eleva a dificuldade da integração de dados originados de sistemas diferentes. Para solucionar isto, são propostos mediadores que trabalham no sentido de mapear os esquemas dos bancos de dados locais em esquemas globais bem como construir formas de se viabilizar a consulta nas diversas fontes de forma transparente para o usuário (POLLOCK E MCLAUGHLIN (1991); TANIN et al (2002); CRUZ et al(2002)). Outra linha de pesquisa entende que o problema da interoperabilidade semântica pode ser resolvido utilizando-se uma modelagem baseada em ontologias que capturam o pensamento comum das comunidades e assim proporciona uma modelagem “mais amarrada”, que leva a uma maior integração semântica (BISHR e KUHN(2000); FONSECA(2001); FONSECA et al (2000)).

A interoperabilidade física está relacionada com a busca pela capacidade de interação entre sistemas ou componentes. Este tipo de abordagem está intimamente ligada ao progresso da tecnologia. À medida que novos paradigmas de programação, arquitetura de sistemas e bancos de dados surgem eles são propostos como forma de integrar sistemas.

Nesta dissertação será alvo de investigação a interoperabilidade física entre SIG (Sistemas de Informações Geográficas). Este trabalho irá investigar a interação

entre SIG, heterogêneos e distribuídos, que possibilite o compartilhamento de dados e funcionalidades.

3.2 Interoperabilidade física de SIG

Os SIG são mais complexos que os sistemas puramente descritivos. Eles se diferenciam dos outros por causa de algumas peculiaridades como o alto custo dos dados e a complexidade nas operações com estes dados. Por este motivo sempre foram estudados e desenvolvidos de forma diferenciada dos sistemas convencionais onde os dados são apenas descritivos, ou seja, não têm uma representação gráfica espacial (TSOU, 2001).

Até meados da década de 90, os SIG foram desenvolvidos de forma independente segundo tecnologias proprietárias, pois o segredo do negócio estava justamente na forma de armazenamento, recuperação e processamento dos dados espaciais (EGENHOFER et al. 1997).

Estas tecnologias proprietárias geravam ilhas de informação que dificultavam o compartilhamento dos dados, funcionalidades e poder de processamento. Na busca da solução para estes problemas surgiu a linha de pesquisa da interoperabilidade. Este termo possui significados como sistemas abertos, capacidade de intercâmbio de dados, compartilhamento de aplicações e uniformidade na interface com os usuários (EGENHOFER et al, 1997).

O caminho inicial na integração de SIG foi a utilização de conversores de dados. Os arquivos de um determinado fabricante de SIG eram convertidos para o formato que o outro fabricante pudesse ler. Surgiram também formatos padrão de dados (STDS, DXF, GML, VPF, ShapeFile) que facilitaram o intercâmbio de dados entre os SIG. Não havia interação entre os sistemas o que se buscava era o acesso aos dados (FONSECA, 2001).

Os SIG vêm acompanhando a evolução tecnológica e incorporando novos paradigmas que auxiliam o processo de integração. Um exemplo disto é a migração dos dados armazenados em arquivos para banco de dados espaciais (TSOU, 2001).

O paradigma dos Serviços Web é uma proposta da comunidade científica para integrar sistemas geográficos distribuídos (ALAMEH, 2002) (MELO JR e CANDEIAS, 2004) (MELO JR e CANDEIAS, 2005).

3.3 Serviços WEB

Hoje, o principal uso da World Wide Web é o acesso interativo a documentos e aplicações. Na maioria dos casos, tal acesso é realizado por usuários humanos, tipicamente trabalhando através de *browsers*, *audio players*, ou outros sistemas *front-end* interativos (sistemas destinados a usuários finais). A Web pode crescer significativamente em poder e escopo se ela for estendida para suportar comunicação entre aplicações, de um programa para outro (W3C, 2001).

O uso da Internet vem aumentando e as empresas vêm direcionando seus sistemas para a Web em busca de visibilidade global, redução de custos e maior automação (TSALGATIDOU e PILIOURA, 2002). Espera-se que os atuais sistemas centralizados sejam substituídos por uma estrutura de serviços distribuídos e dinâmicos (TSOU, 2001).

Neste contexto surge a tecnologia dos Serviços Web que provê uma arquitetura de interação sistemática entre aplicativos na Web (CURBERA et al, 2001). O modelo dos Serviços Web é uma evolução dos sistemas orientados a objetos e do paradigma dos componentes. Ele incorpora conceitos fundamentais de orientação a objeto como encapsulamento, troca de mensagens (*message passing*) e ligação dinâmica. Os Serviço Web são componentes leves (*lightweight*), fracamente acoplados e independente de plataformas e linguagens de programação (TSALGATIDOU e PILIOURA, 2002).

3.3.1 Definições de Serviços Web

Serviço Web é um sistema de software identificado por uma URI (Uniform Resource Identifier), cujas interfaces públicas e ligações são definidas e descritas utilizando-se XML (Linguagem de Marcação Extensível) (FALLSIDE e WALMSLEY, 2004). Sua definição pode ser descoberta por outros sistemas de software. Estes sistemas podem então interagir com o Serviço Web numa maneira prescrita na sua definição, usando mensagens baseadas em XML transportadas por protocolos da internet (W3C, 2003).

Serviços Web são aplicações modulares auto-contidas e auto-descritas que podem ser publicadas, descobertas e invocadas através da Web (CHAPPELL e JEWELL, 2002). A Figura 13 mostra um diagrama esquemático do funcionamento da

arquitetura dos Serviços Web.

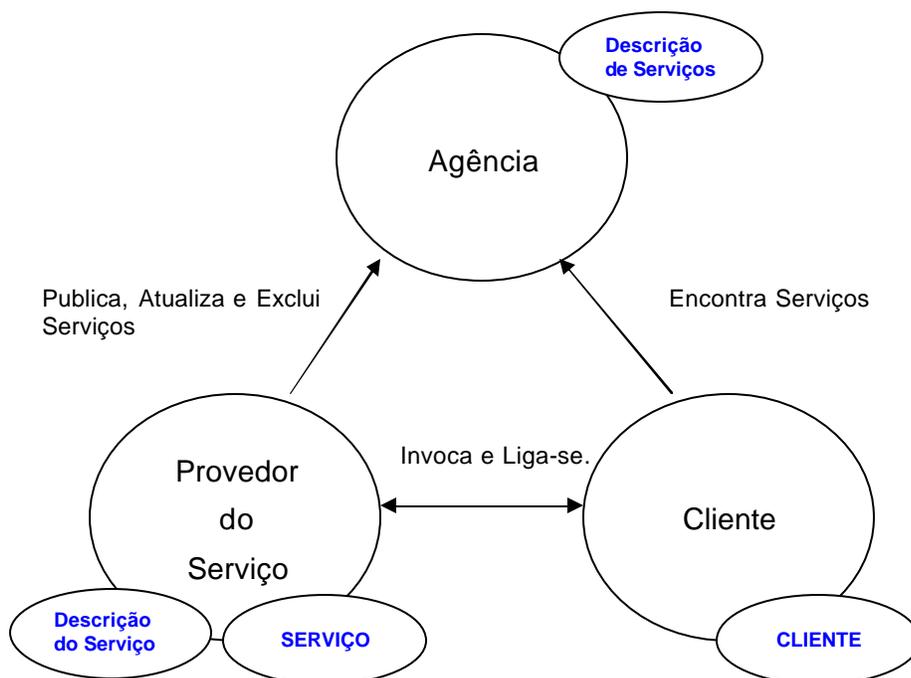


Figura 13 Serviços Web: Arquitetura Orientada a Serviços

A seguir serão apresentadas as definições formais propostas pelo W3C com adaptações extraídas do trabalho de TSALGATIDOU e PILIOURA (2002) para os componentes, papéis e operações da arquitetura de Serviços Web.

3.3.2 Papéis:

i) **Provedor de Serviço:** É aquele que provê o serviço através de sistemas aplicativos. A partir de uma perspectiva comercial, ele é o proprietário do serviço. A partir de uma perspectiva arquitetural, ele é a plataforma que hospeda acessos ao serviço. Ele também tem sido referenciado como um ambiente de execução do serviço ou o container do serviço. Ele disponibiliza seus serviços na Internet através da atividade de publicação. A ele também compete a atualização bem como a retirada de seus serviços da internet.

ii) **Cliente:** Na perspectiva comercial, ele é o negócio que requer que certas funções sejam satisfeitas. Na perspectiva arquitetural, ele é a aplicação que está

procurando por um serviço e invocando ou iniciando uma interação com ele. O papel do solicitante pode ser realizado por uma pessoa através de um *browser*, um programa aplicativo ou outro Serviço Web. Seu papel é o de cliente no padrão de troca de mensagens cliente-servidor. O cliente encontra o serviço desejado através da agência.

iii) **Agência:** É um conjunto pesquisável de descrição de serviços. Ela funciona como uma intermediária entre os provedores e os clientes. Os provedores a utilizam para publicar as descrições de seus serviços. Já os clientes pesquisam na agência as informações necessárias para se ligar aos provedores. A agência pode ser centralizada ou distribuída.

Estes três atores interagem de uma forma sistemática segundo tecnologias padrão independentes de linguagens e plataformas. Mais adiante será visto que esta independência se baseia no fato da utilização do padrão XML como base do protocolo de comunicação e das mensagens trocadas entre os atores.

3.3.3 Componentes:

O Serviço Web é composto basicamente de dois elementos: o serviço em si e o descritor dele.

Descritor do Serviço – O descritor do serviço contém os detalhes da interface e da implementação dele. Isto inclui seus tipos de dados, operações, informações de ligação e sua localização na rede. Ele também inclui uma categorização de outros metadados para facilitar a descoberta e utilização pelos clientes.

Serviço – É a implementação do serviço conforme estabelecida no descritor do serviço. O serviço é um módulo de programa fornecido pelo provedor do serviço e disponibilizado em plataformas acessíveis de rede. Ele existe para ser invocado pelo solicitante do serviço ou para interagir com ele. O serviço pode ser composto por outros serviços, ou seja, ele pode também desempenhar o papel de cliente usando outros Serviços Web na sua implementação.

3.3.4 Operações:

Para que uma aplicação possa tirar proveito dos Serviços Web, três ações

têm que ocorrer: publicação de descrições de serviços, descobrimento e recuperação de descrição de serviços, e ligação ou invocação de serviços baseados em suas descrições. Estas ações podem ocorrer isoladamente ou iterativamente, com qualquer cardinalidade entre os papéis. Estas operações são:

i) **Publicar:** Para ser acessível, um serviço precisa publicar suas descrições de tal forma que um solicitante possa subseqüentemente encontrá-lo. Onde ele é publicado pode variar dependendo dos requisitos da aplicação.

ii) **Descobrir:** Na operação de descoberta, o solicitante de serviço recupera uma descrição do serviço diretamente ou consulta o registro pelo tipo de serviço requerido. A operação de descoberta pode envolver duas fases de ciclo de vida para o solicitante do serviço: a primeira, em tempo de design, a fim de recuperar a descrição da interface de serviço para o desenvolvimento do programa, e a segunda, em tempo de execução, a fim de recuperar a ligação e descrição da localização do serviço para invocação.

iii) **Interagir:** Eventualmente, um serviço precisa ser invocado. Na operação de interação o solicitante de serviços invoca ou inicializa uma interação com o serviço em tempo de execução usando os detalhes de ligação, contidos nas descrições dos serviços, para localizar, contatar, e invocar o serviço.

3.3.5 Tecnologias Relacionadas com Serviços Web

A definição dada pela W3C é genérica e não impõe que tecnologias sejam utilizadas para operacionalizar um Serviço Web. Uma das possibilidades de se implementar Serviços Web é através da utilização das tecnologias SOAP, HTTP e WSDL que serão descritas a seguir.

3.3.5.1 HTTP

HTTP (Hypertext Transfer Protocol) é um protocolo de comunicação entre servidores e navegadores (ALBUQUERQUE, 2001).

3.3.5.2 SOAP

SOAP (Protocolo de Acesso Simples a Objetos) é um protocolo leve baseado em XML para a troca de informação em um ambiente distribuído e descentralizado (W3C, 2003).

Ele é um padrão para o envio de mensagens e realização de chamadas de procedimentos remotos através da Internet (TSALGATIDOU e PILIOURA, 2002).

CHAPPELL e JEWELL (2002) explicam o por quê da utilização da sigla SOAP. A letra **S** (Simple) vem do fato que a abordagem básica de expressar dados como XML e transportá-los usando HTTP é simples. **O** (Objeto) está relacionado com suas raízes como uma maneira de invocar objetos **COM** através da Internet. A letra **A** da palavra **A**cessibilidade que é uma característica básica dos Serviços Web. A utilização de protocolos como o HTTP, que a maioria dos *firewalls* não bloqueia, garante a uma conversação livre entre as corporações. Colocando-se todos estes fatores juntos se tem um **P**rotocolo.

SOAP define dois tipos de mensagens: *Request* e *Response*. Uma para invocar métodos e outra para responder as solicitações. As mensagens contêm uma parte codificada em XML, que está relacionada com os dados transmitidos, e outra relacionada com o protocolo de transporte. Exemplos de mensagens estão presentes no Anexo 6.

A parte XML do documento contém três marcadores principais:

<Envelope> - Ele delimita o conteúdo XML da mensagem SOAP.

<Header> - Elemento opcional onde podem ser colocadas diretivas para o processador SOAP que recebe as mensagens

<Body> - Parte principal que pode conter dados ou uma chamada de procedimentos.

3.3.5.3 WSDL

WSDL é um formato XML utilizado para especificar as propriedades do Serviço Web tais como o que ele faz, onde está localizado e como ele é invocado (TSALGATIDOU e PILIOURA, 2002).

Um serviço é capaz de realizar uma ou mais operações. No documento WSDL estas operações são descritas de forma abstrata. São utilizados os marcadores <operation> </operation> para delimitar as descrições das operações.

Exemplo:

```
<operation name="getMap">
```

```
</operation>
```

Um conjunto de operações é denominado de Port Type. Esta coleção é delimitada pelos marcadores `<portType>` e `</portType>`.

```
<portType name="MapaBeanPort">
  <operation name="getNome">
  </operation>
  <operation name="getMap">
  </operation>
</portType>
```

Outro item que compõe o documento WSDL é a mensagem que é uma descrição abstrata dos dados que estão sendo comunicados. Os marcadores utilizados para as mensagens são: `<message>` e `</message>`.

Exemplo:

```
<message name="getMap">
</message>
```

Toda operação tem mensagens de entrada e saída. Observe o exemplo abaixo onde a operação `getMap` utiliza duas descrições de mensagens uma para entrada e outra para a saída.

```
<operation name="getMap">
  <input message="tns:getMap">
  </input>
  <output message="tns:getMapResponse">
  </output>
</operation>
```

Até agora os componentes do documento foram descritos de forma abstrata, ou seja, não se sabe onde se localizam as operações, que protocolo utilizar ou qual o formato dos dados.

O marcador `<binding>` especifica o protocolo e o formato dos dados para um

determinado Port Type. O marcador <port> descreve o endereço onde se localiza o binding.

Em resumo o marcador binding descreve o protocolo e o formato dos dados e o marcador port descreve a localização do binding. Finalmente temos o marcador de serviço <service> que é uma coleção de port.

```
<service name="MapaBean">
  <port name="MapaBeanPort" binding="tns:MapaBeanPort">
    <soap:address location="http://localhost:7001/myweb/MapaBean">
    </soap:address>
  </port>
</service>
```

Outro marcador importante é o <definitions> que delimita a descrição do serviço

```
<definitions>
  Aqui se define o service, port, port type, binding, operation e message
</definitions>
```

O elemento <types> é um container para a definição de tipos de dados usados nas mensagens. O marcador <import> é utilizado quando se deseja importar “namespace” de outro arquivo

WSDL é extensível para permitir a descrição dos endpoints e suas mensagens sem levar em consideração que formato de mensagem ou protocolo de rede são usados para comunicar W3C –WSDL(2001).

3.3.5.4 UDDI

UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) provê um método padrão para a publicação e descoberta de informações sobre Serviços Web (CHAPPELL e JEWELL, 2002).

As especificações do UDDI podem ser divididas em duas partes: A primeira está relacionada com o esquema XML para as mensagens SOAP. A segunda foca a API utilizada na interação com a agência de descoberta.

O esquema XML define 4 estruturas básicas que são as entidades do negócio, serviços do negócio, *binding templates* formas de ligação e tModels. Na entidade do negócio descrevem-se informações sobre empresa como o nome e os serviços oferecidos. Já nos serviços do negócio encontra-se uma descrição mais detalhada sobre os serviços que estão a disposição. Os *binding templates* relatam as formas de ligação com os serviços, por exemplo, a utilização dos protocolos http ou ftp para acessar o *port* do serviço. Os tModels descrevem que padrão ou especificação particular um serviço usa.

As informações sobre as empresas bem como os serviços que prestam são denominadas registros UDDI e estão armazenados na agência de descoberta. As APIs que interagem estes registros estão divididas em dois grupos: Pesquisa (responsável por encontrar serviços) e Publicação (lida com a criação, modificação e exclusão de registros UDDI).

3.3.6 Vantagens da tecnologia de Serviços WEB

No trabalho de TSALGATIDOU e PILIOURA (2002) são destacadas as vantagens abaixo relacionadas.

3.3.7 Implantação Rápida e Fácil

Projetos que utilizem o modelo de Serviços Web podem criar novos produtos através da reutilização e/ou combinação dos serviços existentes. Isto leva a uma diminuição no investimento e tempo de desenvolvimento em relação ao modelo tradicional de confecção de sistemas.

3.3.8 Interoperabilidade

Qualquer Serviço Web pode interagir com outros Serviços Web. A interação realizada através de trocas de mensagens entre os participantes é baseada em XML. A tecnologia é independente de plataforma e linguagem de programação. Isto significa que os desenvolvedores não precisam modificar seus ambientes de desenvolvimento a fim de produzir ou consumir Serviços Web. Além do mais se permite que aplicações legadas sejam expostas como serviços. Esta arquitetura permite facilmente a interoperabilidade entre aplicações legadas bem como entre Serviços Web e aplicações legadas.

3.3.9 Integração Imediata

Arquiteturas de sistemas tradicionais, não baseadas em conceitos de camadas, incorporam acoplagens relativamente sensíveis à mudança. Uma nova implementação ou uma mudança na saída de um subsistema irá geralmente causar quebra nas colaborações entre os subsistemas.

A tecnologia dos Serviços Web traz no seu bojo uma desacoplagem significativa que facilita o processo de construção “*just-in-time*” de sistemas, ou seja, seus componentes são integrados de forma imediata no momento exato de sua necessidade.

3.3.10 Redução de complexidade pelo encapsulamento

Os serviços podem ser enxergados como componentes distribuídos na internet. O importante é saber o que o serviço faz e não como ele foi implementado. Isto reduz a complexidade dos sistemas a serem desenvolvidos, uma vez que os projetistas não têm que se preocupar com os detalhes de implementação dos serviços que eles estão invocando.

3.3.11 Integração com sistemas legados e COTS

A engenharia de software defende a reutilização de código pré-existente na construção de novos sistemas. Este código pode ser uma simples função matemática, um componente ou um sistema. Os componentes que são oferecidos comercialmente por empresas são denominados COTS (*Commercial-Of-The-Shelf*), porém, geralmente, este termo é mais empregado quando se reutilizam sistemas comerciais (SOMMERVILLE, 2001).

Grande parte dos SIG encontrados nas empresas são pacotes (COTS). No atendimento das necessidades das empresas é comum a utilização de vários programas, cada um desempenhando um papel específico. Como exemplo pode-se citar o setor de geoprocessamento da prefeitura do Recife que usa programas diferentes para editoração vetorial, tratamento de imagens, geocodificação e publicação de mapas na Web (Anexo 5).

Os principais produtores de COTS já desenvolveram arquiteturas para atender à demanda de SIG corporativo. Eles estão focados na integração de seus

produtos bem como na utilização de banco de dados como repositório dos dados espaciais. A adoção deste tipo de solução deve ser feita com cautela. O problema é sair das ilhas de informação dos ambientes desktop e ampliar sua dimensão para a corporação. A integração total entre produtos de fabricantes diferentes ainda não é uma realidade.

TU et al (2002) defendem a utilização de COTS, pois são produtos estáveis e frutos de muita pesquisa. O seu trabalho propõe que pacotes de diferentes fabricantes possam trabalhar em harmonia compartilhando os seus dados.

A tecnologia dos Serviços Web propõe não só o compartilhamento dos dados como também das funcionalidades dos SIG. A proposta é que os COTS, Sistemas legados ou novos SIG possam compartilhar dados e funcionalidades. A condição essencial é que eles possuam uma API (Interface de Programação) para que seja possível se estabelecer um canal de comunicação. Na interface de um Serviço Web se tem a liberdade de implementar qualquer método. No caso de COTS ou sistemas legados é possível se mapear as funcionalidades "out of Box" deles em métodos da interface do serviço Web. É só uma questão de implementação do programa que irá realizar esta operação.

Neste capítulo observou-se que os Serviços Web são aplicações autocontidas que podem ser publicadas e acessadas através da Web. Eles são um modelo de computação distribuída nativo da Internet e provêm interoperabilidade entre diferentes plataformas, aplicações e linguagens de programação. Serviços Web será a tecnologia que irá acelerar o processo de integração entre os sistemas, pois é baseada em padrões da indústria, tem baixo custo de implantação e preserva o investimento.

4 EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA LEVANDO O SIG PARA A INTERNET

4.1 Introdução

Ao longo dos anos os SIG vêm incorporando a evolução tecnológica da área de informática melhorando sua performance e facilitando a integração entre sistemas.

Este capítulo irá contextualizar a evolução da tecnologia até o estágio dos Serviços Web e seu reflexo na interoperabilidade física entre SIG.

4.2 Internet, Web e Serviços Web

Quando dois ou mais computadores se interligam diz-se que estão ligados em rede. As regras que gerenciam esta interligação são denominadas de protocolos. Ao longo dos anos foram propostas várias tecnologias para suportar redes de computadores. A grande vencedora foi aquela que propôs uma arquitetura simples baseada na família de protocolos TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) (ALBUQUERQUE, 2001).

A Internet é uma grande rede mundial de computadores que se comunicam através dos protocolos TCP/IP. Cada computador é unicamente identificado pelo seu endereço IP (*Internet Protocol*). A Internet também realiza a interconexão entre redes, tornando-se uma rede de redes. Nesta dissertação a Internet é vista como o conjunto de computadores interligados, porém sem considerar o que está armazenado neles. O conteúdo da Internet será definido adiante.

A Internet vem revolucionando a maneira com a qual se lida com a informação. Ela encurtou distâncias e abriu o acesso instantâneo a milhões de fontes de conhecimento. Como consequência disto, nota-se uma corrente migratória dos sistemas de informação para a Internet. O sucesso desta plataforma está na simplicidade dos seus protocolos e na capacidade de distribuição da informação através de redes heterogêneas.

Nota-se também que, devido à popularidade da Internet, o paradigma dos Sistemas de Informações Geográficas está se deslocando para uma nova direção que é a de Serviços de Informações Geográficas. A idéia é que a computação passe a ser distribuída. Cada nó da rede tanto pode consumir quanto prover serviços aos

outros nós (TSOU,2001).

A Web (World Wide Web) é o conjunto dos recursos disponíveis na Internet. Ela é considerada uma rede de recursos de informação (W3C, 2001). Ela tornou-se um veículo popular de distribuição e compartilhamento de informação (CURBERA et al, 2001; SHEKHARL, 2001). Atualmente, seu principal uso é o acesso interativo a documentos e aplicações. Na maioria dos casos, tal acesso é realizado por usuários humanos. O acesso a estes recursos é efetuado através de protocolos que utilizam um esquema de nomeação uniforme URL.

Um exemplo de recurso é a página do Departamento de Cartografia <http://www.ufpe.br/decart/index.html> onde HTTP é o protocolo de acesso ao recurso **index.html** localizado no diretório **decart** da máquina **www** que faz parte da rede **ufpe.br**.

Inclui-se também no conteúdo da Web, aplicativos como home-banking e comércio eletrônico. O cliente preferencial destes aplicativos bem como todos os recursos da Web é o ser humano.

Uma evolução natural da Web é que seus recursos sejam consumidos também por sistemas computacionais. A interação sistemática entre aplicativos na Web é o grande salto esperado nesta evolução. A tecnologia dos Serviços Web surge como uma proposta para implementar a **interação sistemática entre aplicativos**. Ela é uma tecnologia que permite a integração de sistemas heterogêneos e distribuídos (TSALGATIDOU e PILIOURA, 2002).

A tecnologia dos Serviços Web surge no contexto de proporcionar a interação entre sistemas baseados na Web. Ela é capaz de encapsular os sistemas para que sejam acessados externamente através dos métodos da sua interface. Outra característica fundamental da tecnologia dos serviços WEB é a sua independência de sistema operacional e linguagem de desenvolvimento. Sua tecnologia se baseia na Internet e toda a interação entre os sistemas é feita através de troca de mensagens baseadas em XML (Linguagem de Marcação Extensível) (TSALGATIDOU e PILIOURA, 2002).

Uma característica muito positiva desta tecnologia é que se pode desenvolver uma interface também para os sistemas legados (herdados). Nesta dissertação, o termo sistema legado significa um sistema antigo que tenha sido desenvolvido com

tecnologia anterior ao serviço WEB.

4.3 SIG na Internet

O Compartilhamento dos dados dos SIG é hoje em dia, uma necessidade para várias instituições públicas e/ou privadas. Este compartilhamento é dificultado por questões relacionadas ao acesso, formato e semântica.

As primeiras tentativas de intercambiar dados entre SIG eram baseadas em conversores e formatos padrão de arquivos (FONSECA, 2001). A Figura 14 mostra um exemplo onde a Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE / FIDEM) possui um acervo cartográfico que é de interesse para a Prefeitura do Recife. O problema é que atualmente a Prefeitura utiliza o SIG ArcView® enquanto que a agência CONDEPE/FIDEM usa o Maxicad®. Como os formatos dos dados utilizados por estes SIG são distintos é necessário que a agência converta seus arquivos para um formato intermediário (DXF) a fim de que a Prefeitura possa importá-los para o seu SIG.

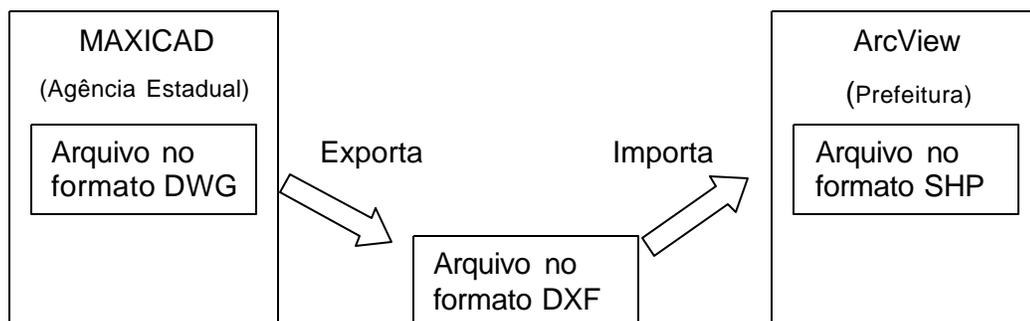


Figura 14 Conversão de Dados do tipo vetorial

As linhas de pesquisa estudadas apontam para o acesso e compartilhamento aos dados através de sistemas intermediários baseados na internet (PANATKOOL e LAOVEERAKUL, 2002). Algumas soluções serão apresentadas nas próximas seções.

4.3.1 Cliente http e dados remotos

Uma alternativa para o compartilhamento de informações é caracterizada por um cliente que acessa dados remotos através da Internet. O cliente, que conversa o protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) (ALBUQUERQUE, 2001), geralmente

é um *browser* (Internet Explorer[®], por exemplo) que executa um APPLET (uma aplicação que roda no computador local) (CORNELL et al, 2000) inserido em uma página HTML (Hypertext Markup Language) (ALBUQUERQUE, 2001). Um exemplo deste tipo de solução está esquematizado na Figura 15

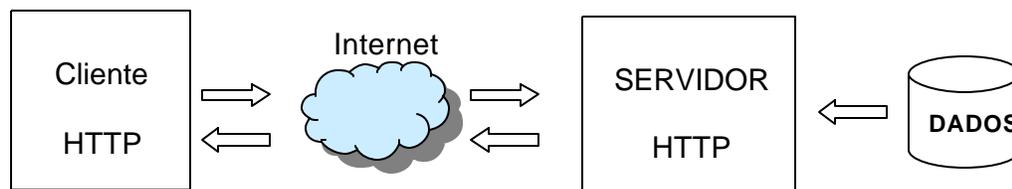


Figura 15 Cliente Http e dados remotos

Um exemplo de um cliente http que acessa dados remotos é o SPRING WEB desenvolvido pelo INPE. Ele é um Applet que acessa dados remotos e contém algumas funcionalidades de SIG.

ALOV Map é outro produto que também trabalha com applets. Assim como o SPRING WEB ele também é gratuito. ALOV Map é um produto desenvolvido pela ALOV Software e o Laboratório de Computação de Arqueologia da Universidade de Sydney (ALOV, 2004).

4.3.2 Cliente http e Servidor de Mapas

Outra alternativa de compartilhamento e consulta de dados através da Internet é o uso de servidores de mapas. Neste esquema o cliente solicita os dados e o servidor processa e retorna as informações desejadas. Observe na Figura 16 o funcionamento deste tipo de abordagem.

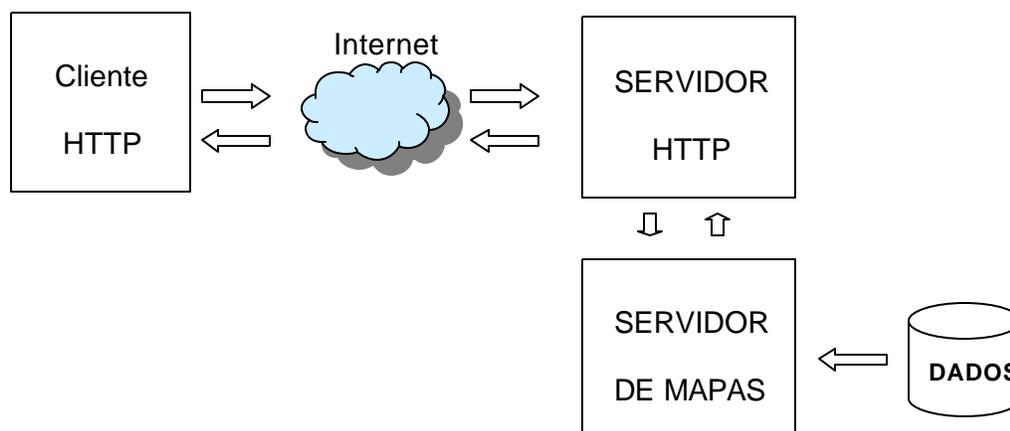


Figura 16 Cliente Http e Servidor de Mapas

Na Figura 16 o cliente geralmente é um *browser*, porém existem SIG desktop como o ArcView® que também podem fazer solicitações a um servidor de mapas. Os programas ARCIMS® (ARCIMS, 2004) e MAPGUIDE® (MAPGUIDE, 2004) são exemplos de servidores comerciais e o MapServer (MAPSERVER, 2004) é gratuito. Com este tipo de abordagem pode-se falar em interoperabilidade, pois o consórcio OGC (Open Geospatial Consortium) tem trabalhado em especificações padrão para servidores de mapas (OGC, 2004). Os produtos anteriormente citados já implementam algumas delas como o WMS (Web Map Service) versão 1.0.1.

4.3.2.1 WMS

Um WMS produz dinamicamente mapas de dados georeferenciados a partir de suas informações geográficas. Este padrão internacional define que mapa é um retrato (*portrayal*) de uma informação geográfica expresso em arquivo de imagem digital que pode ser exibido em uma tela de computador. Um mapa não é o dado em si. Mapas gerados por um WMS são geralmente renderizados em formatos raster tais como PNG, GIF ou JPEG.

Três são as operações definidas pelo padrão:

GetCapabilities – Retorna metadados do serviço.

GetMap – Devolve um mapa cujos parâmetros geográficos e dimensionais estão bem definidos

GetFeatureInfo – Operação opcional que retorna informações sobre feições mostradas no mapa.

Estas operações podem ser solicitadas utilizando-se um *browser* através de solicitações no formato de (URLs). O conteúdo de tais URLs depende de qual operação está sendo requisitada. Por exemplo, na operação GetMap, o conteúdo da URL deve exprimir o que se deve exibir, que porção da superfície terrestre deve ser mapeada, qual sistema de referência e as quais são as dimensões do mapa a ser produzido.

Importante: “Quando dois ou mais mapas forem produzidos com os mesmos parâmetros geográficos e dimensões, os resultados podem ser superpostos para produzir um mapa composto (*composite map*)” WMS(2004).

Nesta dissertação foi desenvolvido um serviço WEB que foi gerado a partir de um servidor de mapas que obedecia a especificação WMS.

4.4 Sistemas de Informações Geográficas Distribuídos

“SIG Distribuído é uma coleção de sítios (*sites*) geralmente distanciados entre si e conectados por uma rede de comunicação de dados. Cada sitio é um SIG autônomo que contém poder de processamento e dados geo-espaciais” (WANG, 2000).

A distribuição se faz necessária, pois SIG tradicionais têm arquitetura fechada implicando em pouca interoperabilidade, reusabilidade e flexibilidade (TSOU e BUTTENFIELD, 2002).

Devido ao alto custo envolvido na aquisição, produção, exploração e disseminação de dados geoespaciais, tais como imagens de satélite, é praticamente impossível para uma simples organização possuir todos os dados que ela necessita. Um novo paradigma para o geoprocessamento é necessário para que a troca de informações saia da simples transferência de arquivos para um nível mais avançado. Ele deverá superar as barreiras causadas por plataformas de SIG incompatíveis. A partir deste paradigma deseja-se que seja possível aos usuários compartilhar dados e integrar funcionalidades de SIG diferentes em um ambiente distribuído WONG et al (2002).

As tecnologias independentes de plataforma propostas pela comunidade

científica para dar suporte à interoperabilidade e distribuição de SIG gravitam entre CORBA e Serviços Web (WONG et al, 2002) (ALAMEH, 2002). Na opção CORBA as arquiteturas propostas para a distribuição dos serviços de SIG são distintas. O mesmo acontece na alternativa de Serviços Web.

4.4.1 Distribuição através de CORBA

O modelo CORBA foi desenvolvido pelo OMG (Object Management Group) como um padrão da indústria para o desenvolvimento de sistemas distribuídos baseados em objetos.

Um exemplo da utilização desta tecnologia é o trabalho de WANG (2000). Ele desenvolveu um sistema experimental onde os SIG locais são autônomos e os sítios têm estrutura idêntica.

O usuário ao realizar consultas nesta arquitetura tem a impressão que os dados e o processamento são locais. Na realidade existem serviços que analisam e otimizam as consultas direcionando-as para os sítios apropriados.

Um segundo exemplo da utilização de CORBA é o trabalho de WONG et al (2002). O artigo propõe outra arquitetura para interoperabilidade de SIG. Ela é baseada em um modelo abstrato de compartilhamento de informação e integração que permite uma comunicação, ponto-a-ponto e orientada a objetos, entre aplicações que manuseiam dados via um barramento de objetos. Neste modelo as aplicações clientes quando necessitam de serviços acessam objetos Corba.

Os itens deste modelo abstrato podem existir em qualquer multiplicidade. Os elementos responsáveis pelos dados (*data holders* e *valueadders*) criam objetos que encapsulam dados e métodos de processamento para compartilhar e integrar informação e serviços. As aplicações clientes servem como intermediárias entre os usuários finais e os serviços oferecidos pelo barramento de objetos.

4.4.2 Distribuição através de Serviços Web

No trabalho de ALAMEH (2002) tem-se uma distribuição de serviços pela internet, porém ela enfoca a construção de sistemas novos baseados na combinação de outros pré-existentes. Na realidade, o processamento e os dados estão distribuídos.

O trabalho de ALAMEH (2002) já parte do princípio que se deve utilizar a tecnologia dos Serviços Web na interoperabilidade de SIG. Ela foca um estágio posterior a uma simples utilização desta tecnologia, ou seja, como construir novas aplicações através da combinação de serviços pré-existentes.

ALAMEH (2002) trata do encadeamento de serviços, o processo de combinar ou encadear resultados de Serviços de SIG na Web complementares e interoperáveis para criar uma solução customizada. Ela sugere três opções de encadeamento: coordenada pelo cliente, estática e encadeamento mediado.

Na Figura 17 tem-se um exemplo de encadeamento de serviços. O cliente deseja um mapa que contenha a imagem e o vetor de uma região. O serviço é implementado por etapas: inicialmente as imagens são pesquisadas, depois são mosaicadas e reprojetaadas para o sistema de projeção do cliente. Na etapa final, a imagem e o vetor da região são combinados para gerar o mapa solicitado. Este exemplo foi construído tendo-se como base serviços propostos pelo consórcio OGC(Open Geospatial Consortium).

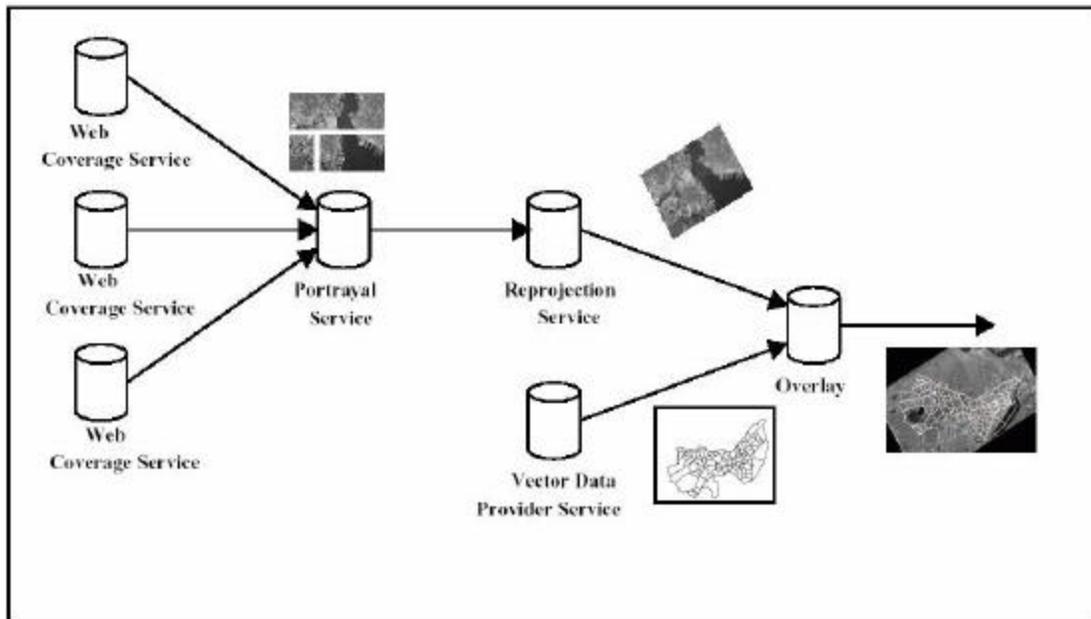


Figura 17 Exemplo de encadeamento de serviços

Fonte: ALAMEH(2002)

4.4.3 Análise das Tecnologias de Distribuição

Na seção anterior foram apresentadas duas tecnologias de distribuição que são independentes de plataforma, porém surge a dúvida: qual seria a melhor?

Na literatura é dito que o serviço Web é uma opção melhor que CORBA (DOYLE e REED, 2001) (CURBERA et al, 2001). Uma característica muito importante dos serviços é que sua tecnologia é baseada em um padrão do mercado que é o XML (CURBERA et al, 2001). Esta tecnologia pode conviver com todas as anteriores. Isto é uma grande vantagem, pois anteriormente não havia um grande vencedor na disputa pelo padrão de sistemas distribuídos e a mudança de paradigma era onerosa (DOYLE e REED, 2001). O consórcio OGC também vem trabalhando na padronização da utilização dos Serviços Web na área de informações geográficas (OWS-2, 2004).

Decidiu-se utilizar na metodologia a tecnologia dos Serviços Web nesta dissertação, pois conforme exposto no parágrafo anterior, esta tecnologia promete ser o padrão na interoperabilidade de SIG.

4.5 Considerações finais

O trabalho que mais se aproxima do que foi desenvolvido nesta dissertação é o de ALAMEH (2002), porém existem as seguintes diferenças:

O primeiro ponto é que ALAMEH (2002) propõe arquiteturas para o encadeamento de serviços geográficos que já são interoperáveis. Nesta dissertação o que se almeja é buscar a interoperabilidade entre SIG através de serviços. E o segundo aspecto é que ALAMEH (2002) trabalha com sistemas que já foram construídos para trabalhar na WEB.

Esta dissertação aborda uma gama maior de sistemas, pois não faz restrições às tecnologias utilizadas pelos SIG. Inclusive são propostos mediadores (*middleware*) para estabelecer a comunicação dos SIG antigos (legados) com os serviços WEB.

5 SERVIÇOS WEB GEOGRÁFICOS

5.1 Introdução

Quando tecnologias novas são apresentadas, deve-se ter em mente que elas têm seu leque de aplicações bem como podem apresentar limitações de uso. Geralmente elas não são solução para todos os problemas existentes. Outro ponto importante é que somente sistemas novos é que usufruem diretamente de tais avanços, pois eles são construídos visando a utilização das tecnologias mais recentes.

Os sistemas antigos para conviver com novas tecnologias necessitam ser adaptados para esta realidade. O fato é que nem sempre é possível compatibilizá-los com tecnologias modernas.

No caso dos SIG observa-se o mesmo comportamento, ou seja, eles vêm incorporando novas tecnologias ao longo do tempo. No entanto, apenas os novos SIG é que usufruem nativamente destas novas tecnologias. Tome-se como exemplo a tecnologia dos bancos de dados geográficos, alguns SIG atuais já armazenam seus dados nesta nova plataforma, uma vez que eles já foram construídos com esta arquitetura. Obviamente, um SIG dos anos 70 terá grande dificuldade ou impossibilidade de armazenar ou consultar dados que estejam em tais bancos. Em resumo, para se tirar proveito de tecnologias novas é necessário que o SIG seja construído de forma a incorporar estes avanços.

Como existem muitos sistemas espalhados pelo mundo onde se investiu na compra de programas, equipamentos e aquisição dos dados, freqüentemente surge a pergunta: "Como fazer com que os sistemas antigos (legados) usufruam das tecnologias novas?"

A resposta, para indagação anterior, é construir sistemas intermediários (*middleware*) que sirvam de ponte entre os sistemas antigos e as tecnologias novas (WONG et al, 2002) (TANIN et al, 2002).

Exemplo: suponha que uma empresa tenha adquirido dois SIG: o primeiro seria um Autodesk[®] Map que armazena seus dados geográficos no Oracle e o segundo seria um ArcView 3.2 que gostaria de enxergar os dados que estão no Oracle. Para resolver este problema do ArcView, poder-se-ia construir um sistema

intermediário que se conectasse ao banco, extraísse as feições e as salvasse no formato SHP. Este sistema intermediário poderia ser invocado através de um *script avenue* (linguagem de programação presente no ArcView). Desta forma o ArcView estaria acessando dados em um banco de dados de forma indireta, ou seja, através de um sistema intermediário.

Na Figura 18 observa-se um Autodesk® Map que se conecta nativamente ao Oracle e salva suas entidades geográficas neste banco. O arcview por sua vez trabalha com sistema de arquivos adotando um modelo geo-relacional. Um sistema intermediário (*middleware*) pode ser desenvolvido para servir de intermediário entre o Arcview e o Oracle cujo papel principal seria converter arquivos SHP em entidades geográficas do Oracle e vice-versa. Desta forma o banco poderia ser compartilhado entre os SIG.

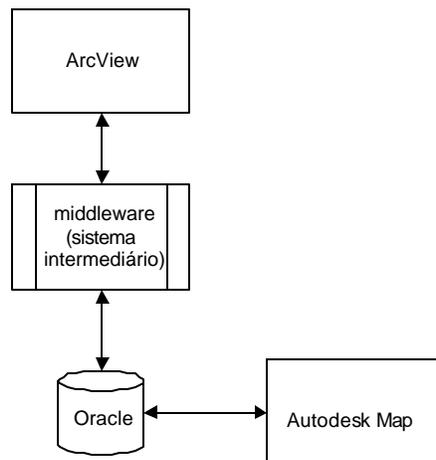


Figura 18 Arcview acessando BD geográfico

Os sistemas antigos não acessam diretamente tecnologias novas, o que pode ser feito é a construção de adaptadores que propiciem este acesso. Como o acesso não é nativo, é de se esperar que existam diferenças de performances entre sistemas que utilizam diretamente as novas tecnologias daqueles que acessam por via indireta.

A tecnologia dos serviços WEB não é uma panacéia, ou seja, ela não é um remédio para todos os problemas. Serviços WEB é uma tecnologia recente e somente SIG novos poderão ter nativamente acesso aos benefícios dela. Ela é uma ferramenta muito poderosa em prover interoperabilidade entre sistemas. Obviamente que SIG antigos não tem acesso direto à esta tecnologia, pois quando foram

construídos os serviços WEB não existiam. Claro que também é possível para os SIG antigos utilizarem esta tecnologia de forma indireta através de sistemas intermediários. Nos próximos tópicos será mostrado como fazer isto.

Outro ponto relevante é que SIG antigos ou novos enfrentam o problema da qualidade dos dados e também da qualidade do operador do sistema. A qualidade das informações geradas por um SIG está diretamente relacionada com qualidade dos dados que o alimentam. Se o dado for ruim, não tem como os sistemas gerarem informação boa, independentemente se eles utilizem tecnologias mais modernas ou não. A qualidade do operador de um SIG também é fundamental, pois mesmo tendo dados acurados e precisos é possível que ele incorra em erros graves. Por exemplo, o operador pode misturar cartas de datuns e escalas diferentes e produzir uma carta com informações erradas e que está em desconformidade com os preceitos básicos da cartografia.

5.2 Serviços WEB Geográficos

Serviços WEB Geográficos são serviços que na sua produção se utilizam direta ou indiretamente de dados georeferenciados.

O paradigma de Serviços WEB é simples e muito versátil permitindo novas formas de interação e construção de Sistemas Geográficos.

As possibilidades do uso desta tecnologia são inúmeras. Este trabalho irá apresentar de uma forma didática algumas configurações básicas para a sua utilização. Estas configurações podem ser extrapoladas e combinadas para gerar novas configurações, pois serviços são como peças de um LEGO.

Doravante o termo Serviços WEB Geográficos será denominado apenas pela sigla SWG.

5.3 Funcionalidades de Serviços WEB Geográficos

Um SWG pode conter uma ou mais funcionalidades que são as operações disponibilizadas pelo serviço. Alguns exemplos de serviços que contém uma só funcionalidade são:

- i) Serviço que fornece a imagem do recife na projeção UTM/SAD 69 no formato GEOTIFF gerada pelo satélite de alta resolução QuickBird.

- ii) Serviço que fornece um mapa temático da arrecadação de IPTU dos bairros do Recife (Formato SHP, projeção UTM, SAD69).
- iii) Serviço da Secretaria de Planejamento para consulta prévia sobre a possibilidade de localização de estabelecimentos comerciais. O dado de entrada é uma coordenada UTM e o serviço responde se há ou não restrições para o funcionamento da empresa naquele local.

Outros exemplos de serviços com mais de uma funcionalidade:

- i) Serviço do Departamento de Cartografia que disponibiliza as seguintes funcionalidades:
 - a. Dada uma posição geográfica ele informa o histórico pluviométrico bem como informações sobre composição do solo, vegetação e relevo.
 - b. Fornecimento de Base cartográfica vetorial no formato DXF na escala 1:100.000 do estado de Pernambuco.
 - c. Geração de mapa temático de vegetação através da Classificação de imagens SPOT enviada pelo cliente.
- ii) Serviço do IBGE com as funcionalidades abaixo:
 - a. Mapa temático com informações extraídas do último censo.
 - b. Mapa vetorial dos setores censitários da Cidade do Recife no formato DXF datum SAD69 e projeção UTM.

5.4 Encadeamento de Serviços

O conceito de encadeamento está relacionado ao fato do dado de entrada de um serviço ser oriundo de outro serviço.

Na Figura 19 tem-se uma representação gráfica de encadeamento de serviços. Os dados de entrada do serviço n são provenientes da saída do serviço $n-1$. Os dados de entrada do serviço n podem ser vistos como um fruto das transformações resultantes do encadeamento dos serviços 1 a $n-1$.

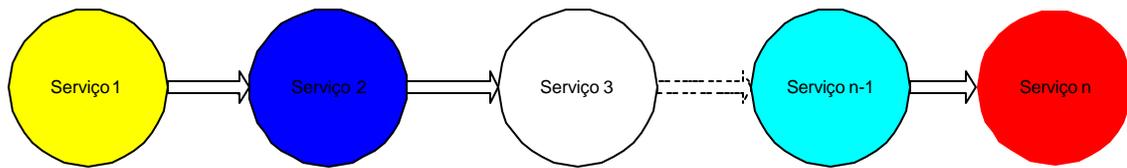


Figura 19 Encadeamento de Serviços

Na Figura 20 é mostrado outro exemplo de encadeamento de serviços. O serviço 8 tem como entrada a saída dos serviços 7 e d, os quais por sua vez tem seus dados de entrada originados de encadeamentos de outros serviços. O serviço 4 tem seus dados de entrada provenientes dos serviços 1, 2 e 3. O que se deseja mostrar nesta ilustração é que não há restrição na forma de encadear serviços.

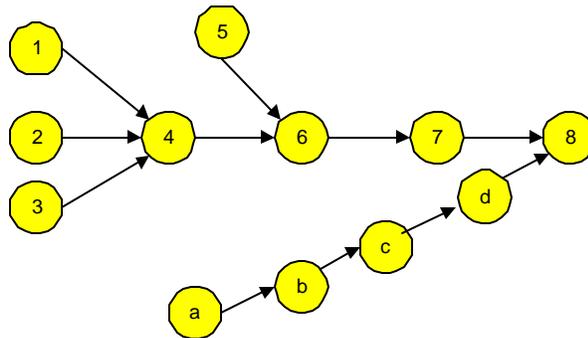


Figura 20 Encadeamento de Serviços

Para exemplificar os conceitos, suponha que um cliente deseje um mapa do Brasil no formato DXF, na escala de 1:50.000, projeção cônica de Lambert e Datum Córrego Alegre. Suponha também que só existam disponíveis três serviços: o primeiro só gera o mapa do Brasil no formato SHP, projeção UTM e Datum SAD69; o segundo efetua conversões de formatos (SHP, DXF) e o terceiro reprojeta mapas de qualquer sistema para a projeção cônica de Lambert no Datum Córrego Alegre. Efetuando-se o encadeamento dos três serviços pode-se obter o resultado desejado pelo cliente.

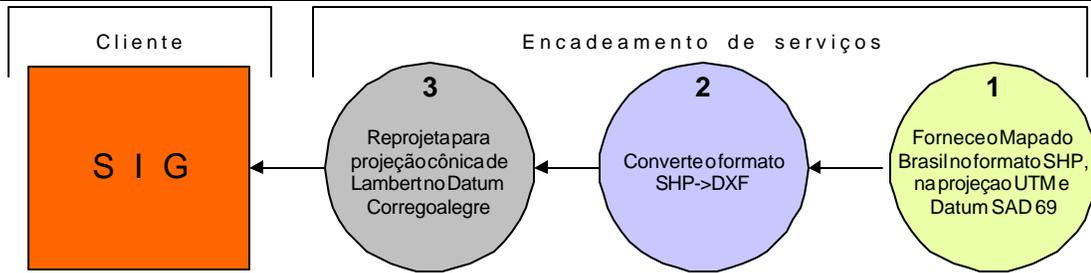


Figura 21 Exemplo de Encadeamento de Serviços

Na Figura 21 o serviço 1 fornece o mapa desejado, porém ele está em formato e projeção diferentes do almejado pelo cliente (SIG). Utiliza-se então o serviço 2 para efetuar a mudança de formato e finalmente o serviço 3 realiza a reprojeção.

5.5 SWG e Interoperabilidade de SIG

A interoperabilidade entre SIG pode ser alcançada através do uso de SWG (Serviços WEB Geográficos). Estes serviços são sistemas intermediários que podem efetuar operações nos dados para propiciar esta integração.

Na Figura 22 observa-se que existe um SIG em cada lado. Para que haja interoperabilidade é necessário que sejam utilizados um ou mais serviços de modo que seja possível o intercâmbio dos dados entre eles.

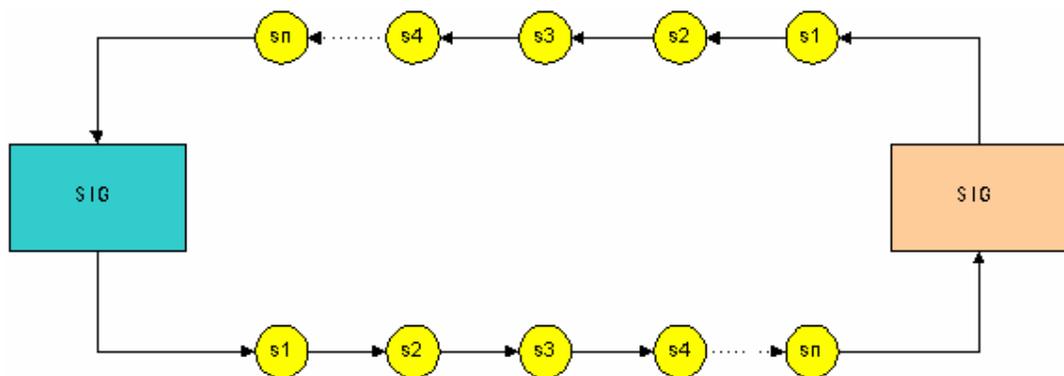


Figura 22 Encadeamento de serviços e SIG

O encadeamento dos serviços serve como uma ponte entre os SIG. Nestes serviços podem estar presentes funcionalidades como conversão entre formatos de dados, reprojeção, overlay e quaisquer outras operações sobre dados georeferenciados.

Exemplo de aplicação. Suponha dois SIG comerciais: um baseado no ArcView 3.2 e outro em Autodesk® Map e que ambos trabalhem com cartas de igual escala, precisão e acurácia de uma mesma região. O ArcView trabalha com formato de arquivo SHP enquanto o Autodesk® Map o formato é DWG. Pode-se conceber um serviço que converta o arquivo SHP em DWG e vice-versa. A Figura 23 ilustra este exemplo, nela temos um serviço que converte os dados entre os sistemas.

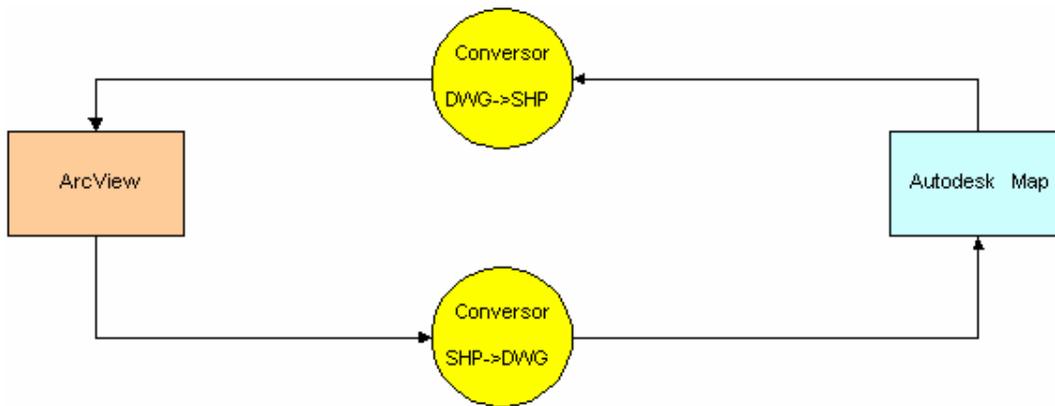


Figura 23 Serviço Conversor de Dados

5.6 Sistemas não Geográficos e SWG

Existe uma grande demanda por informações georeferenciadas e os SWG são uma boa opção para os sistemas descritivos que não possuem funcionalidades de geoprocessamento.

Exemplo: Suponha um sistema de delivery (entrega) onde o banco de dados contém apenas informações descritivas dos clientes tais como nome, telefone, CEP e número do imóvel para a entrega das encomendas. Suponha também que exista um serviço geográfico capaz de gerar rotas bastando-se apenas fornecer os CEP de origem e de destino. Através da tecnologia dos serviços Web o sistema de delivery pode se comunicar com o serviço de rotas e solicitar mapas para cada entrega que for efetuar.

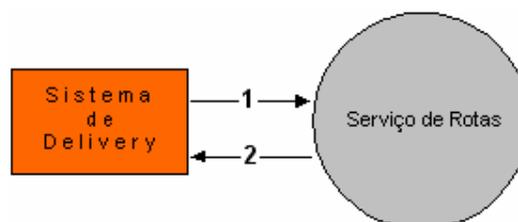


Figura 24 Sistema não geográfico acessando um serviço de rotas

Na Figura 24 um sistema não geográfico acessa um serviço de rotas. Quando o sistema de delivery necessita efetuar uma entrega ele entra em contato com o serviço **(1)** que gera a melhor rota para aquela situação **(2)**.

A tecnologia dos SWG além de servir para a interoperabilidade de SIG, abre também uma nova perspectiva para os sistemas geográficos. Pelo motivo de ser uma tecnologia muito versátil e independente de plataforma, estes serviços passam a poder ser consumidos por qualquer sistema, independentemente se ele é um SIG ou não.

5.7 SIG LEGADOS E SWG

O termo legado significa herdado ou antigo. Nesta dissertação, um SIG legado é um sistema que na sua construção não utilizou a tecnologia dos serviços WEB.

Estes SIG antigos podem tirar proveito desta nova tecnologia através de sistemas intermediários (*middleware*). O grau de aderência vai depender fundamentalmente do seu grau de interatividade com sistemas externos.

Estes SIG legados, dependendo de sua API, podem desempenhar ou não os papéis de provedor e cliente de serviços.

Os próximos tópicos serão ilustrados com exemplos simples onde houve a presunção que provedores e clientes trabalham com cartas com a mesma precisão, escala, projeção e datum. Esta abordagem foi escolhida por motivos didáticos. A razão disto é que por mais complexo que um problema se apresente, ele sempre pode ser quebrado em problemas menores. Com a técnica do encadeamento de serviços, processamentos complexos podem ser divididos em uma seqüência de processamentos simples.

5.7.1 SIG Legado Provedor de Serviços

Embora estes sistemas tenham sido desenvolvidos com tecnologias antigas é possível que eles sejam enxergados como provedores de serviço. A técnica é desenvolver um sistema intermediário (*middleware*) para estabelecer a ponte entre o SIG e o SWG. Basicamente este sistema intermediário mapeia a API do SIG em funcionalidades do serviço a ser oferecido.

Por exemplo, suponha que se deseja desenvolver um SWG capaz de gerar um mapa temático das regiões de queimadas do Brasil. Suponha também que esta funcionalidade já tenha sido desenvolvida em *avenue* (API do ArcView). A partir destes dados é possível disponibilizar esta funcionalidade presente neste *script* do Arcview como um SWG. O primeiro passo seria desenvolver um sistema intermediário capaz de chamar o Arcview e fazer com que ele rodasse o script da geração do mapa e armazenasse o resultado em um diretório pré-determinado. O segundo passo seria disponibilizar este sistema intermediário como um SWG. Toda vez que um cliente necessitasse do mapa das queimadas do Brasil ele entraria em contato com o SWG. Ele ativaria o script do ArcView para gerar o mapa que seria então repassado ao cliente.



Figura 25 SIG Legado fornecendo serviço

Na Figura 25 O cliente solicita o mapa ao serviço **(1)**. Este por sua vez ativa o script *avenue* do ArcView que gera o mapa das queimadas **(2)**. O serviço busca o mapa em um diretório previamente estabelecido pelo script do *avenue* **(3)**. No passo seguinte **(4)** o cliente recebe o mapa do serviço.

5.7.2 SIG Legado Cliente de Serviços

No item anterior foi exemplificado o papel do SIG como provedor de serviço, porém ele também pode desempenhar o papel de cliente. Claro que nas duas situações esta interação é feita de forma indireta, ou seja, através de sistemas intermediários.

Um exemplo de um SIG desempenhando o papel de cliente seria novamente o ArcView 3.2. Suponha que a Prefeitura trabalhasse como o ArcView e necessitasse de uma carta que está disponível em um serviço WEB geográfico da concessionária de água. A fim de consumir o serviço da concessionária de água a

Prefeitura teria que desenvolver um script avenue para ativar um programa externo que teria como função entrar em contato com o serviço que disponibiliza o mapa. Este programa receberia a carta desejada e a colocaria em um diretório, previamente acertado. Feito isto o ArcView 3.2 poderia acessar a carta normalmente.

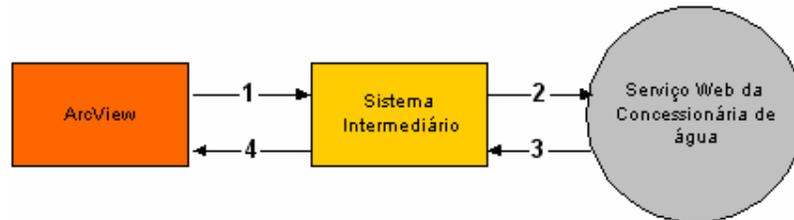


Figura 26 Sig Legado acessando um serviço

Na Figura 26 o Arcview através de um script avenue acessa um sistema intermediário (1). Este por sua vez solicita a carta desejada a concessionária de água (2). Ele entrega a carta ao sistema intermediário (3). Finalmente o sistema intermediário armazena a carta em diretório, previamente acordado, para que o Arcview possa acessá-la (4).

5.7.3 SIG Legado cliente de SIG Legado

É um caso particular onde o provedor e o cliente do serviço são SIG legados. Nos tópicos anteriores foi visto que um SIG legado pode ser tanto um provedor como um cliente de serviços. A condição necessária era a existência de uma interface de programação (API).

Este tópico é uma combinação do item 5.7.1 (SIG Legado Provedor de Serviços) com o item 5.7.2 (SIG Legado Cliente de Serviços).

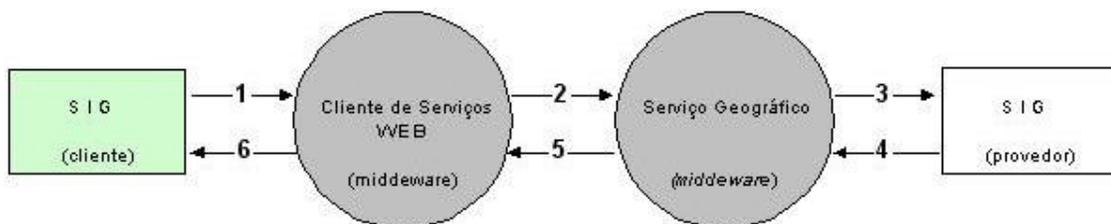


Figura 27 SIG Legado Cliente de SIG legado

Na Figura 27 observam-se dois SIG legados desempenhando os papéis de cliente e de provedor de serviço. Quando o SIG (cliente) deseja requisitar os serviços

do SIG(provedor) ele aciona um sistema intermediário(*middleware*) **(1)** para que ele viabilize sua requisição. Este sistema intermediário interage com o serviço geográfico **(2)**. O serviço geográfico por sua vez aciona o SIG Legado que devolve as informações solicitadas **(3) (4)**. As informações geradas trafegam pela rede e finalmente chegam ao SIG cliente**(5) (6)**.

5.7.4 SIG Legado Fechado

Os sistemas fechados não interagem com o mundo exterior. Um exemplo é o SPRING que é um SIG gratuito, porém não contempla uma interface de comunicação com sistemas externos.

Mesmo não havendo interação entre os SIG fechados e os serviços geográficos, os SIG ainda podem se beneficiar desta tecnologia. Isto pode ser feito de uma forma indireta e não automatizada, sendo necessária a intervenção do operador humano. A interação é feita em duas etapas. Na primeira etapa o operador humano, através de um sistema intermediário, invoca um serviço que produz o dado desejado. No segundo momento o operador interage com o SIG para que este dado seja lido por ele.

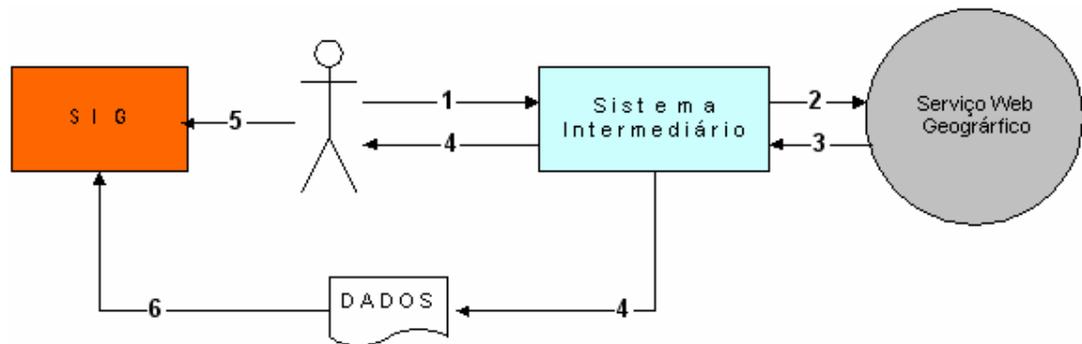


Figura 28 SIG Legado Fechado e Serviços Geográficos

Na Figura 28 vemos um exemplo de como um SIG fechado pode usufruir da tecnologia dos serviços geográficos. Como não existe interação entre o SIG e o serviço então todo o processo é controlado por um usuário humano. Neste exemplo o SIG necessita de dados, porém ele não é capaz de se comunicar com o mundo externo. O usuário ativa um sistema intermediário **(1)** que comunica com o serviço e recebe os dados desejados **(2) (3)**. O usuário é avisado do final do procedimento e

os dados são armazenados em um local previamente acertado **(4)**. O usuário então interage com o SIG para que ele acesse os dados **(5) (6)**.

5.8 Considerações finais

Este capítulo introduziu os conceitos dos serviços WEB geográficos e seu encadeamento na concepção de arquiteturas que se propõem a prover interoperabilidade entre SIG

Foram apresentados vários esquemas que ilustram como utilizar a tecnologia dos serviços geográficos para prover interoperabilidade de SIG. Um aspecto importante das arquiteturas apresentadas é que os sistemas novos ou antigos (legados) podem se beneficiar da tecnologia dos serviços WEB geográficos.

6 IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DA TECNOLOGIA E RESULTADOS

6.1 Introdução

A maioria do conteúdo da Web está direcionada para o usuário sem uma preocupação maior com a interoperabilidade entre plataformas distintas.

A tecnologia dos Serviços Web por ser independente de plataforma pode ser desenvolvida em qualquer linguagem e sistema operacional e acena como um caminho para solucionar a interoperabilidade dos SIG.

Diversos grupos de estudo, nesta área, sugerem tecnologias que viabilizem a troca de informações entre os SIG. Como resultado destas pesquisas, foram propostos desde formatos padrão para intercâmbio de dados até modelos de Servidores de Mapas para Internet.

Em artigos como o de TSALGATIDOU e PILIOURA (2002) que discorrem sobre a tecnologia de serviços Web nota-se uma grande ênfase na facilidade de sua implementação. Por este motivo, foi concebido e implementado um pequeno aplicativo para verificar isto na prática.

6.2 Etapas do projeto

A primeira fase foi a elaboração do serviço. O objetivo foi criar um serviço simples, pois se desejava acompanhar todas as etapas do processo. Optou-se por desenvolver um serviço que disponibilizasse um mapa de uma região previamente escolhida. Ele conteria informações vetoriais e matriciais do local escolhido.

A teoria diz que se pode construir um serviço utilizando-se sistemas legados. Surgiu então a idéia de aproveitar um produto já disponível no mercado. O publicador de mapas MapServer (MAPSERVER, 2004) foi escolhido como ponto de partida na construção do serviço. O motivo da escolha foi o fato dele ser gratuito e seguir algumas das especificações do consórcio OGC, conhecidas como OpenGis[®] (OGC, 2004).

WMS, conforme já foi visto, é um dos padrões OpenGis[®] para a publicação de mapas na Internet. Ele é o mais básico dos modelos e encontra-se disponível na maioria dos publicadores de mapas, inclusive no MapServer. O serviço desenvolvido utilizou o padrão WMS. Nele, através do comando GETMAP, pode-se gerar o mapa

da região desejada.

Poderia se pensar que basta configurar e instalar o programa MapServer que teríamos o mapa desejado. Isto é verdade, mas o publicador de mapas foi desenvolvido para gerar o mapa e enviar para um cliente http (*browser* por exemplo). O objetivo é criar um serviço para que seja consumido por outros programas. A fim de viabilizar este intento foi desenvolvido um programa que trabalhasse como intermediário. Ele seria enxergado pelo mundo externo como um serviço. Na realidade ele repassa os pedidos dos clientes para o MapServer e retorna os mapas para eles. O cliente só enxerga a interface do serviço que diz o que o sistema faz e não como ele foi implementado. Este processo é análogo ao termo “*information hiding*” que é empregado em engenharia de software orientada a objetos (BOGGS e BOGGS 1999).

O primeiro passo foi colocar o serviço no ar e depois foram concebidos dois clientes em arquiteturas distintas (Delphi e Java) para verificar na prática se os mapas chegavam a eles de forma transparente, ou seja, se os pressupostos de encapsulamento e independência de plataformas estavam sendo obedecidos.

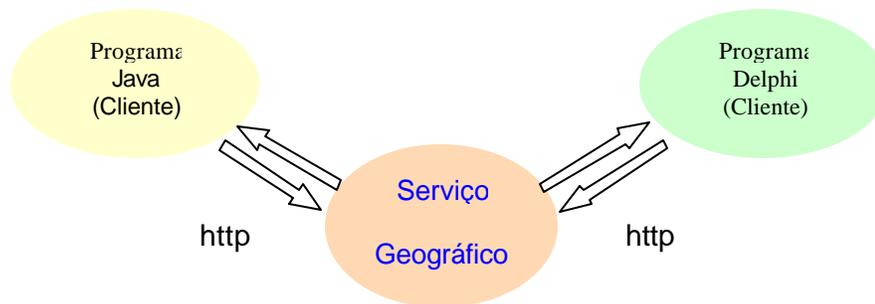


Figura 29 Resumo do Aplicação

Na Figura 29 se tem um pequeno resumo da aplicação. Um serviço será criado e disponibilizará a geração de mapas. Dois clientes concebidos em plataformas tecnológicas distintas irão consumir o serviço (mapa de uma região) utilizando o protocolo http. Com a implementação do aplicativo será possível a observação de um ciclo completo da tecnologia que vai desde a produção do serviço até o seu consumo.

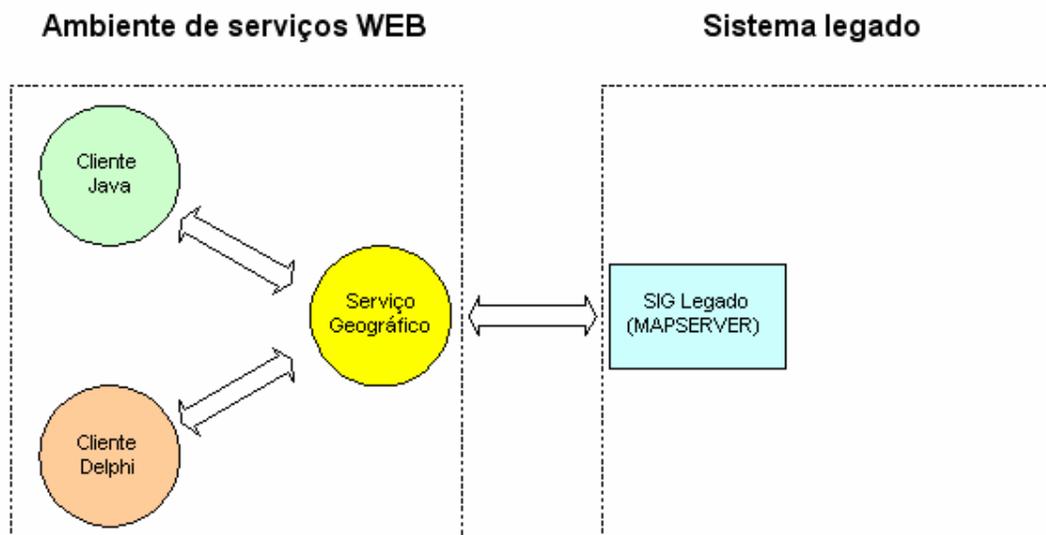


Figura 30 Visão do sistema implementado

Na Figura 30 tem-se outra visão do aplicativo desenvolvido. De um lado está um sistema antigo (legado) e do outro existem clientes que necessitam do mapa que ele gera. Funcionando como uma ponte entre estes dois mundos existe um serviço geográfico. Ele recebe os pedidos dos clientes e se comunica com o servidor de mapas para prover o mapa solicitado.

Este aplicativo representa um caso particular da arquitetura vista no item 5.7.1 (SIG Legado Provedor de Serviços) onde um SIG concebido em uma tecnologia antiga disponibiliza suas funcionalidades através de um serviço geográfico.

6.3 Aspectos Cartográficos do projeto

A elaboração de um serviço geográfico tem como premissa uma sólida formação em cartografia devido às peculiaridades dos dados geográficos (Datum, projeção, escala, etc).

Os conceitos de Datum, projeção e sistema de coordenadas foram fundamentais para o projeto. Eles foram aplicados na configuração dos servidores de mapas. No aplicativo utilizaram-se dados vetoriais e matriciais que estavam no mesmo sistema de projeção e Datum. É importante frisar que mesmo que os dados não estivessem no mesmo sistema, o servidor de mapas poderia reprojeta-los de forma a compatibilizá-los. Claro que isto naturalmente exigiria um pequeno passo a mais na configuração do servidor.

Observe as seguintes linhas presentes em uma das configurações dos servidores de mapas utilizadas no projeto, que se encontram no Anexo I.

```
# Definição da Projeção#
```

```
PROJECTION
```

```
"init=EPSG:29185" # Significa Sistema Geodésico SAD69 Projeção  
UTM zona 25S
```

```
END
```

```
# Definição da extensão do mapa em coordenadas UTM
```

```
EXTENT 290662 9102017 291768 9102783
```

Este pequeno extrato da configuração de um servidor de mapas mostra o papel fundamental dos conceitos de cartografia para o desenvolvimento do projeto. O serviço geográfico foi construído a partir dele. Portanto, o sucesso deste serviço depende da correta aplicação e domínio dos conceitos cartográficos ao lidar com servidores de mapas.

6.4 Histórico do desenvolvimento

Inicialmente, com o objetivo de acelerar o desenvolvimento do aplicativo, tudo foi simulado em um só computador. Depois de tudo estar testado, procedeu-se à instalação do aplicativo nos computadores do departamento de Cartografia para simulação da distribuição dos sistemas.

Durante a construção do aplicativo e após estudar melhor o padrão WMS optou-se por um aprimoramento do serviço. O mapa a ser oferecido aos clientes seria construído através de um processo de *overlay* de mapas. No primeiro servidor teríamos dados vetoriais e no segundo dados matriciais. A tecnologia permite que quaisquer servidores “construam” seus mapas com níveis de informação oriundos de outros servidores. Este processo é denominado de encadeamento de servidores de mapas e faz parte do padrão WMS. Na Figura 31 temos o funcionamento de um servidor que gera mapas com dados próprios.

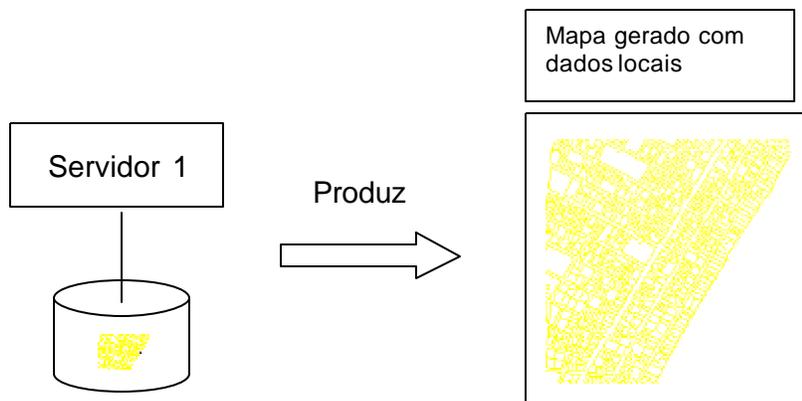


Figura 31 Servidor Vetorial

Na Figura 32 se tem basicamente o que foi mostrado na figura anterior, a diferença é que o dado armazenado no servidor é uma imagem

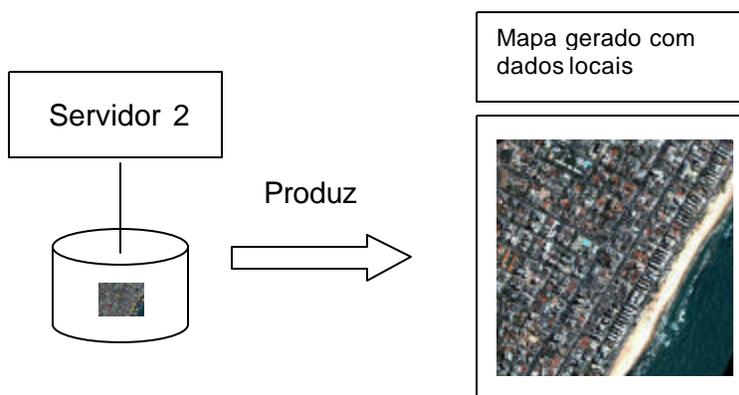


Figura 32 Servidor Matricial

O processo do encadeamento pode ser observado na Figura 33. O Servidor 2 para produzir um mapa necessita de um layer que está no Servidor 1. Ele requisita ao servidor 1 este layer e efetua o overlay com o dado armazenado localmente. Já a Figura 34 mostra o resumo do overlay dos mapas.

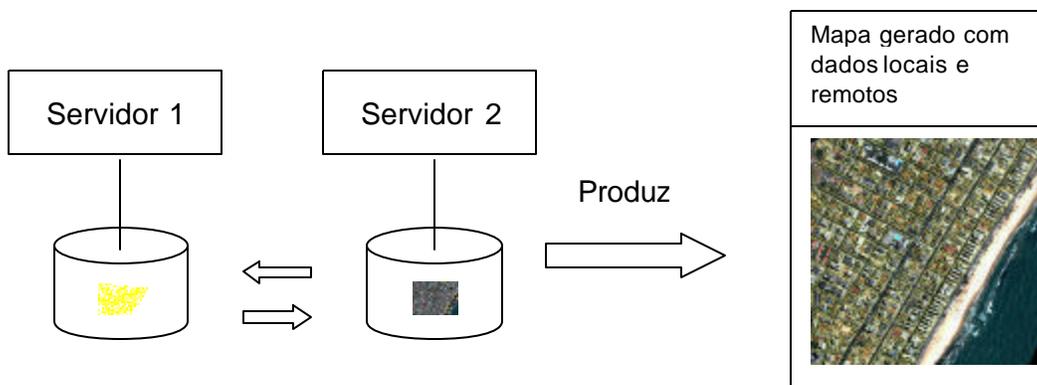


Figura 33 Encadeamento de Servidores



Figura 34 Resumo do Overlay dos Mapas

O foco principal da dissertação é a interação entre programas, porém o encadeamento de servidores mostrou-se uma tecnologia interessante e foi decidida a sua implementação como parte do projeto. O encadeamento é uma solução que deve ser levada em conta por aqueles que desejam compartilhar apenas a visualização do dado e não o dado em si.

O processo de implementação do projeto passou por várias etapas, a saber: Instalação e configuração dos servidores http e de mapas; Criação do serviço através de um aplicativo que comandava o servidor de mapas e Elaboração de clientes para o serviço.

6.5 Servidor de Mapas

O servidor de Mapas escolhido foi o MapServer. O primeiro passo foi a instalação e configuração de um servidor http. Utilizou-se o Apache, pois é gratuito e roda em vários sistemas operacionais (APACHE, 2004).

Foram realizados os procedimentos padrões com a finalidade de instalar o MapServer e fazer com que ele trabalhe em conjunto com o Apache. Os detalhes do procedimento de instalação estão no site da Universidade de Minnesota (<http://mapserver.gis.umn.edu/>).

6.5.1 Configuração do MapServer

O funcionamento do servidor é simples. O primeiro passo é construir um arquivo com as informações do mapa a ser gerado. Este arquivo deve conter o sistema de referência, projeção, níveis de informação e a forma de renderização dos dados (<http://mapserver.gis.umn.edu/doc42/mapfile-reference.html>). O arquivo de configuração encontra-se no anexo I.

6.5.2 Esquema de funcionamento dos servidores

Foram concebidos dois servidores que conteriam informações vetoriais e matriciais do bairro de Boa Viagem da cidade do Recife. O de número 2 é responsável pela informação vetorial (lotes) e o de número 1 armazena a informação matricial (imagem de satélite). O Servidor 1 é o responsável por gerar um mapa de overlay dos lotes e da imagem de satélite.

O Servidor 1 foi instalado em outra máquina que utilizava o Windows XP[®] como sistema operacional e o Servidor 2 foi montado em uma máquina que rodava o sistema operacional linux. As especificações das máquinas estão no anexo II. Os servidores foram instalados em sistemas operacionais diferentes para enriquecer o aplicativo e começar a demonstrar as vantagens de se aderir a padrões abertos.

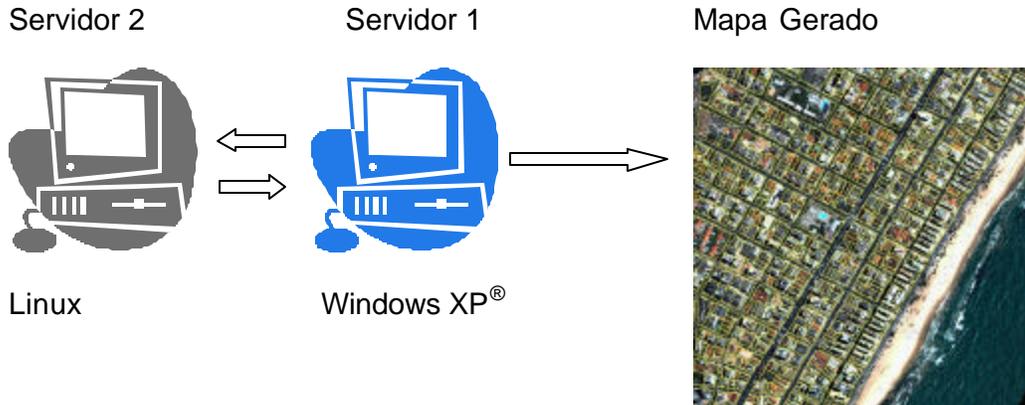


Figura 35 Esquema do funcionamento dos servidores

6.6 Interface para o Serviço

O mapa já estava pronto a ser oferecido aos clientes. O próximo passo era gerar um serviço Web. Foi desenvolvido um programa em Java que seria enxergado pelo mundo externo como um serviço que gera o mapa de Boa Viagem. Na realidade ela serve apenas de interface, pois o mapa é gerado no servidor de mapas.

Quando um cliente necessita do mapa de Boa Viagem ele se comunica com o programa JAVA e este por sua vez comanda o Servidor 1 para que gere o mapa. Posteriormente o cliente recebe o mapa gerado(Figura 36).

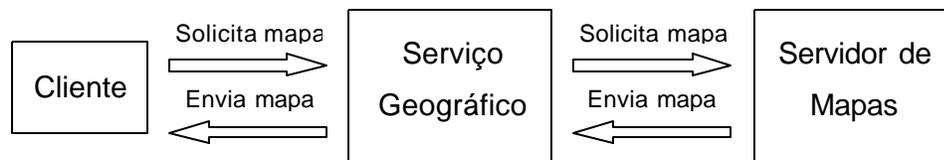


Figura 36 Visão geral do processo

Na implementação do programa este processo foi implementado através da seguinte configuração(Figura 37).

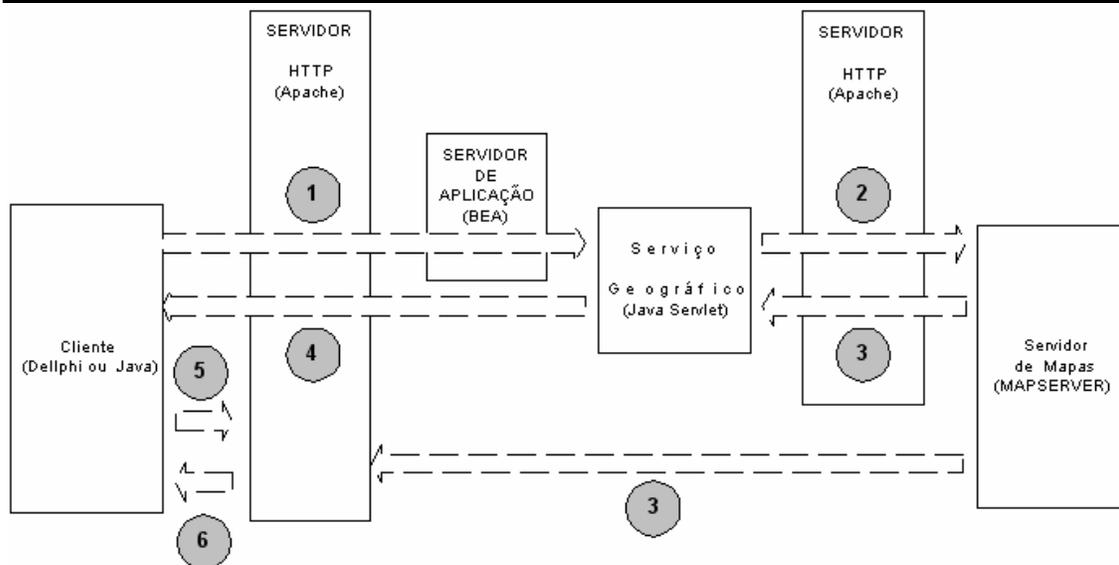


Figura 37 Funcionamento do processo

Passo1: O cliente solicita ao serviço geográfico, a localização (URL) do mapa.

Passo2: O serviço envia o pedido de geração de mapa ao servidor de mapas (MAPSERVER).

Passo3: O servidor gera o mapa e o remete ao servidor http, simultaneamente envia a localização (URL) deste mapa ao serviço.

Passo4: O Serviço envia a localização do mapa ao cliente.

Passo5: De posse da localização do mapa, o cliente solicita o mapa ao servidor HTTP.

Passo6: O cliente recebe o mapa.

Algumas considerações sobre a Figura 37: O cliente, o serviço e o servidor de mapas ao se comunicarem, necessariamente utilizam o servidor HTTP. O Servidor HTTP foi duplicado na ilustração com o objetivo de explicar melhor o funcionamento do processo. Como o serviço é um servlet então a comunicação entre cliente e o serviço envolve necessariamente o servidor servidor de aplicação (BEA)

No paradigma de serviços Web os aplicativos comunicam-se através do protocolo SOAP que é baseado em XML, ou seja, a transferência de dados é feita através de texto. Se o serviço fosse transmitir o mapa (formato binário) para o cliente ele necessitaria de uma implementação onde a imagem fosse um “anexo” da mensagem texto que ele enviaria ao cliente. Na implementação do projeto decidiu-se

que mensagens trocadas entre o serviço e os clientes seriam só textuais e a transferência do mapa (formato binário) ficaria a cargo do servidor HTTP.

6.6.1 Implementação

No paradigma de Java para se criar um serviço é necessário se desenvolver um componente (bean). Antes de criar o componente foi construída uma classe básica para servir de interface com o servidor de mapas. Esta classe foi denominada Mapa.

A classe Mapa tem um único método `getMapURL()`. Ele é responsável por gerar a URL do mapa confeccionado pelo MapServer.

```
public class Mapa {
    private String mapURL=null;
    public Mapa() {
    };
    public String getMapURL(){
        mapURL="http://127.0.0.1/cgi-
bin/mapserv?map=/web/dti/demo.map&VERSION=1.1.0&REQUEST=GetMap";
        return this.mapURL;
    }
}
```

A parte importante a ser observada no código é <http://127.0.0.1/cgi-bin/mapserv?map=/web/dti/demo.map&VERSION=1.1.0&REQUEST=GetMap>. Isto é o comando para o MapServer gerar o mapa. ["http://127.0.0.1/cgi-bin/mapserv"](http://127.0.0.1/cgi-bin/mapserv) é o endereço do programa MapServer. ["map=/web/dti/demo.map"](http://127.0.0.1/cgi-bin/mapserv?map=/web/dti/demo.map) é o parâmetro que indica qual o arquivo de configuração do mapa a ser gerado. ["VERSION=1.1.0"](http://127.0.0.1/cgi-bin/mapserv?map=/web/dti/demo.map&VERSION=1.1.0) é a versão do padrão WMS. ["REQUEST=GetMap"](http://127.0.0.1/cgi-bin/mapserv?map=/web/dti/demo.map&REQUEST=GetMap) é o comando para gerar o mapa.

O segundo passo foi a criação de um componente denominado de `MapaBean`.

```
public class MapaBean implements java.io.Serializable{
    public MapaBean() {
    }
    public String getMapURL(){
        Mapa map=null;
        try{
            map = new Mapa();
        }
    }
}
```

```
        catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
        };
        return map.getMapURL();
    }
}
```

No desenvolvimento do aplicativo utilizamos o programa Jbuilder 9 da Borland. Ele possui uma opção de gerar automaticamente o documento WSDL e hospedar o serviço em um servidor de aplicações. O servidor escolhido foi da empresa BEA Weblogic que gentilmente forneceu uma licença para o desenvolvimento do projeto.

O documento WSDL gerado está no apêndice III. Dele extraiu-se o seguinte:

```
<portType name="MapaBeanPort">
  <operation name="getMapURL">
    <soap:address location="http://localhost:7001/myweb/MapaBean">
```

Através de uma rápida olhada acima notamos que o serviço tem uma operação “getMapURL” e está disponível no endereço <http://localhost:7001/myweb/MapaBean>.

6.7 Clientes

Foram desenvolvidos dois clientes. Um utilizando Java (ferramenta Jbuilder) e o outro Pascal (ferramenta delphi). A criação deles é bastante similar onde o primeiro passo é examinar o documento WSDL do serviço a ser consumido.

As descrições dos serviços devem ser armazenadas nos agentes (*brokers*). Atualmente existe um catálogo mundial de serviços disponíveis que se encontra espelhado nos servidores da IBM e Microsoft. No caso particular deste aplicativo não há a necessidade de registrar o serviço, pois os clientes e o provedor do serviço estão sendo desenvolvidos conjuntamente.

6.7.1 Cliente Java

Através da ferramenta Jbuilder® é possível se gerar classes em Java para consumir serviços descritos em um documento WSDL.

O aplicativo é simples. Ele se apresenta com uma tela contendo dois componentes: Um botão e um rótulo (label).

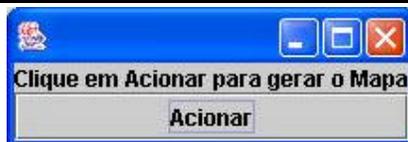


Figura 38 Cliente Java

Após o usuário clicar no botão “Acionar”, o serviço remoto é acionado e o mapa é apresentado.

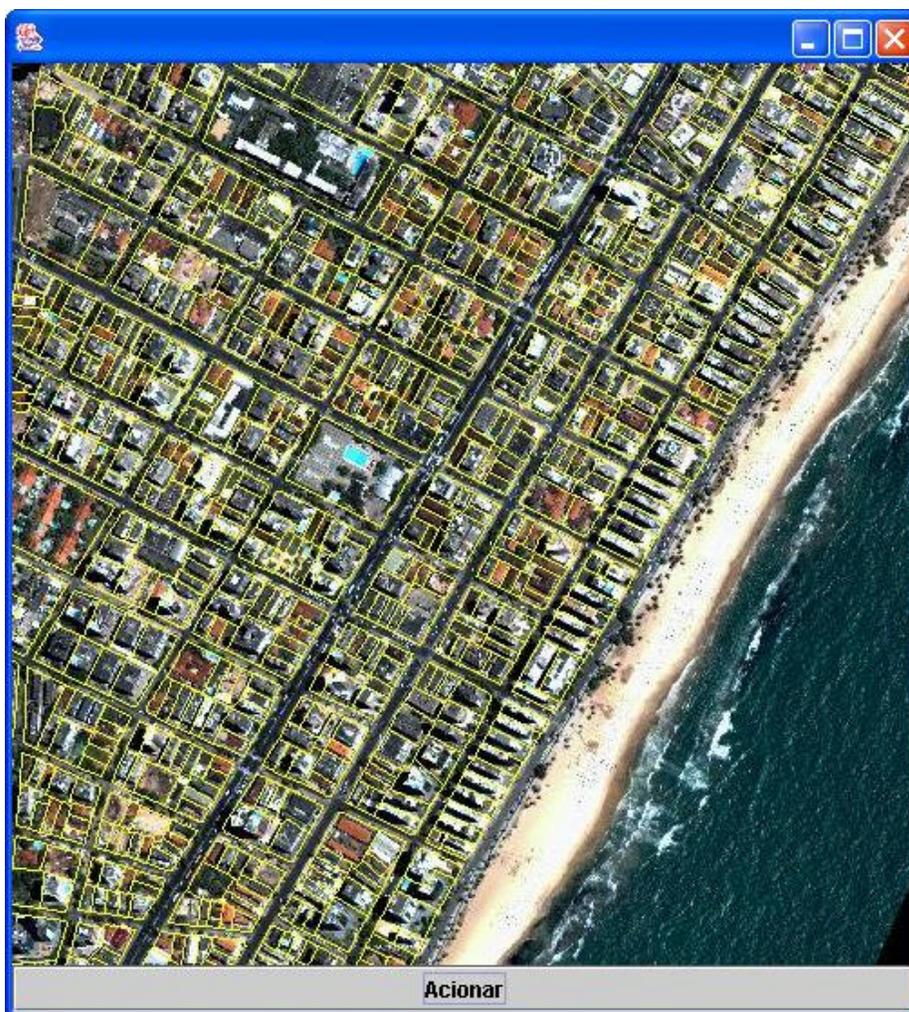


Figura 39 Mapa no Cliente Java

A parte do código responsável pela geração do mapa pelo evento do clique no botão é o seguinte:

```
void jButton1_actionPerformed(ActionEvent e) {  
  
    try {  
        java.net.URL mapaURL=new java.net.URL(this.getMapURL());  
  
        this.jLabel1.setIcon(new ImageIcon(mapaURL));  
    }  
}
```

```
        this.jLabel1.setText("");
        this.pack();
        this.repaint();
    }
    catch (Exception ex) {
        ex.printStackTrace();
    }
}
```

Quando se clica no botão, o rótulo `jLabel1` recebe o mapa gerado pelo método `getMapURL()`. Nota-se que poucas linhas de programação são necessárias para invocar serviços remotos.

O código fonte completo está no Anexo II. Lá também encontram-se outros arquivos: `MapaBean`, `MapaBeanLocator`, `MapaBeanPort`, `MapaBeanPortImpl`, `MapaBeanPortSkeleton`, `MapaBeanPortStub`. Eles foram gerados automaticamente pelo `Jbuilder`[®] e servem de base para a construção de qualquer classe que deseje consumir o serviço `getMapURL()`.

6.7.2 Cliente Pascal

Foi desenvolvido um aplicativo similar ao anterior só que em outra linguagem. A linguagem escolhida foi Pascal orientado a objeto. O programa foi concebido através da ferramenta `Borland Dephi`[®].

O aplicativo tem uma tela composta de um botão e um componente de imagem. Quando o usuário clica o botão o componente imagem recebe o mapa do serviço Web (Figura 40).



Figura 40 Cliente Delphi

Após o usuário clicar no botão “Ativar o Mapa”, o serviço remoto é acionado e

o mapa é apresentado.

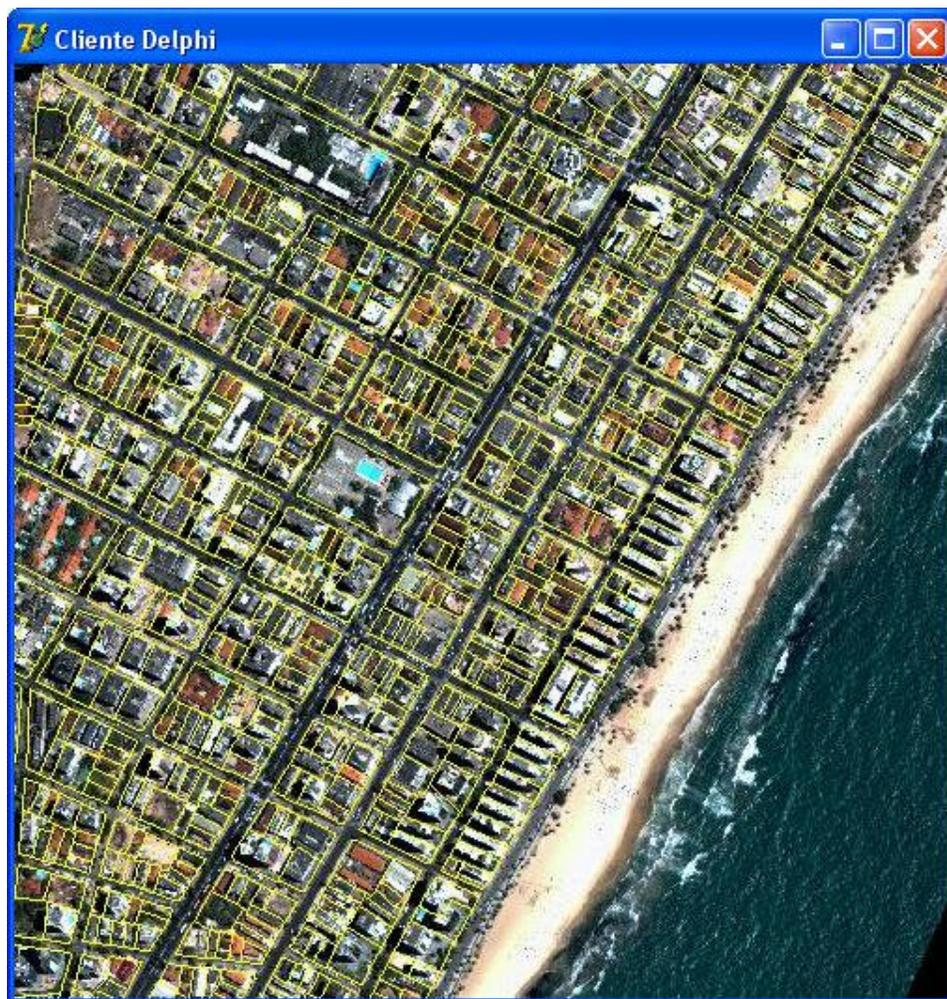


Figura 41 Mapa no cliente Delphi

O código responsável pela ativação do serviço quando se clica o botão da Figura 41 é:

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var servico :MapaBeanPort;
begin
  servico:=GetMapaBeanPort;
  UriToImage(servico.getMapURL, mapa);
  Form1.Refresh;
end;
```

O restante do código fonte está no Anexo II. Em processo análogo ao aplicativo anterior, a ferramenta Delphi[®] através da análise do documento WSDL gerou o arquivo MapaBean.pas. Através dele é possível consumir o serviço da geração do mapa.

6.8 Considerações finais

Este capítulo validou parte da arquitetura proposta para o uso dos serviços WEB na interoperabilidade de SIG.

Aqui foi vista a geração de um serviço geográfico através do encapsulamento de um SIG legado. Os clientes do serviço puderam consumir dados que estavam em conformidade com os padrões de interoperabilidade definidos pelo consórcio OpenGis[®] (OGC, 2004).

7 CONCLUSÃO

A literatura afirma que é possível a interoperabilidade de SIG heterogêneos e distribuídos através de serviços Web. Neste trabalho foi desenvolvido um estudo da arte com este enfoque e comprovou-se através deste experimento que é factível e viável a utilização desta tecnologia

Um ambiente heterogêneo foi implantado com sucesso. Nele conviveram e interagiram diferentes sistemas operacionais e linguagens de programação. Isto foi possível devido à tecnologia dos serviços Web estar baseada na troca de informações através de textos (arquivos XML) o que facilita a interação entre sistemas com tecnologias distintas.

A implementação do encadeamento de servidores de mapas também se revelou uma boa alternativa no compartilhamento de dados geográficos.

A tecnologia dos serviços Web mostrou-se um paradigma simples e ao mesmo tempo poderoso na solução do problema da interoperabilidade.

Como pode ser visto no experimento, a construção de SIG pode ser vista como um jogo de “LEGO” onde os componentes são os serviços WEB.

Com base no que foi exposto e desenvolvido nesta dissertação, os órgãos governamentais e empresas privadas passam a ter uma nova alternativa de integração dos seus sistemas de informação geográficas. O investimento efetuado pelas empresas é preservado, pois a tecnologia de Serviços Web é independente de plataforma e se adapta facilmente aos sistemas legados.

7.1 Contribuições

Esta dissertação gerou as seguintes contribuições:

- O estudo da tecnologia dos serviços WEB na interoperabilidade de SIG.
- Proposição de arquiteturas que propiciam interoperabilidade entre SIG, incluindo os sistemas legados.
- Implementação de um protótipo para validação da arquitetura.
- Implantação de um Sistema de Informações na intranet da prefeitura (Anexo 5)

7.2 Sugestão para trabalhos futuros

A sugestão é dar prosseguimento ao trabalho e conceber uma ferramenta capaz de gerar automaticamente serviços Web para sistemas de informações geográficas que possuam uma API (Interface de programação).

Outra sugestão é conceber aplicativos para validar o restante da arquitetura proposta para a interoperabilidade de SIG.

REFERÊNCIAS

- ALAMEH, Nadine ***Service Chaining of Interoperable Geographic Information Web Services***, <http://citeseer.nj.nec.com/536832.html> 2002 acessado em março de 2004.
- APACHE <http://httpd.apache.org/> acessado em janeiro de 2004.
- ALOV Map <http://www.alov.org/> acessado em março de 2004.
- ALBUQUERQUE, Fernando ***TCP/IP- Internet Programação de Sistemas Distribuídos HTML, JavaScript e Java***, Axcel Books do Brasil Editora, 2001
- ARCIMS <http://www.esri.com/software/arcgis/arcims/index.html> acessado em abril de 2004.
- ARONOFF, S. ***Geographic Information Systems: a Management Perspective***. OTTAWA :WDL, 1989. 295P
- AUTODESK <http://www.autodesk.com> acessado em maio de 2004.
- BISHR, Yaser; KUHN, Werner ***Ontology-Based Modelling of Geospatial Information*** 3rd AGILE Conference on Geographic Information Science – Helsinki/Espoo, Finland, May 25th – 27th, 2000
- BOGGS, Wendy; BOGGS, Michael Boggs ***Mastering Uml With Rational Rose***, Sybex International, August 1999.
- BURROUGH, PA. ***Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment***. Oxford University Press, 1986. 315p.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.; MEDEIROS, C.M.B.; MAGALHÃES, G. ***Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica***. Curitiba, SAGRES Editora, 1997.
- CÂMARA, G.; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio M V.a. ***Introdução à Ciência da Geoinformação*** <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/> acessado em abril de 2004.
- CHAPPELL, David; JEWELL, Tyler , ***Java Web Services*** ,O'Reilly First Edition March 2002 ISBN: 0-596-00269-6, 276 pages

- COLAS, Nicholas; HOUSTON, Benjamin; WARNECKE, Lisa, BROWER, Robert;
Internet-Based GIS for Local Government A Non-technical Guide to Planning and Implementing an Online Geographic Information System, Cayuga County Planning Department, 2000
- CORNELL, Gary; HORSTMANN, Cay S., ***Core Java: Recursos Avançados Vol.II***, MAKRON BOOKS editora 1ª Edição - 2000 - 824 pág.
- CRUZ Isabel F., REJENDRAN Afsheen, SUNNA William, WIEGAND Nancy, 2002. Handling Semantic Heterogeneities Using Declarative Agreements. GIS'02 November 8-9, Mclean, Virginia, USA ACM 1-58113-591-2/02/0011
- CURBERA, Francisco ; NAGY, William A. ; WEERAWARANA, Sanjiva, ***Web Services: Why and How***, IBM T.J. Watson Research Center, August 9, 2001
- DALAZOANA, Regiane; FREITAS, Sílvio R. C., ***Efeitos na Cartografia devido a Evolução do Sistema Geodésico Brasileiro e Adoção de um Referencial Geocêntrico***, Revista Brasileira de Cartografia nº 54, dezembro 2002.
- DGF (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut)
<http://www.dgfi.badw.de/geodis/REFS/ellipsoid.html> acessado em novembro de 2004.
- DOYLE, Allan; REED, Carl ***Introduction to OGC Web Services*** eds. 2001.
<http://ip.opengis.org/ows/index.html> acessado em agosto de 2004.
- EGENHOFER M. J., FEGEAS R., GOODCHILD M.F., 1997 ***Interoperating GISs Report*** of a Specialist Meeting Held under the Auspices of the Zarenius Project, Panel on Computational Implementations of Geographic Concepts December 5-6, 1997, Santa Barbara, California
<http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/interop97/report.html> acessado em agosto de 2003.
- EPSG (European Petroleum Survey Group) Geodesy Parameters
<http://www.ihsenergy.com/epsg/geodetic2.html> acessado em maio de 2004.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute) <http://www.esri.com> acessado em junho de 2004.
- FALLSIDE, David C.; WALMSLEY, Priscilla, ***XML Schema Part 0: Primer Second Edition*** W3C Recommendation 28 October 2004

<http://www.w3.org/TR/2004/REC-xmlschema-0-20041028/#Intro> (acessado em novembro de 2004)

FONSECA, Frederico ;EGENHOFER, Max; BORGES, KARLA A. V., **Ontologias e Interoperabilidade Semântica entre SIGs** GEOINFO 2000 II Brazilian Symposium on Geoinformatics.

FONSECA, F. T., **Ontology-Driven Geographic Information Systems** PhD Thesis 2001 University of Maine, Orono.

GEMAEL, Camil **Introdução à Geodésia Física** Editora da UFPR 2002.

IEEE – **WWW.IEEE.ORG** acessado em março de 2004

INEGI- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática do México <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/normatividad/infgeodesia/geoide.cfm> acessado em Novembro de 2004.

ICA- Recomendação da ICA (International Cartographic Association/Budapest/Hungria, 1989)

IERS - International Earth Rotation and Reference Systems Service <http://www.iers.org> acessado em Janeiro de 2005.

IBGE **Glossário (Cartográfico)**
http://www.ibge.gov.br/home/geografia/decar/glossario/glossario_cartografico.shtml acessado em novembro de 2004

KUMAR, Lalit **Introduction do GIS : Map Projections**
<http://www.ecoman.une.edu.au/staff/%20lkumar/Lecture%20wk3%20Map%20Projections.pdf> acessado em novembro de 2004

LAGERBERG, Ko; PLAS, Dirk-Jaap; WEGDAM, Maarten, **Web Services in 3G Service Platforms** Bell Labs Technical Journal, Special issue on Wireless Networks, online ISSN: 1538-7305, print ISSN: 1089-7089, Published by Wiley Periodicals Inc., volume 7, number 2, pages 167-183, December 2002

MAPGUIDE <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=2995478> acessado em julho de 2004

MAPSERVER <http://mapserver.gis.umn.edu/> acessado em janeiro de 2004

- MELO JR, Jonas B., **SIG, Internet e Aplicações em Cadastro Urbano** , Monografia de Especialização em Sistemas de Infomação, UPFE 2002.
- MELO JR, Jonas Bezerra de; CANDEIAS, A. L. B ., **Interoperabilidade de SIG através de WEB SERVICES** , . In: I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2004, Recife. I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife: DEPART-UFPE, 2004. p. 1-7.
- MELO JR, Jonas Bezerra de; CANDEIAS, A. L. B., **SIG e sua Interoperabilidade Utilizando Servidores de WEB** , XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - XII SBSR 2005 (no prelo).
- MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GP: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Ed. da UNESP, 2000. 287 p. ISBN 8571393281.
- NAGY,W. A. ; WEERAWARANA S., **Web Services: Why and How**, Francisco Curbera, IBM T.J. Watson Research Center, August 9,2001
- OGC, Open Geospatial Consortium <http://www.opengeospatial.org> acessado em março de 2004.
- OWS-2 , **OGC Web Services Initiative Phase 2** <http://ip.opengis.org/ows2/> acessado em maio de 2004.
- PANATKOOL, Apirak; LAOVEERAKUL, Sitthichai, **Decentralized GISWeb Services on Grid**, Proceedings of the Open source GIS - GRASS users conference 2002 - Trento, Italy, 11-13 September 2002
- PAIXÃO, Silvane Karoline Silva, **Modelagem de dados espaciais para controle da Leishmaniose visceral** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco .CTG. Área de Sistemas de Geoinformação, 2004.
- PHILIPS, Jürgen W., **Enciclopédia Geodésica** <http://geodesia.ufsc.br/Lexicon/G/Geoide.htm> acessado em novembro de 2004.
- POLLOCK, Richard J.; MCLAUGHLIN, John D., **Data-Base Management System Technology and Geographic Information Systems** Journal of Surveying Engineering, Vol. 117, No. 1, February 1991, pp. 9-26

SANTOS, Adeildo Antão dos **Geodésia Elementar e Princípios de Posicionamento Global** Editora Universitária da UFPE, 2001.

SIRGAS, Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas ,
<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas/principal.htm>
acessado em janeiro de 2005.

SHEKHARL, Shashi et al, **WMS and GML based Interoperable Web Mapping System**, GIS'01, November 9-10,2001, Atlanta, Georgia, USA. ACM I-581 13443-6/01/0011

SOMMERVILLE, Ian, **Software Engineering**, 6rd edition Addison Wesley pp 306-326 2001.

SPRING, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, **Manual do programa SPRING** 2004.

SPRING WEB, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, **Manual do programa SPRING WEB** versão 3.0 2004

TANIŃ, Egemen; BRABEC, František; SAMET, Hanan **Remote access to large spatial databases** Proceedings of the tenth ACM international symposium on Advances in geographic information systems 2002 , McLean, Virginia, USA

TARTU ÜLIKOOLI GEOGRAAFIA INSTITUUT
<http://www.geo.ut.ee/kooligeo/EGCD/opik/juts/pildid/ellips.gif> acessado em novembro de 2004.

TSALGATIDOU A., PILIOURA ,T., **An Overview of Standards and Related Technology in Web Services** , International Journal of Distributed and Parallel Databases, Special Issue on E-Services, 12(2): 135-162; Sep 2002 .

TORGE, WOLFGANG, **Geodesy**, 3rd. ed. / rev. and extended. - Berlin: Walter de Gruyter Co., 2001.. 416p. ISBN 3110170728.

TSOU, Ming-Hsiang, **A dynamic Architecture for distributing Geographic Information Services on the Internet**, Phd Thesis 2001.

TSOU, Ming-Hsiang; BUTTENFIELD, Barbara P., **A Dynamic Architecture for Distributing Geographic Information Services**, Transactions in GIS. 2002, 6(4): 355-381.

TU, S.; XU, L. ; ABDELGUERFI M.; RATCLIFF, J. J.; ***Achieving interoperability for integration of heterogeneous COTS geographic information systems***
ACM Press New York, NY, USA Pages: 162 - 167 2002 ISBN:1-58113-591-2

VASUDEVAN, Venu. ***A Web Services Primer***,
<http://www.xml.com/pub/a/ws/2001/04/04/webservices/index.html> April 4, 2001
(acessado em maio de 2004)

VERONEZ, Maurício Roberto, ***Proposta de parâmetros de transformação entre os sistemas WGS-84 e o SAD-69 para a região de São Carlos - SP.***
Dissertação de Mestrado 1998.

WANG, Fangju ***A Distributed Geographic Information System on the Common Object Request Broker Architecture (CORBA)***, Geoinformatica Volume 4, Issue 1, Mar 2000 Pages: 89-115.

WONG, S.H.; SWARTZ, S.L.; SARKAR, D.; ***A Middleware Architecture for Open and Interoperable GISs***, Multimedia, IEEE, Volume: 9 , Issue: 2 , April-June 2002 Pages:62 – 76.

WMS (Web Map Server) http://portal.opengis.org/files/?artifact_id=5316 acessado em setembro de 2004.

W3C (World Wide Web Consortium) ***Web Services Framework for W3C Workshop on Web Services*** 11-12 April 2001, San Jose, CA USA
<http://www.w3.org/2001/03/WSWS-popa/paper51> (acessado em maio de 2003)

W3C (World Wide Web Consortium) <http://www.w3.org/> (acessado em maio de 2003)

W3C (World Wide Web Consortium) ***WSDL (Web Services Description Language)***
http://www.w3.org/TR/wsdl#_introduction (2001) (acessado em maio de 2003)

ANEXOS



ANEXO 1
CONFIGURAÇÃO DO MAPSERVER



A título de ilustração comenta-se aqui alguns itens do arquivo de configuração.

O termo PROJECTION define o Elipsóide de referência, bem como a projeção utilizada. No nosso caso utilizou-se o SAD69 e a projeção UTM zona 25 SUL.

EXTENT define a região a ser mapeada, foi escolhida uma parte do bairro Boa Viagem da cidade do Recife. Os pontos (290.662, 9.102.017) e (291.768, 9.102.783) são as coordenadas inferior-esquerda e superior-direita do paralelogramo que delimita a região a ser trabalhada pelo aplicativo.

SHAPEPATH é o local onde estão os dados vetoriais e matriciais. "EPSG:29185" é uma diretiva para dizer que o sistema de referência e projeção são SAD69 e UTM zona 25 SUL (EPSG 2004).

CONNECTION e CONNECTIONTYPE foram utilizados para se realizar o encadeamento de servidores, ou seja, produzir um mapa onde um layer é oriundo de outro servidor de mapas. Para a diretiva CONNECTION foi passado o endereço do servidor bem como a requisição do mapa. Atribuir "WMS" a CONNECTIONTYPE diz ao servidor que o dado está disponível em um servidor remoto que segue o padrão WMS do OpenGis®.

O servidor 1 é o responsável pelo overlay dos layers imagem de satélite e lotes do Recife. O layer lotes é oriundo do servidor2

SERVIDOR 1

```
#
#
# CONFIGURAÇÃO DO SEVIDOR DE OVERLAY (SERVIDOR1)
#
NAME SERVIDOR_OVERLAY
STATUS ON
SIZE 500 500
EXTENT 290662 9102017 291768 9102783
UNITS METERS
SHAPEPATH "data"
IMAGECOLOR 255 255 255
debug on

#tipo da imagem gerada pelo servidor
IMAGETYPE jpeg

# Definição da Projeção#
#PROJECTION

# SAD69 / UTM zone 25S WMS_SRS "EPSG:29185"
# "init=EPSG:29185"
#END
```

```
#
# Start of web interface definition (including WMS enabling metadata)
#
WEB
  HEADER demo_header.html
  TEMPLATE demo.html
  FOOTER demo_footer.html
  IMAGEPATH "c:/web/temp"
  IMAGEURL "/temp"
  LOG "c:/web/temp/erro.txt"

METADATA
  WMS_TITLE "Servidor de overlay de dados vetoriais e matriciais"
  WMS_ABSTRACT "Esta é uma demonstração de cascadeamento de servidores através do padrão
WMS."
  WMS_ACCESSCONSTRAINTS none

  WMS_ONLINERESOURCE "http://127.0.0.1:20000/web/itasca/demo_init.html"

  # SAD69 / UTM zone 25S
  WMS_SRS "EPSG:29185"
END
END

#
# Layers
#

#####IMAGEM#####

LAYER
  NAME "imagem"
  STATUS ON
  DATA "recife_20dti.tif"
  TYPE RASTER
  UNITS METERS
  SIZEUNITS METERS
  PROCESSING "BANDS=1,2,3"
END

#
# L O T E S           Este layer vem de outro servidor
#
#
LAYER
  NAME lotes
  TYPE RASTER
  STATUS on
  CONNECTION"http://127.0.0.1:20000/cgi-
bin/mapserv?map=/web2/dti/demo.map&VERSION=1.1.0&REQUEST=GetMap"
  CONNECTIONTYPE WMS
  debug on

  METADATA
    WMS_TITLE "Lotes"
    WMS_ABSTRACT "Lotes de um servidor remoto."
    WMS_SRS "EPSG:26915"
  END
END

END # Map File
```

SERVIDOR 2

```
#
# Servidor 2
#
NAME LOTES
STATUS ON
SIZE 500 500
EXTENT 290662 9102017 291768 9102783
UNITS METERS
SHAPEPATH "data"
IMAGECOLOR 255 255 255

# modifiquei para png
IMAGETYPE png
transparent on

PROJECTION
"init=epsg:26915"
END

#
# Start of web interface definition (including WMS enabling metadata)
#
WEB
  HEADER demo_header.html
  TEMPLATE demo.html
  FOOTER demo_footer.html

  IMAGEPATH "set in demo_init.html"
  IMAGEURL "set in demo_init.html"
  METADATA
    WMS_TITLE "LOTES DO BAIRRO DE BOA VIAGEM"
    WMS_ABSTRACT "LOTES DO BAIRRO DE BOA VIAGEM"
    WMS_ACCESSCONSTRAINTS none

    WMS_ONLINERESOURCE "http://127.0.0.1:20000/web2/dti/demo_init.html"

    WMS_SRS "EPSG:26915"
  END
END

#
# L O T E S
#
LAYER
  NAME lotes
  TYPE LINE
  DATA lotes
  STATUS ON
  CLASS
    NAME 'lotes'
    COLOR 255 255 0
    # SYMBOL 'circle'
    # SIZE 7
    TEMPLATE "lotes.html"
  END

  HEADER "lotes_header.html"
  FOOTER "lotes_footer.html"

  #TOLERANCE 5

  METADATA
    WMS_TITLE "lotes"
    WMS_ABSTRACT "Lotes do Recife"
    #WMS_SRS "EPSG:26915"
  END
END

END # Map File
```



ANEXO 2

PROGRAMAS FONTES



Programas em Java

Classe Mapa

```
package imagem;

public class Mapa {
    private String mapURL=null;

    public Mapa() {
    } // end Mapa();

    public String getMapURL(){
        mapURL="http://127.0.0.1/cgi-
bin/mapserv?map=/web/dti/demo.map&VERSION=1.1.0&REQUEST=GetMap";
        return this.mapURL;
    }
} // fim da classe
```

MapaBean

```
package imagem;

public class MapaBean implements java.io.Serializable{

    public MapaBean() {
    }

    public String getMapURL(){
        Mapa map=null;

        try{
            map = new Mapa();
        }

        catch(Exception e) {
            e.printStackTrace();
        };

        return map.getMapURL();
    }
}
```

ANEXO 3

DOCUMENTO WSDL DO SERVIÇO GEOGRÁFICO

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>

<definitions xmlns:tns="imagem" xmlns:wsr="http://www.openuri.org/2002/10/soap/reliability/"
xmlns:mime="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/mime/"
xmlns:soap12="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap12/"
xmlns:http="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/http/"
xmlns:soapenc="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
xmlns:soap12enc="http://www.w3.org/2003/05/soap-encoding"
xmlns:conv="http://www.openuri.org/2002/04/wsdl/conversation/"
xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/" xmlns:s="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/" targetNamespace="imagem">

  <message name="getMapURL">

  </message>

  <message name="getMapURLResponse">

    <part xmlns:partns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" type="partns:string" name="result">

    </part>

  </message>

  <portType name="MapaBeanPort">

    <operation name="getMapURL">

      <input message="tns:getMapURL">

      </input>

      <output message="tns:getMapURLResponse">

      </output>

    </operation>

  </portType>

  <binding type="tns:MapaBeanPort" name="MapaBeanPort">

    <soap:binding style="rpc" transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http">

    </soap:binding>

    <operation name="getMapURL">

      <soap:operation style="rpc" soapAction="">

      </soap:operation>

      <input>

        <soap:body namespace="imagem" encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
use="encoded">

        </soap:body>

      </input>

      <output>

        <soap:body namespace="imagem" encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
use="encoded">

        </soap:body>

      </output>

    </operation>

  </binding>


```

```
</output>
</operation>
</binding>
<service name="MapaBean">
  <port name="MapaBeanPort" binding="tns:MapaBeanPort">
    <soap:address location="http://localhost:7001/myweb/MapaBean">
      </soap:address>
    </port>
  </service>
</definitions>
```

ANEXO 4
EXEMPLOS DE SOAP

Exemplo de um SOAP chamando procedimento remoto

```
<SOAP-ENV:Envelope
xmlns:SOAP-ENV="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
SOAP-ENV:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
<SOAP-ENV:Body>
<m:GetLastTradePrice xmlns:m="http://example.com/stockquote.xsd">
<symbol>MS</symbol>
</m:GetLastTradePrice>
</SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

Exemplo de um SOAP transportando uma resposta

```
<SOAP-ENV:Envelope
xmlns:SOAP-ENV="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
SOAP-ENV:encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/">
<SOAP-ENV:Body>
<m:GetLastTradePriceResponse xmlns:m="http://example.com/stockquote.xsd">
<Price>143</Price>
</m:GetLastTradePriceResponse>
</SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

Marcador Binding

```
<binding type="tns:MapaBeanPort" name="MapaBeanPort">
<soap:binding style="rpc" transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http">
</soap:binding>
<operation name="getMap">
<soap:operation style="rpc" soapAction="">
</soap:operation>
```

```
<input>
  <soap:body                                namespace="imagem"
encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/" use="encoded">
  </soap:body>
</input>
<output>
  <soap:body                                namespace="imagem"
encodingStyle="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/" use="encoded">
  </soap:body>
</output>
</operation>
</binding>
```

Marcador port

O marcador <port> descreve o endereço onde se localiza o binding.

```
<port name="MapaBeanPort" binding="tns:MapaBeanPort">
  <soap:address location="http://localhost:7001/myweb/MapaBean">
  </soap:address>
</port>
```

Anatomia de um documento WSDL extraída de CHAPPELL e JEWELL (2002)

```
<definitions>
  <import>*
  <types>
  <schema></schema>*
  </types>
  <message>*
  <part></part>*
  </message>
  <PortType>*
```

```
<operation>*  
<input></input>  
<output></output>  
<fault></fault>*  
</operation>  
</PortType>  
<binding>*  
<operation>*  
<input></input>  
<output></output>  
</operation>  
</binding>  
<service>*  
<port></port>*  
</service>  
</definitions>
```

Um * ao lado do marcador indica que pode haver um ou mais ocorrências dele.

ANEXO 5

SISTEMA DE INFORMAÇÕES IMPLANTADO NA PREFEITURA

Através do estudo das tecnologias que deram suporte ao desenvolvimento do aplicativo desta dissertação, foi desenvolvido um Sistema de Informações Geográficas para o Departamento de Tributos Imobiliários da Prefeitura do Recife.

Na realidade, este sistema é parte de um projeto que teve como finalidade montar um setor de geoprocessamento responsável por atualizar e manter o arcevo cartográfico, bem como disponibilizar um sistema de informações geográficas para a intranet do departamento.

O objetivo deste anexo é apenas mostrar através de imagens como o departamento trabalhava antes do projeto e como está operando atualmente.

A situação anterior (documentos analógicos) é mostrada na Figura 42



Figura 42 Situação anterior

Como se pode observar Figura 42, o departamento de tributos imobiliários trabalhava com um arcevo totalmente analógico.

Após a montagem de uma equipe da qual participo, foi elaborada uma metodologia de atualização e manutenção do acervo existente.

Atualmente, o acervo está totalmente digitalizado e o departamento conta com um sistema de informações geográficas na intranet que auxilia o dia a dia do

departamento.

A Situação atual (dados digitais) pode ser vista na Figura 43



Figura 43 Situação atual

Este sistema está baseado no servidor de mapas MAPSERVER e foram utilizadas as linguagem HTML e PHP para montar as páginas de consulta.

O dados cartográficos que podem ser consultados são:

- UNIBASE (carta na projeção UTM na escala 1:1.000 e com Padrão de Exatidão Cartográfica "A")
- Imagens de alta resolução(Sensor Orbital QuickBird)
- Lotes e faces de quadras (extraídos da UNIBASE)
- Plantas quadras.