



UNIVERSIDADE SALVADOR – UNIFACS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E
COMPUTAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

HELDER GUIMARÃES ARAGÃO

SIGWEB BUILDER: UMA FERRAMENTA PARA
DESENVOLVIMENTO DE SIG WEB EM AMBIENTES
LIVRES E GRATUITOS

Salvador
2009

HELDER GUIMARÃES ARAGÃO

**SIGWEB BUILDER: UMA FERRAMENTA PARA
DESENVOLVIMENTO DE SIG WEB EM AMBIENTES
LIVRES E GRATUITOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Sistemas e Computação, Universidade Salvador - UNIFACS, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Alberto Prado de Campos.

Salvador
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

(Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Salvador - UNIFACS)

Aragão, Helder Guimarães

Sigweb Builder: uma ferramenta para desenvolvimento de Sig Web em ambientes livres e gratuitos/ Helder Guimarães Aragão. - 2009.

129 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Salvador – UNIFACS.
Mestrado em Sistemas de Computação, 2009
Orientador: Prof. Dr. Jorge Alberto Prado de Campos.

1. Desenvolvimento de software. 2. Sistemas de Informações Geográficas. 3. Web. I. Campos, Jorge Alberto Prado de, orient. II. Título.

CDD: 004

TERMO DE APROVAÇÃO

HELDER GUIMARÃES ARAGÃO

SIGWEB BUILDER: UMA FERRAMENTA PARA DESENVOLVIMENTO DE SIG WEB EM AMBIENTES LIVRES E GRATUITOS.

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sistemas e Computação, Universidade Salvador – UNIFACS, pela seguinte banca examinadora:

Jorge Alberto Prado de Campos – Orientador _____

Doutor em Spatial Information Science and Engineering, University of Maine at Orono
Universidade Salvador - UNIFACS

André Santanchè _____

Doutor em Ciência da Computação, Unicamp
Universidade Salvador - UNIFACS

José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos _____

Doutor em Engenharia Mineral, Universidade de São Paulo, USP
Universidade Salvador - UNIFACS

Salvador, 11 de dezembro de 2009

Dedico este trabalho às mulheres da minha vida: Ayane (sobrinha), Lara (noiva), Livia (irmã) e Mara (mãe).

AGRADECIMENTOS

Segundo Waldo Tobler, “no mundo, todas as coisas estão relacionadas; contudo, coisas mais próximas relacionam-se mais intensamente do que aquelas mais distantes”. Seguindo o mesmo raciocínio, chega o momento de agradecer às pessoas, que estiveram mais próximas de mim durante este trabalho e que mais se relacionaram intensamente comigo.

Agradeço a Deus por ter me dado forças, saúde e fé para a conclusão deste trabalho. Obrigado meu Deus.

Agradeço aos meus pais (Elio e Mara) pela atenção, amor, carinho e por ter incentivado de forma irrestrita a minha formação. Pai, obrigado por ter me colocado a frente do primeiro desafio computacional: o desenvolvimento de um software para controle de estoque. Mãe, obrigado por valorizar a educação e a formação. A senhora é a minha verdadeira educadora, que me ensinou a amar a profissão e o estudo. Obrigado pelas fundamentais iluminações.

Agradeço aos meus grandes irmãos Helio e Livia, que representam para mim fonte inspiradora na busca incessante da formação continuada. Obrigado também pelas boas risadas dos finais de semana, apoio e união (que faz a força). Agradeço à pequena Ayane, que mesmo sem ter ideia do que este trabalho representa e da sua dimensão, propiciou-me momentos de riso e descontração com a sua ingenuidade e descobertas com o mundo. Agradeço também aos meus cunhados Robson e Uilma pelo apoio e reconhecimento.

Agradeço à minha noiva Lara pelo verdadeiro amor, carinho, apoio, reconhecimento e admiração. Obrigado Lara, você foi fundamental para a conquista deste trabalho. Agradeço à sua Família pelas boas companhias dos finais de semana e por todo o apoio.

Agradeço ao Prof. Jorge Campos pelas longas manhãs e tardes de orientação e discussões. Obrigado por toda a orientação, dedicação e pelo conhecimento compartilhado.

Agradeço ao Prof. João Dias pelos ensinamentos e orientações na vida acadêmica e profissional. Ao Prof. Marco Simões pelo incentivo acadêmico e por sempre acreditar em meu trabalho. Agradeço aos meus colegas do Mestrado, principalmente, aos Professores Guilherme, João Marcello e Marcos Lapa pelos momentos de estudo e trocas de experiências. Agradeço aos colegas do grupo de pesquisa GANGES da Unifacs por todo o apoio.

Agradeço ao coordenador Carlos Palma da FIB por todo o apoio e confiança. Aproveito para agradecer a todos os colegas Professores da FIB e aos meus alunos, que com certeza me ensinaram muito.

Agradeço a toda equipe do Departamento de Tecnologia da Informação (FTI) da EMBASA, principalmente, a Denise Britto e Luis Alberto pelo apoio, confiança e reconhecimento.

Agradeço a toda minha equipe da Supervisão de Geoprocessamento pelos auxílios e trocas de conhecimento nesta área tão dinâmica e fascinante.

Finalmente, agradeço a todos que possam contribuir com este trabalho.

“Os computadores são incrivelmente rápidos,
precisos e burros; os homens são incrivelmente
lentos, imprecisos e brilhantes; juntos, seu
poder ultrapassa os limites da imaginação.”

Albert Einstein.

RESUMO

O crescente volume de dados georeferenciados e o interesse das organizações na distribuição e apresentação destes dados na Internet têm gerado uma forte demanda para o desenvolvimento dos chamados Sistemas de Informações Geográficas para a Web (SIG Web). De uma forma geral, os SIG Webs são caracterizados por uma interface simples e intuitiva para a apresentação, manipulação e criação de mapas no ambiente Web. A facilidade de uso e a disponibilização de apenas um conjunto restrito de funcionalidades de fácil entendimento e assimilação por usuários não especialistas, levaram estes sistemas a uma grande aceitação por parte do público em geral, tornando-os o meio preferencial para a disseminação de dados geoespaciais. Apesar da simplicidade e facilidade de uso, o processo de desenvolvimento de SIG Webs não é uma tarefa trivial, principalmente quando o desenvolvimento é baseado em tecnologias e ambientes livres e gratuitos. O desenvolvimento para estes ambientes requer, por parte do desenvolvedor, o domínio de todos os detalhes técnicos do ambiente que fornece o suporte para publicação de mapas e das demais tecnologias Web envolvidas. Esta dificuldade deve-se ao fato de não existirem ferramentas que auxiliem o processo de construção de projetos SIG Web, transformando esta atividade em um processo manual e tedioso. Neste contexto, esta dissertação propõe uma ferramenta computacional que visa minimizar o tempo e o esforço de desenvolvimento de projetos SIG Web em ambientes livres e gratuitos. A ferramenta SIGWeb Builder permite ao desenvolvedor a abstração dos detalhes tecnológicos dos ambientes que dão suporte à publicação dos mapas na Web, propiciando a estes profissionais uma dedicação às atividades mais nobres do processo de desenvolvimento de um SIG Web, tais como: a definição das regras de negócio dos sistemas, as funcionalidades a serem ofertadas e a apresentação da aplicação.

Palavras chave: SIG Web. Publicação de Mapas na Web. Servidores de Mapas Livres. Desenvolvimento de SIG Web. SIGWeb Builder.

ABSTRACT

The growing volume of georeferenced data and the interest of organizations in the distribution and presentation of this data in the Internet has led to a great demand for Web Geographic Information Systems (WebGIS) development. In general, the Web GIS are characterized by simple and intuitive interface for the presentation, manipulation and creation of maps in the Web. The easy use and availability of restricted set of the functionalities of easy understanding and assimilation by non-specialist users, has led these systems to the great acceptance by the general public. These characteristics of Web GIS make these systems the preferred way for geospatial data dissemination. Despite the simplicity and facility use, the Web GIS development process is not a trivial task, mainly when this development is based on free technologies and environment. The development for these environments requires from the developer a domain of all environment computational details that support maps publication and others Web technologies used. This difficult is because the lack of tools to help the process of development of Web GIS projects, turning this activity in a manual and tedious process. In this context, this dissertation proposes a computational tool that aims to minimize the time and effort of the Web GIS development based on free environment. The SIGWeb Builder tool allows developer to abstract technologic details of environment. This tool enables the Web GIS developers to concentrate their efforts on business logic, functionalities and presentation of the application.

Keywords: Web GIS. Publication of Maps on the Web. Free Map Servers. Web GIS development. SIGWeb Builder.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Componentes de um Sistema de Informação	19
Figura 2.2 - Arquitetura de um SIG	20
Figura 2.3 - Formas de Interface do SIG com o Usuário: a) Janela de Comando e b) Interação através de uma Tela Sensível ao Toque	21
Figura 2.4 - Operações Topológicas	22
Figura 2.5 - Exemplo de uma Consulta Espacial	22
Figura 2.6 - Exemplo de um Mapa Temático	23
Figura 2.7 - Cartograma da População dos Distritos Locais do Reino Unido: a) Mapa com Dimensões Originais das Regiões e b) Cartograma com as Regiões Alteradas	24
Figura 2.8 - Exemplo de Visualização Geográfica através de VRML	25
Figura 2.9 - Um SIG Composto com Camadas de Informação (<i>layers</i>) para Planejamento Municipal	26
Figura 2.10 - Exemplo da representação Matricial - Imagem de satélite CBERS2	27
Figura 2.11 - Tipos Geométricos na Representação Vetorial	27
Figura 2.12 - Exemplo de um Mapa em Formato Vetorial	28
Figura 2.13 - Mapa Composto pelas Representações Vetorial e Matricial	28
Figura 2.14 - Tipos de implementações de um SIG	29
Figura 2.15 - Evolução da Disponibilização de Mapas em Ambiente Web Considerando a Funcionalidade e o Nível de Interatividade	31
Figura 2.16 - Exemplo de Mapa Estático na Web em Formato de Imagem	32
Figura 2.17 - MapViewer: uma das Primeiras Iniciativas de Publicação de Mapas na Web	33
Figura 2.18 - Dois Exemplos de SIG Web Estáticos: Mapa com Dados associados e (b) Mapa com uma Região Destacada	34
Figura 2.19 - Exemplo de um SIG Web Interativo	35
Figura 2.20 - Exemplo do Uso dos Serviços SIG Distribuídos: a) Um SIG Web Visualizando uma Camada de Informação Disponibilizada por um Serviço Web Remoto e b) Um SIG <i>desktop</i> Manipulando uma Camada de Informação Provida por um Servidor de Mapas Remoto	36
Figura 2.21 - Componentes da Arquitetura de um SIG Web	37
Figura 2.22 - Execução de uma <i>Applet</i>	38
Figura 2.23 - Processo de execução na Arquitetura CGI	39
Figura 3.1 - Tela Principal do ArcIMS Author	44

Figura 3.2 - Configurando os Parâmetros de uma Camada de Informação no ArcIMS Author	45
Figura 3.3 - Publicando um Serviço Web ArcIMS Administrator	45
Figura 3.4 - Definindo as Funcionalidades do SIG Web com o ArcIMS Designer.	46
Figura 3.5 - Configurando os Componentes Visualização do Mapa e Visualização das Camadas SIG Web no MapGuide	47
Figura 3.6 - Alterando os Parâmetros de uma Camada de Informação no MapGuide	47
Figura 3.7 - Definindo o <i>layout</i> do SIG Web no MapGuide	48
Figura 3.8 - Tela Principal do Viewer Author	49
Figura 3.9 - Tela para Definição das Camadas de Informação no Viewer Author	49
Figura 3.10 - Principais objetos do <i>MapFile</i>	51
Figura 3.11 - Interface do <i>MapStorer</i>	53
Figura 3.12 - Requisição de Mapas em Modo CGI	54
Figura 3.13 - Exemplo de um SIG Web Implementado em MapServer	55
Figura 3.14 - Servidor de mapas utilizando <i>Applet</i>	58
Figura 3.15 - Servidor de mapas utilizando <i>Applets/Servlets</i>	59
Figura 3.16 - Exemplo de um SIG Web desenvolvido com o AlovMap	59
Figura 3.17 - Principais Componentes de uma Aplicação com <i>OpenLayers</i>	61
Figura 3.18 - Visualização Satélite com a API GoogleMaps	61
Figura 3.19 - Interface de um SIG Web Desenvolvido com o I3GEO	63
Figura 4.1 - Um SIG Web e seus principais Componentes	68
Figura 4.2 - Diagrama de Caso de Uso com os Principais Requisitos Funcionais da Ferramenta SIGWeb Builder	69
Figura 4.3 - Arquitetura da Ferramenta SIGWeb Builder	70
Figura 4.4 - Tela Principal da Ferramenta SIGWeb Builder, Destacando-se as Paletas Funcionais	71
Figura 4.5 - Tela para definição do servidor alvo e do <i>template</i>	72
Figura 4.6 - <i>Templates</i> Disponíveis na ferramenta SIGWeb Builder	73
Figura 4.7 - Camadas de Informação: a) Um Mapa com a Camada Quadras Ativada b) Um Mapa com a Camada Consumidores Ativada e c) Mapa com Duas Camadas Integradas	75
Figura 4.8 - Tela de Projeto para Adicionar, Remover, Editar ou Mudar a Ordem das Camadas de Informação	76
Figura 4.9 - Tela para Definição dos Atributos da Camada de Informação	76
Figura 4.10 - Tela para Configuração de uma Conexão com Banco de Dados	77

Figura 4.11 - Tela de Projeto com as Camadas de Informação Consumidores e Quadras	77
Figura 4.12 - Exemplo de um Mapa Temático	78
Figura 4.13 - Tela para Configuração do Mapa Temático Grandes Consumidores	79
Figura 4.14 - Tela para Definição das Classes que irão compor o Mapa Temático	80
Figura 4.15 - Tela para Construção de SQL	80
Figura 4.16 - Associação dos Mapas Temáticos com uma Camada de Informação	81
Figura 4.17 - Tela para Definição das Funcionalidades do SIG Web	82
Figura 4.18 - Processo de Publicação do Projeto SIG Web no Servidor de Mapas Alvo	83
Figura 4.19 - Verificando Pontos de Incompatibilidades entre os Servidores Alvo	83
Figura 4.20 - Modelo de classes da Camada de Construção	84
Figura 4.21 - Caso de Uso Representando as Funcionalidades da Camada de Publicação do SIG Web	86
Figura 4.22 - Diagrama de Pacotes da Ferramenta SIGWeb Builder	87
Figura 4.23 - Principais Classes do Pacote <i>view</i>	87
Figura 4.24 - Principais Classes do pacote <i>model</i>	88
Figura 5.1 - Diagrama de Caso de Uso do Estudo de Caso – Área de Esgotamento Sanitário	92
Figura 5.2 - Tela para a Construção de um Novo Projeto para o Primeiro Estudo de Caso	93
Figura 5.3 - Configurando os Parâmetros da Camada Quadras	94
Figura 5.4 - Visualização de Todas as Camadas de Informação	94
Figura 5.5 - Criação do Mapa Temático Zona_Abastecimento	95
Figura 5.6 - Visualizando a Associação dos Mapas Temáticos com a Camada de Informação	96
Figura 5.7 - Inclusão de uma Funcionalidade SIG no Projeto SIG Web	96
Figura 5.8 - Publicando o Projeto SIG Web	97
Figura 5.9 - O SIG Web Gerado a Partir da Ferramenta SIGWeb Builder	98
Figura 5.10 - Visão Detalhada de uma Área do Mapa com as Camadas de Informação Quadras, Ruas e Edificações Ativadas	98
Figura 5.11 - Visualizando mais Detalhes das Camadas Quadras, Rede de Esgoto e Fluxo	99
Figura 5.12 - Selecionando Alguns Objetos da Camada Ruas para Visualização dos Dados	99
Figura 5.13 - Visualizando o Mapa temático Zona_Abastecimento	100
Figura 5.14 - Diagrama de Caso de uso com os Requisitos Funcionais do SIG Web	101
Figura 5.15 - Construindo um Novo Projeto	103
Figura 5.16 - Desenvolvedor Adicionando uma Camada de Informação do Tipo <i>Raster</i>	103
Figura 5.17 - Construindo o Mapa Temático Por_Categoria com Expressões Simples	104

Figura 5.18 - Construindo um Mapa Temático com Expressão SQL	105
Figura 5.19 - Visão Geral do Projeto do SIG Web	105
Figura 5.20 - SIG Web Resultante: Visualizando as Camadas de Informação Ruas, Quadras e Ortofoto_regiao1	106
Figura 5.21 - Visualizando as Camadas de Informação Rede_Agua, Pecas_Rede_Agua e Ortofoto_Regiao1	107
Figura 5.22 - Visualizando o Mapa Temático Grandes Consumidores	107
Figura 5.23 - Visualizando o Mapa Temático que Confronta o Consumo Médio com a Quantidade de Meses em Débito	108
Figura 5.24 - Visualizando o Mapa Temático Por Categoria	109
Figura 5.25 - Usuário do SIG Web Utilizando a Ferramenta de Medição de Distância Geográfica	109
Figura 5.26 - Algumas Diferenças na apresentação dos SIG Web Desenvolvidos para os Ambientes MapServer e AlovMap: a) SIG Web Desenvolvido para o MapServer e b) SIG Web Desenvolvido para o AlovMap	110

LISTA DE FRAGMENTO DE CÓDIGO

Fragmento de Código 3.1	53
Fragmento de Código 3.2	56
Fragmento de Código 3.3	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 MOTIVAÇÃO	14
1.2 OBJETIVO	15
1.3 METODOLOGIA	15
1.4 RESULTADOS RELEVANTES	16
1.5 AUDIÊNCIA	16
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIGs)	18
2.1 ANATOMIA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	19
2.2 REPRESENTAÇÕES DOS DADOS GEOGRÁFICOS EM UM SIG	25
2.3 TIPOS DE SIGs	29
2.4 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS EM AMBIENTE WEB (SIG WEB)	30
2.4.1 Formas de Disponibilização de Mapas na Web	30
2.5 COMPONENTES E ARQUITETURAS DOS SIG WEB	36
2.5.1 Arquitetura <i>Client Side</i>	37
2.5.2 Arquitetura <i>Server Side</i> e Serviços Web	39
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
3 DISTRIBUIÇÃO DE DADOS GEOGRÁFICOS EM AMBIENTE WEB	42
3.1 FERRAMENTAS PROPRIETÁRIAS PARA A CONSTRUÇÃO DE SIG WEB	43
3.1.1 ArcIMS	44
3.1.2 MapGuide Studio	46
3.1.3 DbMAP_ASJ	48
3.2 AMBIENTES LIVRES E GRATUITOS PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE DADOS GEOGRÁFICOS NA WEB	50
3.2.1 MapServer	51
3.2.1.1 Características	51
3.2.1.2 Arquitetura	54
3.2.2 AlovMap	55
3.2.2.1 Características	56
3.2.2.2 Arquitetura	58
3.2.3 Outros Ambientes	60
3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
4 A FERRAMENTA SIGWEB BUILDER	66

4.1 CARACTERÍSTICAS DOS SIG WEB	67
4.2 REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS DA FERRAMENTA SIGWEB BUILDER	68
4.3 ARQUITETURA DA FERRAMENTA SIGWEB BUILDER	70
4.3.1 Camada de Interface Gráfica	71
4.3.2 Camadas de Construção e de Acesso a Dados	84
4.3.3 Camada de Publicação	85
4.4 IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA SIGWEB BUILDER	86
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
5 USO DA FERRAMENTA SIGWEB BUILDER	90
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO	90
5.2 UM SIG WEB PARA ÁREA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	90
5.3 UM SIG WEB PARA ÁREA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	100
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	110
6 CONCLUSÕES	112
REFERÊNCIAS	114
APÊNDICE A – Fragmento do código gerado para estudo de caso de da área esgotamento sanitário	119
APÊNDICE A.1 – ARQUIVO LAYOUT.XML	119
APÊNDICE A.2 – ARQUIVO PROJETO.XML	121
APÊNDICE B – Fragmento do código para o estudo de caso da área de abastecimento de água	125

1 INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) podem ser definidos como um conjunto de métodos e técnicas cujo objetivo principal é descrever, explorar e identificar padrões dependentes do tempo e do espaço (LONGLEY e outros, 2005). Em termos computacionais, um SIG pode ser definido como uma combinação de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados, um conjunto de operações para examinar estes dados e um dispositivo gráfico para apresentação e análise espaço-temporal (RHYNE, 1997). Um SIG oferece aos seus usuários um grande conjunto de funções que permitem o processamento, a integração e a análise de dados espaciais. Esta característica faz dos SIGs uma ferramenta imprescindível em diversas áreas, tais como: concessionárias de serviços públicos (água, gás e energia), meio ambiente, saúde pública, dentre outras (ARAGÃO e outros, 2007).

A evolução e a popularização da Internet e o crescimento do uso dos SIGs como ferramenta para tomada de decisão, motivaram o desenvolvimento dos SIGs para o ambiente Web (SIG Web). Atualmente, o SIG Web é um dos recursos mais utilizados no compartilhamento de dados geográficos em uma rede de computadores. De um modo geral, um SIG Web é caracterizado por uma interface simples e intuitiva com funcionalidades básicas para manipulação e controle do conteúdo do mapa. A facilidade de utilização por pessoas não especializadas associado ao poder de disseminação dos dados geográficos constituem-se como os principais fatores na popularização destes tipos de SIGs.

A despeito de possuir uma interface com o usuário simples e implementar somente as funcionalidades básicas de um SIG tradicional, os requisitos impostos pelos SIG Web tornam o seu desenvolvimento uma tarefa não trivial. O processo de desenvolvimento de um SIG Web deve considerar fatores que envolvem a escalabilidade do sistema, o processamento concorrente de dados geográficos e uma maior diversidade cultural e de nível de conhecimento da área de geoprocessamento dos usuários. Associado a estes fatores, o desenvolvedor deve se preocupar ainda com as tecnologias Web utilizadas na aplicação e com as funcionalidades a serem ofertadas pelo sistema aos usuários.

1.1 MOTIVAÇÃO

A crescente demanda pelo desenvolvimento de SIG Web é acompanhada por um grande número de ferramentas e tecnologias para o desenvolvimento destes sistemas. Atualmente, existe uma grande proliferação de ambientes, tanto proprietários quanto livres, para a construção dos SIG Web. Geralmente, as soluções proprietárias vêm acompanhadas de recursos e ferramentas que facilitam o desenvolvimento dos SIG Web. Estes recursos,

entretanto, fazem parte de soluções muito mais abrangentes e com custos elevados para boa parte das organizações. Uma alternativa interessante que visa minimizar os investimentos exigidos pelas soluções proprietárias é a adoção de ferramentas e ambientes livres e gratuitos no processo de desenvolvimento do projeto SIG Web.

Para a implementação de um projeto SIG Web com ambientes livres e gratuitos, entretanto, o desenvolvedor precisa dominar profundamente os detalhes da arquitetura, dos arquivos de configuração e da sintaxe dos recursos disponíveis nestes ambientes. Esses fatores geram custos adicionais ao processo de desenvolvimento e impedem que pessoas não especialistas no desenvolvimento de SIG Web construam o seu próprio projeto ou participem do processo de especificação da implementação do sistema. Neste contexto, mesmo admitindo que o desenvolvedor do SIG Web conheça todos os recursos do ambiente, ele é obrigado, ainda, a editar manualmente códigos extensos com sintaxes, comandos e marcadores específicos. Desta forma, o desenvolvimento de projetos SIG Web com alguma complexidade tende a se tornar repetitivo e trabalhoso. Este processo manual e rudimentar de construção de SIG Web tende a gerar replicação de código, erros na codificação e problemas na configuração do ambiente. Vale salientar que as manutenções evolutiva e corretiva do SIG Web ficam comprometidas, diminuindo bastante a produtividade do desenvolvedor.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a implementação de uma ferramenta para apoiar o processo de construção de SIG Web baseados em ambientes livres e gratuitos. A principal contribuição desta ferramenta é permitir que os desenvolvedores abstraíam os detalhes da implementação dos ambientes, que dão suporte a publicação de mapas, e possam construir os seus próprios SIG Web através de uma interface gráfica. Denominamos esta ferramenta de SIGWeb Builder. A ferramenta SIGWeb Builder tem como objetivo minimizar o tempo, o esforço e a complexidade de implementação de SIG Web em ambientes livres e gratuitos.

1.3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da ferramenta SIGWeb Builder foi necessária uma revisão de grande parte da literatura pertinente ao desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas, em geral, e dos SIGs para ambiente Web, em particular. Além disso, foram estudadas e analisadas ferramentas proprietárias, que auxiliam o processo de desenvolvimento de SIG Web em ambientes livres e gratuitos.

A partir dos estudos realizados, procurou-se destacar os principais componentes dos SIG Web e as dificuldades encontradas no processo de desenvolvimento destes sistemas utilizando como base um ambiente livre e gratuito.

Uma vez identificadas as dificuldades e levantados os requisitos funcionais e não funcionais da ferramenta, utilizou-se de técnicas conhecidas da engenharia de software para análise e implementação da ferramenta SIGWeb Builder.

Finalmente, como prova de conceito, utilizou-se a ferramenta SIGWeb Builder no desenvolvimento de dois SIG Web em cenários organizacionais reais.

1.4 RESULTADOS RELEVANTES

O principal resultado deste trabalho é a implementação de uma ferramenta para auxiliar o desenvolvimento de SIG Web em ambientes livres e gratuitos. Esta ferramenta auxilia os desenvolvedores destes sistemas desde a concepção do projeto até a sua efetiva implantação no servidor de mapas.

Outro resultado relevante foi a concepção e a construção de um modelo genérico de classes e de funcionalidades comuns aos principais ambientes livres e gratuitos que oferecem suporte a construção dos SIG Web. O modelo de classes concebido neste trabalho pode servir de base para projetos, que utilizem outros servidores de mapas livres e gratuitos.

Acredita-se que a ferramenta implementada neste trabalho contribua para a área de publicação de mapas na Web, não só por facilitar o desenvolvimento dos SIG Web, mas, principalmente, por permitir a popularização do processo de construção destes sistemas.

1.5 AUDIÊNCIA

Em função dos temas abordados e estudados neste trabalho, a sua audiência constitui-se de um público diversificado e multidisciplinar. Neste trabalho, estão reunidos assuntos e contribuições nas áreas de SIG, publicação de mapas em ambiente Web, SIG Web e processo de desenvolvimento desses sistemas com ambientes proprietários, livres e gratuitos. Assim, o público alvo deste trabalho envolve todas as pessoas e pesquisadores interessados no processo de desenvolvimento de SIG Web, sobretudo, aqueles que utilizarem em seus projetos um ambiente livre e gratuito.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. O Capítulo 2 discorre sobre os conceitos relativos a área de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Este Capítulo aborda os tipos

de SIG, enfatizando os SIG Web. Neste contexto, são descritas as formas de publicação de mapas em ambiente Web, bem como os principais componentes e arquiteturas de implementação dos SIG Web.

O Capítulo 3 apresenta algumas ferramentas proprietárias que permitem a construção dos SIG Web, destacando as principais funcionalidades destas ferramentas. Este capítulo descreve, também, alguns ambientes livres e gratuitos que servem de base para a construção de SIG Web.

O Capítulo 4 apresenta a ferramenta SIGWeb Builder. Nesse Capítulo, são descritos os requisitos funcionais e não funcionais, a arquitetura e a metodologia de desenvolvimento desta ferramenta.

O Capítulo 5 descreve dois estudos de caso reais para ilustrar o uso da ferramenta SIGWeb Builder na prática. Os SIG Web desenvolvidos contemplam as áreas de saneamento básico e esgotamento sanitário.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta a conclusão do trabalho, descrevendo os pontos fortes e identificando as limitações da ferramenta SIGWeb Builder. Objetivando a continuidade deste trabalho, esse capítulo aponta, também, algumas sugestões de trabalhos futuros.

2 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIGS)

A necessidade do registro e apresentação da informação e a sua relação com o espaço geográfico estão presentes nas sociedades desde os tempos mais remotos. Inicialmente, o registro e a manipulação das informações geográficas eram feitos em documentos e mapas em papel e tinham como objetivo principal auxiliar a navegação e as operações militares. No século XVIII, muitos governos europeus realizaram levantamentos sistemáticos dos seus territórios, dando início à Cartografia (SILVA, 2003).

A Cartografia pode ser definida como a ciência e um conjunto de tecnologias de produção de mapas como documentos, que tanto podem ser científicos quanto trabalhos artísticos. Com o desenvolvimento e a evolução da Ciência da Computação, o processo de manipulação e apresentação de dados com características espaciais sofreu mudanças substanciais. À combinação das técnicas cartográficas tradicionais com os recursos computacionais, denominou-se de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) (SILVA, 2003).

As primeiras iniciativas do uso da computação, objetivando reduzir custos de manutenção e produção de mapas, ocorreram principalmente nos Estados Unidos, Inglaterra e Canadá. Neste último país, na década de 60, foi desenvolvido pela organização *Canadian Land Inventory*, o *Canadian Geographic Information System* (CGIS). O CGIS, considerado por muitos autores como o primeiro SIG, tinha como objetivo a realização de inventários de terras do Canadá, considerando aspectos ambientais e sócio-econômicos (LONGLEY e outros, 2005; SILVA, 2003). Este SIG permitia o armazenamento e a recuperação de dados, mudança de escala da apresentação dos mapas, a execução de diversas operações geométricas com polígonos e a emissão relatórios estatísticos.

A partir da década de 70, os SIGs foram adaptados para atender a área de planejamento urbano. Conhecidos na época como AM/FM (*Automated Mapping / Facilities Management*), isto é, Mapeamento Automatizado/Gerenciamento de Instalações, estes sistemas eram dedicados ao planejamento e a modelagem de situações relacionadas ao meio urbano. Nesta década ainda, as primeiras imagens de Sensoriamento Remoto foram incluídas nos SIGs, incorporando uma fonte de informação valiosa e conferindo a esses sistemas a capacidade de oferecer produtos derivados do processamento digital de imagens aéreas e de satélites (CÂMARA e outros, 1996; SILVA, 2003).

Na década de 80, os SIGs se tornaram mais genéricos e passaram a atender a demanda de diversos segmentos da sociedade. A popularização dos SIGs, entretanto, só se concretizou em meados da década de 90, com o advento da Internet e do desenvolvimento dos chamados

SIG Web. Os SIG Web representam um extraordinário salto cultural ao conferirem ao cidadão comum a capacidade de produzir e visualizar seus próprios mapas e realizar consultas espaciais, tarefas que eram exclusividades dos geógrafos e especialistas das diversas áreas (LONGLEY e outros, 2005). Vale salientar, também, que estes tipos de SIGs, quando utilizados no meio corporativo, potencializam o uso e a disseminação de dados geográficos por toda a empresa. Os SIG Web constituem-se, desta forma, um importante veículo de democratização de dados espaciais, servindo de subsídio para tomadas de decisões.

A próxima seção descreve a anatomia dos SIGs, os seus componentes e alguns conceitos relacionados a estes sistemas.

2.1 ANATOMIA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Um Sistema de Informação (SI) pode ser definido como um conjunto de Pessoas, Equipamentos, Programas, Dados e Processos que, interligados através de uma rede, possibilita o gerenciamento, a manipulação e a distribuição de informações dentro de uma organização, conforme visto na Figura 2.1 (WORBOYS; DUCKHAM, 2004).

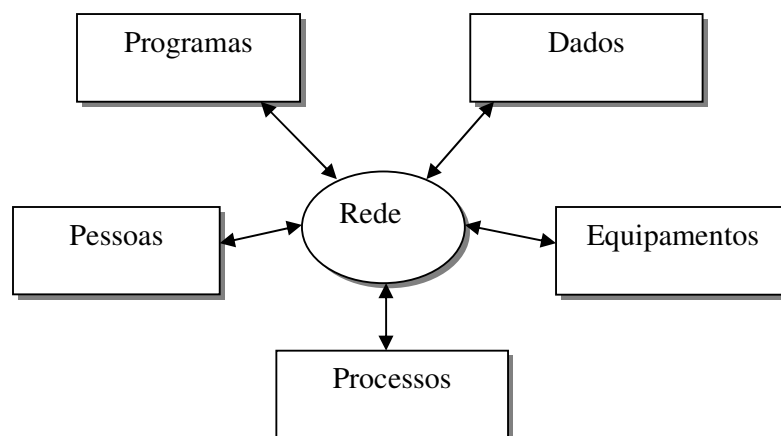


Figura 2.1 - Componentes de um Sistema de Informação
Nota: Elaboração própria (2009).

Dentre os componentes de um SI, destacam-se os Programas, Dados e Processos. Neste contexto, tem crescido o interesse pelo tratamento e manipulação de dados geográficos ou geoespaciais, o que motivou o desenvolvimento de um tipo específico de SI, denominado Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Os SIGs são sistemas capazes de manipular, armazenar, recuperar e analisar dados geográficos (CÂMARA e outros 1996; WORBOYS; DUCKHAM, 2004). A principal diferença entre um SIG e um SI tradicional é a sua capacidade de manipular dados

georeferenciados. Do ponto de vista dos Programas, Dados e Processos envolvidos, a arquitetura de um SIG pode ser dividida em três partes principais: **Apresentação**, **Ferramentas** e **Gerenciamento de Dados**. Cada parte desta arquitetura é composta por componentes inter-relacionados, conforme pode ser visto na Figura 2.2 (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2005; LONGLEY e outros, 2005).

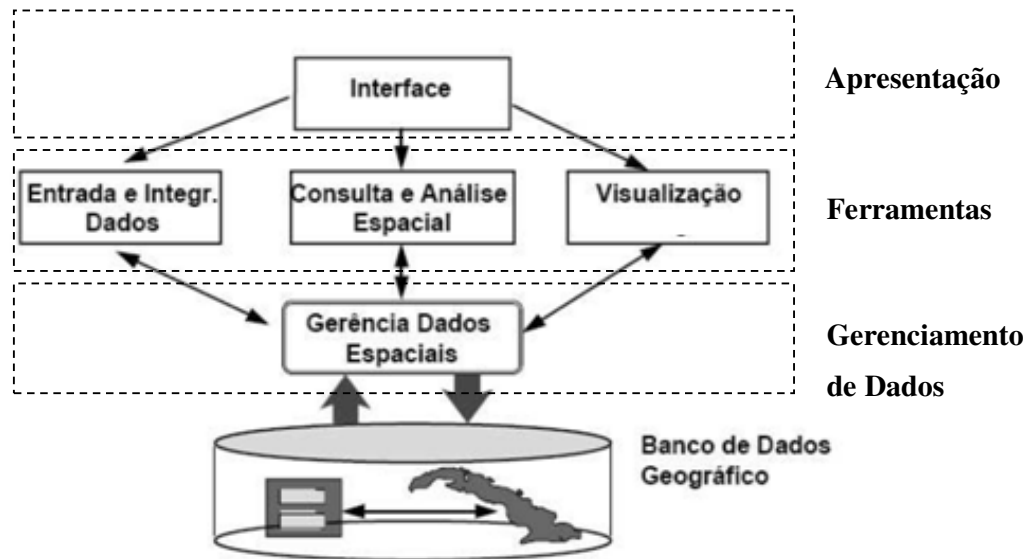
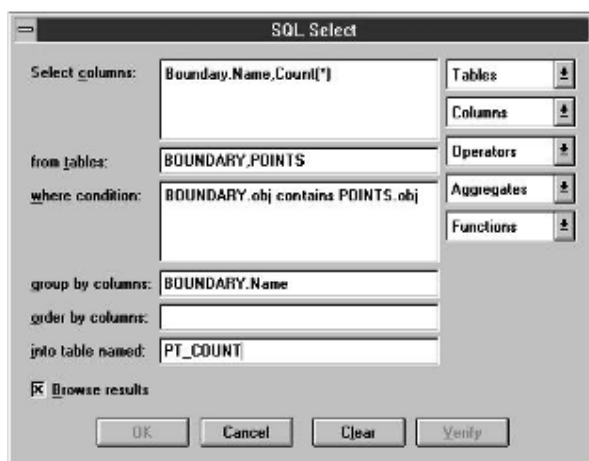


Figura 2.2 - Arquitetura de um SIG
Fonte: Adaptado de Câmara, Davis e Monteiro (2005).

A **Apresentação** em um SIG está diretamente ligada ao componente *Interface* com o usuário. Este componente permite a interação do usuário com as funcionalidades do SIG e é responsável por provê um conjunto de ferramentas para visualização, consulta e manipulação dos dados geográficos. Os SIGs possuem diversas formas de interface com o usuário, variando de sofisticados sistemas de Realidade Virtual até simples janelas de comando para a linguagem *Spatial SQL (Structured Query Language)* (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2005).

A Figura 2.3 mostra dois exemplos de interface dos SIGs com os usuários. A Figura 2.3.a ilustra um exemplo de janela gráfica, que permite ao usuário digitar comandos SQL e obter como resposta o resultado da consulta. A Figura 2.3.b exemplifica uma forma de interface mais sofisticada, onde o usuário consegue interagir com o SIG através de uma tela sensível ao toque (LONGLEY e outros 2005).



a)



b)

Figura 2.3 - Formas de Interface do SIG com o Usuário: a) Janela de Comando e b) Interação através de uma Tela Sensível ao Toque

Fonte: Longley e outros (2005).

As **Ferramentas** disponíveis em um SIG contemplam os componentes de *Entrada e Integração de Dados*, as *Consultas e Análises Espaciais* e as diversas técnicas de *Visualização* espacial. O componente *Entrada e Integração de Dados* caracteriza-se pela utilização de recursos computacionais de entrada e processamento dos dados geoespaciais para uso efetivo do SIG. Um SIG deve ser capaz de integrar e processar diversos tipos de fontes de dados, tais como dados cartográficos e cadastrais, imagens de satélites, dentre outros (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2005).

O componente *Consulta e Análise Espacial* é responsável por oferecer ao usuário consultas e análises sobre os dados geoespaciais. Aqui estão inclusos algoritmos para álgebra de mapas, estatística espacial, modelagem numérica de terreno e processamento de imagens. Além destes algoritmos, um SIG deve ser capaz de efetuar operações topológicas, que determinam o relacionamento entre regiões geográficas (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2005).

As operações topológicas determinam o tipo de relação espacial entre as entidades geográficas. Estas relações podem ser de inclusão (contém/está contido), adjacência (vizinho a/ao lado de) ou de conexão (conectado a) (Figura 2.4). A partir destas operações o usuário pode entender de forma mais clara e precisa as relações espaciais (LONGLEY e outros, 2005; SILVA, 2003).

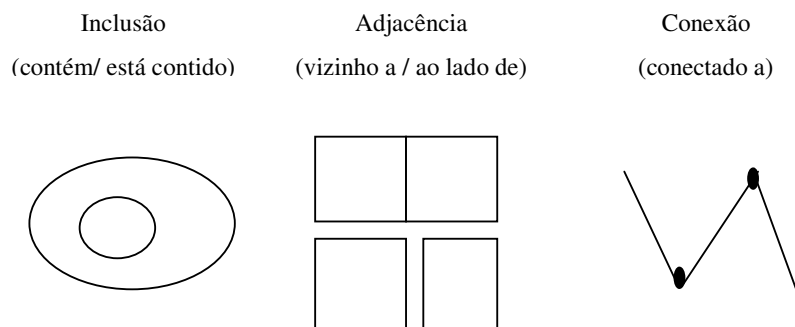


Figura 2.4 - Operações Topológicas

Nota: Elaboração própria (2009).

Grande parte dos algoritmos para consulta e análises espaciais está disponível na maioria dos Sistemas de Gerenciamento Banco de Dados (SGBD) Geográficos (LONGLEY e outros, 2005). Na Figura 2.5, é apresentado um exemplo de consulta espacial que determina todas as regiões vizinhas à cidade de Grajaú (QUEIROZ; FERREIRA, 2006). Nesta consulta, é utilizado o operador *touches*, implementado no banco de dados geográficos, que indica todas as regiões adjacentes a uma determinada região.

```
SELECT d2.denominacao
FROM distritos d1,
     distritos d2
WHERE touches(d1.spatial_data,
             d2.spatial_data)
AND (d2.denominacao <> 'GRAJAU')
AND (d1.denominacao = 'GRAJAU');
```

```
Resultado:
nomemunicp
-----
PARELHEIROS
CIDADE DUTRA
PEDREIRA
(3 rows)
```



Figura 2.5 - Exemplo de uma Consulta Espacial

Fonte: Queiroz e Ferreira (2006).

O componente *Visualização* espacial possibilita a apresentação dos dados geoespaciais de diversas formas na tela do computador. Esta visualização, também conhecida como visualização geográfica, permite aos usuários a utilização de ferramentas para identificar padrões e construir conhecimento a partir da visão espacial (COTRIM; CAMPOS, 2007). Estudos comprovam que o uso dos mapas facilita a compreensão e a comunicação de fenômenos espaciais (LONGLEY e outros, 2005).

Um exemplo de visualização geográfica muito utilizada é através da construção de mapas temáticos, que são mapas elaborados contendo dados específicos sobre um determinado assunto ou tema (CÂMARA e outros, 1996; GARAFFA, 1998). Estes tipos de mapas permitem as análises e a interpretação dos dados geoespaciais, através de cores e símbolos acompanhados de uma legenda, conforme ilustrado na Figura 2.6 (LONGLEY outros, 2005; MIRANDA, 2005). Esta Figura mostra um exemplo de mapa temático, que apresenta o uso do solo em uma determinada Bacia Hidrográfica. Este mapa, além de informações de escala e projeção, possui uma legenda explicativa sobre o que cada cor e símbolo representam no mapa.

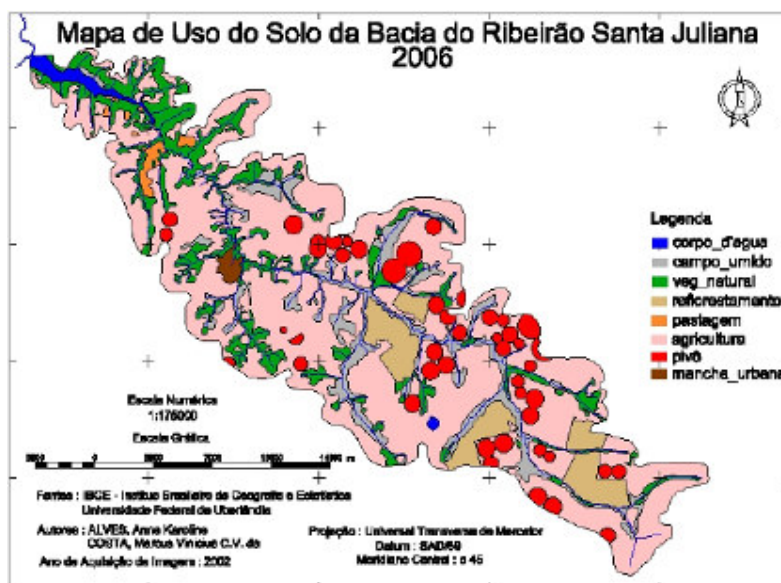


Figura 2.6 - Exemplo de um Mapa Temático
Fonte: Alves e Costa (2007).

Outra possibilidade para a visualização de dados geográficos é através de Cartogramas. No Cartograma, a forma ou tamanho original das entidades geográficas são alterados para enfatizar alguma característica destas entidades e facilitar a assimilação da informação (LONGLEY e outros, 2005). A Figura 2.7 ilustra a utilização da técnica de Cartograma, com o objetivo de facilitar a comunicação da densidade demográfica das diversas regiões do Reino Unido.

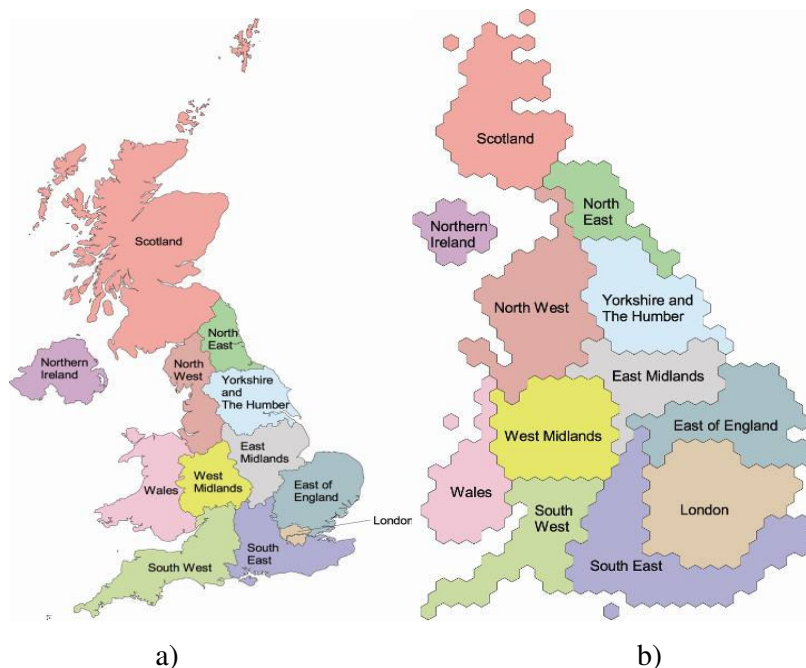


Figura 2.7 - Cartograma da População dos Distritos Locais do Reino Unido: a) Mapa com Dimensões Originais das Regiões e b) Cartograma com as Regiões Alteradas
 Fonte: Longley e outros (2005).

A Figura 2.7.a mostra as dimensões originais das diversas regiões no Reino Unido. Na Figura 2.7.b, o Cartograma distorce as áreas de cada região de maneira a obter a mesma relação entre a área e o número de habitantes. Para regiões pequenas com um elevado número de habitantes, a área no Cartograma será maior do que a área verdadeira. Este fato pode ser observado na região de Londres. Para regiões vastas, mas com um menor número de habitantes, a área da região no Cartograma será reduzida, conforme pode ser observado na área da região da Escócia (LONGLEY e outros, 2005).

Outras formas de visualização geográfica fazem uso de modelos tridimensionais, objetivando enriquecer a visão espacial dos dados geográficos. Um exemplo deste tipo de visualização é obtido com linguagens de Realidade Virtual, tais como *Virtual Reality Modeling Language* (VRML) (VRML, 2009). Com o uso da linguagem VRML, pode-se construir e visualizar mapas tridimensionais, conforme pode ser visto na Figura 2.8. Nesta Figura, observa-se o mapa da região do Estado do Colorado, nos Estados Unidos, em três dimensões (VRML TERRAIN DATASETS, 2009).

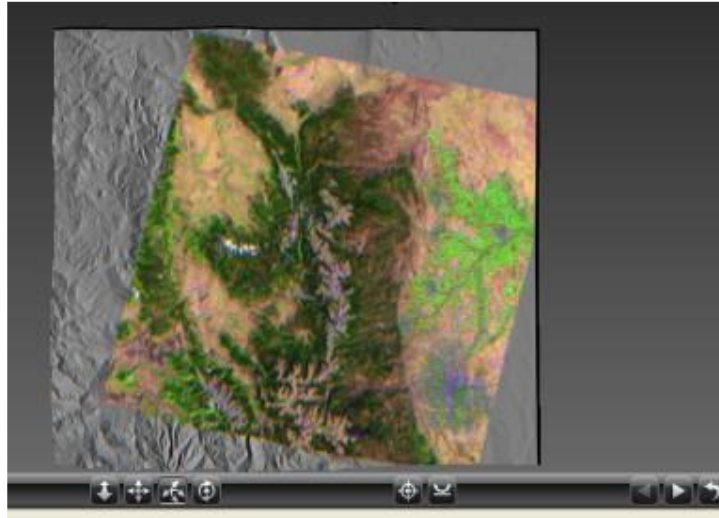


Figura 2.8 - Exemplo de Visualização Geográfica através de VRML
 Fonte: VRML Terrain DataSets (2009).

Por fim, a última parte da arquitetura de um SIG, **Gerenciamento de Dados** é composta pelo componente *Gerência de Dados Espaciais*, que corresponde a toda tecnologia disponível para o armazenamento e a gestão dos dados geoespaciais. Esta gerência pode ser feita através de arquivos geográficos ou tabelas de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) com suporte a dados geográficos. Um SGBD geográfico implementa, além dos recursos dos SGBDs clássicos, um conjunto de funcionalidades que dá suporte ao armazenamento e manipulação de dados geoespaciais (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2005).

Dentre os recursos específicos contidos nos SGBDs geográficos, estão os algoritmos para indexações espaciais apropriados para acesso a dados multidimensionais, tais como: *Fixed Grid*, que particiona o espaço em uma grade retangular e *QuadTree*, que subdivide recursivamente o espaço em quadrantes (LONGLEY e outros, 2005; QUEIROZ; FERREIRA, 2006). O principal objetivo destes algoritmos de indexação é minimizar o tempo de localização dos elementos nos bancos de dados espaciais. Estes algoritmos podem ser aplicados em dados geoespaciais representados em dois formatos: Matricial ou Vetorial. Estas representações são descritas com mais detalhes na próxima seção.

2.2 REPRESENTAÇÕES DOS DADOS GEOGRÁFICOS EM UM SIG

Os dados geográficos, ou geoespaciais, devem ser separados de forma lógica em camadas de informação (*layers*) (CÂMARA e outros, 1996). Um SIG pode ser composto por várias camadas de informação, as quais dependem do domínio da aplicação. Caso o SIG seja utilizado na área de planejamento municipal, por exemplo, as camadas de informação como

serviços municipais, construções e ruas podem ser do interesse do usuário (Figura 2.9). Entretanto, se o SIG for utilizado para análise de dados geológicos e hidrológicos, o mapa poderia ser composto pelas camadas de informação como solo, rios e lagos (BURROUGH; MCDONNELL, 1997).

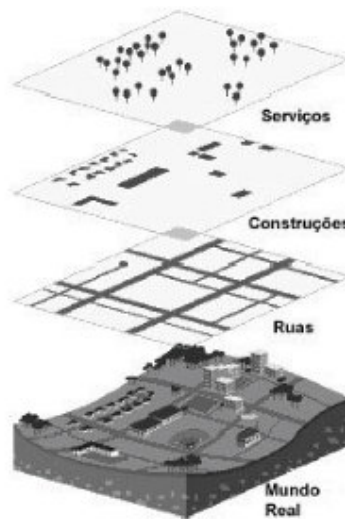


Figura 2.9 - Um SIG Composto com Camadas de Informação (*layers*) para Planejamento Municipal
Fonte: Gonçalves (2004).

A materialização de cada camada de informação na tela do computador é feita através do processamento dos dados geográficos armazenados em arquivo ou em sistema de gerenciamento de banco de dados geográfico. Tipicamente, os dados geográficos são representados de duas formas: Matricial (*raster*) e Vetorial. A representação Matricial é estruturada através de uma matriz de pontos, que armazena os *pixels* (*picture elements*) de uma imagem ou *voxels* (*volume elements*), no caso de modelos tridimensionais. Nessa representação, cada célula da matriz corresponde a um determinado valor do campo. A região geográfica coberta por cada célula de uma matriz bidimensional determina a resolução espacial. Desta forma, quanto maior a região representada em uma célula, menor é a resolução espacial. Um exemplo de um dado Matricial é uma imagem de satélite (Figura 2.10) (MIRANDA, 2005).

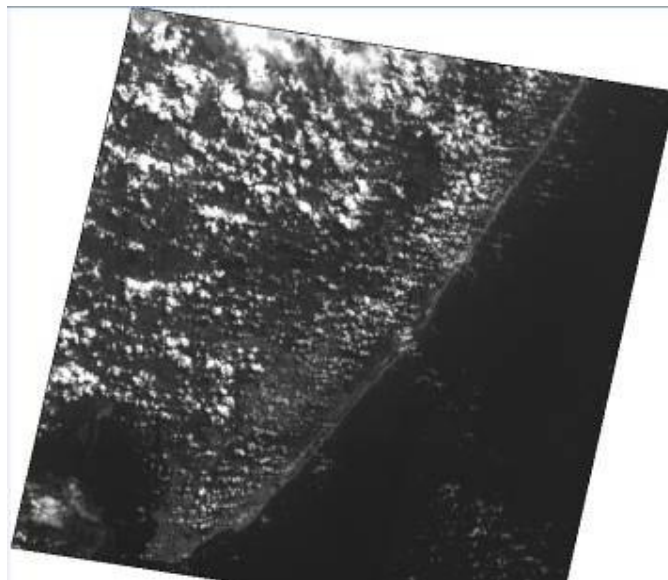


Figura 2.10 - Exemplo da representação Matricial - Imagem de satélite CBERS2
Nota: Elaboração própria (2009).

Na representação Vetorial, as entidades geográficas são representadas através de pontos, linhas ou polígonos (CLARKE, 2001; BURROUGH; MCDONNELL, 1997). Nessa representação, uma medida de elevação pode ser representada por um ponto, um rio por uma linha e um lago por uma área (região) (Figura 2.11).

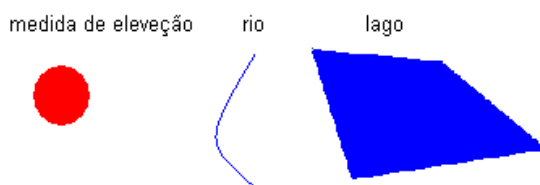


Figura 2.11 - Tipos Geométricos na Representação Vetorial
Nota: Elaboração própria (2009).

O mapa em um SIG pode ser composto somente por elementos vetoriais. O mapa mostrado na Figura 2.12, representando as quadras (polígonos), ruas (linhas) e casas (pontos) de uma determinada cidade, é um exemplo com todos os tipos de elementos do formato Vetorial.



Figura 2.12 - Exemplo de um Mapa em Formato Vetorial
 Nota: Elaboração própria (2009).

A manipulação dos dados geográficos em um SIG depende muito do tipo de representação. A representação Matricial é bastante utilizada para apresentar fenômenos contínuos, como desmatamentos e inundações, ou como camada de fundo do mapa. Por outro lado, a representação Vetorial é mais indicada para representar objetos discretos como, por exemplo, rios e limites de terreno (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2005).

As representações Matricial e Vetorial podem ser combinadas e integradas, proporcionando aos usuários novas visões dos dados geográficos. Uma integração entre as representações Matricial e Vetorial está ilustrada no mapa da Figura 2.13. Este mapa apresenta as quadras de uma determinada cidade (representação Vetorial) sobreposta a uma imagem de satélite (representação Matricial).

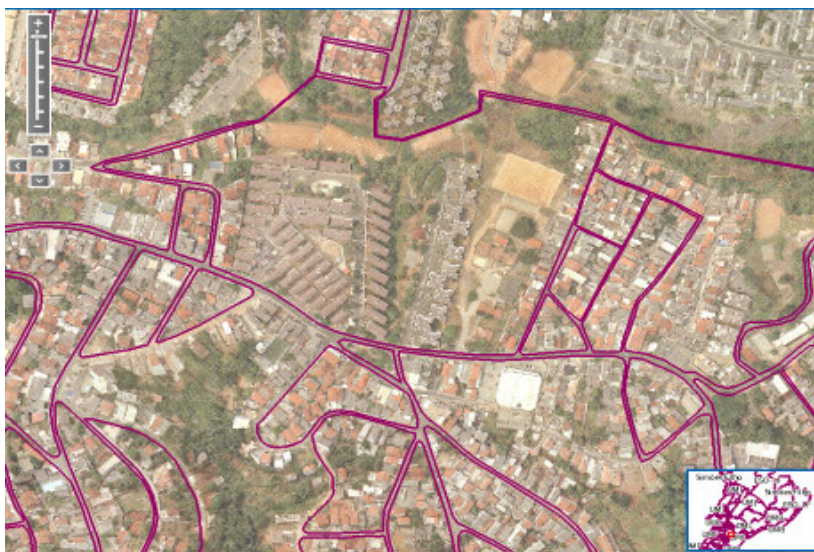


Figura 2.13 - Mapa Composto pelas Representações Vetorial e Matricial
 Nota: Elaboração própria (2009).

A integração das representações dos dados geográficos e, por consequência, a diversidade de visualização destes dados atraiu usuários de vários domínios, o que potencializou o grau de aplicabilidade e implementação dos SIGs. Os diversos tipos de implementação destes sistemas estão descritos na próxima seção.

2.3 TIPOS DE SIGS

A implementação de um SIG pode ser dividida em três tipos: SIG para Grande Porte (*Mainframe GIS*), SIG para Estações de Trabalho (*Desktop GIS*) e SIG Distribuído (*Distributed GIS*). Este último tipo pode ser subdividido em SIG para Dispositivos Móveis (*Mobile GIS*) e SIG para Internet (*Internet GIS*) (Figura 2.14) (PENG; TSOU, 2003).

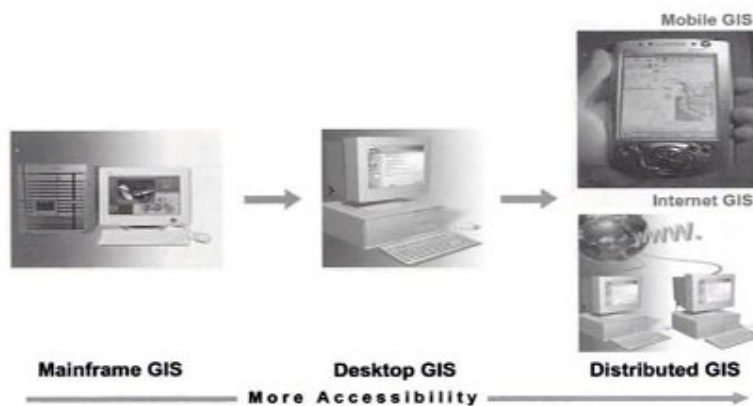


Figura 2.14 - Tipos de implementações de um SIG
Fonte: Peng e Tsou (2003).

O *Mainframe GIS* foi o primeiro tipo de implementação SIG e compreende os sistemas instalados e executados em máquinas de grande porte. Nesta abordagem, o usuário utiliza o SIG através de terminais. A centralização dos dados e dos programas é a principal característica deste tipo de implementação (PENG; TSOU, 2003).

A implementação *Desktop GIS* permite a utilização das mesmas funcionalidades existentes nos SIGs de grande porte em computadores pessoais ou estações de trabalho. Neste caso, o processamento dos dados geográficos fica centralizado na máquina do usuário, necessitando a instalação do programa SIG em todos os computadores clientes. Em função disso, o custo e a manutenção destes sistemas são bastante elevados (PENG; TSOU, 2003).

O desenvolvimento do *Distributed GIS* foi motivado pela necessidade de uma maior disseminação e acessibilidade de dados geográficos. De uma forma geral, os *Distributed GIS* não possuem as mesmas funcionalidades das implementações de grande porte e estações de trabalho. Esta implementação de SIG visa uma audiência muito mais ampla que, na maioria

das vezes, não possui conhecimentos aprofundados na área de geoprocessamento. Desta forma, estes sistemas possuem, geralmente, uma interface simples, contendo somente funcionalidades básicas para a manipulação do mapa. O *Distributed GIS* pode ser utilizado tanto em dispositivos móveis (*Mobile GIS*) quanto em computadores pessoais através da Internet ou redes corporativas (Intranet) (*Internet GIS*). Neste último grupo, encontra-se o Sistema de Informação Geográfica Web (SIG Web), que permite a manipulação e distribuição dos dados geográficos em ambiente Web (PENG; TSOU, 2003).

Atualmente, a Web é amplamente utilizada não apenas para o compartilhamento de textos e imagens, mas também para a disponibilização dos mais diversos tipos de sistemas computacionais. O potencial de disseminação de informações via Web propiciou uma explosão de aplicações neste ambiente, incluindo os SIGs. A próxima seção abordará conceitos e os tipos de SIG para ambiente Web.

2.4 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS EM AMBIENTE WEB (SIG WEB)

A crescente necessidade de visualização e distribuição de dados geográficos motivou o desenvolvimento de um tipo específico de SIG para Web. Um SIG Web pode ser definido como um SIG que permite disponibilizar, manipular e visualizar dados geográficos em ambiente Web (CECCARELLI; CIOFFI; CAPUA, 2006). O uso e a implementação deste tipo de SIG tem proporcionado às empresas, públicas e privadas, um maior compartilhamento e distribuição de dados geoespaciais através da Internet ou de suas redes corporativas (Intranet).

O advento das linguagens de programação dinâmicas no desenvolvimento de SIGs para ambiente Web favoreceu a construção de sistemas mais interativos. Com a utilização destas linguagens, funcionalidades de mudança de escala (*zoom*) e movimentação pelo mapa (*pan*) foram incorporadas a estes sistemas. A próxima seção discute as formas de disponibilização de mapas em ambiente Web e os principais tipos de SIG Web, considerando as funcionalidades oferecidas e o nível de interação do usuário com a aplicação (PENG; TSOU, 2003).

2.4.1 Formas de Disponibilização de Mapas na Web

Inicialmente, a Web foi concebida apenas para disponibilização de páginas HTML (*HyperText Markup Language*) estáticas e imagens. Esta configuração foi largamente utilizada para a divulgação de mapas estáticos, sem interação do usuário e com funcionalidades bastante limitadas. O número de funcionalidades e a interatividade do usuário com o mapa aumentaram à medida que as tecnologias Web avançaram.

Em função do nível de interatividade e funcionalidade disponíveis na aplicação, a evolução da distribuição de mapas em ambiente Web pode ser classificada em quatro grandes grupos (Figura 2.15): Mapas Estáticos, SIG Web Estático, SIG Web Interativo e Serviços SIG Distribuído (PENG; TSOU, 2003).

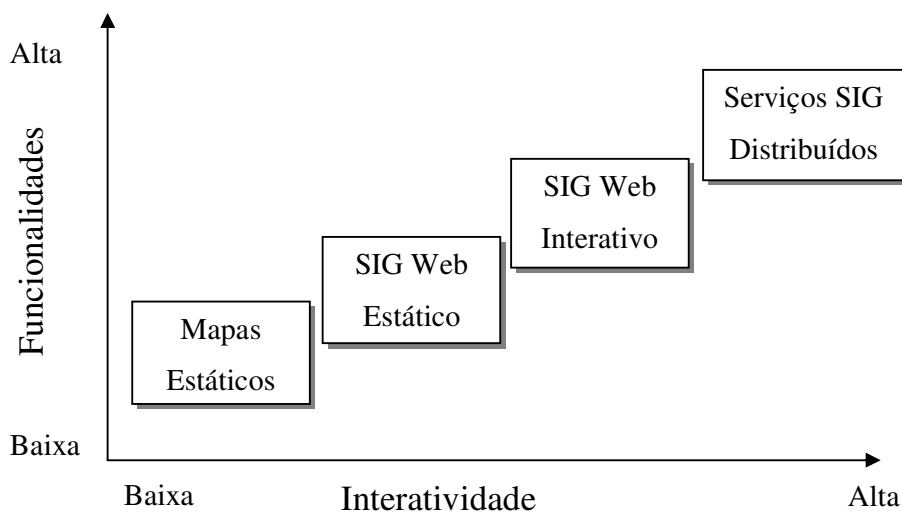


Figura 2.15 - Evolução da Disponibilização de Mapas em Ambiente Web Considerando a Funcionalidade e o Nível de Interatividade
Nota: Elaboração própria (2008).

Os Mapas Estáticos são disponibilizados na Web através de imagens embutidas em páginas HTML estáticas ou documentos PDF (*Portable Document Format*). O mapa apresentado na Figura 2.16 é um exemplo do primeiro caso. Nesta forma de apresentação, não existe a possibilidade de manipulação ou interação com o mapa por parte do usuário. Como não existe nenhuma ligação do mapa com alguma base de dados geográfica, o usuário também não pode obter informações adicionais da imagem ou mudar a visualização, ativando ou desativando a apresentação de um grupo de informação. O mapa da Figura 2.16 tem como objetivo apenas a visualização e é definido como mapa estático e não interativo (KRAAK; BROWN, 2001).

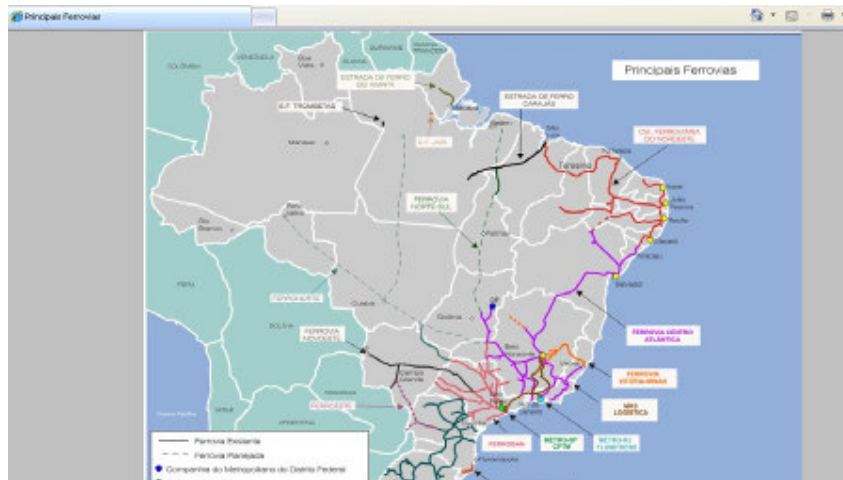


Figura 2.16 - Exemplo de Mapa Estático na Web em Formato de Imagem
 Fonte: Ministério dos Transportes (2008).

Com a possibilidade de se oferecer mais funcionalidades e uma maior interatividade, a apresentação em mapas estáticos evoluiu para os chamados SIG Web Estáticos. Os SIG Web Estáticos utilizam formulários HTML e programas CGI (*Common Gateway Interface*) para fazer requisições a um servidor e ter como resposta mapas em formato de imagem. Estas aplicações passaram a receber o prefixo SIG em virtude de disponibilizarem algumas funcionalidades típicas dos SIGs tradicionais, notadamente funcionalidades como mudança de escala (*zoom-in* e *zoom-out*) e navegação pelo mapa (*pan*) (PENG; TSOU, 2003).

Um dos primeiros SIG Web Estático foi o *MapView* desenvolvido pela Xerox (Figura 2.17) (PENG; TSOU, 2003). O *MapView* tinha como funcionalidade apenas a visualização de imagens de mapas em documentos HTML a partir de um servidor HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) (PENG; TSOU, 2003; SHEKHAR; XIONG, 2007). A interação do usuário com a aplicação era bastante limitada. Uma das principais funcionalidades disponíveis para o usuário, por exemplo, era a mudança de escala nas imagens geradas pelo servidor. É importante salientar que cada mudança de escala implicava em uma nova solicitação ao servidor, que se encarregava, por sua vez, de montar uma nova imagem e enviar de volta ao cliente.

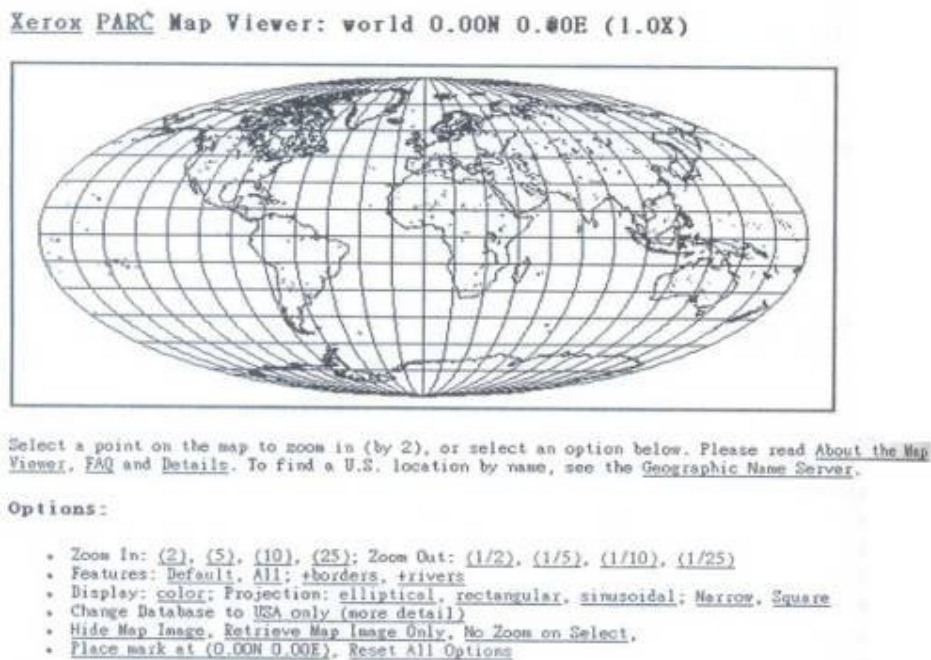


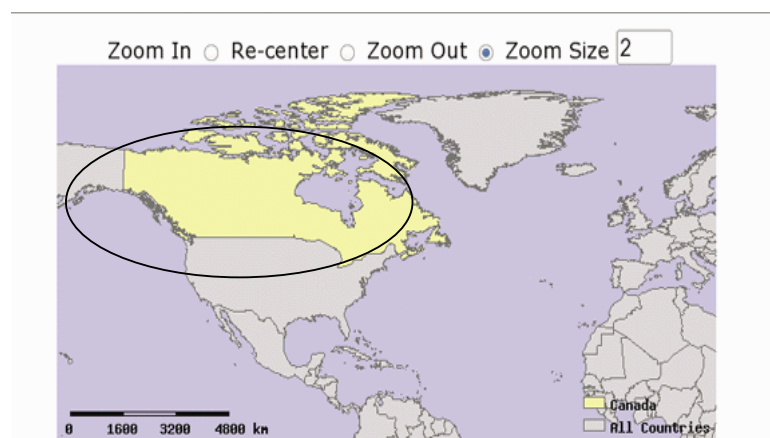
Figura 2.17 - *MapViewer*: uma das Primeiras Iniciativas de Publicação de Mapas na Web
Fonte: Peng e Tsou (2003).

A incorporação de novas tecnologias no desenvolvimento dos SIG Web Estáticos permitiu ao usuário uma maior interação com o mapa e as suas entidades. As entidades geográficas do mapa podem ser associadas a dados não gráficos, armazenados em bancos de dados ou arquivos (PENG; TSOU, 2003). Desta forma, o usuário pode obter dados sobre uma determinada entidade geográfica.

Na Figura 2.18.a, por exemplo, o usuário do SIG Web Estático pode selecionar os pontos destacados no mapa a partir de uma ferramenta de seleção e visualizar os dados associados a estes pontos. Além disso, o usuário pode construir novas visões dos dados geoespaciais de acordo com a sua necessidade e interesse, conforme mostra o mapa da Figura 2.8.b. Nesta Figura, o SIG Web destaca no mapa a região do Canadá de acordo com algum critério estabelecido no banco de dados.



a)



b)

Figura 2.18 - Dois Exemplos de SIG Web Estáticos: Mapa com Dados Associados e (b) Mapa com uma Região Destacada

Nota: Elaboração própria (2009).

O terceiro grupo, o SIG Web Interativo, incorpora novas funcionalidades e maiores níveis de interatividade, através do uso das tecnologias Java (*Applets* e *Servlets*), JavaScript, AJAX e programas auxiliares (*plug-ins*). Com a utilização de linguagens computacionais, que fazem processamento na máquina cliente, operações dos usuários como *zoom* e seleção de um ponto no mapa são feitas nestes tipos de SIG sem a obrigatoriedade de envio de requisições para o servidor. Além disso, a possibilidade de visualizar e manipular as camadas de informação que compõem o mapa permite ao usuário produzir novas visões dos dados sem necessariamente ter que enviar novas requisições ao servidor. Finalmente, consultas espaciais como os atributos de um ponto e a obtenção da distância geográfica entre dois pontos podem, também, ser executadas diretamente no mapa com o uso de dispositivos de entradas como o

mouse (PENG; TSOU, 2003). A Figura 2.19 mostra um exemplo de SIG Web Interativo implementado com *Applets* e com duas camadas de informação ativadas. No SIG Web desta Figura, as operações de *zoom-in* (se aproximar do mapa), *zoom-out* (se afastar do mapa) e seleção das camadas de informação são processadas na própria máquina do usuário.

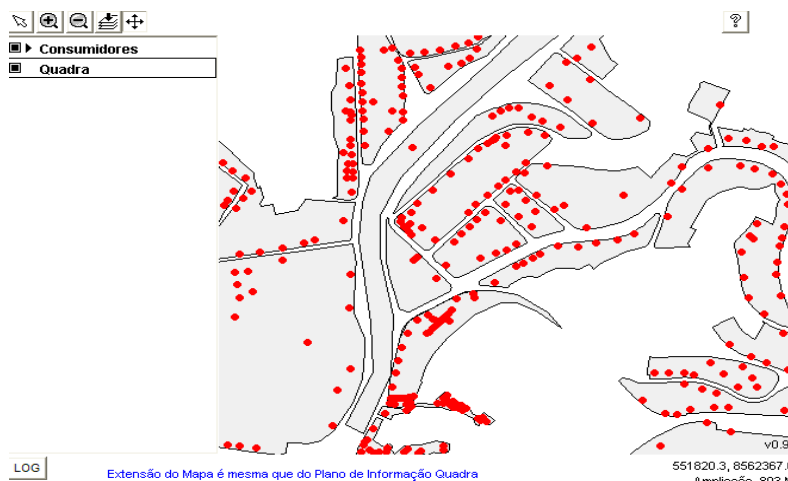
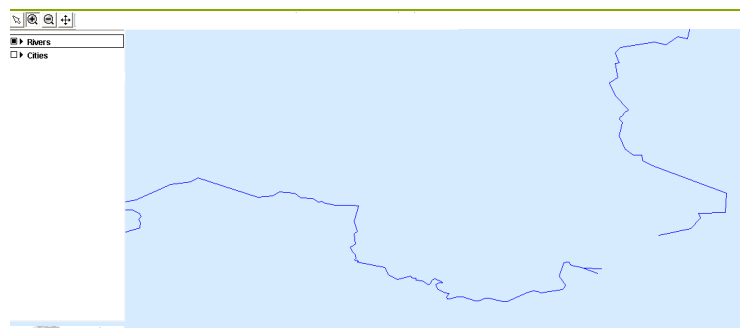


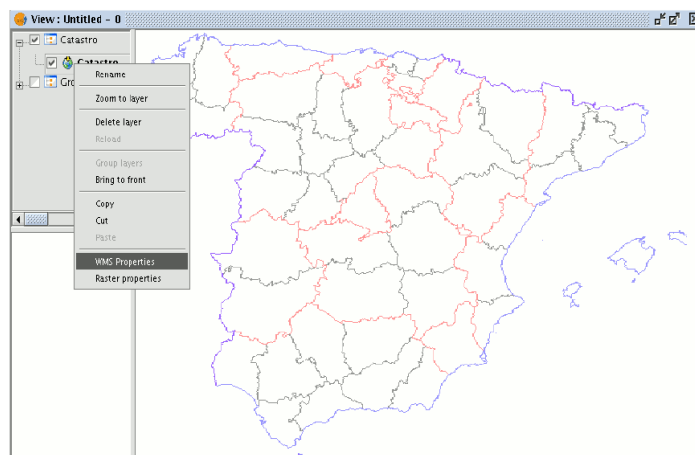
Figura 2.19 - Exemplo de um SIG Web Interativo
Nota: Elaboração própria (2008).

Por fim, o último grupo, Serviços SIG Distribuídos, permite a publicação de mapas na Web com servidores implementados em plataformas ou linguagens distintas. Esta interoperabilidade é possível através de serviços Web (*Web Services*) (Figura 2.20). A Figura 2.20.a ilustra um exemplo desta interoperabilidade. Na tela do SIG Web mostrado nesta Figura, a camada de informação *Rivers* ativa, representada por linhas, é um serviço Web disponibilizado por um servidor de mapas remoto (PENG; TSOU, 2003).

Com os Serviços SIG Distribuídos é possível, ainda, visualizar em um SIG *Desktop* camadas de informação disponibilizadas por um SIG Web. Desta forma, o usuário consegue manipular uma camada de informação fornecida como serviço por um servidor de mapas remoto, utilizando todas as funcionalidades providas por um SIG *Desktop* (Figura 2.20.b) (PENG; TSOU, 2003).



a)



b)

Figura 2.20 - Exemplo do Uso dos Serviços SIG Distribuídos: a) Um SIG Web Visualizando uma Camada de Informação Disponibilizada por um Serviço Web Remoto e b) Um SIG *desktop* Manipulando uma Camada de Informação Provida por um Servidor de Mapas Remoto

Nota: Elaboração própria (2008).

Independente do tipo de implementação de um SIG Web, a sua arquitetura é composta por pelo menos três componentes: Máquina Cliente, Servidor Web/Aplicação e Servidor de Mapas. Estes componentes, bem como as arquiteturas dos SIG Web são detalhados na próxima seção.

2.5 COMPONENTES E ARQUITETURAS DOS SIG WEB

A arquitetura de um SIG Web é composta basicamente por três componentes (Figura 2.21): Máquina Cliente, Servidor Web/Aplicação e Servidor de Mapas (ALESHEIKH; HELALI; BEHROZ, 2002; PENG; TSOU, 2003).

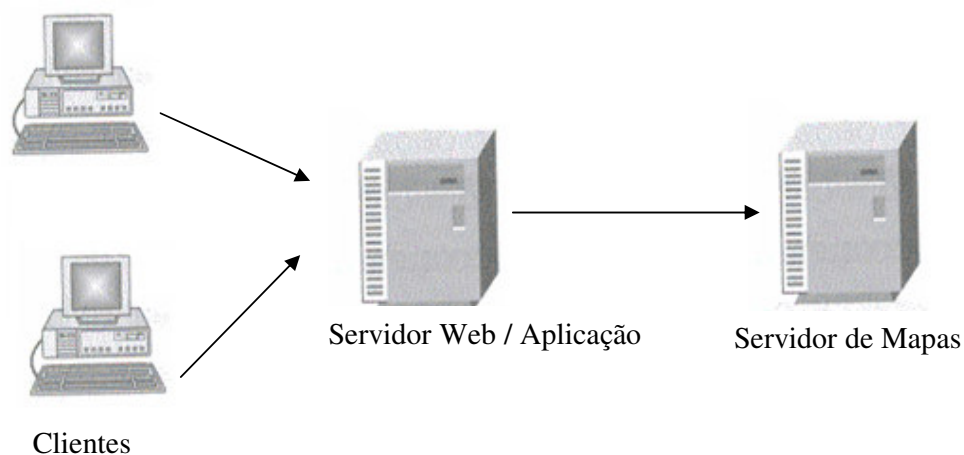


Figura 2.21 - Componentes da Arquitetura de um SIG Web
 Nota: Elaboração própria (2009).

A Máquina Cliente é o componente responsável por requisitar os serviços aos Servidores Web/Aplicação. Este componente em conjunto com um *browser* de Internet permite que os usuários interajam com os mapas e com os dados geoespaciais.

O Servidor Web/Aplicação é responsável por responder, gerenciar e repassar as requisições das máquinas clientes para o servidor de mapas ou para outros componentes de software.

Por fim, o Servidor de Mapas é responsável por provê todas as funcionalidades de um SIG e disponibilizar o SIG Web para uso. É neste servidor que estão implementadas as funções de análise e consultas espaciais.

Existem várias estratégias de disponibilização dos dados geográficos utilizando os três componentes da arquitetura do SIG Web. A diferença entre elas está no local de processamento dos dados e funcionalidades, que pode ser no servidor ou nas máquinas clientes (MIRANDA; SOUZA, 2003; WEI e outros, 1999). Estas estratégias são descritas nas próximas seções.

2.5.1 Arquitetura *Client Side*

Em uma arquitetura *Client Side*, a máquina cliente fica responsável pelo processamento dos dados geográficos, das funcionalidades básicas do SIG e da comunicação com o servidor. Geralmente, este tipo de arquitetura requer a instalação de programas

auxiliares (*plug-ins*) na máquina do usuário para execução do SIG Web (ALESHEIKH; HELALI; BEHROZ, 2002; PENG; TSOU, 2003).

Dentre as principais vantagens desta arquitetura, destacam-se a alta interatividade do usuário com a aplicação e menor custo de investimento em servidores. As desvantagens desta arquitetura são: a complexidade na manutenção e atualização da aplicação e o investimento em máquinas clientes mais robustas (PETERSON, 2003). Alguns exemplos de tecnologias de implementação da arquitetura *Client Side* são aplicações *JavaScript* e *Java Applet* (ALESHEIKH; HELALI; BEHROZ, 2002).

O *JavaScript* é uma linguagem de programação orientada a objetos que foi criada visando suprir a ausência de eventos dinâmicos na linguagem HTML. O código *JavaScript* pode ser integrado a uma página HTML e utilizado para o desenvolvimento de páginas interativas na Web. Este código ao ser executado é interpretado pelo próprio *browser* do usuário (HÄCLER, 2003).

A linguagem *JavaScript* fornece recursos como: *i*) resposta a ações do usuário, como clique de *mouse*; e *ii*) manipulação de elementos HTML (e.g. construção de lista de seleção) (HÄCLER, 2003; MARISCO, 2004; GONÇALVES, 2004).

Outra possibilidade de implementação da arquitetura *Client Side* é através de *Applets*. *Applet* é uma aplicação Web embutida em páginas HTML que utiliza a tecnologia Java. Este tipo de aplicação é eficiente para implementar interfaces gráficas mais ricas e interativas, devido a possibilidade de uso das bibliotecas gráficas *Abstract Window Toolkit (AWT)*, *Swing* e *Java 2D* da plataforma Java (MIRANDA; SOUZA, 2003; PETERSON, 2003).

A Figura 2.22 mostra como acontece a execução de uma *Applet*. Inicialmente, o cliente através do *browser* faz uma requisição ao servidor. Após isso, é feito o *download* da *Applet* e dos dados para a máquina do cliente. A execução da *Applet* exige que o usuário tenha instalado em sua máquina um *plug-in* para a Máquina Virtual Java (MIRANDA; SOUZA, 2003).



Figura 2. 22 - Execução de uma *Applet*
Nota: Elaboração própria (2009).

A utilização da arquitetura *Client Side* com *Applets* requer certa atenção por parte dos desenvolvedores de SIG Web. Os SIG Web processam, geralmente, um grande volume de dados. Como na arquitetura *Client Side* todos os dados são repassados para a máquina cliente, o tráfego destes dados tende a ser bastante intenso. Desta forma, se a largura de banda da rede é um problema outras alternativas devem ser consideradas para a implementação de um SIG Web (MIRANDA; SOUZA, 2003).

2.5.2 Arquitetura *Server Side* e Serviços Web

Na Arquitetura *Server Side*, somente a interface com o usuário é processada na máquina cliente, a qual fica responsável apenas pela comunicação com o servidor. Todo o processamento dos dados geoespaciais e dos recursos ficam centralizados no servidor (WEI e outros, 1999). As principais vantagens deste tipo de arquitetura são a escalabilidade do sistema, a facilidade de manutenção e atualização tanto dos dados quanto dos aplicativos (ALESHEIKH; HELALI; BEHROZ, 2002; PETERSON, 2003). Como desvantagens, podem ser citadas a baixa interatividade e o alto investimento em servidores mais robustos. Exemplos de tecnologias que implementam esta arquitetura são o CGI (*Common Gateway Interface*) e o *Servlet* (MIRANDA; SOUZA, 2003; PENG; TSOU, 2003).

O CGI é uma alternativa para disponibilização de conteúdo dinâmico para a Web. Um programa CGI, também conhecido como *script*, permite a interação entre uma aplicação cliente e o servidor. Quando o usuário faz uma solicitação ao navegador este a repassa ao servidor, que identifica a requisição como pertencendo a um programa CGI. Uma vez identificada a requisição, o servidor entrega esta requisição para um programa externo chamado de aplicativo CGI. Este aplicativo fica responsável pela implementação de alguma funcionalidade de resposta que é enviada pelo servidor de volta ao cliente que a solicitou (MIRANDA; SOUZA, 2003). A Figura 2.23 ilustra o funcionamento do CGI.

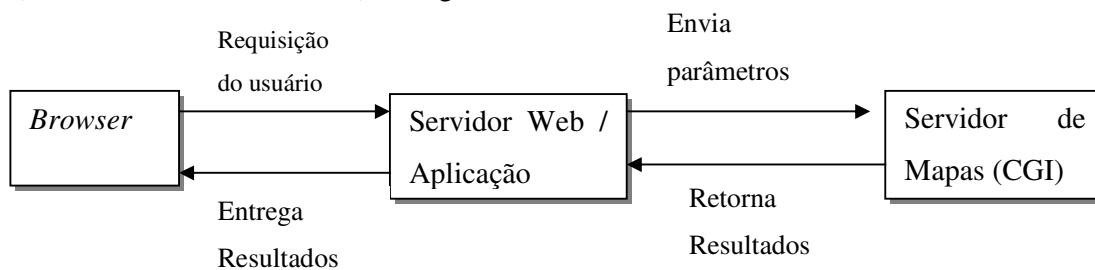


Figura 2.23 - Processo de execução na Arquitetura CGI
Nota: Elaboração própria (2009).

Um programa desenvolvido em CGI pode além de acessar banco de dados e recursos externos, conectar-se com outras aplicações através de camadas de software (*middleware*) ou serviços Web. Como vantagens do CGI, podem ser citadas: *i*) a não necessidade da instalação de programas auxiliares para a sua execução no *browser* do cliente; e *ii*) a possibilidade de implementação em qualquer linguagem de programação como Perl e C (AL-SABHAN, 2003; PENG; TSOU, 2003).

Outra possibilidade para a implementação da arquitetura *Server Side* são as *Servlets*. *Servlets* são classes Java executadas no servidor HTTP, que permitem estender a sua capacidade. A Máquina Virtual Java existente no servidor fica responsável por executar as requisições, não requerendo suporte Java no cliente (AL-SABHAN, 2003). As vantagens das *Servlets* são (PENG; TSOU, 2003):

- a) Portabilidade do sistema;
- b) Independência de plataforma;
- c) Escalabilidade do sistema;
- d) Segurança do sistema.

Uma das formas de implementação da interface com o usuário utilizando classes *Servlets* é através de páginas *Java Server Pages* (JSP) (PENG; TSOU, 2003). Uma página JSP possui código Java e marcadores HTML para formatação de apresentação da aplicação. Uma desvantagem da tecnologia JSP é não permitir a utilização das bibliotecas AWT ou SWING. Portanto, interfaces gráficas mais ricas e interativas não podem ser implementadas em uma página JSP (AL-SABHAN, 2003; PENG; TSOU, 2003).

Outra alternativa de disponibilização de dados geográficos com processamento no servidor é feita através de Serviços Web (*Web Services*) ou Arquitetura Orientada a Serviços. O principal objetivo dos Serviços Web é permitir a interoperabilidade entre sistemas implementados em linguagens distintas. A ideia dos Serviços Web é fornecer interfaces para comunicação entre sistemas distribuídos a partir do padrão XML (*Extensible Markup Language*), possibilitando a descentralização dos dados. No caso particular do SIG, existe uma iniciativa de padronização das interfaces de comunicação para publicação de mapas na Web através destes serviços. Esta padronização foi definida em um consórcio denominado *Open Geospatial Consortium* (OGC) (JUNIOR; CANDEIAS, 2005; OGC, 2008).

As principais especificações definidas no OGC são descritas em um *framework* arquitetural (*opengis services framework*) e estão destacadas a seguir (ARAÚJO, 2005; DAVIS, 2007; BRANDÃO; RIBEIRO, 2007; HÄCLER, 2003):

- a) **SFS (Simple Features Interface Standard)**: esta especificação é responsável por definir um formato para manipulação, armazenamento e recuperação de dados geográficos armazenados em bancos de dados relacionais ou objeto relacionais;
- b) **WMS (Web Map Service)**: esta especificação define um serviço para produção de mapas, que são disponibilizados em formato de imagem. Para que o cliente requirite o mapa, é necessário enviar ao servidor um conjunto de parâmetros, tais como estilos das entidades do mapa, a área do mapa, dentre outros. Pelo menos três operações são permitidas: *i*) recuperar a imagem do mapa; *ii*) obter metadados do servidor; e *iii*) recuperar informações sobre um determinado elemento do mapa;
- c) **WFS (Web Feature Service)**: esta especificação estabelece o serviço para que clientes possam manipular e recuperar dados geográficos através da Web. As máquinas clientes podem efetuar inserção, atualização e exclusão destes dados geográficos no formato GML (*Geography Markup Language*);
- d) **GML (Geography Markup Language)**: esta é uma linguagem baseada no padrão XML que possibilita o intercâmbio de dados geográficos. Alguns software já são compatíveis com este formato.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foram apresentados o histórico, a arquitetura e os conceitos fundamentais dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Foram detalhados também neste capítulo os tipos de SIGs e as formas de disponibilização de mapas na Web, destacando-se os SIG Web. Após este detalhamento, os componentes e as arquiteturas de implementação deste tipo específico de SIG foram descritos.

O próximo capítulo apresenta algumas ferramentas proprietárias para a construção de SIG Web, bem como as funcionalidades e características dos ambientes livres e gratuitos mais populares para publicação de mapas na Web.

3 DISTRIBUIÇÃO DE DADOS GEOGRÁFICOS EM AMBIENTE WEB

A Internet, mais especificamente a Web, tem sido o meio preferencial para distribuição de dados geográficos. A grande aceitação da Web, em conjunto com a facilidade de uso e acesso dos dados geoespaciais neste ambiente, tem favorecido o crescente interesse na construção dos chamados SIG Web (ALESHEIKH; HELALI; BEHROZ, 2002; SHEKHAR; XIONG, 2007).

Um SIG Web é um tipo de SIG capaz de manipular e visualizar dados geográficos em ambiente Web. O SIG Web deve permitir, entre outras coisas, a construção de mapas temáticos a partir de dados geográficos armazenados em um servidor. Esta característica propicia a construção de mapas de forma dinâmica e variadas visualizações dos dados geoespaciais na Web (FURTADO, 2006; HÄCLER, 2003).

Existem diversas soluções de SIG Web disponíveis no mercado. Através de uma análise comparativa das soluções mais populares, identificou-se três componentes básicos. Estes componentes são materializados na interface gráfica com o usuário e são responsáveis por todas as operações de apresentação, consulta e manipulação dos dados geográficos realizadas pelos SIG Web. Estes componentes são:

- a) Visualização do Mapa;
- b) Visualização das Camadas;
- c) Operações de Geoprocessamento.

O componente Visualização do Mapa materializa na tela do computador, através de símbolos próprios, as entidades e fenômenos geográficos a serem apresentados aos usuários. É comum disponibilizar na área de visualização do mapa a escala geográfica da apresentação.

O componente Visualização das Camadas possibilita ao usuário a visualização da estruturação lógica das entidades geográficas apresentadas no mapa. Com este componente é possível, também, ativar ou desativar seletivamente as camadas de informação que compõem o mapa. Este mecanismo permite ao usuário produzir diferentes visões dos dados geográficos.

O componente Operações de Geoprocessamento é responsável por oferecer ao usuário as funcionalidades clássicas de um SIG. Estas funcionalidades estão relacionadas com as funções para manipulação do mapa e para realização de consultas espaciais. As funções de manipulação de mapas usuais são a mudança de escala (*zoom*) e o deslocamento do mapa (*pan*). A mudança de orientação do mapa (rotação), embora disponível em alguns SIG Web, não é tão usual.

Outras funcionalidades disponibilizadas pelo componente Operações de Geoprocessamento dizem respeito às consultas espaciais. Estas consultas envolvem, por

exemplo, operações para determinar as coordenadas geográficas de um ponto, a distância geográfica entre dois pontos e as áreas de polígonos fechados. Alguns SIG Web permitem a realização de consultas espaciais mais elaboradas, através da avaliação de expressões envolvendo as entidades geográficas. Este recurso, no entanto, é utilizado menos frequentemente, pois requer certa familiaridade do usuário com a representação dos dados geográficos (HÄCLER, 2003).

Do ponto de vista da pessoa ou da organização que deseja publicar dados geográficos na Web, a utilização dos SIG Web possui diversas vantagens, dentre as quais se destacam: *i*) a facilidade no gerenciamento, atualização e visualização dos dados geográficos; *ii*) a ausência de instalação do SIG Web na máquina cliente; e *iii*) uma maior escalabilidade, o que representa a capacidade de evolução do SIG Web ao longo tempo (PENG; TSOU, 2003). Do ponto de vista dos usuários, os SIG Web são ferramentas fáceis de usar e com um enorme poder de comunicação. Estas características são responsáveis pela grande aceitação e popularização desse tipo de aplicação.

A popularização e vantagens de utilização dos SIG Web levaram as principais empresas fornecedoras de aplicações SIG a disponibilizarem em seus pacotes de soluções, ferramentas para a disseminação de dados geográficos em ambiente Web. Nesta mesma linha, as comunidades de Software Livre passaram a oferecer soluções gratuitas para disponibilização de mapas na Web (HÄCLER, 2003).

Existem diversas vantagens e desvantagens na utilização de soluções proprietárias e livres para o desenvolvimento de SIG Web. As soluções proprietárias possuem recursos mais amigáveis e facilitam o desenvolvimento do projeto. Estes recursos, entretanto, estão embutidos em pacotes com custos proibitivos para a maioria das organizações. As soluções em ambientes livres, por outro lado, não apresentam, geralmente, custos para a sua aquisição e utilização, mas exigem que o desenvolvedor possua conhecimentos sobre a arquitetura e configuração do ambiente (ARAGÃO; CAMPOS, 2009).

Nas próximas seções, estão descritas algumas ferramentas proprietárias para a construção de SIG Web e alguns ambientes livres e gratuitos que dão suporte a publicação de dados geográficos em ambiente Web.

3.1 FERRAMENTAS PROPRIETÁRIAS PARA A CONSTRUÇÃO DE SIG WEB

A complexidade envolvida no processo de desenvolvimento de SIGs para o ambiente Web motivou as empresas de software proprietários a incluírem, em seus pacotes de soluções, ferramentas para facilitar o processo de construção destes sistemas (FERRUCCI e outros,

2007, SHEKHAR; XIONG, 2007). Entre as soluções mais populares disponíveis no mercado estão o ArcIMS da ESRI (ARCIMS, 2008), o MapGuide da AutoDesk (AUTODESK, 2009) e o DBMAP_ASJ da Abaco (ABACO GROUP, 2009). Estas soluções estão detalhadas a seguir.

3.1.1 ArcIMS

O ArcIMS é o aplicativo da ESRI para construção de SIG Web. Este aplicativo possui um módulo denominado ArcIMS Manager, que permite aos desenvolvedores construir seus próprios projetos através de três ferramentas: ArcIMS Author, ArcIMS Administrator e ArcIMS Designer (ARCIMS, 2008; PENG; TSOU, 2003).

O ArcIMS Author é uma ferramenta visual que possibilita a definição das camadas de informação e da simbologia utilizada para a apresentação de legendas e das entidades geográficas no mapa. Esta ferramenta é responsável por provê ao desenvolvedor os mecanismos para a construção dos componentes Visualização do Mapa e Visualização das Camadas de um SIG Web. A Figura 3.1 mostra a interface da tela principal do ArcIMS Author.

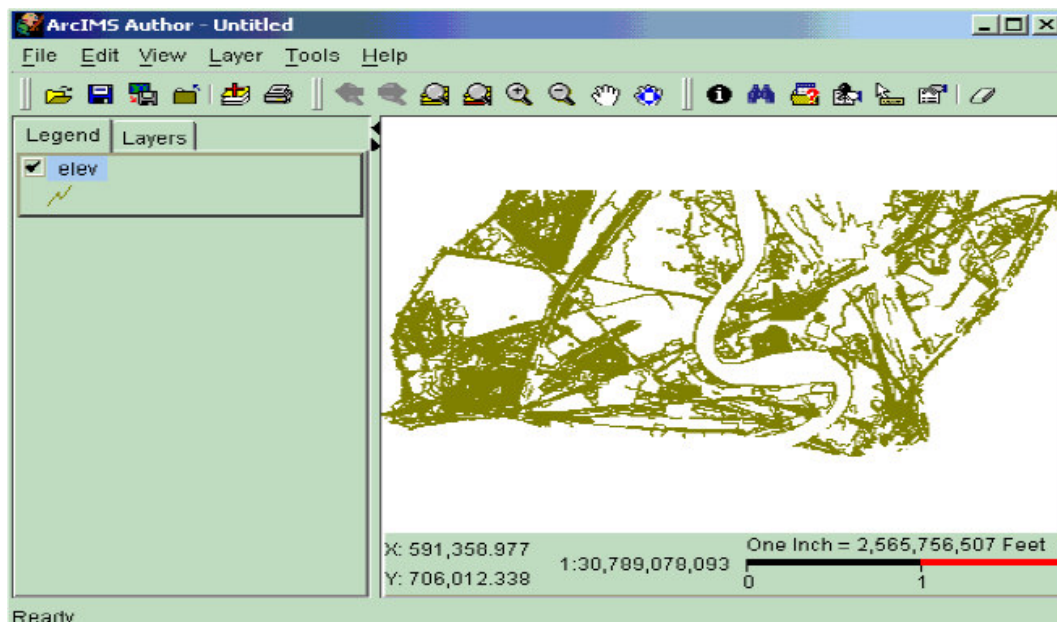


Figura 3.1 - Tela Principal do ArcIMS Author
Nota: Elaboração própria (2009).

Na tela principal, o desenvolvedor pode incluir, a partir de um menu de opções, as camadas de informação que serão disponibilizadas no SIG Web. De forma intuitiva, gráfica e transparente, o desenvolvedor configura todos os parâmetros da camada de informação. A

simbologia das entidades geográficas, tamanho e cor, por exemplo, são definidas em telas gráficas, conforme pode ser visto na Figura 3.2.

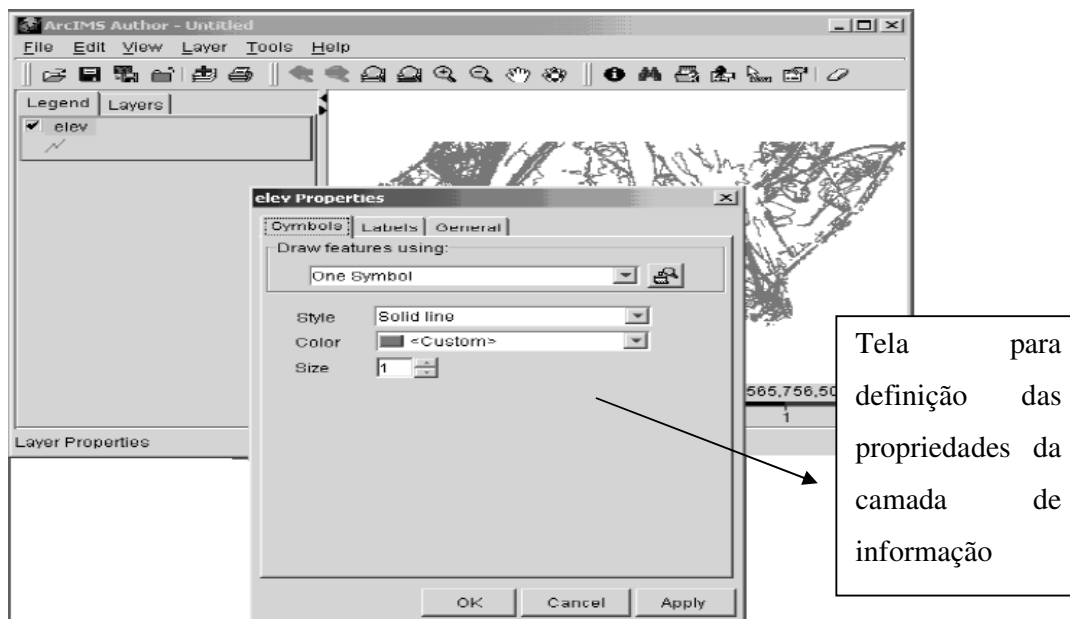


Figura 3.2 - Configurando os Parâmetros de uma Camada de Informação no ArcIMS Author

Nota: Elaboração própria (2009).

Após a definição de todos os parâmetros das camadas de informação, o desenvolvedor deve publicar um serviço Web para poder visualizá-las no *browser*. Esta tarefa é feita a partir da ferramenta ArcIMS Administrator (Figura 3.3). Nesta tela, determina-se o nome do serviço Web, o arquivo de configuração que contém as definições das camadas de informação e o endereço Web da aplicação.

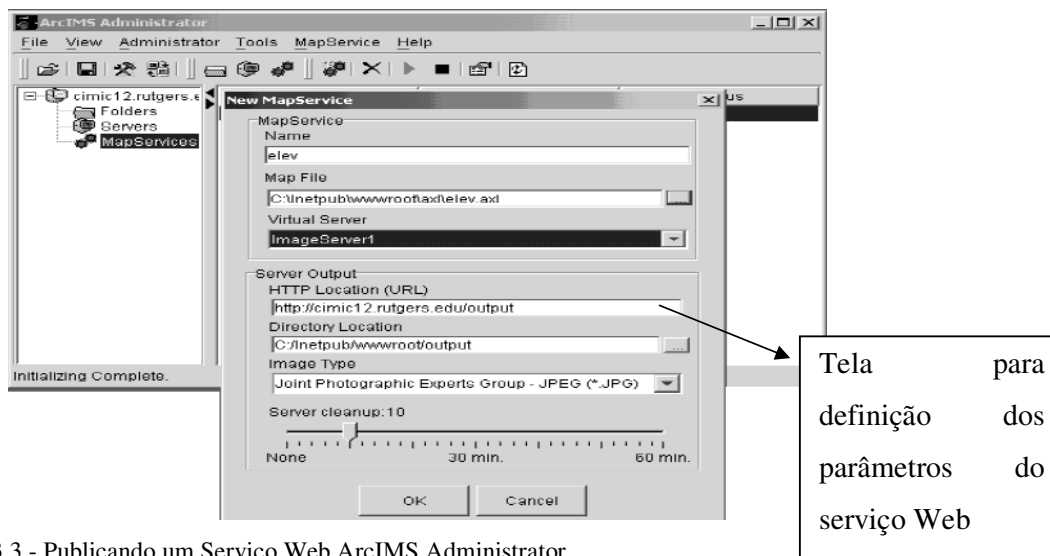


Figura 3.3 - Publicando um Serviço Web ArcIMS Administrator

Nota: Elaboração própria (2009).

Finalmente, para incluir as Operações de Geoprocessamento no projeto SIG Web, o desenvolvedor deve utilizar a ferramenta ArcIMS Designer. Nesta ferramenta, todas as funcionalidades de *zoom*, *pan*, distância, consultas básicas e seleção de uma ou várias feições do mapa podem ser configuradas. Toda a definição do componente Operações de Geoprocessamento é feita através de botões de seleção em uma tela gráfica com ícones representativos de cada operação (Figura 3.4).

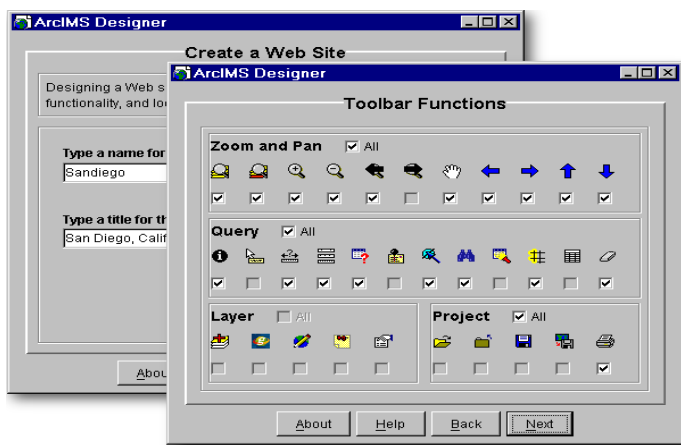


Figura 3.4 - Definindo as Funcionalidades do SIG Web com o ArcIMS Designer.
Nota: Elaboração própria (2009).

O ArcIMS Designer não possui nenhum mecanismo para a definição do *layout* da página do SIG Web. Neste aplicativo, só é possível determinar quais funcionalidades estarão disponíveis no projeto. Para fazer qualquer mudança no *layout* do SIG Web, o desenvolvedor necessita modificar o código HTML gerado pelo ArcIMS Designer.

A ausência de modelos previamente definidos (*templates*) para determinação do *layout* do SIG Web é uma grande limitação do ArcIMS. Além disso, pode-se apontar como desvantagem desta solução a divisão do processo de construção do projeto em três fases e ferramentas distintas, o que tende dificultar o desenvolvimento por parte de pessoas menos experientes.

3.1.2 MapGuide Studio

O MapGuide Studio, da empresa AutoDesk, provê um conjunto de ferramentas para publicação de mapas em ambiente Web. Através de telas gráficas e um roteiro de configurações (*wizards*), o desenvolvedor define as principais funcionalidades do SIG Web (AUTODESK, 2009).

A tela principal do MapGuide Studio dispõe de uma área para a visualização do mapa e das camadas de informação que serão disponibilizadas no SIG Web. Nesta área, é possível efetuar operações de *zoom* e *pan* sobre o mapa no momento da construção do projeto. É nesta tela que os componentes Visualização do Mapa e Visualização das Camadas são configurados (Figura 3.5).

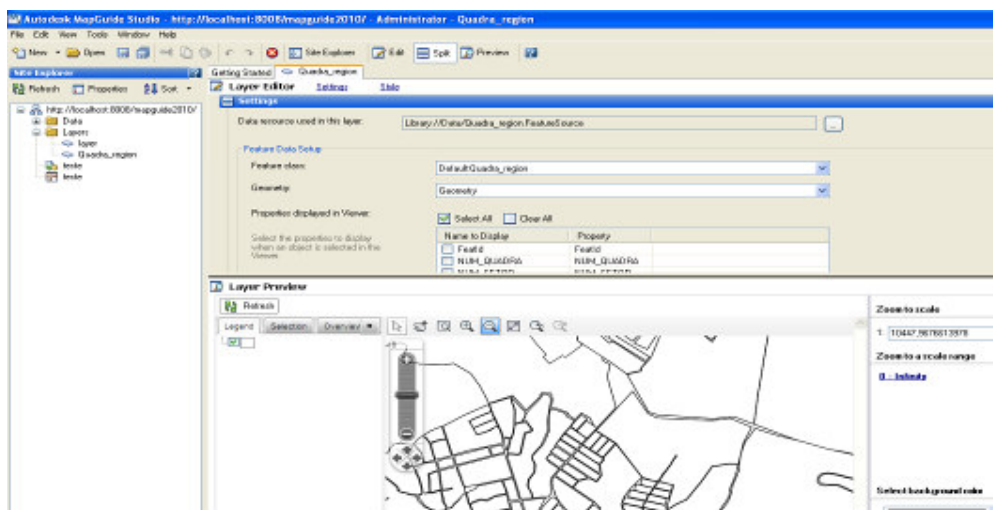


Figura 3.5 - Configurando os Componentes Visualização do Mapa e Visualização das Camadas SIG Web no MapGuide
Nota: Elaboração própria (2009).

O desenvolvedor pode alterar todos os parâmetros relacionados a uma camada de informação, conforme pode ser visto na tela da Figura 3.6. São definidos nesta tela, por exemplo, a cor e o estilo da simbologia que irá representar a camada de informação.

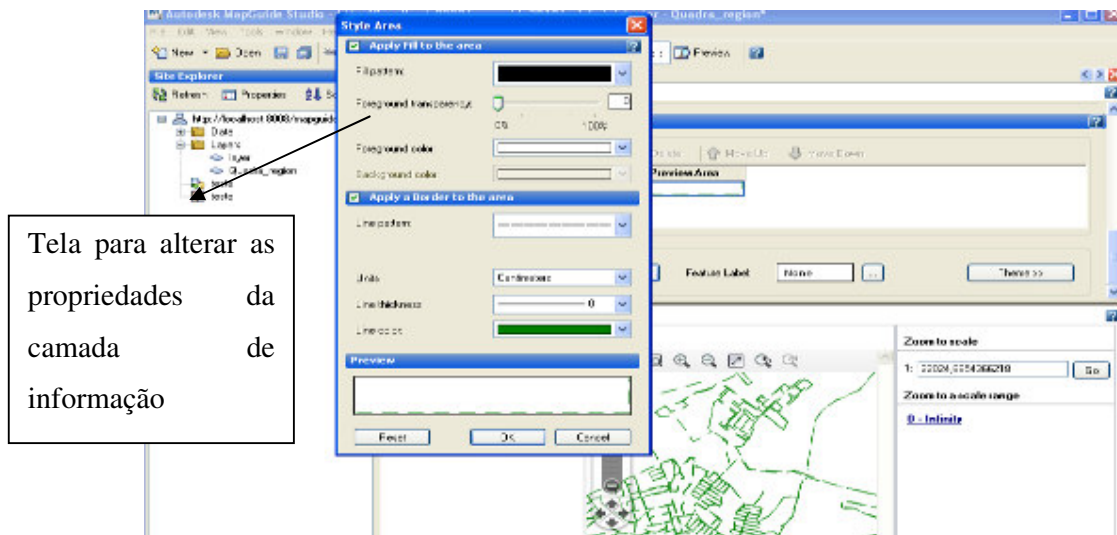


Figura 3.6 - Alterando os Parâmetros de uma Camada de Informação no MapGuide
Nota: Elaboração própria (2009).

Para incluir o componente Operações de Geoprocessamento, o desenvolvedor pode utilizar modelos (*templates*), que determinam o *layout* final e as funcionalidades do SIG Web. Dentre as funcionalidades, estão disponíveis o *zoom*, *pan* e a seleção de feições do mapa a partir de um ponto ou polígono (Figura 3.7).

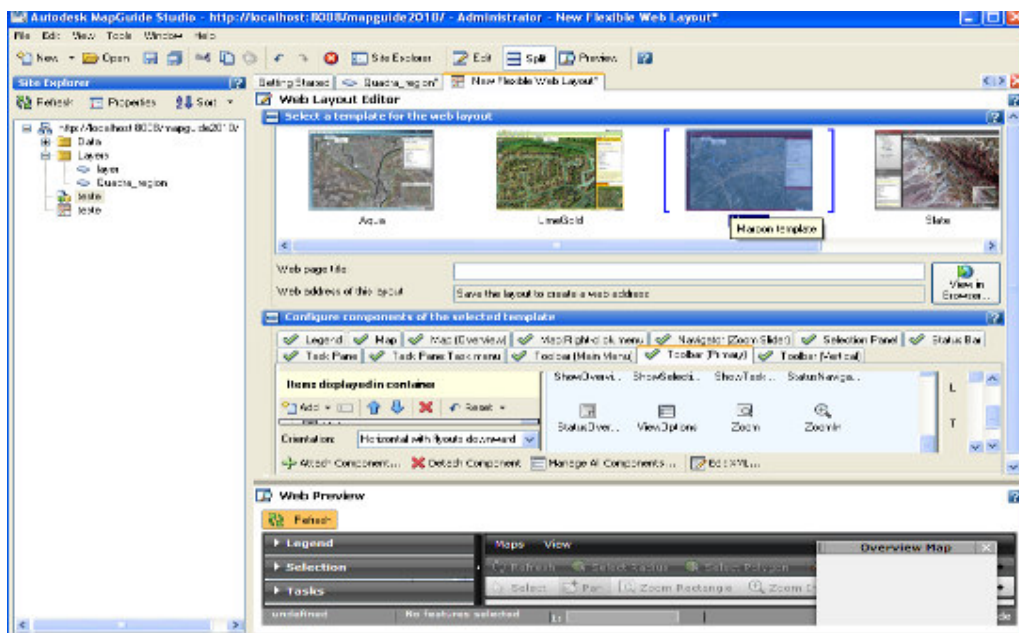


Figura 3.7 - Definindo o *layout* do SIG Web no MapGuide
Nota: Elaboração própria (2009).

Todo o processo de construção do SIG Web se concentra no MapGuide Studio. Entretanto, antes do uso para o processo de construção do projeto SIG Web neste aplicativo, o desenvolvedor deve instalar e configurar pelo menos um servidor Web. Este fato pode ser considerado uma desvantagem, uma vez que exige dos desenvolvedores conhecimentos prévios sobre tecnologias da plataforma Web.

3.1.3 DbMAP_ASJ

O DbMAP_ASJ é um conjunto de soluções para desenvolvimento de SIG Web baseado na plataforma Java. Dentro deste conjunto, destaca-se o aplicativo Viewer Author (ABACO GROUP, 2009).

Viewer Author é uma ferramenta visual que permite ao desenvolvedor determinar todas as camadas de informação do SIG Web. Na tela principal da ferramenta, o desenvolvedor pode definir os componentes Visualização do Mapa e Visualização das Camadas do SIG Web (Figura 3.8).

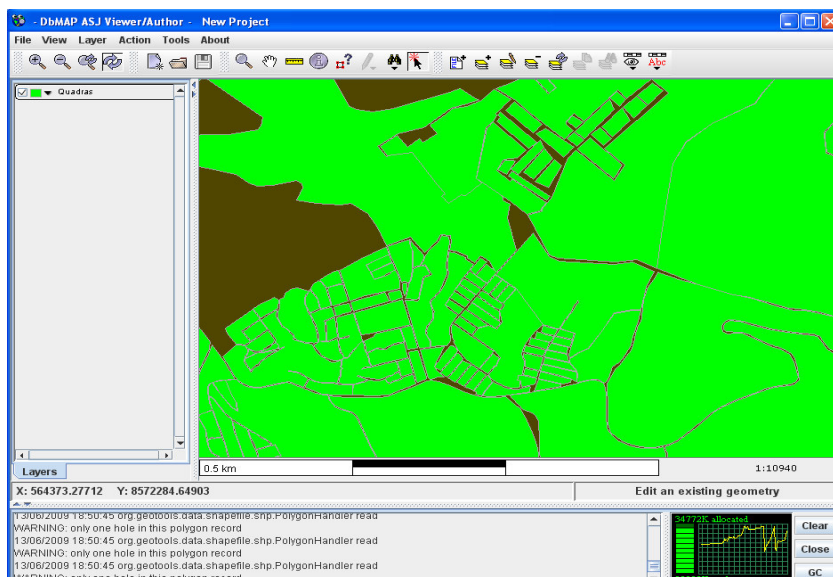


Figura 3.8 - Tela Principal do Viewer Author

Nota: Elaboração própria (2009).

A ferramenta Viewer Author dispõe de telas gráficas para a configuração das propriedades das camadas de informação, tais como: cor, preenchimento, tamanho e simbologia. Uma destas telas pode ser vista na Figura 3.9.

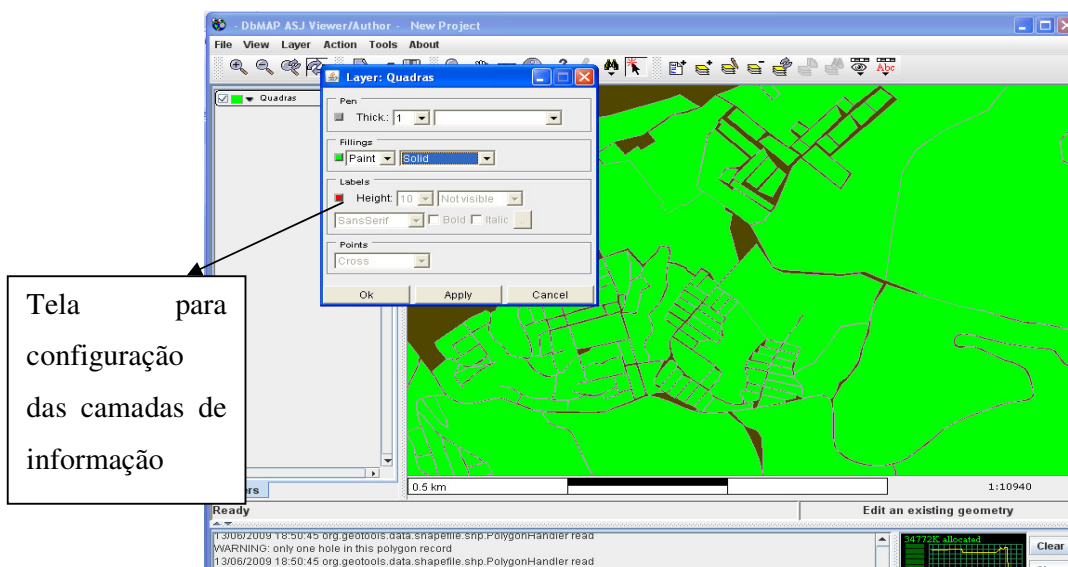


Figura 3.9 - Tela para Definição das Camadas de Informação no Viewer Author

Nota: Elaboração do autor (2009).

A ferramenta Viewer Author não possui nenhum mecanismo para a configuração do *layout* e funcionalidades do SIG Web. Para fazer qualquer modificação nas páginas que

acompanham a solução, o desenvolvedor necessita editar códigos HTML. Isto pode ser considerado uma grande limitação deste aplicativo.

As soluções ArcIMS, MapGuide e DbMAP_ASJ vem acompanhadas de um conjunto de ferramentas gráficas, que facilita todo o processo de construção de um projeto SIG Web. Desta forma, o desenvolvedor é capaz de implementar um SIG Web sem entrar em detalhes técnicos e computacionais das soluções. As soluções apresentadas, entretanto, são proprietárias, o que exige para o seu uso a aquisição de licenças de software cliente e servidor. Este fato se constitui a principal desvantagem destas soluções, em função do alto custo das licenças. Além disso, modificações nas ferramentas são feitas apenas pelo fabricante da solução e qualquer alteração ou atualização envolve custos adicionais.

3.2 AMBIENTES LIVRES E GRATUITOS PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE DADOS GEOGRÁFICOS NA WEB

Como alternativa dos altos custos impostos pelas soluções proprietárias, diversas iniciativas das comunidades de Software Livre passaram a oferecer soluções gratuitas, reduzindo os custos para o desenvolvimento e implantação de um SIG Web.

O principal objetivo dos ambientes livres e gratuitos é oferecer a infraestrutura mínima necessária para o desenvolvimento das principais funcionalidades de um SIG Web. A implementação destas funcionalidades requerem, entretanto, por parte dos desenvolvedores dos SIG Web, o domínio das tecnologias computacionais utilizadas pelos ambientes e um grande esforço manual de codificação para configuração do projeto. Esta característica é fruto da falta do compromisso dos desenvolvedores das soluções livres e gratuitas em oferecer um mecanismo que permita aos desenvolvedores dos SIG Web a abstração dos detalhes da arquitetura e da implementação dos ambientes. Geralmente, os ambientes livres e gratuitos não oferecem nenhuma ferramenta, que permita ao desenvolvedor concentrar seus esforços apenas na definição da apresentação do SIG Web propriamente dito (ARAGÃO; CAMPOS, 2008). Desta forma, existe um custo a ser considerado no desenvolvimento de SIG Web em ambientes livres e gratuitos. Este custo está relacionado ao tempo, a manutenção do sistema e a participação de pessoas capacitadas na área de computação no desenvolvimento do projeto para a correta definição e configuração do ambiente (ARAGÃO; CAMPOS, 2008).

De forma a salientar as dificuldades no desenvolvimento de SIG Web baseados em ambientes livres e gratuitos são apresentadas, nas próximas seções, as principais características dos ambientes mais usuais: MapServer (MAPSERVER, 2007), AlovMap

(ALOVMAP, 2007), GeoServer (GEOSERVER, 2008), GoogleMaps (DAVIS, 2006) e I3GEO (SOFTWAREPÚBLICO, 2008).

3.2.1 MapServer

O MapServer é um ambiente de desenvolvimento de código aberto para a disponibilização de dados geoespaciais em ambiente Web. Desenvolvido originalmente pela Universidade de Minnesota (UMN), o MapServer é mantido, atualmente, por grupos de desenvolvedores de todas as partes do mundo e está inserido no *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) (KROPLA, 2005; MAPSERVER, 2007). As características e arquitetura deste ambiente são descritas a seguir.

3.2.1.1 Características

O MapServer permite a implementação dos três componentes principais de um SIG Web: Visualização do Mapa, Visualização das Camadas e Operações de Geoprocessamento. Para construir estes componentes, o desenvolvedor precisa dominar a sintaxe e a semântica dos objetos disponíveis no ambiente. Estes objetos são codificados em dois arquivos distintos: um arquivo com as características do projeto (*MapFile*) e um arquivo com as configurações de *layout* e funções de geoprocessamento (*Template*) (BROVELLI; MAGNI, 2003; KROPLA, 2005).

O *MapFile* é um arquivo texto que define o estado dos objetos que o compõe, tais como: a área do mapa, as camadas de informação disponíveis no SIG Web, as fontes dos dados, o formato e o local das imagens de saída, dentre outras características. Este arquivo possui uma sintaxe bem definida e a sua estrutura é hierárquica. Os principais elementos deste arquivo são os objetos: *Map*, *Layer*, *Class* e *Style* (KROPLA, 2005; MITCHELL, 2006) (Figura 3.10).

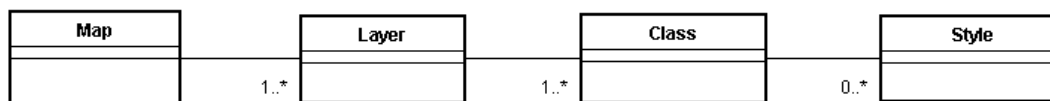


Figura 3.10 - Principais objetos do *MapFile*
Nota: Elaboração própria (2009).

O *Map* é o objeto mais alto da hierarquia e determina alguns atributos do mapa. Dentre estes atributos, estão o *imagetype* e o *size*. O *imagetype* determina o tipo de imagem que será gerado pelo servidor de mapas e o *size* define o tamanho do mapa em *pixels*

(KROPLA, 2005). O objeto *Map* é o responsável pela materialização do componente Visualização do Mapa de um SIG Web.

O objeto *Map* contém um ou mais objetos *Layer*. O *Layer* representa o componente de Visualização das Camadas. Neste objeto, são definidos todos os parâmetros das camadas de informação, tais como o nome, o tipo (ponto, linha ou polígono), o *status* (se está ativo ou não) e a fonte dos dados. Esta última propriedade permite a associação da camada de informação com bancos de dados geográficos ou arquivos que contém dados geográficos. O MapServer é compatível com vários tipos de dados vetoriais, como o *ShapeFile* da ESRI, PostGIS, ArcSDE, Oracle Spatial, dentre outros. Com relação ao formato matricial dois tipos podem ser manipulados nativamente: GeoTiff e o EPPL7 (KROPLA, 2005).

A propriedade fonte dos dados do objeto *Layer*, que associa a camada de informação a uma fonte de dados, é compatível também com os três serviços disponíveis no consórcio da OGC: *Web Map Service* (WMS), *Web Feature Service* (WFS) (somente para consulta) e *Web Coverage Service* (WCS) (TU; ABDELGUERFI, 2006; OGC, 2008). Esta característica potencializa a interoperabilidade do ambiente MapServer com outros servidores de mapa.

Para cada objeto *Layer* é definida uma ou mais classes de visualização das camadas de informação através do objeto *Class*. Na verdade, o objeto *Class* representa os mapas temáticos, que podem ser construídos a partir de valores determinados, expressões regulares ou linguagem SQL (*Structured Query Language*).

Cada objeto *Class* pode ser composto por um ou mais objeto *Style*. Este objeto é responsável por configurar os estilos e a simbologia das entidades geográficas como, por exemplo, a cor e o tamanho do símbolo (KROPLA, 2005; MITCHELL, 2006).

Para disponibilizar o componente Operações de Geoprocessamento, o desenvolvedor precisa manipular o arquivo *Template* do MapServer. Este arquivo é uma página HTML com parâmetros configurados para controlar a manipulação e o conteúdo do mapa. Estes parâmetros são interpretados por um programa CGI, que faz parte da arquitetura do MapServer, descrito na próxima seção. O Fragmento de Código 3.1 mostra um trecho do conteúdo de um arquivo *Template*, com os objetos *zoomdir_1_check*, *zoomdir_-1_check* e *zoomdir_0_check* específicos do MapServer, que representam as funções de *zoom-in*, *zoom-out* e *pan* respectivamente.


```

...
<!--Parâmetro para a apresentação do mapa-->
<input type="hidden" name="map" value="[map]">
<!--Parâmetros que representam as funcionalidades de zoom(in/out) e pan-->
<input type="radio" name="zoomdir" value="1" [zoomdir_1_check]> Zoom In
<input type="radio" name="zoomdir" value="-1" [zoomdir_-1_check]> Zoom out
<input type="radio" name="zoomdir" value="0" [zoomdir_0_check]> Pan
...

```

Fragmento de Código 3.1: Trecho de código do *Arquivo Template*

O ambiente MapServer não provê nenhuma ferramenta para auxiliar o desenvolvimento de um SIG Web. Desta forma, a tarefa de criação dos arquivos de configuração do ambiente é feita através de editores de texto comum, no caso do arquivo *MapFile*, e editores de texto HTML para os arquivos *Template*.

Alguns projetos da comunidade de Software Livre foram implementados com o objetivo de auxiliar o desenvolvimento de um SIG Web baseado no ambiente MapServer. Dentre estes projetos, destaca-se o *MapStorer* (MAPSTORER, 2008).

O *MapStorer* é um aplicativo Web que tem como objetivo auxiliar a edição e manutenção de arquivos *MapFiles*. Este aplicativo possui telas gráficas, que permitem ao desenvolvedor definir todos os parâmetros dos objetos *Map*, *Layer*, *Class* e *Style* do arquivo *MapFile* (Figura 3.11).

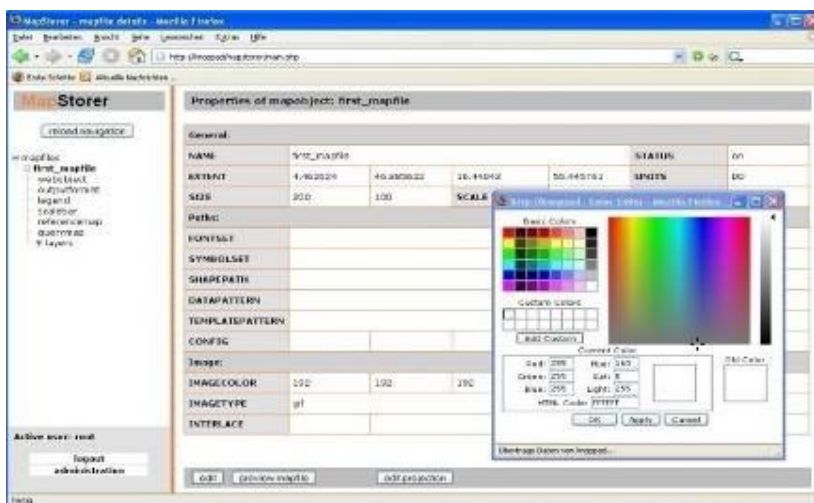


Figura 3.11 - Interface do *MapStorer*
Nota: Elaboração própria (2009).

A utilização do *MapStorer* para o processo de construção do projeto SIG Web, entretanto, depende de uma infraestrutura de servidor Web e banco de dados e requer dos desenvolvedores algum conhecimento sobre os objetos do *MapFile*. Estas características

dificultam a adoção desta ferramenta por desenvolvedores menos experientes. Vale ressaltar, ainda, que esta ferramenta foi desenvolvida apenas para construção e edição dos arquivos *MapFile* do MapServer, o que limita bastante a sua aplicabilidade em outros servidores de mapa.

3.2.1.2 Arquitetura

A arquitetura do MapServer permite processar os dados geográficos de dois modos distintos: CGI (*Common Gateway Interface*) e *MapScript*. No primeiro modo, o usuário faz uma requisição através de um navegador, a qual é enviada ao servidor. O servidor fica então responsável por identificar a requisição como pertencendo a um programa CGI para posteriormente entregá-la a um programa externo que implementa a funcionalidade de resposta ao cliente (KROPLA, 2005; MITCHELL, 2006).

O principal componente da arquitetura do MapServer, no modo CGI, é o *Programa CGI*. Ele é responsável por lê e processar os parâmetros contidos nos arquivos de configurações *MapFile* e *Template*, gerando o mapa em formato de imagem (KROPLA, 2005).

A Figura 3.12 ilustra o funcionamento do MapServer no modo CGI. Quando o usuário através de um *browser* acessa o *Arquivo Template*, uma requisição CGI é enviada ao servidor. Esta requisição é então processada a partir dos parâmetros passados pela página HTML (requisição do usuário) e configurações do arquivo *MapFile*. Após este processamento, os dados geográficos são carregados a partir de uma fonte (arquivo ou banco de dados), criando-se o mapa em formato de imagem. Por fim, este mapa é enviado para o *browser* do cliente e exibido pelo componente Visualização do Mapa do SIG Web (KROPLA, 2005).

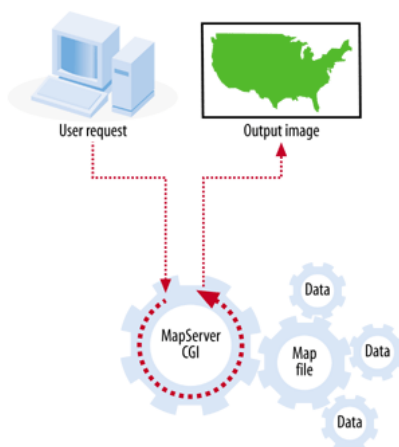


Figura 3.12 - Requisição de Mapas em Modo CGI
Fonte: Kropla (2005).

No segundo modo, utilizando *MapScript*, as funcionalidades do MapServer podem ser estendidas com o uso de APIs (*Application Programming Interface*), que permitem a implementação de SIG Web em diversas linguagens de programação. Neste caso, é possível carregar e manipular mapas utilizando PHP, Python, Java, Perl e Ruby (KROPLA, 2005; MITCHELL, 2006). Esta característica atrai desenvolvedores de várias linguagens de programação para a implementação de SIG Web utilizando como base o MapServer e possibilita o uso de recursos disponíveis nestas linguagens no projeto do SIG Web.

A Figura 3.13 ilustra um exemplo de aplicação SIG Web construída com o MapServer. Nesta Figura, estão destacados os três componentes de um SIG Web: *i*) Visualização do Mapa, onde o usuário pode visualizar os mapas; *ii*) Visualização das Camadas, área em que o usuário seleciona quais camadas de informação serão visíveis; e *iii*) Operações de Geoprocessamento, que são as funções de *zoom-in*, *zoom-out*, *pan*, entre outras disponíveis para interação do usuário com a aplicação .

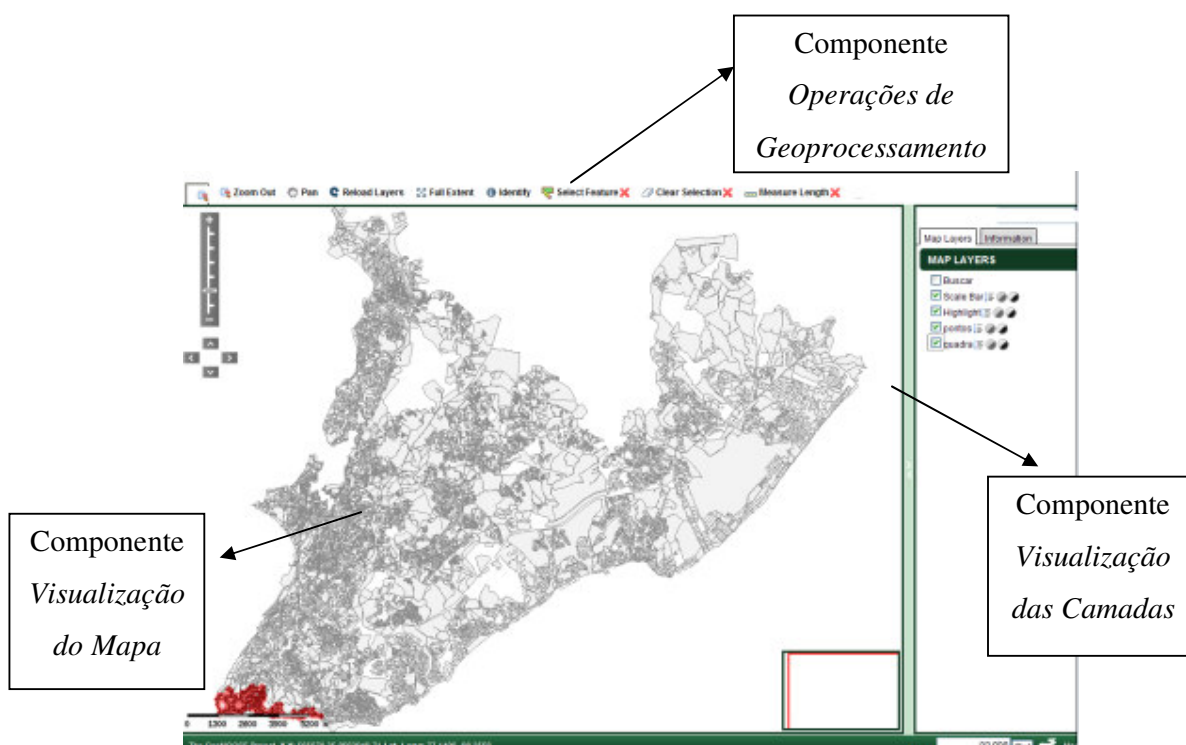


Figura 3.13 - Exemplo de um SIG Web Implementado em MapServer

Nota: Elaboração própria (2009).

3.2.2 AlovMap

O AlovMap é um ambiente desenvolvido na plataforma Java, portátil e gratuito, que permite a publicação de mapas na Web (ALOVMAP, 2007; BABU, 2003). O AlovMap

possibilita a publicação dos mapas em duas arquiteturas distintas: *Client Side e Server Side* (CECCARELLI; CIOFFI; CAPUA, 2006). As principais características e a arquitetura do AlovMap são descritas a seguir.

3.2.2.1 Características

O ambiente AlovMap provê um conjunto de tecnologias para que o desenvolvedor possa construir os principais componentes de um SIG Web. Para tanto, o desenvolvedor necessita dominar a sintaxe e a semântica de dois arquivos: *Arquivo do Projeto* e *Arquivo de Layout* (ALOVMAP, 2007; MIRANDA, 2005). Estes arquivos são codificados na linguagem XML.

O *Arquivo do Projeto* define as características do mapa, através de marcadores específicos do AlovMap. Os principais marcadores que compõem este arquivo são: *Project*, *Map*, *Layer*, *Renderer* e *Symbol*. Estes marcadores seguem uma estrutura hierárquica, conforme pode ser visualizado no Fragmento de Código 3.2 (ALOVMAP, 2007; MIRANDA, 2005).

```

<!--tag Project-->
<project>
  <!--tags Map-->
  <map name...></map>
  <map name...></map>
  ...
  <!--tags Layer-->
  <layer name=... >
    ...
    <!--tag Renderer-->
    <renderer map=...>
      ...
    </renderer><!--Fim da tag Renderer-->

  </layer> <!--Fim da tag layer-->

  <!--tags Layer-->
  <layer name=... >
    ...
    <!--tag Renderer-->
    <renderer map=...>

```

Fragmento de Código 3.2: Principais Marcadores do Arquivo do Projeto do AlovMap

O marcador *Project* identifica o projeto e define suas propriedades básicas como, por exemplo, o nome e as unidades de medidas usadas no mapa. Este marcador deve ser composto por um ou mais marcadores *Layer*.

O marcador *Layer* define as camadas de informação, que serão publicadas no SIG Web. Este marcador representa os componentes Visualização do Mapa e Visualização das Camadas do SIG Web. Uma propriedade deste marcador indica as fontes dos dados das camadas, que podem ser em formato matricial (GIF, JPG, MrSID Image Server e WMS) ou vetorial (ESRI ShapeFiles e MapInfo MIF) (ALOVMAP, 2007; CECCARELLI; CIOFFI; CAPUA, 2006;).

O marcador *Map* disponibiliza diferentes formas de visualização de um mapa por temas. Estes mapas temáticos devem sempre estar associados a um marcador denominado *Renderer*. O marcador *Renderer* determina toda a simbologia das entidades geográficas do mapa temático e da legenda. Estes dois marcadores associados permitem diferentes formas de visualização do mapa.

Em conjunto com o *Arquivo do Projeto*, deve ser configurado o *Arquivo de Layout*. Este arquivo é o responsável por definir o componente Operações de Geoprocessamento do SIG Web e os seus respectivos ícones. O desenvolvedor deve configurar as funcionalidades de *zoom*, *pan* e distância, que estarão disponíveis no SIG Web, através de marcadores. Este arquivo segue, também, um formato hierárquico com marcadores específicos do ambiente AlovMap. O Fragmento de Código 3.3 mostra um trecho de código de um *Arquivo de Layout*. Este Fragmento de Código mostra dois objetos denominados *btn_zoomin* e *btn_zoomout*, que definem as funções de *zoom-in* e *zoom-out* do SIG Web respectivamente.

```

...
<!--tags para a definição das operações de geoprocessamento-->
<object name="btn_zoomin" type="imagebutton" image="imagens/botaozoomin.jpg" group="1"/>
<object name="btn_zoomout" type="imagebutton" image="imagens/botaozoomout.jpg" group="1"/>
<object name="btn_zoomfull" type="imagebutton" image="imagens/botaozoomall.jpg" group="1"/>
<object name="btn_pan" type="imagebutton" image="imagens/tool_pan.jpg" group="1"/>
...

```

Fragmento de Código 3.3: Trecho de código de um *Arquivo Layout*

Os dois arquivos XML de configuração do AlovMap apresentados (*Arquivo do Projeto* e *Arquivo Layout*) devem ser editados através de um editor XML ou, até mesmo, um editor de texto padrão.

3.2.2.2 Arquitetura

O principal componente da arquitetura do AlovMap é a *applet* “*alovmap.jar*”. Esta *Applet* é responsável por processar todos os dados geográficos e operações de geoprocessamento do SIG Web na máquina cliente. A *Applet* deve estar associada a um *Arquivo HTML* para sua execução no *browser* do usuário (ALOVMAP, 2007).

Com relação à arquitetura, o AlovMap funciona de duas formas: *Client Side (Applet)* e *Server Side/Client Side(Applet/Servlet)*. Na versão *Client Side*, quando o *browser* efetua uma requisição ao servidor HTTP, é feito um *download* de todos os arquivos necessários para execução na máquina cliente, incluindo os mapas (Figura 3.14) (MIRANDA; SOUZA, 2003; MIRANDA, 2005).

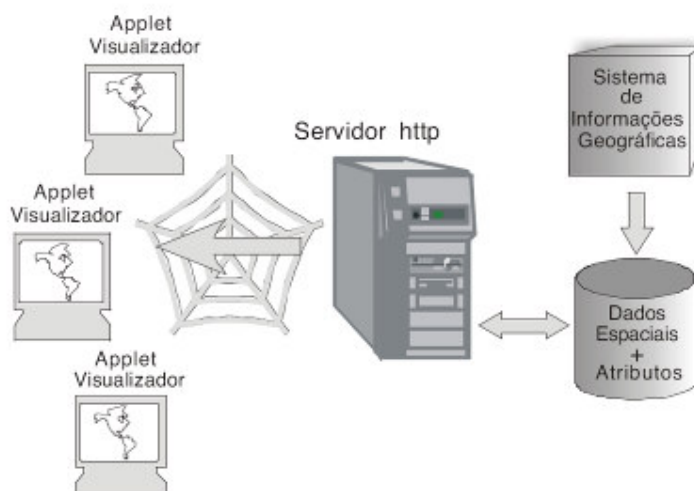


Figura 3.14 - Servidor de mapas utilizando *Applet*
Fonte: Miranda (2005).

A versão *Server Side/Client Side* com *Servlets* permite uma maior flexibilidade na implementação do SIG Web. Nesta versão, o servidor transfere os dados geográficos de forma incremental (Figura 3.15). Desta forma, os dados vetoriais são enviados para o cliente de modo mais eficiente a partir da técnica de pacotes, o que reduz o tráfego de rede. Além disso, na versão *Server Side/Client Side*, os atributos dos dados do mapa devem estar armazenados, de acordo com os padrões SFS (*Simple Features Interface Standard*) do OpenGIS, em um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD). O *Servlet* do AlovMap é compatível com o SQL Server, Interbase, MySQL e o Hypersonic (ALOVMAP, 2007; HENDRICKS, BERMAN, KARIEM, 2009; MIRANDA, 2005).

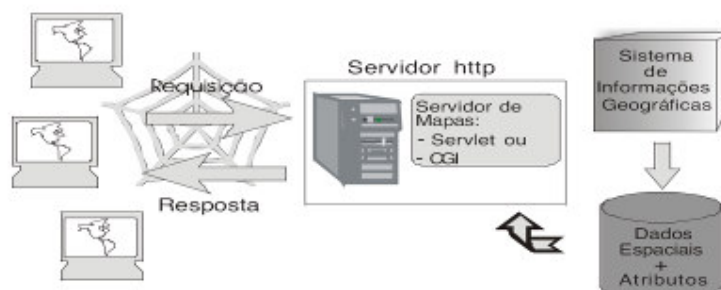


Figura 3.15 - Servidor de mapas utilizando *Applets/Servlets*
 Fonte: Miranda e Souza (2003).

No caso de se trabalhar com a arquitetura *Server Side/Client Side*, além dos componentes mencionados anteriormente, há, também, a necessidade da utilização do serviço *Clearing House* como forma de armazenar os atributos dos mapas em um SGBD (MIRANDA; SOUZA, 2003). O *Clearing House* é uma página Web que acompanha o ambiente AlovMap e que permite, entre outras coisas, a administração dos dados via uma interface Web.

A Figura 3.16 mostra a interface de um SIG Web desenvolvido com o AlovMap. Esta Figura destaca os três componentes de um SIG Web: Visualização do Mapa, Visualização das Camadas e Operações de Geoprocessamento. Neste último componente, pode-se observar as funcionalidades de *zoom-in*, *zoom-out*, *pan* e seleção disponíveis na aplicação para a interação do usuário.

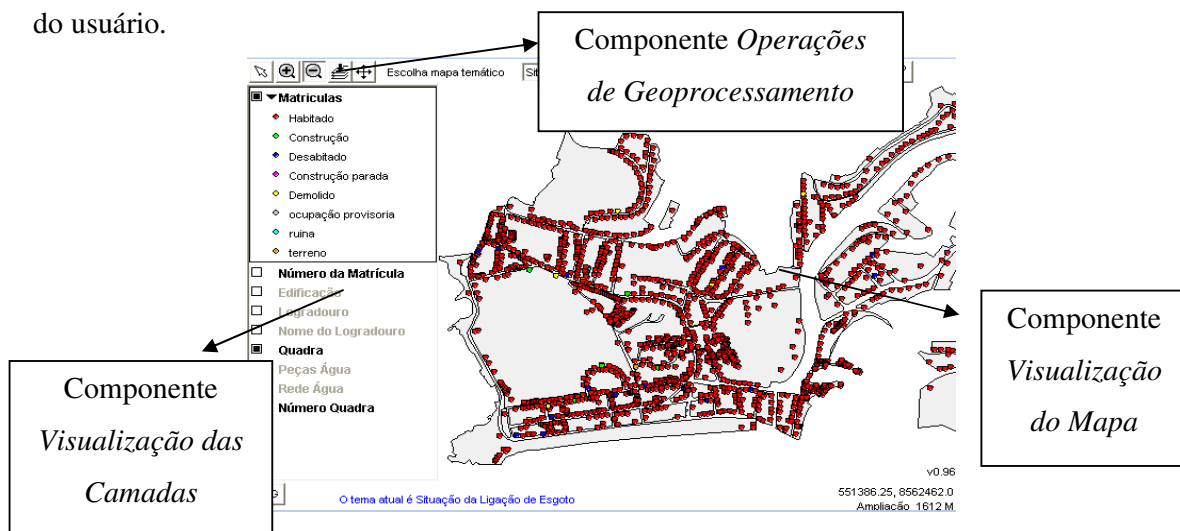


Figura 3.16 - Exemplo de um SIG Web desenvolvido com o AlovMap
 Nota: Elaboração própria (2009).

3.2.3 Outros Ambientes

Outros ambientes e tecnologias que merecem destaque como alternativas para publicação de mapas na Web são: GeoServer (GEOSERVER, 2008), GoogleMaps (GOOGLE MAPS API, 2008) e I3GEO (SOFTWAREPÚBLICO, 2008).

O GeoServer é um ambiente de código aberto compatível com os padrões da OGC WFS (não transacional e transacional) e WMS. Com o GeoServer é possível publicar os dados vindo de diversas fontes, como PostGIS e ShapeFile (GEOSERVER, 2008).

Dentre as principais características do GeoServer, destacam-se:

- a) A possibilidade de publicar mapas nos formatos JPEG, GIF, PNG e KML;
- b) A compatibilidade com dados vetoriais no formato GML e ShapeFiles através do WFS;
- c) A Possibilidade de visualização de mapas via tecnologia Ajax;
- d) O suporte a estilos e filtro de dados nos formatos WFS e WMS;
- e) A implementação da arquitetura *Servlet*, compatível com qualquer servidor de aplicação.

Uma das formas de interação dos mapas publicados com o GeoServer pode ser feita através da implementação do cliente com a linguagem JavaScript e a API OpenLayers (OPENLAYERS, 2008). Esta API fornece um conjunto de classes para adicionar funcionalidades de *zoom (in/out)*, *pan* e visualização das camadas de informação no SIG Web. Algumas classes disponíveis nesta API são: *OpenLayers.Map*, classe principal que representa um mapa; *OpenLayers.Layers*, classe que representa as camadas de informação disponíveis para visualização no SIG Web; e *OpenLayers.Controls*, classe que define quais serão os controles do mapa (SCHÜTZE, 2007).

A Figura 3.17 mostra um exemplo de um SIG Web desenvolvido no GeoServer e com a API OpenLayers. Nesta Figura, estão destacadas quatro áreas: *Layer Overview* – área onde as camadas de informação ficam disponíveis; *Main Map* – área principal do mapa; *Overview Map* – área que representa o mapa de referência; e *Pan/zoom/tool bar*- área que disponibiliza as funcionalidades do SIG Web.

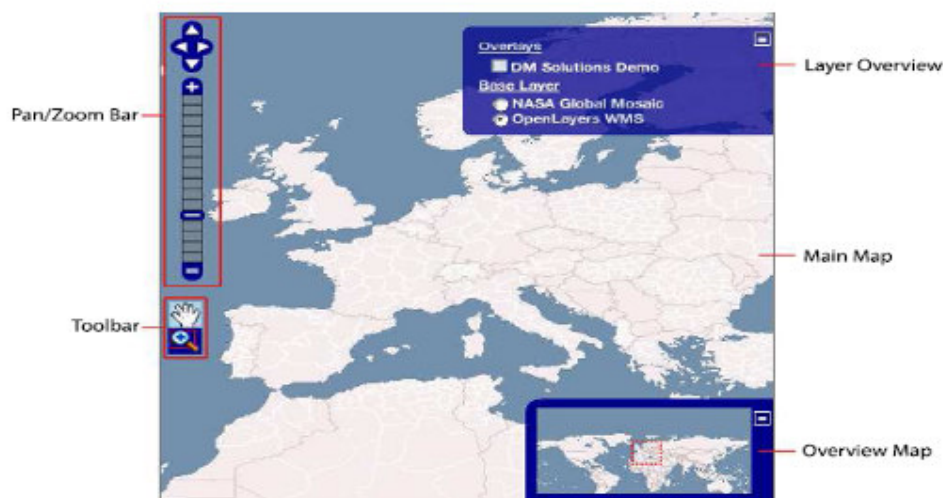


Figura 3.17 - Principais Componentes de uma Aplicação com *OpenLayers*
 Fonte: Schütze (2007).

Outra tecnologia para disponibilização de dados geográficos na Web é a API GoogleMaps. Esta API tem como objetivo fornecer um conjunto de classes para a construção de páginas HTML com mapas (DAVIS, 2006).

A API GoogleMaps permite a implementação de SIG Web com três tipos de visualização dos mapas: *i) Maps (mapa)*, onde pode ser visto nomes de ruas, cidades, dentre outros pontos de interesse; *ii) Satellite Imagery* (imagem de satélite), onde estão disponíveis imagens de satélite (Figura 3.18); e *iii) Hybrid Maps* (Híbrido) que é a visualização conjunta dos outros dois tipos (BROWN, 2006).



Figura 3.18 - Visualização Satélite com a API GoogleMaps
 Nota: Elaboração própria (2009).

Os mapas disponibilizados com a API GoogleMaps são baseados em quatro elementos: *Overlays*, *Events*, *Information* e *Controls*. Os *Overlays* são todos os pontos de interesse contidos nos mapas representados por pontos ou polígonos. Os *Events* são os eventos associados ao mapa como, por exemplo, cliques sobre o mapa, propiciando ao usuário uma maior interatividade. O *Information* é o elemento que representa uma janela com informações adicionais sobre um determinado ponto ou polígono do mapa. Por fim, os *Controls* são os controles de conteúdo do mapa que a API disponibiliza para o SIG Web (BROWN, 2006).

Para a implementação dos quatro elementos, a API possui diversas classes, destacando-se a *GMap*, *GMarker* e *GEvent*. A *GMap* é a classe que representa o mapa e define quais tipos de visualização estarão disponíveis. A *GMarker* determina os pontos do mapa e a sua visualização através de ícones. A *GEvent* permite a manipulação de eventos, como cliques do mouse (BROWN, 2006).

Outro aplicativo que tem sido muito adotado, principalmente no Brasil, para desenvolvimento de SIG Web é o I3GEO (SOFTWAREPÚBLICO, 2008). O I3GEO é um projeto desenvolvido pela Coordenação Geral de Tecnologia de Informação do Ministério do Meio Ambiente do Governo Brasileiro, cujo objetivo é agrupar e organizar dados geográficos produzidos pelas diversas áreas do Ministério. O I3GEO permite desde a navegação no mapa e visualização de mapas temáticos até a análise e apoio a tomada de decisão (SOFTWAREPÚBLICO, 2008).

A implementação do I3GEO tem como base o MapServer em conjunto com a linguagem PHP e a extensão PHPMapScript. Sua interface pode ser visualizada na Figura 3.19. Nesta interface, estão disponíveis as ferramentas de *zoom*, *pan* e manipulação do mapa.

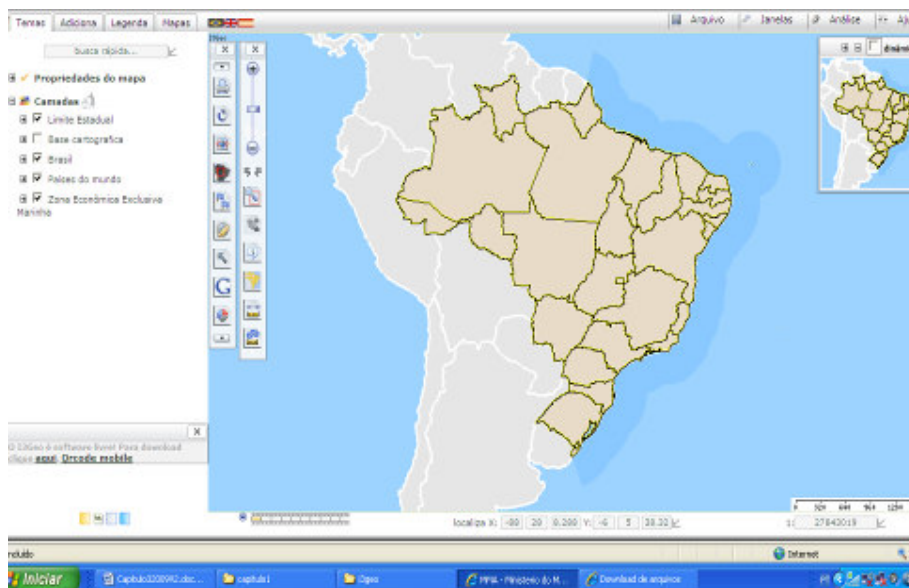


Figura 3.19 - Interface de um SIG Web Desenvolvido com o I3GEO
Nota: Elaboração própria (2009).

Por ser baseado no ambiente MapServer, o I3GEO também utiliza o arquivo *MapFile* para a configuração do ambiente. A diferença entre o *MapFile* do MapServer e do I3GEO está no uso de novos elementos, tais como (SOFTWAREPÚBLICO, 2008):

- **METADATA** – é elemento principal do *I3GEO*. Todos os elementos específicos do *I3GEO* devem ficar hierarquicamente abaixo deste;
- **ITENS**– este elemento é responsável por determinar a lista de itens existentes na tabela de atributos e que serão mostrados na consulta a uma feição do mapa;
- **TEMA** – este elemento determina o nome que será mostrado na legenda;
- **CLASSE** – este elemento define se o tema possui classes (mapas temáticos) ou não;
- **DOWNLOAD** – este elemento exibe um ícone ao lado do tema possibilitando *download* dos dados geográficos;
- **ESCONDIDO** – este elemento define se o tema ficará oculto ou não para o usuário.

Os novos elementos que compõem o arquivo *MapFile* interpretado pelo I3GEO representam o acréscimo de algumas funcionalidades ou simplesmente a tradução para o português dos elementos do *MapFile* original. Um exemplo deste último caso é o elemento “escondido”, que representa a propriedade *status* encontrada no *MapFile* do MapServer. Uma das novas funcionalidades é o elemento *download*, que permite baixar os arquivos de mapas para a máquina do usuário.

Os ambientes mostrados nesta seção foram desenvolvidos com objetivos específicos. O Geoserver é um projeto voltado para o uso de serviços geográficos na Web. Houve um período de pouco investimento em desenvolvimento por parte da comunidade de Software Livre no ambiente GeoServer. Este período pode ser constatado com a descontinuação do *MapBuilder*, uma biblioteca que permitia a manipulação deste ambiente (MAPBUILDER, 2009). O GoogleMaps foi desenvolvido visando popularizar a utilização de mapas na Web. Este ambiente, entretanto, tem várias limitações. Dentre estas limitações, destaca-se a ausência de compatibilidade nativa com arquivos geográficos padrão de mercado, tais como MIF da MapInfo e ShapeFile da ESRI (APPJ, 2009; ESRI, 2009). Esta característica limita o uso do GoogleMaps em ambientes corporativos que possuem a sua própria base cartográfica em arquivos geográficos. Finalmente, o I3GEO foi concebido especificamente para a integração de dados geográficos da área de meio ambiente do Ministério do Meio Ambiente do Brasil. Este aplicativo é um projeto nacional e não possui, no momento, uma projeção mundial.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ambientes livres e gratuitos, que dão suporte a publicação de mapas, constituem-se uma alternativa interessante para publicar dados geográficos na Web sem quaisquer custos com licenças de software. A evolução desses ambientes não depende de empresas, mas de comunidades que disponibilizam com frequência novas versões otimizadas e com erros corrigidos.

A adoção e o efetivo uso dos ambientes livres e gratuitos, entretanto, requerem dos desenvolvedores do SIG Web conhecimentos avançados sobre as tecnologias computacionais que servem de base para tais ambientes. O desenvolvedor necessita, ainda, conhecer todas as funcionalidades, a arquitetura Web do ambiente, a sintaxe e a semântica dos elementos utilizados nos arquivos de configuração e codificação. Estas questões tornam o processo de desenvolvimento de um SIG Web nos ambientes livres e gratuitos uma tarefa bastante complexa e tediosa.

Em função de toda a complexidade em se desenvolver um SIG Web em ambientes livres e gratuitos e da inexistência de ferramentas abrangentes para a construção gráfica nestes ambientes, este trabalho propõe, o desenvolvimento da ferramenta SIGWeb Builder.

A ferramenta SIGWeb Builder visa permitir aos desenvolvedores do SIG Web uma abstração de todos os detalhes de implementação dos ambientes que oferecem suporte a publicação de mapas na Web. Esta ferramenta fornece aos desenvolvedores uma interface

gráfica e intuitiva para a construção de projetos SIG Web em ambientes livres e gratuitos. A arquitetura e o desenvolvimento da ferramenta SIGWeb Builder serão descritos no próximo capítulo.

4 A FERRAMENTA SIGWEB BUILDER

O processo de desenvolvimento de SIG Web contempla diversos requisitos funcionais e não funcionais, que transformam este processo uma atividade não trivial (FERRUCCI e outros, 2007). Alguns destes requisitos, dificilmente encontrados em projetos de SIGs tradicionais (*Desktop*), são peculiares ao processo de desenvolvimento dos SIG Web. Dentre eles, destacam-se (PENG; TSOU, 2003; SHEKHAR; XIONG, 2007):

- a) Quantidade e diversidade de usuários;
- b) Quantidade de recursos;
- c) Infraestrutura Servidora Web;
- d) Domínio de várias tecnologias (XML, HTML, JavaScript);
- e) Segurança dos dados;
- f) Escalabilidade do sistema;
- g) Arquitetura Web.

Para lidar com as dificuldades advindas do processo de construção dos SIG Web, diversas soluções tecnológicas proprietárias foram desenvolvidas (FERRUCCI e outros, 2007; SHEKHAR; XIONG, 2007). Estas soluções possuem custos elevados e exigem das organizações grandes investimentos em equipamentos, programas e pessoal especialista em computação (ARAGÃO; CAMPOS, 2009; MIRANDA e outros, 2002; Martino e outros, 2007).

Os investimentos exigidos pelas soluções proprietárias acabam inviabilizando o desenvolvimento de SIG Web na maioria das organizações. Vale salientar, também, que as soluções proprietárias, geralmente, não permitem a integração de outras tecnologias ou a customização da solução propriamente dita. Uma alternativa para minimizar estas questões e os custos envolvidos no processo de desenvolvimento de SIG Web é a adoção de soluções livres que não possuem custos com licença.

De um modo geral, entretanto, os problemas e desafios inerentes ao processo de construção dos SIG Web são amplificados e tornam-se mais críticos em projetos baseados em ambientes livres e gratuitos. Esta característica se deve ao fato destes ambientes carecerem de ferramentas, que auxiliem o desenvolvedor no processo de construção do projeto SIG Web. Além disso, o desenvolvedor, ao utilizar um ambiente livre e gratuito, precisa conhecer os conceitos relativos à área de SIG, os detalhes de funcionamento do ambiente em questão, as tecnologias Web envolvidas e dominar a sintaxe e a semântica de todos os objetos utilizados na codificação e configuração do ambiente.

Visando minimizar o esforço e as dificuldades do desenvolvimento dos SIG Web em ambientes livres e gratuitos foi desenvolvida, neste trabalho, a ferramenta SIGWeb Builder. O objetivo desta ferramenta é permitir que os desenvolvedores se preocupem, basicamente, com a apresentação do sistema, com as funcionalidades a serem ofertadas e com a regra de negócio do SIG Web.

Em uma visão macro, o principal requisito funcional da ferramenta é apoiar todo o processo de construção de um SIG Web baseado em ambientes livres e gratuitos. Desta forma, a ferramenta SIGWeb Builder auxilia os desenvolvedores desde a concepção do projeto do SIG Web até à sua efetiva implantação no servidor de mapas.

As próximas seções apresentam as principais características de um SIG Web, bem como os detalhes dos requisitos, da arquitetura e da implementação da ferramenta SIGWeb Builder.

4.1 CARACTERÍSTICAS DOS SIG WEB

O principal objetivo dos SIG Web é a disponibilização de dados geográficos em ambiente Web. De um modo geral, os SIG Web possuem uma interface fácil e intuitiva para visualização de mapas. A esta característica são acrescentadas funcionalidades para a manipulação e construção de mapas. Em função destas características, os SIG Web se tornaram bastante populares, facilitando o uso de dados geoespaciais por parte de usuários não especializados e potencializando a disseminação destes dados em ambientes corporativos. Atualmente, tanto usuários especialistas quanto não especialistas conseguem compreender facilmente os dados geográficos disponibilizados em um SIG Web e se beneficiar do uso destes sistemas (LONGLEY e outros, 2005).

Considerando, entretanto, a quantidade e os diferentes níveis de conhecimento do público alvo de um SIG Web, estes sistemas devem implementar funcionalidades que sejam de fácil assimilação por parte da maioria dos usuários, assim, as principais funcionalidades ofertadas por um SIG Web são: *i*) visualização de mapas; *ii*) seleção de camadas de informação; e *iii*) manipulação dos dados geográficos. Estas funcionalidades são materializadas na interface dos SIG Web em três componentes principais: Visualização do Mapa, Visualização das Camadas e Operações de Geoprocessamento.

O componente Visualização do Mapa é responsável pela exibição do mapa que compõe o SIG Web. O componente Visualização das Camadas propicia ao usuário manipular a visão dos dados apresentados no SIG Web. Por fim, o componente Operações de Geoprocessamento permite que o usuário interaja com o componente Visualização do Mapa.

Através das Operações de Geoprocessamento, o usuário pode efetuar mudança de escala (*zoom*), movimentar o mapa (*pan*) e fazer consultas espaciais com a simples seleção de um ponto no mapa. A Figura 4.1 mostra um exemplo de um SIG Web com todos os seus componentes destacados.

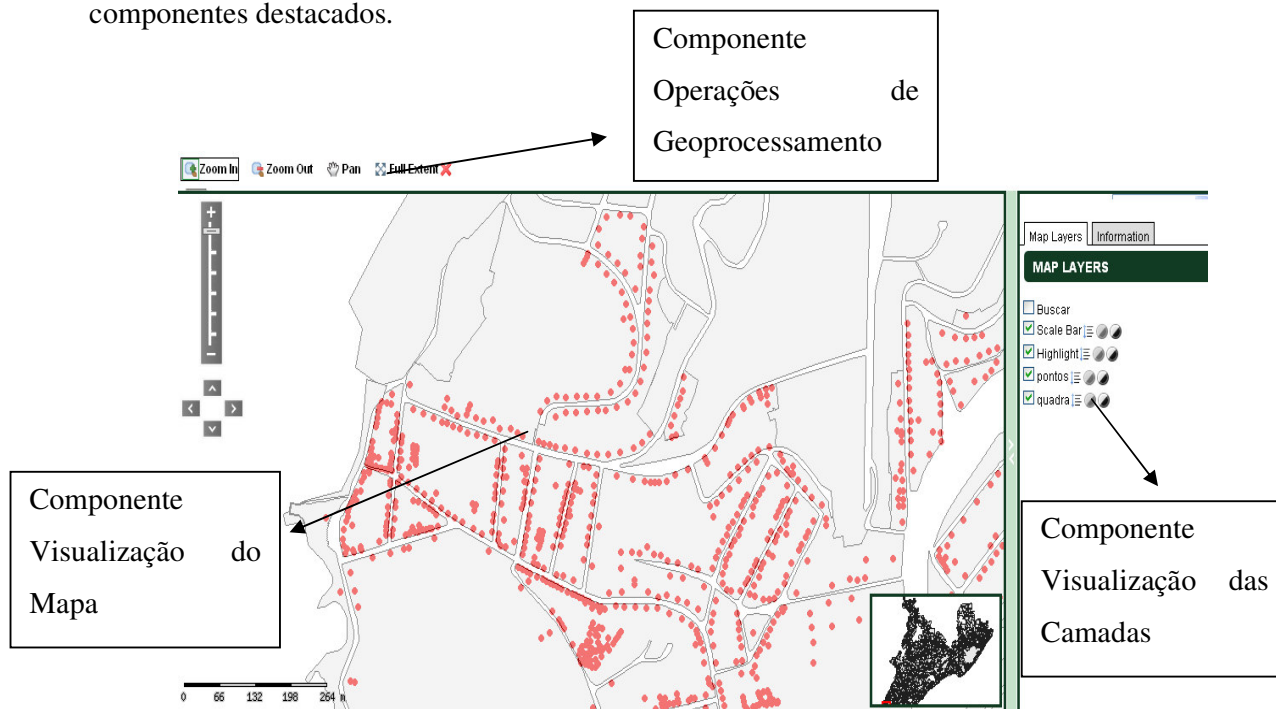


Figura 4.1 - Um SIG Web e seus Principais Componentes
Nota: Elaboração própria (2009).

A ferramenta SIGWeb Builder proposta neste trabalho foi implementada levando em consideração as características e os principais componentes identificados na maioria dos SIG Web. Os Requisitos Funcionais e Não Funcionais desta ferramenta são descritos na próxima seção.

4.2 REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS DA FERRAMENTA SIGWEB BUILDER

A ferramenta SIGWeb Builder se baseia no conceito de projeto. Cada projeto representa uma aplicação SIG Web completa e funcional. De forma a definir todas as características de um projeto, foram identificados os Requisitos Funcionais para ferramenta SIGWeb Builder. São eles:

- a) **Definir o layout do SIG Web:** o desenvolvedor pode definir, a partir de modelos previamente construídos, a disposição dos elementos do SIG Web na tela;
- b) **Cadastrar, remover e editar camadas de informação:** o desenvolvedor pode cadastrar, remover e editar as camadas de informação e definir todas as suas

propriedades, tais como: nome da camada, fonte dos dados, tipo de dado geográfico, entre outras.

- c) **Cadastrar, remover e editar mapas temáticos:** o desenvolvedor pode definir novas visões dos dados geográficos das camadas de informação, através dos mapas temáticos. Esta funcionalidade permite ao desenvolvedor configurar símbolos e cores que vão compor o mapa temático;
- d) **Cadastrar e remover funcionalidades do SIG Web:** o desenvolvedor pode determinar quais funções de geoprocessamento estarão disponíveis no SIG Web. Dentre estas funções estão o *zoom-in*, *zoom-out*, *seleção* e *pan*;
- e) **Implantar o projeto SIG Web no servidor de mapa alvo:** o desenvolvedor pode implantar o projeto SIG Web no servidor de mapas. Esta tarefa é feita de forma automática pela ferramenta, sendo completamente transparente para o desenvolvedor.

O Diagrama de Caso de Uso da Figura 4.2, ilustra os principais Requisitos Funcionais da ferramenta SIGWeb Builder.

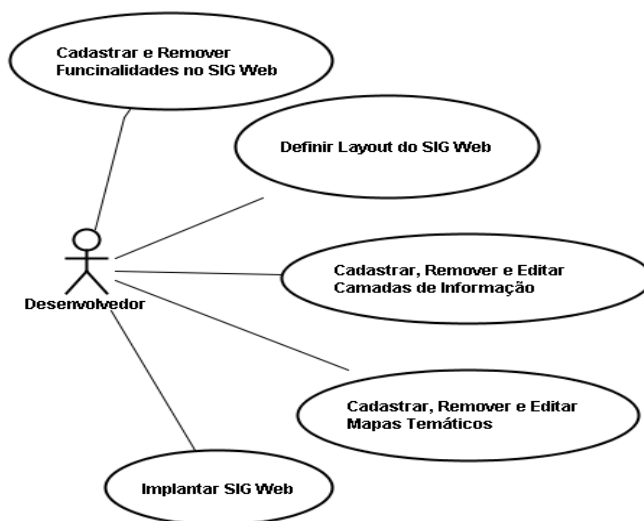


Figura 4.2 - Diagrama de Caso de Uso com os Principais Requisitos Funcionais da Ferramenta SIGWeb Builder
Nota: Elaboração própria (2009).

Os Requisitos Não Funcionais da ferramenta SIGWeb Builder, isto é, aqueles relativos a infraestrutura para a sua execução são: computador *Desktop* com Microsoft Windows ou Linux e Máquina Virtual Java instalados. Estes Requisitos Não Funcionais são premissas básicas para a utilização das funcionalidades de construção de um projeto SIG Web. Para o uso das funcionalidades de implantação do projeto, especificamente, é necessário ter os servidores de mapa suportados pela ferramenta instalados.

Em função dos Requisitos Funcionais e Não Funcionais, foi concebida a arquitetura da ferramenta SIGWeb Builder. Esta arquitetura foi dividida em camadas que estão descritas com mais detalhes na próxima seção.

4.3 ARQUITETURA DA FERRAMENTA SIGWEB BUILDER

A arquitetura da ferramenta SIGWeb Builder foi dividida em camadas logicamente separadas, que facilitaram a implementação e a manutenção da ferramenta. Estas camadas, mostradas na Figura 4.3, são: Camada de Interface Gráfica, Camada de Construção, Camada de Acesso a Dados e Camada de Publicação.

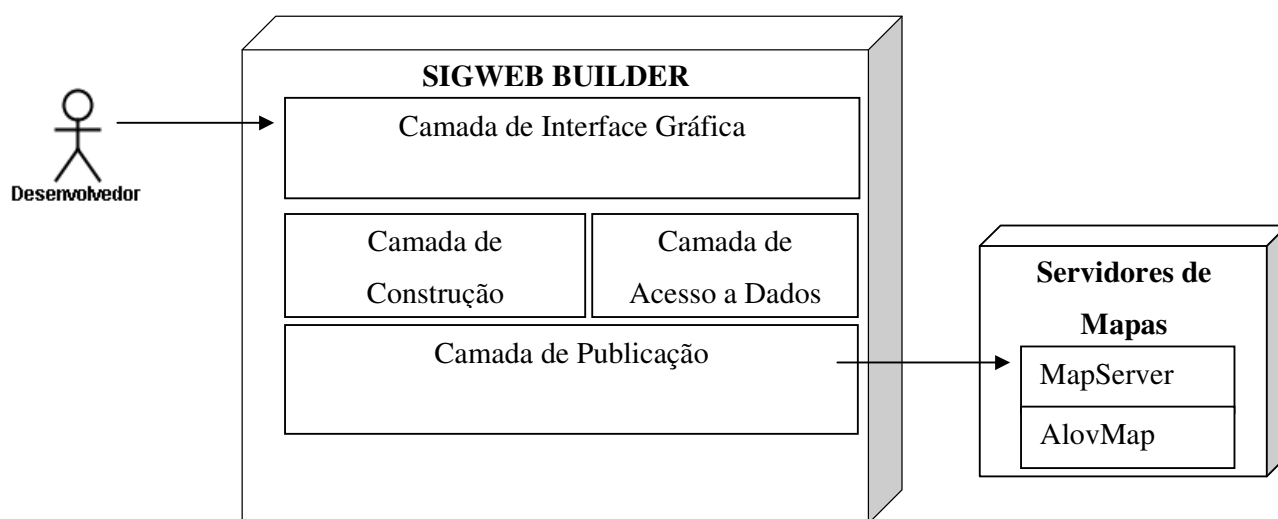


Figura 4.3 - Arquitetura da Ferramenta SIGWeb Builder
Nota: Elaboração própria (2009).

No nível mais próximo ao desenvolvedor se encontra a Camada de Interface Gráfica. É através desta camada que são definidos, de forma gráfica, os parâmetros do projeto SIG Web.

A Camada de Construção é responsável por toda a lógica da regra de negócio da ferramenta. Esta camada é composta por classes, que utilizam os parâmetros definidos pelo desenvolvedor na interface gráfica para a construção do modelo independente do ambiente alvo a ser utilizado. Estes parâmetros são utilizados para a geração dos arquivos de configuração necessários para a publicação do projeto.

A Camada de Acesso a Dados é composta por todas as classes que acessam os metadados contidos em arquivos ou banco de dados geográficos. Esta camada auxilia a construção das camadas de informação e dos mapas temáticos que irão compor o SIG Web.

Por último, a Camada de Publicação é responsável por toda a lógica de criação dos arquivos de configuração e de implantação do SIG Web no servidor de mapas. Esta é a

camada mais próxima aos servidores de mapas. Cada camada da arquitetura da ferramenta SIGWeb Builder está descrita com mais detalhes nas próximas seções.

4.3.1 Camada de Interface Gráfica

Todas as telas da ferramenta SIGWeb Builder estão implementadas na Camada de Interface Gráfica. A tela principal desta ferramenta possui um conjunto de componentes para a definição dos parâmetros do projeto e uma área de visualização prévia da aparência do SIG Web. A definição dos parâmetros do projeto é feita através de três paletas funcionais: Paleta de Projeto, Paleta Layers e Paleta Funcionalidades (Figura 4.4).

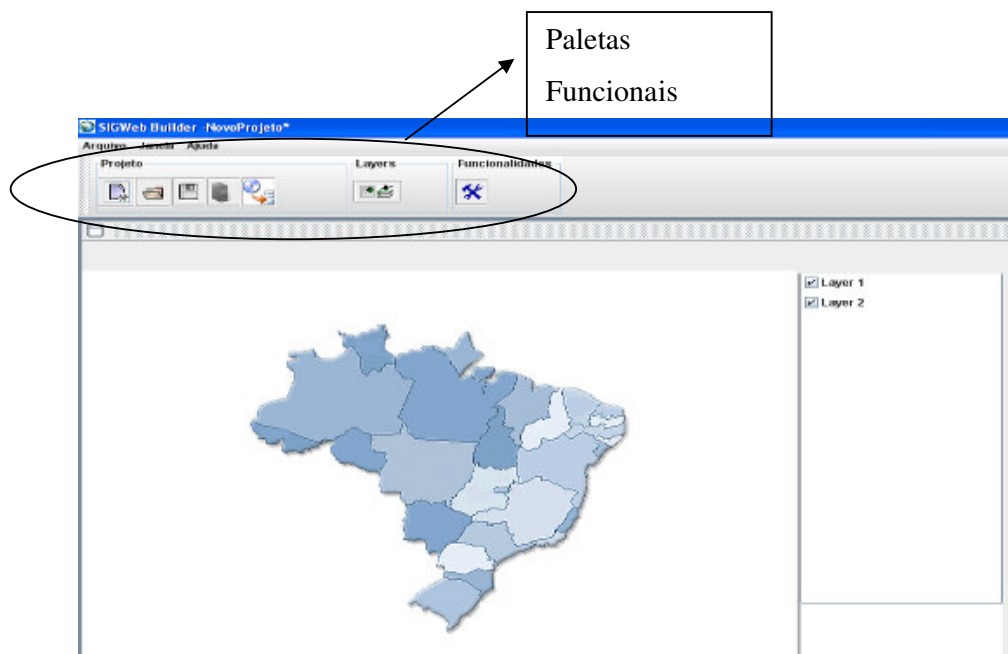


Figura 4.4 - Tela Principal da Ferramenta SIGWeb Builder, Destacando-se as Paletas Funcionais
Nota: Elaboração própria (2009).

A Paleta de Projeto possui componentes gráficos (botões) representando todas as funcionalidades relacionadas à criação e manutenção do projeto SIG Web (Figura 4.4). São eles:

- a) Criar Projeto;
- b) Abrir Projeto;
- c) Salvar Projeto;
- d) Editar projeto;
- e) Publicar do Projeto.

Para a criação de um novo projeto, é necessário somente definir um nome para o projeto, o servidor de mapas alvo e um modelo (*template*), que determina a disposição dos componentes do SIG Web na tela (Figura 4.5).

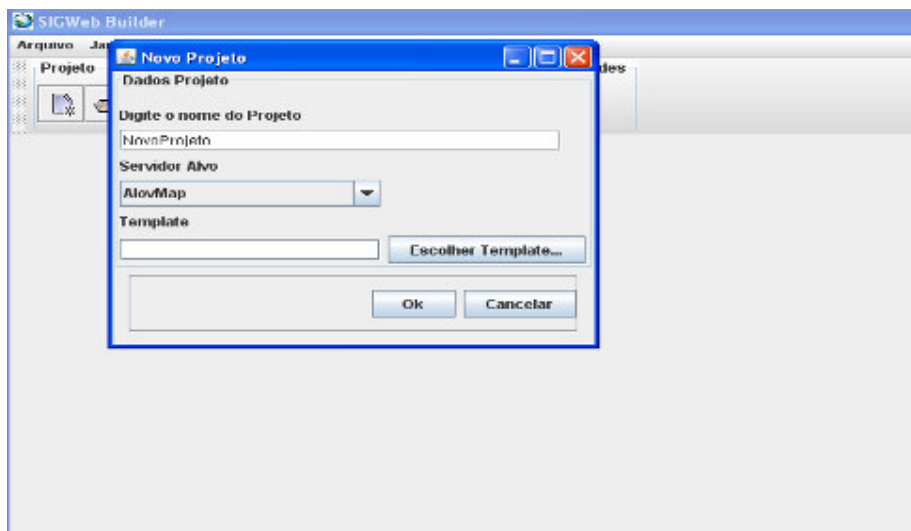


Figura 4.5 - Tela para definição do servidor alvo e do *template*
Nota: Elaboração própria (2009).

A escolha do servidor de mapas alvo no início da definição do projeto é necessária para que haja uma personalização das opções contidas nas telas da ferramenta SIGWeb Builder. Esta característica faz com que as opções sejam baseadas em contexto. No momento da seleção das fontes dos dados que irão compor o mapa do SIG Web, por exemplo, o desenvolvedor só visualiza os tipos de dados compatíveis com o servidor de mapas alvo escolhido. É importante salientar que a escolha do servidor de mapas alvo no início do projeto não elimina a possibilidade de publicação futura deste projeto em outro servidor.

Além da escolha do servidor de mapas alvo, o desenvolvedor deve definir, também, um *template* para o projeto do SIG Web. Para auxiliar o desenvolvedor na definição do *layout*, a ferramenta SIGWeb Builder disponibiliza um conjunto clássico de *templates*, identificado na maioria dos SIG Web (Figura 4.6).

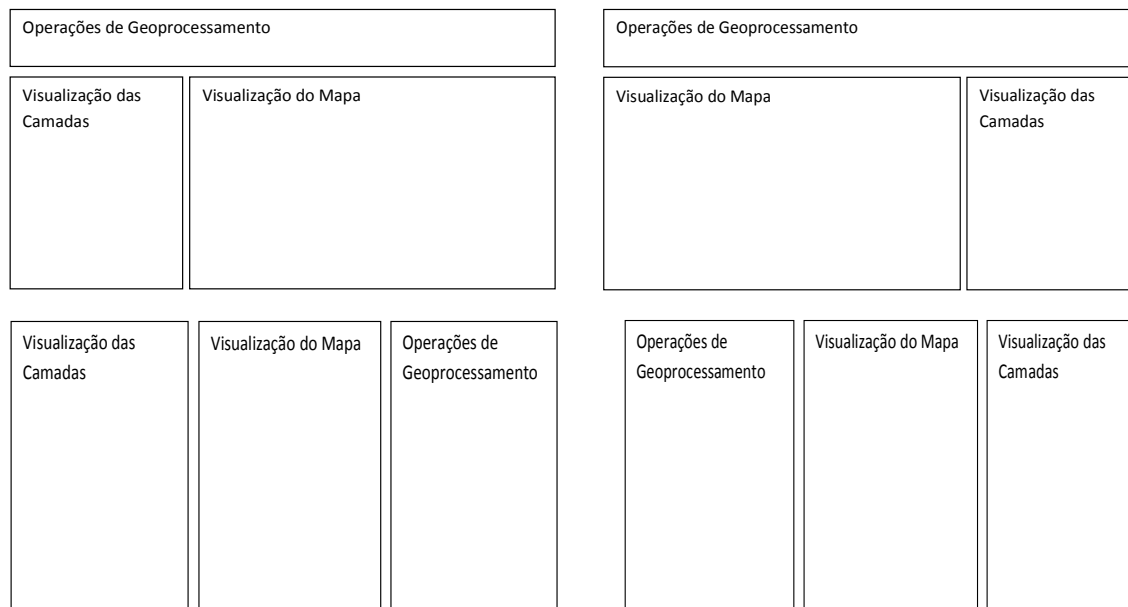


Figura 4.6 - *Templates* Disponíveis na ferramenta SIGWeb Builder
Nota: Elaboração própria (2009).

O uso de *templates*, presentes também em algumas ferramentas proprietárias, tem vantagens e desvantagens (AUTODESK, 2009). A principal vantagem de disponibilizar um conjunto restrito de *layouts* é facilitar a assimilação da interface dos SIG Web pelo numeroso e diversificado público alvo desses sistemas. Desta forma, o custo de aprendizado do usuário é praticamente nulo. Outra vantagem significativa na utilização de *templates* é a implementação do SIG Web nos servidores de mapa livres. A maioria desses servidores é baseada no conceito de *templates*, o que facilita enormemente a construção de arquivos de configuração nestes ambientes. A principal desvantagem desta abordagem, entretanto, é a possibilidade de limitar a criatividade dos desenvolvedores e a incapacidade de adaptação da interface dos SIG Web para um domínio ou problema específico. Acredita-se que a possibilidade de organizar livremente os componentes da interface com o usuário, se utilizado com critério e bom senso, é um importante recurso para as ferramentas de auxílio à construção de SIG Web. Dada as dificuldades técnicas, entretanto, não é disponibilizado este recurso na versão atual da ferramenta SIGWeb Builder e é apontado como possível extensão em trabalhos futuros.

Após as definições iniciais do projeto, o desenvolvedor necessita, agora, determinar as camadas de informação (*layers*) que irão compor o mapa do SIG Web. Para tanto, o desenvolvedor deve utilizar a Paleta Layers que possui todas as funcionalidades para a definição dos parâmetros das camadas de informação. Uma camada de informação tem por objetivo separar de forma lógica as entidades geográficas apresentadas no mapa do SIG Web.

Considere, por exemplo, que o desenvolvedor deseje compor um mapa com as quadras e os consumidores de água de uma determinada cidade. Neste caso, o desenvolvedor do SIG Web poderia definir duas camadas de informação: Consumidores e Quadras, representando os consumidores de água e as quadras da cidade, respectivamente.

As Camadas de Informação Consumidores e Quadras definidas podem ser ativadas ou desativadas seletivamente, permitindo ao usuário visualizar os dados de uma camada de forma isolada ou combinada com os dados de outras camadas. Na Figura 4.7.a, por exemplo, a única camada que está ativa é Quadras. Já na Figura 4.7.b, a única camada ativa é Consumidores. Estas camadas podem, ainda, ser sobrepostas e integradas, conforme mostrado na Figura 4.7.c.

O desenvolvedor deve ter bastante cuidado ao definir a ordem de sobreposição das camadas de informação. Um erro nesta definição pode implicar na não visualização de uma determinada camada. No SIG Web da Figura 4.7.c, por exemplo, caso o desenvolvedor determinasse que a camada de informação Quadras ficasse sobreposta à camada de informação Consumidores, esta última não poderia ser visualizada no mapa. Isto ocorreria porque os polígonos com preenchimento, que representam as quadras, iriam sobrepor os pontos, que representam os consumidores.

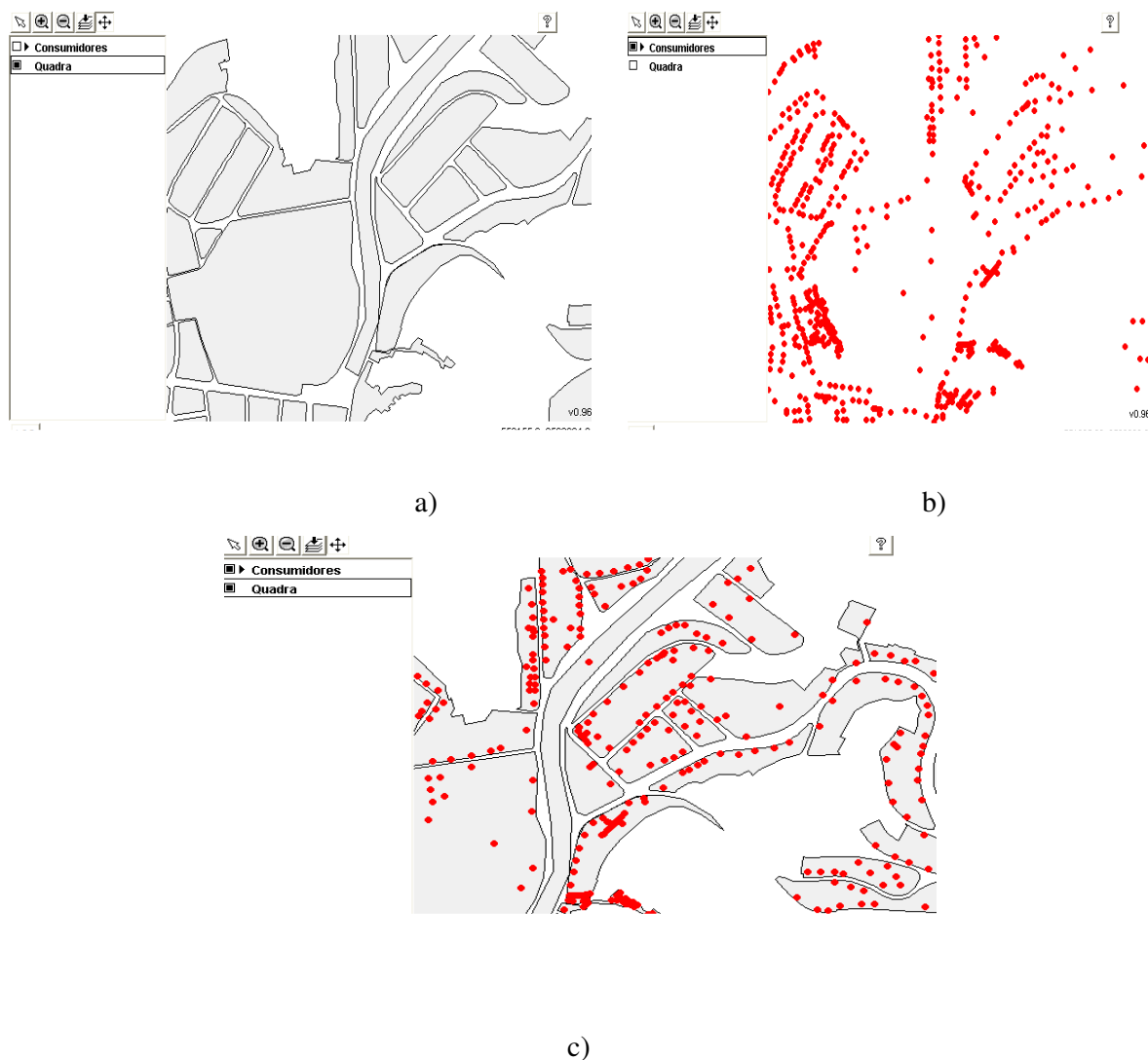


Figura 4.7 - Camadas de Informação: a) Um Mapa com a Camada Quadras Ativada b) Um Mapa com a Camada Consumidores Ativada e c) Mapa com Duas Camadas Integradas
Nota: Elaboração própria (2009).

Para adicionar, remover, editar ou mudar a ordem das camadas de informação na ferramenta SIGWeb Builder, o desenvolvedor deve utilizar os botões destacados na Figura 4.8.

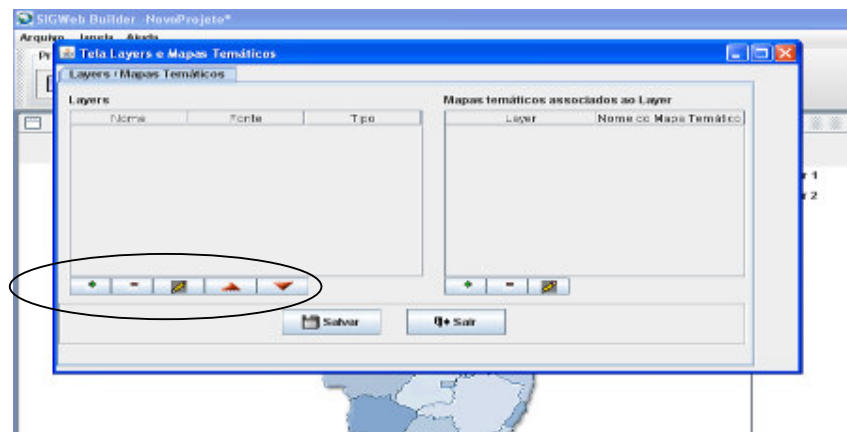


Figura 4.8 - Tela de Projeto para Adicionar, Remover, Editar ou Mudar a Ordem das Camadas de Informação
Nota: Elaboração própria (2009).

Todos os parâmetros da camada de informação são configurados através de telas gráficas, independente do ambiente alvo escolhido (Figura 4.9). Para cada camada de informação, o desenvolvedor deve configurar o nome, o tipo da fonte dos dados (arquivo, banco de dados ou serviço Web), a *status* (se estará ativa ou não), as cores e os símbolos que irão representar os dados da camada.

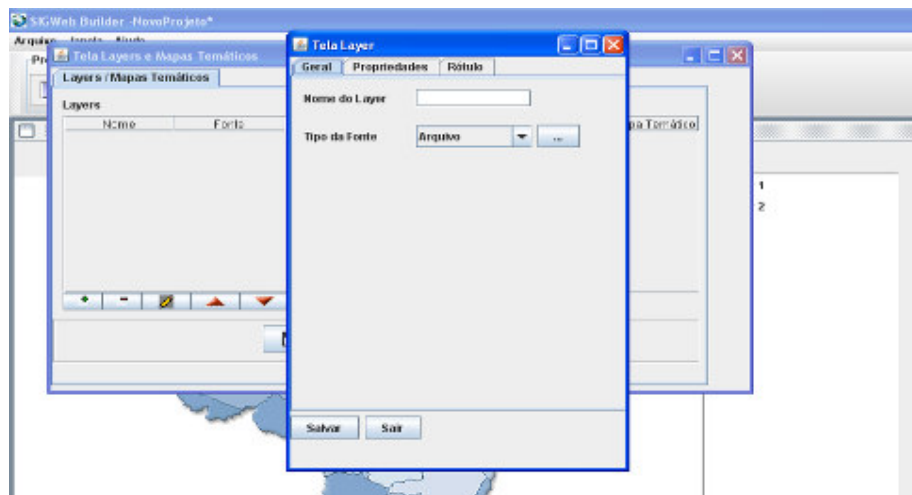


Figura 4.9 - Tela para Definição dos Atributos da Camada de Informação
Nota: Elaboração do autor (2009).

A depender da fonte dos dados utilizada, o desenvolvedor precisa configurar outros parâmetros, tais como o servidor, o usuário e a senha do banco de dados. Na Figura 4.10, por exemplo, o desenvolvedor está configurando a fonte dos dados geográficos, que está armazenada em uma tabela *Quadra* e em uma base de dados chamada *template_postgis* do SGBD.

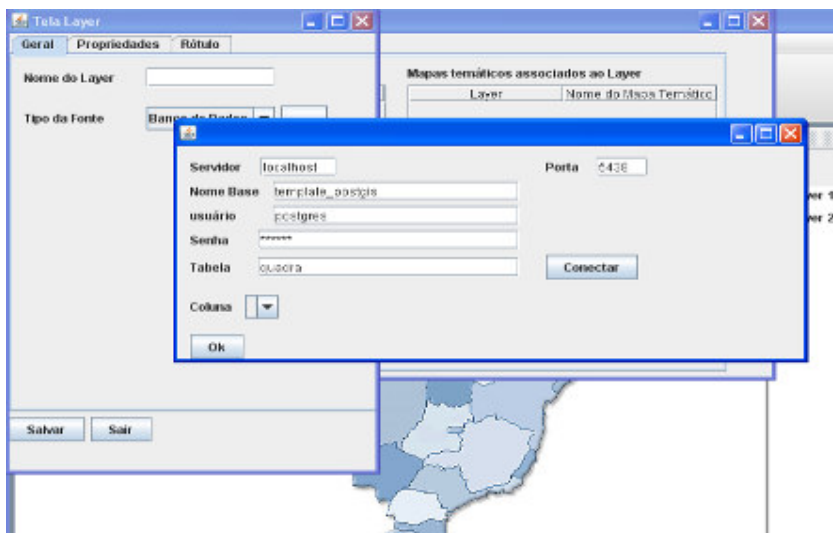


Figura 4.10 - Tela para Configuração de uma Conexão com Banco de Dados
Nota: Elaboração própria (2009).

Após adicionar as camadas de informação, o desenvolvedor pode visualizá-las na ordem em que foram definidas (Figura 4.11). A lista de camadas apresenta as camadas de informação na ordem inversa que serão desenhadas no mapa. O desenvolvedor pode alterar a qualquer instante esta ordem através dos botões que possuem ícones com setas.

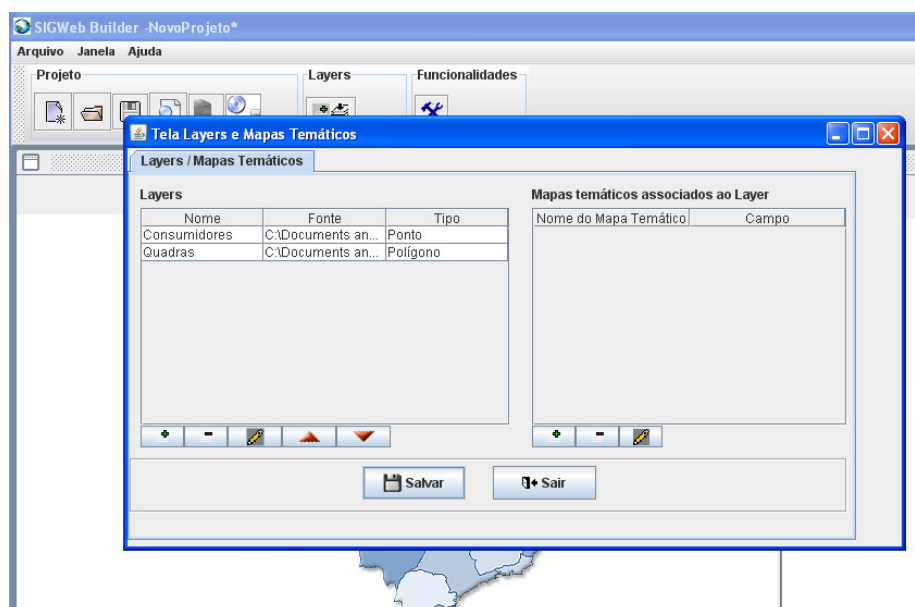


Figura 4.11 - Tela de Projeto com as Camadas de Informação Consumidores e Quadras
Nota: Elaboração própria (2009).

As camadas de informação podem ser associadas a um ou vários mapas temáticos. Um mapa temático é um recurso que permite a construção, por parte do desenvolvedor, de novas

visões dos dados geográficos contidos em uma determinada camada de informação. Estes mapas facilitam a interpretação dos dados e podem auxiliar os usuários no processo de tomadas de decisões e na identificação de padrões espaciais.

Os mapas temáticos classificam ou filtram os dados apresentados em uma camada de informação de acordo com algum critério definido pelo desenvolvedor. Em um mapa temático, as informações de uma camada são organizadas em grupos com uma simbologia própria. Considere, por exemplo, que o desenvolvedor deseja criar uma nova visão da camada Consumidores, classificando os consumidores em dois grupos: os que são e os que não são grandes consumidores. A este mapa temático, o desenvolvedor atribui um nome e o símbolo associado a cada grupo. Na prática, a camada de informação Consumidores, que aparecia no componente Visualização das Camadas (Figura 4.7.c), é substituída pelo mapa temático Grandes Consumidores (Figura 4.12). Uma legenda, indicando o nome dos grupos criados e os seus respectivos símbolos, é apresentada em conjunto com o nome do mapa temático no componente Visualização das camadas do SIG Web (Figura 4.12). No componente Visualização do Mapa do SIG Web, os símbolos utilizados na camada Consumidores são substituídos pelos símbolos de cada grupo do mapa temático. Desta forma, o usuário pode identificar facilmente quem é e quem não é grande consumidor e como estes tipos de consumidores estão distribuídos espacialmente (Figura 4.12).

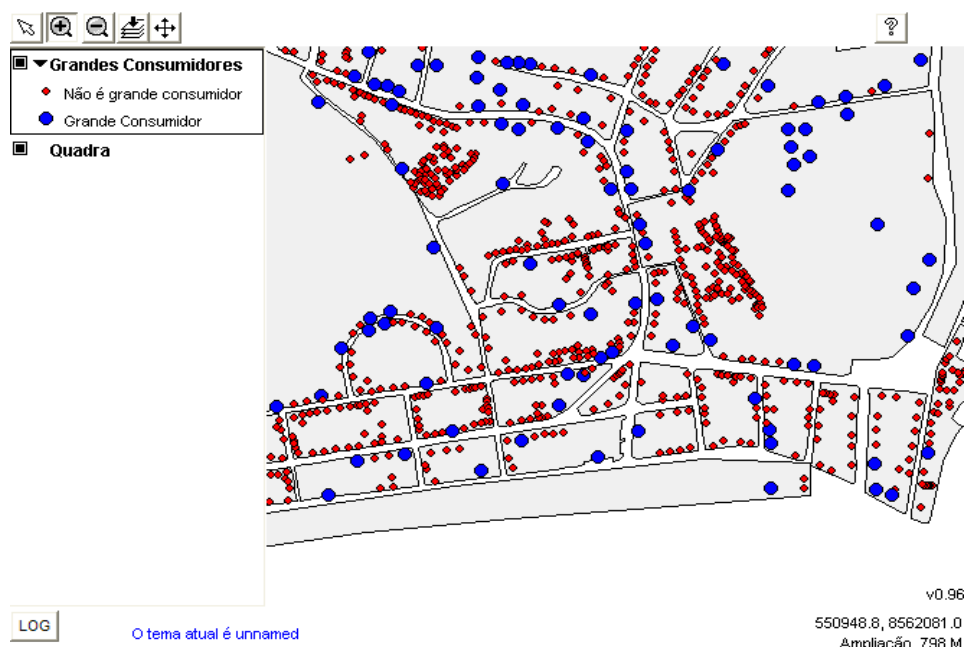


Figura 4.12 - Exemplo de um Mapa Temático
Nota: Elaboração própria (2009).

Para a criação de um mapa temático na ferramenta SIGWeb Builder, o desenvolvedor deve informar o nome do mapa, o campo do banco de dados ou arquivo geográfico que será utilizado para classificar, ou filtrar, os dados e o critério de classificação de cada dado. A tela da Figura 4.13 mostra o cadastro do mapa temático Grandes Consumidores. Neste caso, o campo utilizado para classificação dos dados é *Consumidor*.

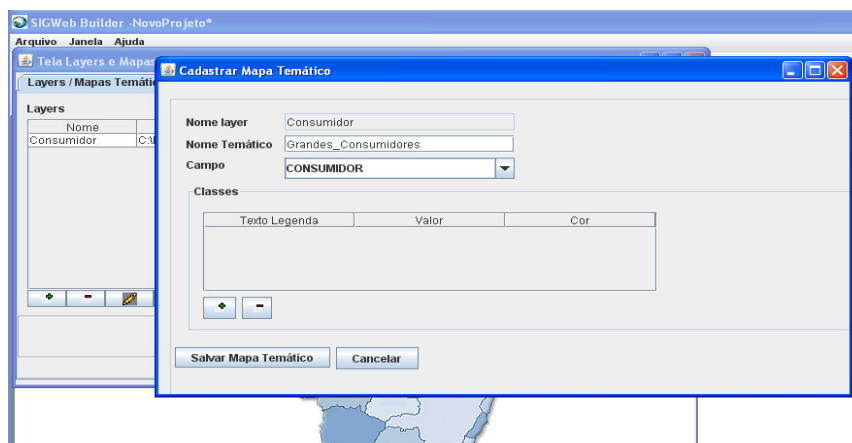


Figura 4.13 - Tela para Configuração do Mapa Temático Grandes Consumidores
Nota: Elaboração própria (2009).

Para definir os grupos que compõem o mapa temático e as suas propriedades, a ferramenta SIGWeb Builder disponibiliza uma tela denominada Propriedades do Tema (Figura 4.14). Nesta tela, é possível determinar o nome do grupo, o critério de inclusão de um dado no grupo e a aparência do símbolo utilizado para representar os elementos do grupo no mapa, tais como: as cores de preenchimento e de fundo, o símbolo (círculo, quadrado, dentre outros) e o tamanho do símbolo em *pixels*. Para definição do critério de inclusão no grupo, a tela Propriedades do Tema permite a especificação de critérios que podem conter dados numéricos, textuais ou consultas avançadas. Para campos que possuem dados numéricos, pode-se selecionar a opção que determina se um dado pertence a um intervalo aberto ou fechado.

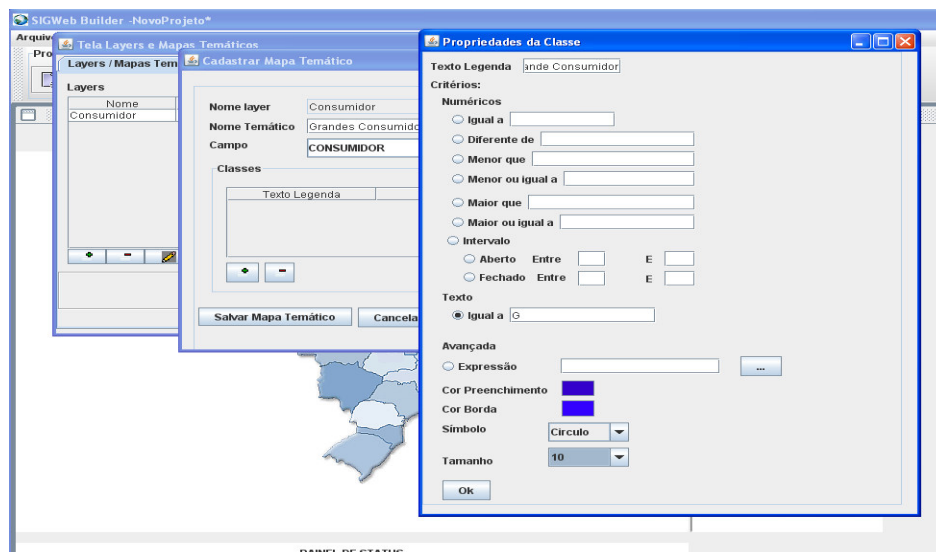


Figura 4.14 - Tela para Definição das Classes que irão compor o Mapa Temático
Nota: Elaboração própria (2009).

Caso o desenvolvedor necessite construir critérios de classificação mais complexos, ele pode utilizar uma interface gráfica para a definição de consultas SQL (Figura 4.15). Esta funcionalidade pode ser considerada mais avançada, uma vez que exige do desenvolvedor algum conhecimento sobre linguagens de banco de dados. No exemplo mostrado na Figura 4.15, o desenvolvedor deseja criar um grupo para identificar os grandes consumidores em débito a mais de 10 meses. Para tanto, ele classifica os dados a partir de dois critérios: *i*) o campo *meses_debito* do banco de dados precisa ser maior que 10; e *ii*) o campo *consumidor* do banco de dados deve ser igual a G.

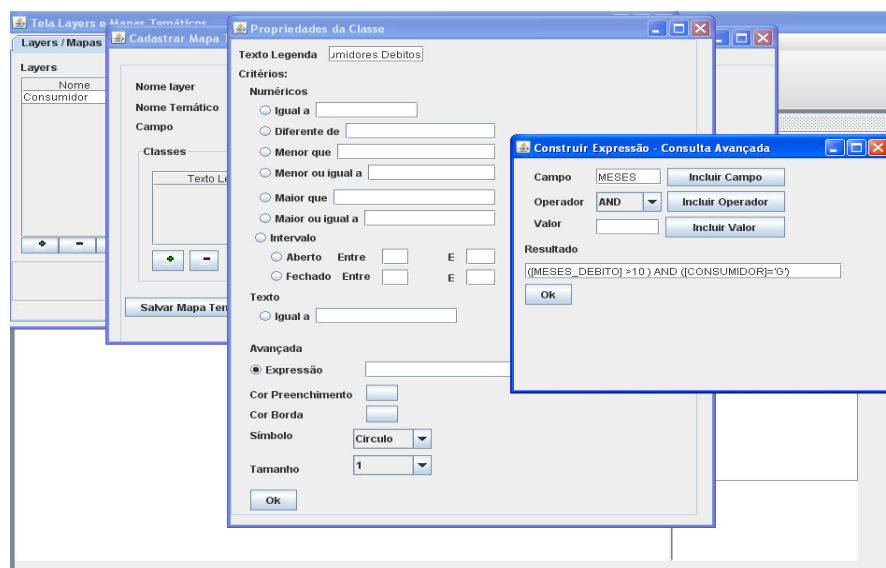


Figura 4.15 - Tela para Construção de SQL.
Nota: Elaboração própria (2009).

A qualquer instante é possível visualizar na tela de projeto as camadas de informação e os seus respectivos mapas temáticos. É importante salientar que uma camada de informação pode possuir diversos mapas temáticos associados. A Figura 4.16, por exemplo, mostra dois mapas temáticos (Grandes Consumidores e Por Zona) associados a uma camada de informação Consumidores. O mapa temático Por Zona classifica os consumidores de acordo com a zona de abastecimento de uma determinada rede de distribuição de água.

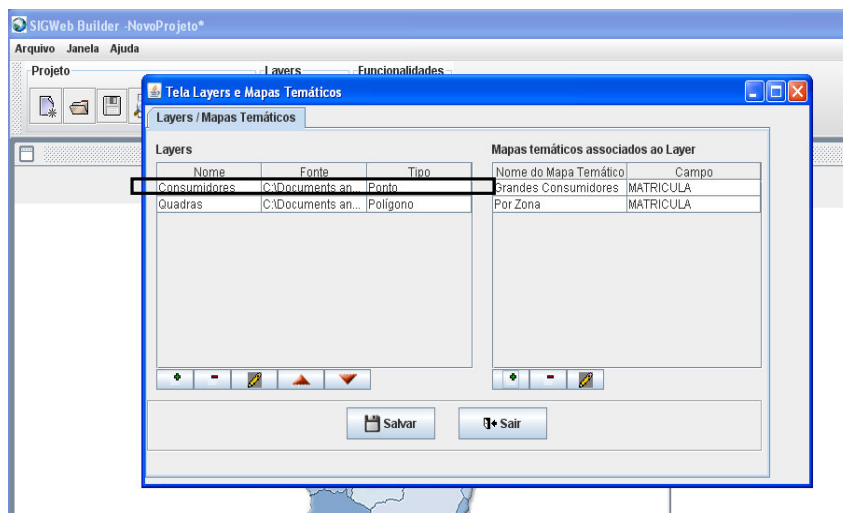


Figura 4.16 - Associação dos Mapas Temáticos com uma Camada de Informação
Nota: Elaboração própria (2009).

Uma vez definidas as camadas de informação e os seus respectivos mapas temáticos, é necessário determinar quais operações de geoprocessamento estarão disponíveis no SIG Web. Para definir estas operações, a ferramenta SIGWeb Builder disponibiliza a Paleta Funcionalidades. Esta paleta permite ao desenvolvedor adicionar, remover ou mudar a ordem em que cada operação de geoprocessamento vai aparecer na tela do SIG Web. O desenvolvedor pode, ainda, definir os ícones que irão representar cada operação (Figura 4.17).

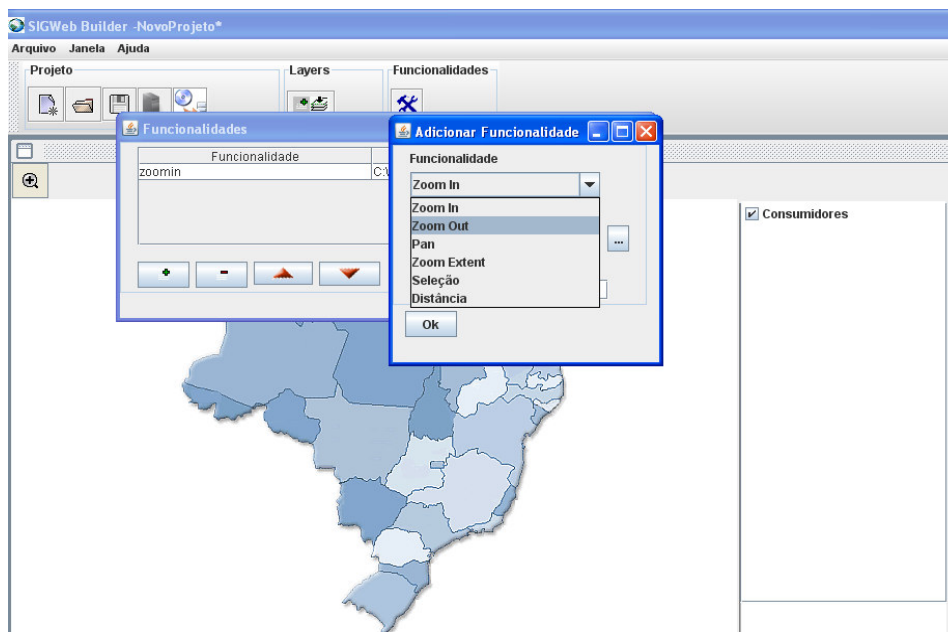


Figura 4.17 - Tela para Definição das Funcionalidades do SIG Web
 Nota: Elaboração própria (2009).

As operações de geoprocessamento que o desenvolvedor pode incluir no projeto SIG Web são: *Zoom-in*, *Zoom-out*, *Pan*, *Zoom extent*, *Seleção* e *Distância*. As operações *Zoom-in* e *Zoom-out* permitem ao usuário do SIG Web se aproximar e se distanciar do mapa. A operação *pan* possibilita ao usuário navegar pelo mapa. A operação *Zoom extent* amplia a visão do mapa. A operação *Seleção* possibilita ao usuário do SIG Web obter os dados de uma determinada entidade geográfica. Finalmente, a operação *Distância* permite ao usuário medir a distância geográfica entre dois pontos no mapa.

Após todas as definições do projeto SIG Web, o desenvolvedor pode, finalmente, publicá-lo no servidor de mapas. A publicação do projeto ocorre de forma transparente para o desenvolvedor. A ferramenta SIGWeb Builder se encarrega de gerar todos os arquivos de configuração necessários para a correta implantação e execução do SIG Web. Caso todo o processo de publicação seja bem sucedido, a ferramenta SIGWeb Builder emite uma mensagem informativa para o desenvolvedor (Figura 4.18). Caso contrário, é exibida uma mensagem com os problemas encontrados.

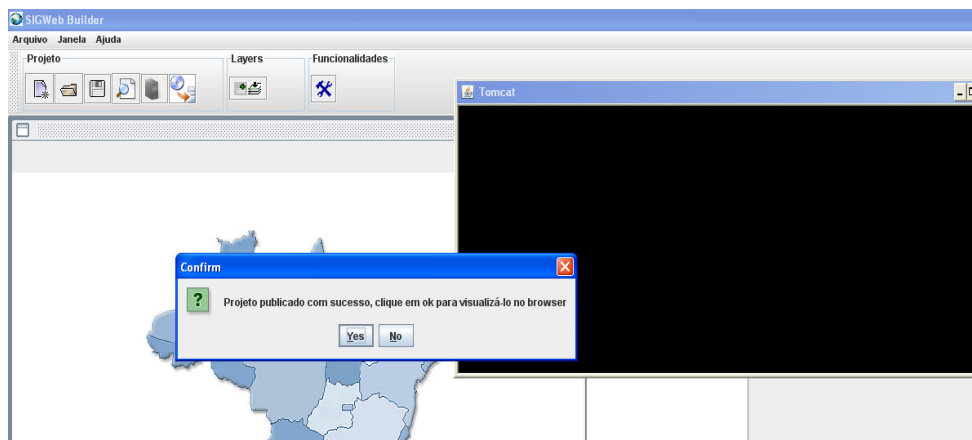


Figura 4.18 - Processo de Publicação do Projeto SIG Web no Servidor de Mapas Alvo
Nota: Elaboração do autor (2009).

Uma possível fonte de problema na publicação do projeto é quando o desenvolvedor seleciona a opção de publicar o projeto em um determinado servidor de mapas alvo (e.g. AlovMap) e havia indicado no início do projeto sua opção por outro servidor (e.g. MapServer). Neste caso, a ferramenta SIGWeb Builder irá verificar os pontos de incompatibilidades entre os servidores e emitirá mensagens comunicando ao desenvolvedor tais pontos (Figura 4.19).

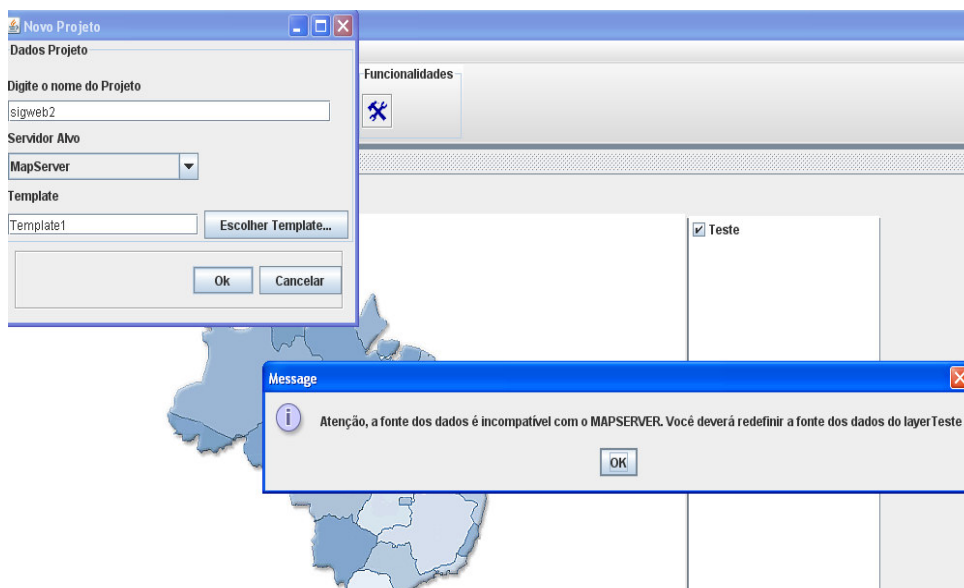


Figura 4.19 - Verificando Pontos de Incompatibilidades entre os Servidores Alvo
Nota: Elaboração própria (2009).

As telas da Camada de Interface Gráfica servem apenas como guia e facilitadora da definição dos parâmetros para a construção de um projeto SIG Web. Todo o processo de

construção do SIG Web, até a sua efetiva implementação em um servidor de mapas, ocorre nas camadas inferiores da arquitetura da ferramenta SIGWeb Builder. Estas camadas estão descritas com mais detalhes nas próximas seções.

4.3.2 Camadas de Construção e de Acesso a Dados

A arquitetura da ferramenta SIGWeb Builder possui duas camadas intermediárias, denominadas de Camadas de Construção e de Acesso a Dados. Estas duas camadas representam a lógica de negócio e de acesso a dados da ferramenta e são responsáveis por intermediarem a Camada de Interface Gráfica e a Camada de Publicação.

A Camada de Construção utiliza um modelo de classes genérico para construir o SIG Web baseado nos parâmetros definidos nas telas da Camada de Interface Gráfica. O modelo de classes utilizado é independente do ambiente alvo e é composto pelas classes Mapa, Layer, Mapa Temático, Funcionalidade e Expressão (Figura 4.20).

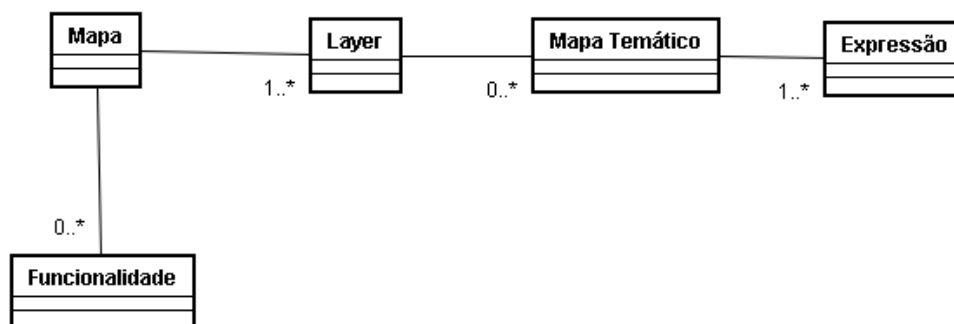


Figura 4.20 - Modelo de classes da Camada de Construção
Nota: Elaboração própria (2009).

A classe Mapa, como o próprio nome indica, representa um mapa que pode conter uma ou mais camadas de informação. Esta classe pode, também, ter nenhuma ou várias classes Funcionalidades implementadas. A classe Funcionalidade representa as operações de geoprocessamento que poderão ser efetuadas no mapa.

A classe Layer representa as camadas de informação. Cada classe Layer pode ter nenhum ou vários mapas temáticos associados. Uma classe Mapa Temático, por sua vez, deve conter uma ou mais expressões representando as classificações dos temas (classe Expressão).

As classes contidas no modelo da Camada de Construção servem de subsídio para a construção do SIG Web nos servidores de mapa alvo suportados pela ferramenta SIGWeb

Builder. Os atributos das classes deste modelo são definidos a partir dos parâmetros configurados pelo desenvolvedor nas telas da Camada de Interface Gráfica.

A Camada de Acesso a Dados é responsável por todo acesso aos dados e metadados utilizados pela ferramenta SIGWeb Builder. Estes metadados são utilizados nas telas que permitem a configuração das camadas de informação ou dos mapas temáticos.

Os metadados acessados pela Camada de Acesso a Dados possibilitam ao desenvolvedor conhecer os campos contidos nos arquivos ou bancos de dados geográficos. Desta forma, o desenvolvedor abstrai totalmente o processo de acesso a dados. Esta característica auxilia na definição do campo do banco de dados que servirá de critério, por exemplo, para a construção de um mapa temático. Os metadados são usados, também, no momento da construção dos arquivos de configuração do servidor de mapas alvo.

As informações das Camadas de Construção e de Acesso a Dados são utilizadas por outra camada denominada de Camada de Publicação. Esta é a última camada da arquitetura e é responsável pela geração de todos os arquivos necessários à publicação de um SIG Web.

4.3.3 Camada de Publicação

A Camada de Publicação é responsável por toda a construção dos arquivos de configuração e pela implantação do SIG Web no servidor de mapas alvo. Esta camada, baseada nas informações oriundas da Camada de Construção, cria todos os arquivos necessários para a correta implantação do SIG Web no servidor. A Camada de Publicação é responsável, ainda, por copiar os arquivos gerados para as pastas do servidor de mapas alvo. Este processo ocorre no momento da implantação do SIG Web no servidor de mapas escolhido e é totalmente transparente para o desenvolvedor.

No processo de publicação, além dos arquivos de configuração, são copiadas todas as bibliotecas de programação utilizadas pelos servidores de mapas para a execução do SIG Web. A transferência destes arquivos da máquina cliente para o servidor pode ser feita através do FTP (*File Transfer Protocol*) ou comandos que efetuem cópia remota. Na Figura 4.21, está ilustrado o Diagrama de Caso de Uso que representa a principal funcionalidade da Camada de Publicação. O ator do Diagrama de Caso de Uso é a ferramenta SIGWeb Builder que pode publicar o projeto em MapServer ou em AlovMap.

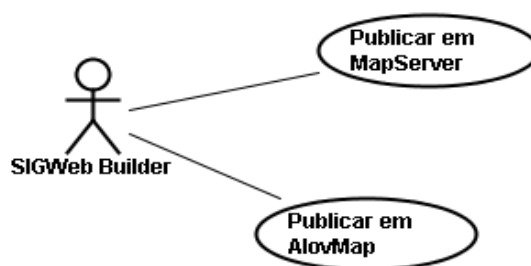


Figura 4.21 - Caso de Uso Representando as Funcionalidades da Camada de Publicação do SIG Web
 Nota: Elaboração própria (2009).

A versão atual da ferramenta SIGWeb Builder, desenvolvida neste trabalho, suporta a publicação do projeto SIG Web em dois servidores de mapas: MapServer e AlovMap. As motivações para a escolha destes ambientes foram:

- a) **Gratuidade:** o MapServer e o AlovMap não exigem custos com licenças de software;
- b) **Baseados em arquivos de configuração:** tanto o MapServer quanto o AlovMap utilizam arquivos de configuração para o desenvolvimento do SIG Web. Estes arquivos são constituídos de elementos hierárquicos e com uma sintaxe bem definida;
- c) **Arquiteturas Web distintas:** o MapServer e o AlovMap utilizam arquiteturas Web distintas para a disponibilização dos dados geográficos na Web. Enquanto o MapServer utiliza a arquitetura CGI ou *MapScript*, o AlovMap faz uso de *applets* e *servlets*.
- d) **Popularidade:** ambos os ambientes possuem comunidades na Internet ativas e documentação detalhada.

4.4 IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA SIGWEB BUILDER

A ferramenta SIGWeb Builder foi implementada em Java e utiliza algumas vantagens oferecidas por esta plataforma, tais como: portabilidade, suporte a orientação a objetos e reutilização de código (HORSTMANN; CORNELL, 2001).

Para facilitar o desenvolvimento e a manutenção da ferramenta, as classes implementadas no projeto foram separadas em cinco pacotes. Um Pacote na linguagem Java serve para dividir de forma lógica as classes que possuem alguma relação (HORSTMANN; CORNELL, 2001). Estes pacotes estão implementados dentro das camadas que compõem a arquitetura da ferramenta SIGWeb Builder, descrita na seção anterior.

Os cinco pacotes do projeto da ferramenta SIGWeb Builder são: *view*, *builder*, *dao*, *model* e *publisher*. Estes pacotes estão mostrados no Diagrama de Pacotes da Figura 4.22

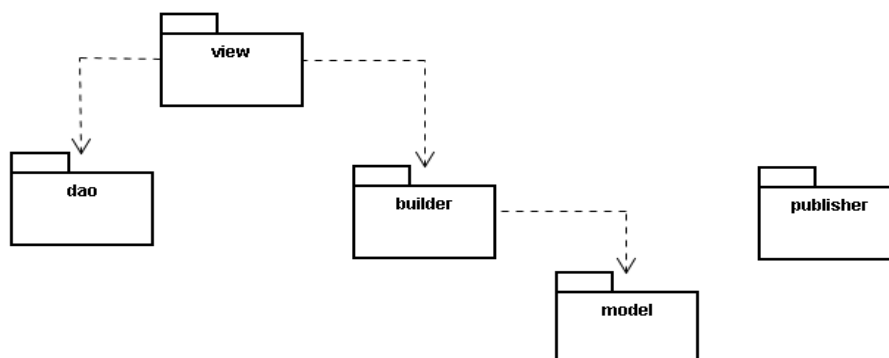


Figura 4.22 - Diagrama de Pacotes da Ferramenta SIGWeb Builder
Nota: Elaboração própria (2009).

O pacote *view* é composto por todas as classes de interface gráfica. Neste pacote, estão contidas as classes que representam todas as telas da ferramenta SIGWeb Builder. As principais classes deste pacote podem ser vistas no Diagrama de Classes da Figura 4.23.

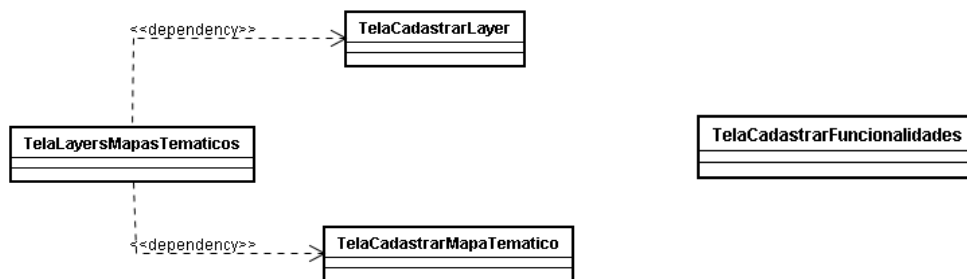


Figura 4.23 - Principais Classes do Pacote *view*
Nota: Elaboração própria (2009).

A classe *TelaLayersMapasTematicos* é responsável pela visualização de todas as camadas de informação (*layers*) definidas no projeto e seus respectivos mapas temáticos. Esta classe tem uma relação de dependência com as classes *TelaCadastrarLayer* e *TelaCadastrarMapaTematico*. A classe *TelaCadastrarLayer* possui toda a lógica de implementação da interface gráfica para a definição das propriedades de uma camada de informação. A classe *TelaCadastrarMapaTematico* é responsável pela interface gráfica para a configuração do mapa temático e pela sua associação com uma determinada camada. A classe *TelaCadastrarFuncionalidades* provê uma tela para a inclusão ou remoção das operações de geoprocessamento, tais como *zoom-in* e *pan*.

O Pacote *dao* contém todas as classes que implementam a lógica de acesso às fontes de dados do projeto. Na verdade, as classes dentro deste pacote possuem métodos para acesso aos metadados dos bancos de dados ou arquivos geográficos para visualização na interface da ferramenta SIGWeb Builder. São duas as principais classes deste pacote: *ObterMetadataDBF* e *ObterMetadataDB*. A Classe *ObterMetadataDBF* é responsável por acessar dados dos arquivos DBF que acompanham os arquivos ShapeFiles da ESRI (ESRI, 2009). Esta classe utiliza um componente de software de código aberto denominado JDBF para fazer este acesso (JDBF, 2009). A classe *ObterMetadataDB* provê acesso aos dados e metadados de qualquer banco de dados geográfico.

O Pacote *model* possui o modelo de classes utilizado como subsídio para a construção do SIG Web. Neste pacote, estão inclusas as classes *Layer*, que representa uma camada de informação do SIG e *MapaTemático*, que representa todos os mapas temáticos associados a uma determinada camada de informação (Figura 4.24).

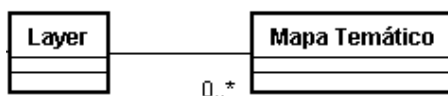


Figura 4.24 - Principais Classes do pacote *model*
Nota: Elaboração própria (2009).

O Pacote *builder* possui a implementação das classes que utilizam todos os parâmetros definidos na interface gráfica e constroem os objetos do modelo de classes do pacote *model*. Por fim, o Pacote *publisher* é responsável pela geração de todos os arquivos de configuração do ambiente alvo escolhido e pela implantação do projeto SIG Web no servidor de mapas. Uma classe denominada *Publicador*, contida neste pacote, gera todos os arquivos dos servidores (AlovMap ou MapServer) necessários para a publicação. A classe *Publicador* possui métodos que copiam estes arquivos gerados para as pastas que residem no servidor de mapas de forma transparente para o desenvolvedor.

Visando a continuidade no desenvolvimento da ferramenta SIGWeb Builder, além da arquitetura em camadas e do processo de desenvolvimento com pacotes, pretende-se disponibilizar o código fonte sob alguma licença de Software Livre ou código aberto. Entende-se por Software Livre todo programa de computador que pode ser utilizado, estudado, aperfeiçoado e copiado sem restrições (FSFLA, 2009). Um Software Livre tem como vantagens a independência tecnológica e a sua constante atualização sem, na maioria das vezes, custo com licença de software.

Ultimamente, a forma de licenciamento Software Livre ou código aberto tem sido base para vários projetos de Computação, incluindo os SIGs *Desktop* e SIG Web (OSGEO, 2009). No contexto do desenvolvimento de SIG Web, as comunidades de Software Livre se preocupam, basicamente, em fornecer a infraestrutura mínima para a implementação do sistema. Desta forma, a ferramenta SIGWeb Builder foi concebida visando suprir a carência de ferramentas para desenvolvimento de SIG Web em ambientes livres e gratuitos e tem como premissa auxiliar os desenvolvedores de SIG Web que utilizam como base estes ambientes.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou, inicialmente, os requisitos para o desenvolvimento de SIG Web, bem como uma visão abstrata destes sistemas. Após esta visão, foram apresentados os requisitos funcionais e não funcionais da ferramenta SIGWeb Builder, proposta neste trabalho.

Este capítulo abordou, ainda, o processo desenvolvimento da ferramenta SIGWeb Builder, focando na arquitetura e na metodologia utilizada em sua implementação. O próximo capítulo demonstra o uso da ferramenta SIGWeb Builder em dois estudos de caso em um cenário organizacional. Estes estudos de caso visam demonstrar, na prática, a utilização da ferramenta no processo de desenvolvimento de SIG Web.

5 USO DA FERRAMENTA SIGWEB BUILDER

Este capítulo descreve dois estudos de caso que foram desenvolvidos com o objetivo de avaliar o uso da ferramenta SIGWeb Builder para a construção de SIG Web. Estes estudos de casos foram aplicados na EMBASA (Empresa Baiana de Águas e Saneamento), empresa responsável pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário do Estado da Bahia, visando suprir a necessidade de disseminação de dados geográficos da Empresa.

Os SIG Web desenvolvidos com a ferramenta SIGWeb Builder objetivam disponibilizar, através da Intranet, os dados geográficos das áreas de saneamento e esgotamento sanitário por toda a EMBASA. O primeiro estudo de caso contempla a área de esgotamento sanitário e foi construído para o ambiente AlovMap. O segundo estudo de caso abrange a área de abastecimento de água e foi desenvolvido para o ambiente MapServer. As próximas seções apresentam a Embasa e os referidos estudos de caso.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

A EMBASA é a empresa responsável pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário de quase todos os municípios do Estado da Bahia (ARAGÃO e outros, 2007). Atualmente, a EMBASA é dividida em Unidades Regionais que atendem a um determinado conjunto de municípios. Estas unidades estão distribuídas pelo Estado da Bahia e são responsáveis pela gestão dos recursos da Empresa.

Dentre os diversos departamentos que compõem o organograma da EMBASA, está o Departamento de Tecnologia da Informação (FTI). Este Departamento é responsável por toda a gestão dos recursos tecnológicos da Empresa incluindo: *i*) a manutenção de hardware; *ii*) a definição da infraestrutura de rede e banco de dados; e *iii*) o desenvolvimento de sistemas. Neste último contexto, inclui-se o desenvolvimento de sistemas para área de Geoprocessamento.

Dentro do FTI existe uma supervisão específica para o desenvolvimento de sistemas de Geoprocessamento. São atribuições desta supervisão: *i*) a implementação de SIGs; *ii*) a definição das tecnologias de Geoprocessamento utilizadas pela Empresa; e *iii*) a determinação de metodologias para manutenção da base cartográfica da Empresa. Foi nesta supervisão que os estudos de caso apresentados nas próximas seções foram desenvolvidos.

5.2 UM SIG WEB PARA ÁREA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O primeiro estudo de caso contempla a área de esgotamento sanitário de uma determinada região da cidade de Salvador, a capital do Estado da Bahia. Entende-se por esgotamento

sanitário todo o processo de tratamento adequado do esgoto doméstico ou industrial. As necessidades levantadas para o SIG Web deste estudo de caso foram divididas nos seguintes requisitos funcionais:

- a) Visualizar, manipular e classificar os consumidores a partir dos seguintes critérios:
 - i) situação da ligação de esgoto - foi levantada a necessidade de classificar os consumidores de acordo com a situação da sua ligação de esgoto. Esta situação pode ser ligada, quando o consumidor é beneficiado pelo tratamento de esgoto ou potencial e factível quando o consumidor não está ligado a rede de esgoto;
 - ii) percentual de esgoto – foi levantada a necessidade de classificar os consumidores de acordo com o valor da taxa de esgoto. Esta taxa é calculada sobre o valor da fatura de água do consumidor e pode representar 0%, 45% ou 80% desta fatura;
 - iii) zona de abastecimento – foi levantada a necessidade de classificar os consumidores a partir da zona de abastecimento de água;
- b) Visualizar e manipular os dados das quadras e das edificações da cidade de Salvador;
- c) Visualizar e manipular os dados geográficos das ruas da cidade de Salvador;
- d) Visualizar, manipular e classificar os dados geográficos das redes de esgoto da cidade de Salvador. Esta classificação deve levar em consideração o diâmetro da tubulação da rede de esgoto;
- e) Visualizar e manipular os dados geográficos das peças da rede que compõem a rede de esgoto da cidade de Salvador.

Os requisitos funcionais podem ser visualizados no Diagrama de Caso de Uso da Figura 5.1 e foram estabelecidos a partir das necessidades levantadas com os usuários da área de esgotamento sanitário da EMBASA.

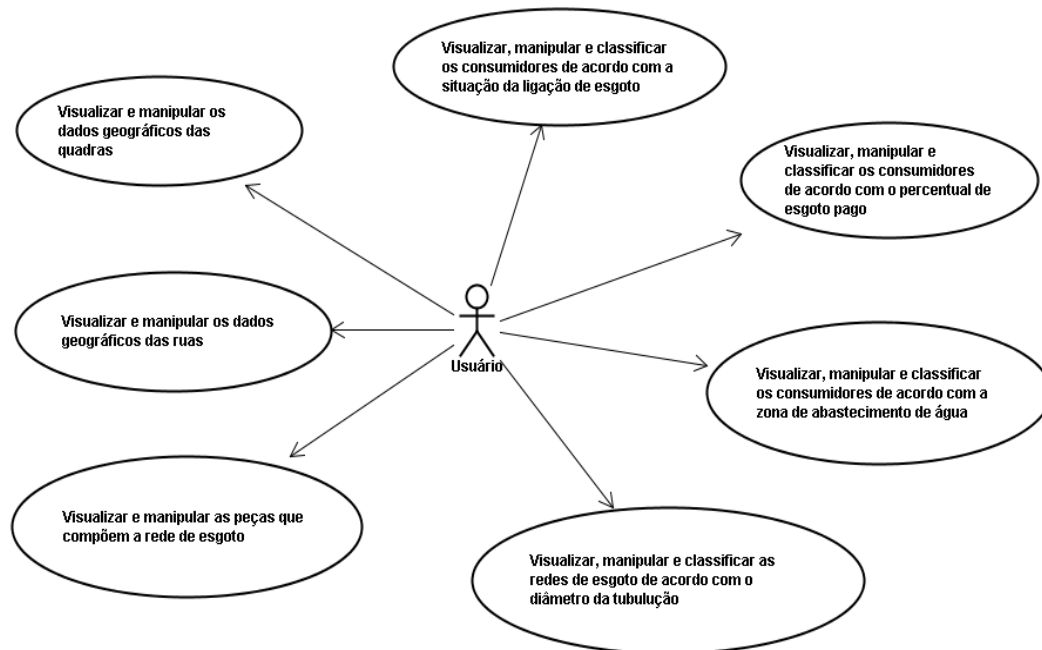


Figura 5.1 - Diagrama de Caso de Uso do Estudo de Caso – Área de Esgotamento Sanitário
Nota: Elaboração própria (2009).

Visando atender aos requisitos funcionais identificados com os usuários, foram definidas as camadas de informação do SIG Web. As camadas de informação são:

- a) **Consumidores:** são os domicílios ou empresas de uma determinada região da cidade de Salvador beneficiadas pelo tratamento do esgoto;
- b) **Quadras:** são as divisões das quadras de uma região da cidade de Salvador;
- c) **Edificações:** são as edificações das quadras de uma região da cidade de Salvador;
- d) **Ruas:** são as ruas de uma região da cidade de Salvador;
- e) **Rede de Esgoto:** é a rede de esgoto que atende a uma região de Salvador;
- f) **Peças da Rede:** são as peças que compõem a rede de esgoto, tais como: a direção do fluxo, caixas de inspeção e poços de visita.

Além das camadas de informação, foram concebidos alguns mapas temáticos para a classificação e melhor interpretação espacial dos dados geográficos. Os mapas temáticos identificados para este estudo de caso foram:

- a) **Situação da Ligação:** divide os consumidores que possuem a situação da ligação de esgoto ligada, potencial ou factível;
- b) **Percentual de Esgoto:** classifica os consumidores segundo o critério do percentual da taxa de esgoto, que pode ser 0%, 45% ou 80 %. Este é um percentual aplicado ao valor do consumo de água do consumidor e é definido pela área comercial da Empresa.
- c) **Zona de Abastecimento:** separa os consumidores por zona de abastecimento de água;

d) **Diâmetro da Rede:** classifica as redes de esgoto por diâmetro da tubulação da rede.

No levantamento de requisitos, foi identificada, junto aos usuários, a necessidade de disponibilizar funções no SIG Web para a manipulação do mapa e dos dados geográficos. Para tanto, foram estabelecidas algumas operações de geoprocessamento. Dentre estas operações, destacam-se o *zoom (in/out)*, o *pan* e a seleção dos dados geográficos das camadas de informação ou dos mapas temáticos.

Após as definições das camadas de informação, dos mapas temáticos e das funcionalidades do SIG Web, construiu-se um novo projeto na ferramenta SIGWeb Builder determinando o nome, o servidor alvo (*AlovMap*) e o *template* do projeto (Figura 5.2). É importante salientar que a escolha do servidor alvo foi feita com o intuito de demonstrar o uso da ferramenta para este ambiente. Os usuários do SIG Web não fizeram nenhuma consideração no levantamento de requisitos sobre o ambiente no qual o SIG Web deveria ser publicado.

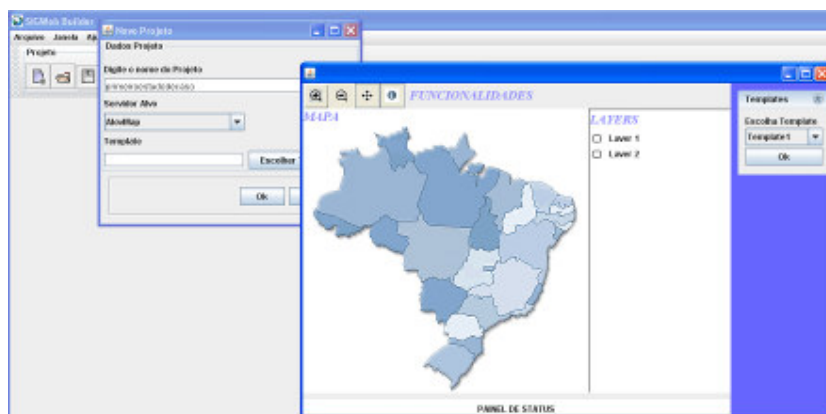


Figura 5.2 - Tela para a Construção de um Novo Projeto para o Primeiro Estudo de Caso
Nota: Elaboração própria (2009).

Uma vez definidos o servidor alvo e o *template*, pode-se iniciar o processo de configuração das camadas de informações. A tela da Figura 5.3, por exemplo, mostra o desenvolvedor configurando os parâmetros da camada de informação Quadras.

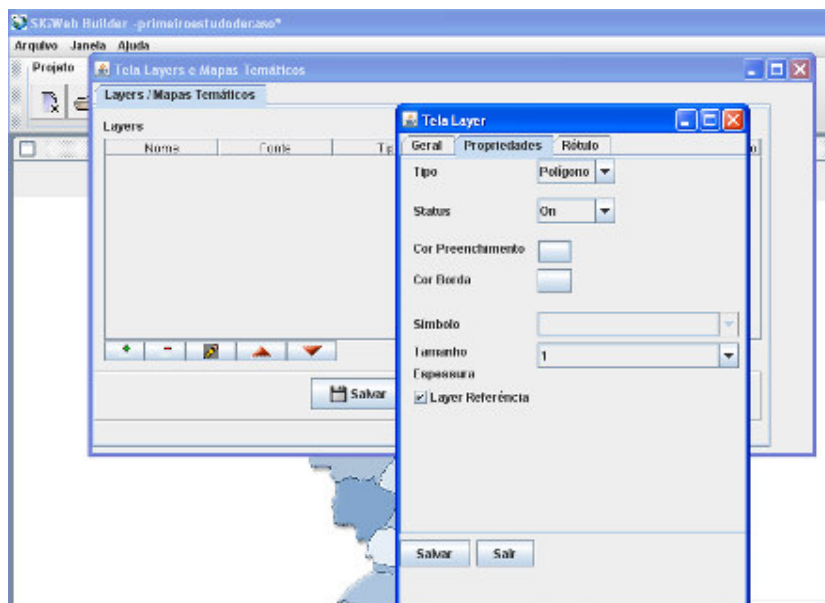


Figura 5.3 - Configurando os Parâmetros da Camada Quadras

Nota: Elaboração própria (2009).

Após a inclusão e configuração das camadas de informação, é possível visualizá-las em uma lista (Figura 5.4). A lista de camadas da Figura 5.4 contém todas as camadas identificadas no levantamento de requisitos do SIG Web. Pode-se notar na Figura 5.4, que a lista de mapas temáticos encontra-se vazia, isto é, ainda não foi criado nenhum mapa temático para as camadas de informação. A criação de mapas temáticos é o próximo passo na construção do SIG Web.

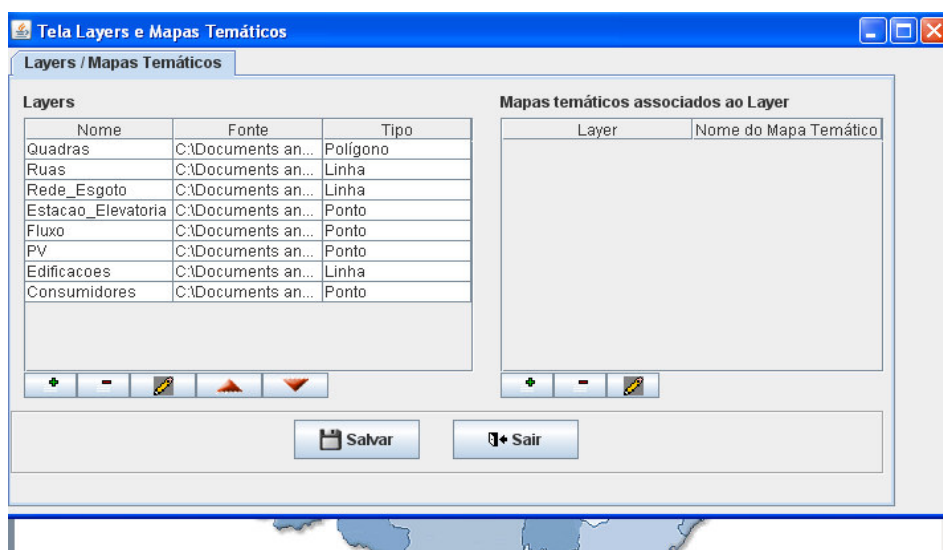


Figura 5.4 - Visualização de Todas as Camadas de Informação

Nota: Elaboração própria (2009).

Os mapas temáticos são utilizados para a classificação ou filtro dos dados em uma camada de informação. Desta forma, para a criação de mapas temáticos é necessário selecionar, *a priori*, a camada. Na apresentação deste estudo de caso, discute-se a criação de um mapa temático associado a camada Consumidores.

De acordo com os requisitos funcionais, uma das possibilidades de classificação dos dados da camada Consumidores seria utilizando a zona de abastecimento de água de cada consumidor. A zona de abastecimento é uma região geográfica, definida pela EMBASA, que atende a um grupo de consumidores. Todo consumidor possui a informação da zona a qual ele pertence. Esta informação é registrada em um campo numérico (*Zona*) da tabela *consumidores*. A Figura 5.5 ilustra a criação do mapa temático *Zona_Abastecimento* e um dos temas do mapa. Neste caso, o tema que identifica todos os consumidores da zona 40. De acordo com as configurações da Figura 5.5, todos os consumidores da zona 40 irão ser apresentados no mapa através de triângulos na cor vermelha e com o tamanho de 5 *pixels*.

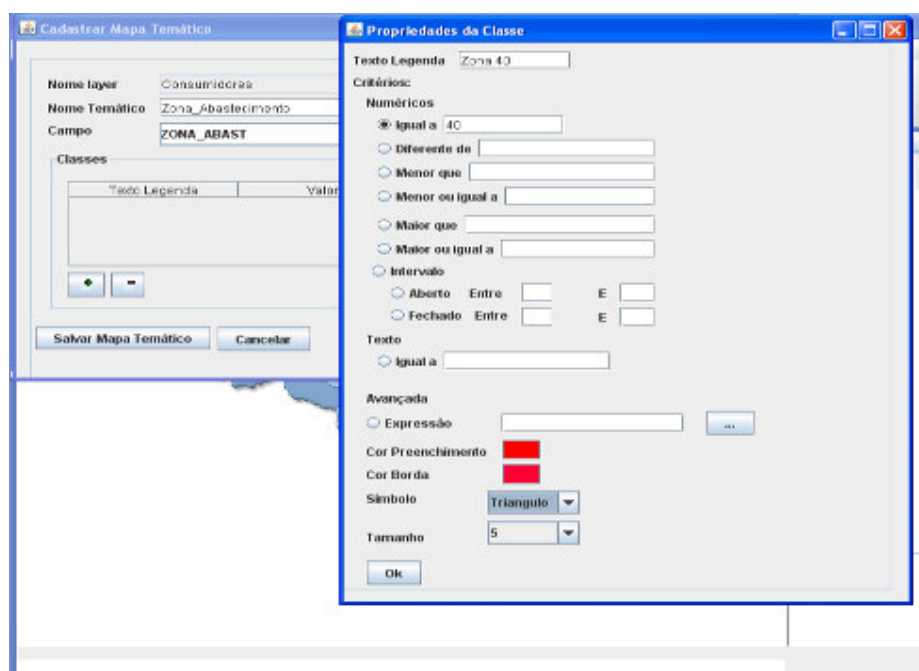


Figura 5.5 - Criação do Mapa Temático *Zona_Abastecimento*
Nota: Elaboração própria (2009).

Uma vez definidos os mapas temáticos, pode-se visualizar a associação destes mapas com a sua respectiva camada de informação (Figura 5.6). Na tela da Figura 5.6, o desenvolvedor está visualizando dois mapas temáticos que estão associados a camada de informação *Consumidores*.

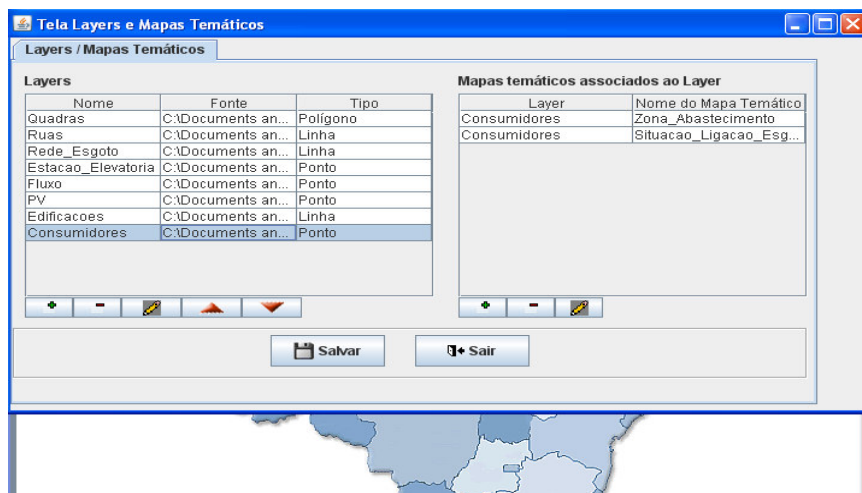


Figura 5.6 - Visualizando a Associação dos Mapas Temáticos com a Camada de Informação
Nota: Elaboração própria (2009).

Ainda de acordo com os requisitos funcionais do SIG Web, faz-se necessário disponibilizar as funcionalidades de *zoom*, *pan* e seleção. Estas funcionalidades permitem ao usuário do SIG Web interagir com o mapa. Para a inclusão destas funcionalidades, o desenvolvedor utiliza a Paleta Funcionalidades da ferramenta SIGWeb Builder. Nesta Paleta, é possível selecionar a funcionalidade desejada em um conjunto de funcionalidades disponíveis na ferramenta. Para cada funcionalidade é possível escolher um ícone e digitar um texto explicativo. No exemplo mostrado na Figura 5.7, o desenvolvedor está adicionando e configurando a funcionalidade de *zoom-out*.

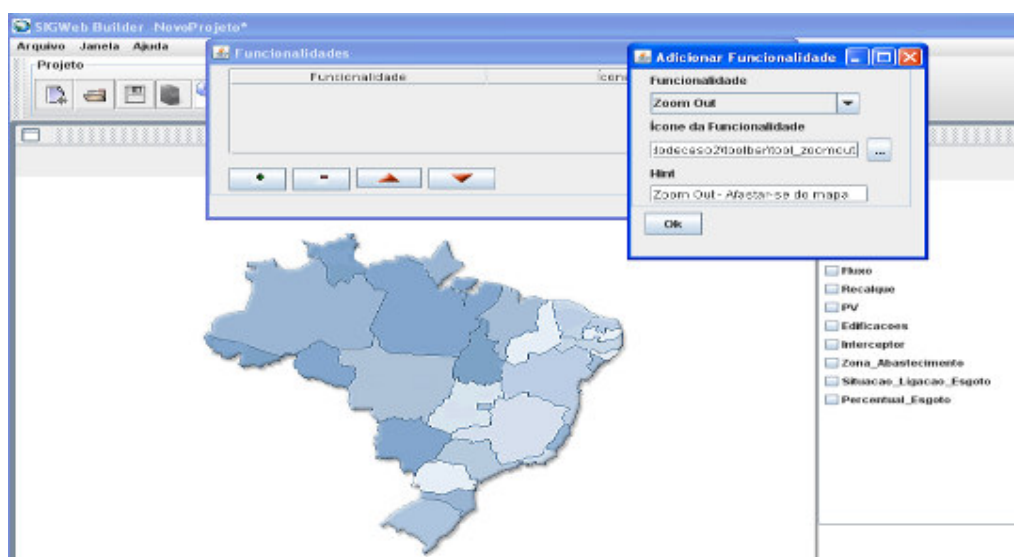


Figura 5.7 - Inclusão de uma Funcionalidade SIG no Projeto SIG Web
Nota: Elaboração própria (2009).

Uma vez atendidos todos os requisitos funcionais do projeto SIG Web, o desenvolvedor precisa publicá-lo, isto é, gerar todos os arquivos de configuração para o ambiente alvo escolhido no início da concepção do projeto. Esse processo ocorre de forma transparente para o desenvolvedor. Para tanto, basta que o desenvolvedor selecione o botão destacado na Figura 5.8. Neste estudo de caso, o ambiente alvo selecionado foi o AlovMap e parte do código gerado pela ferramenta SIGWeb Builder pode ser visto no Apêndice A.

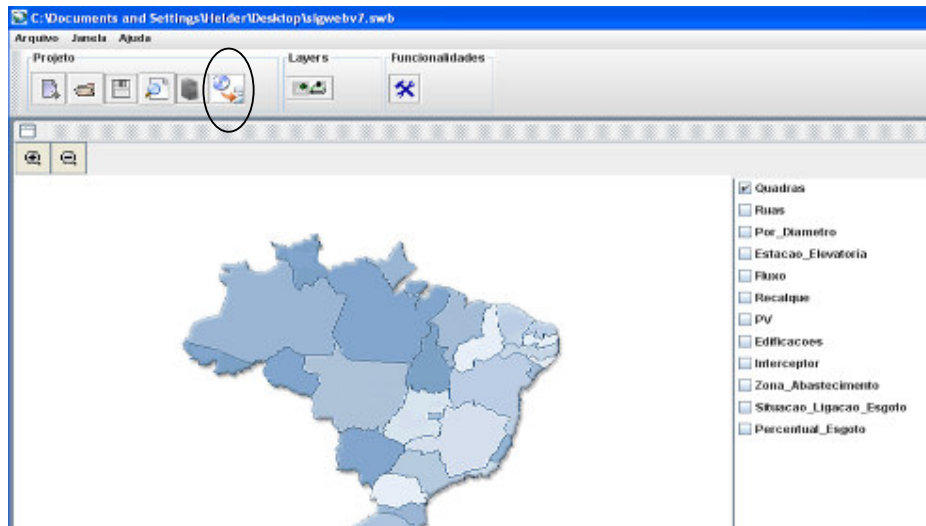


Figura 5.8 - Publicando o Projeto SIG Web
Nota: Elaboração própria (2009).

A publicação do projeto permite que o usuário utilize o SIG Web gerado pela ferramenta SIGWeb Builder em qualquer máquina com um *browser* de Internet e um acesso a rede. O restante desta seção apresenta o SIG Web sendo executado na máquina de um cliente, isto é, fora da ferramenta SIGWeb Builder. A Figura 5.9 apresenta a tela inicial do SIG Web com a camada de informação Quadras ativada.

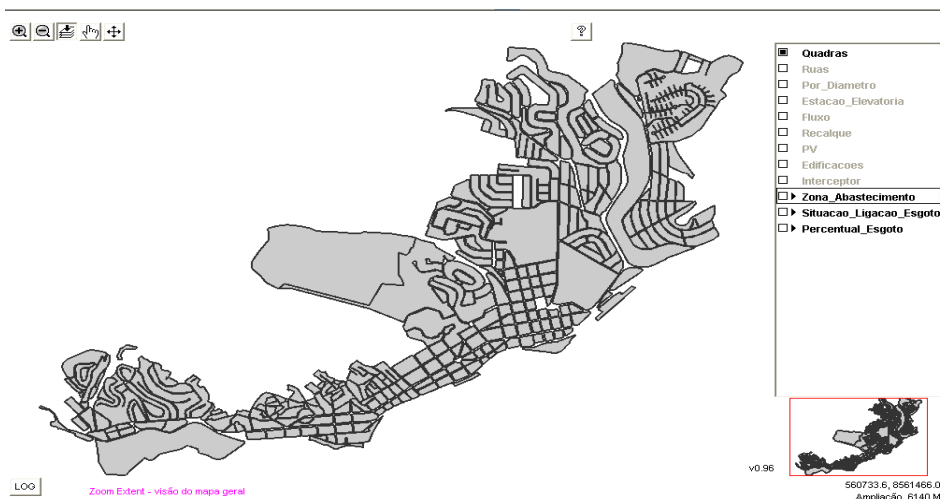


Figura 5.9 - O SIG Web Gerado a Partir da Ferramenta SIGWeb Builder
Nota: Elaboração própria (2009).

Uma vez iniciada a execução do SIG Web, o usuário pode ativar ou desativar seletivamente as camadas de informação e os mapas temáticos. A Figura 5.10, por exemplo, mostra as camadas Quadras, Ruas e Edificações ativadas.

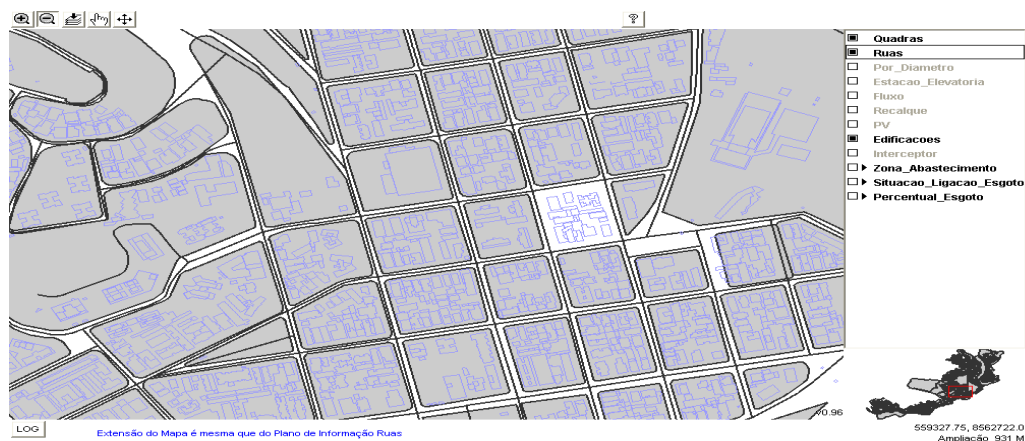


Figura 5.10 - Visão Detalhada de uma Área do Mapa com as Camadas de Informação Quadras, Ruas e Edificações Ativadas
Nota: Elaboração própria (2009).

Através das operações de geoprocessamento disponibilizadas pelo desenvolvedor, o usuário do SIG Web pode se aproximar do mapa (operação de *zoom-in*) e visualizar mais detalhes das camadas de informação Rede de Esgoto, Fluxo e Quadras (Figura 5.11).

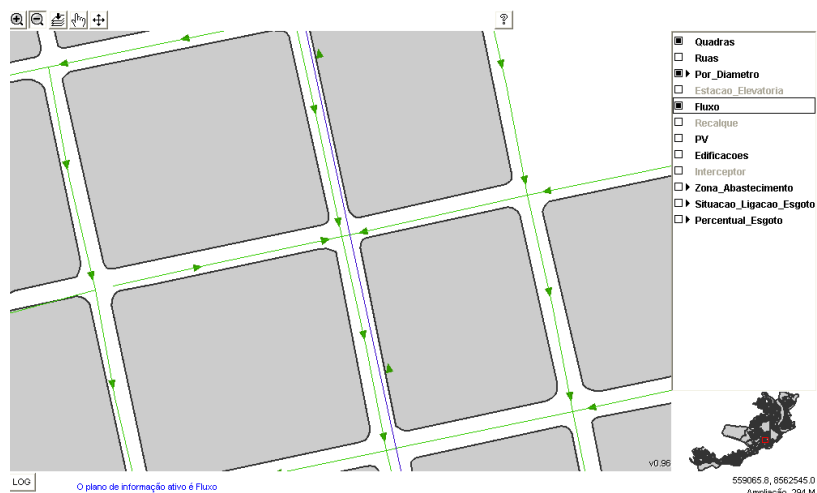


Figura 5.11 - Visualizando mais Detalhes das Camadas Quadras, Rede de Esgoto e Fluxo
Nota: Elaboração própria (2009).

Com a operação de seleção, o usuário pode obter informações sobre os objetos selecionados no mapa (Figura 5.12). Neste caso, foram selecionados alguns objetos da camada de informação Ruas.

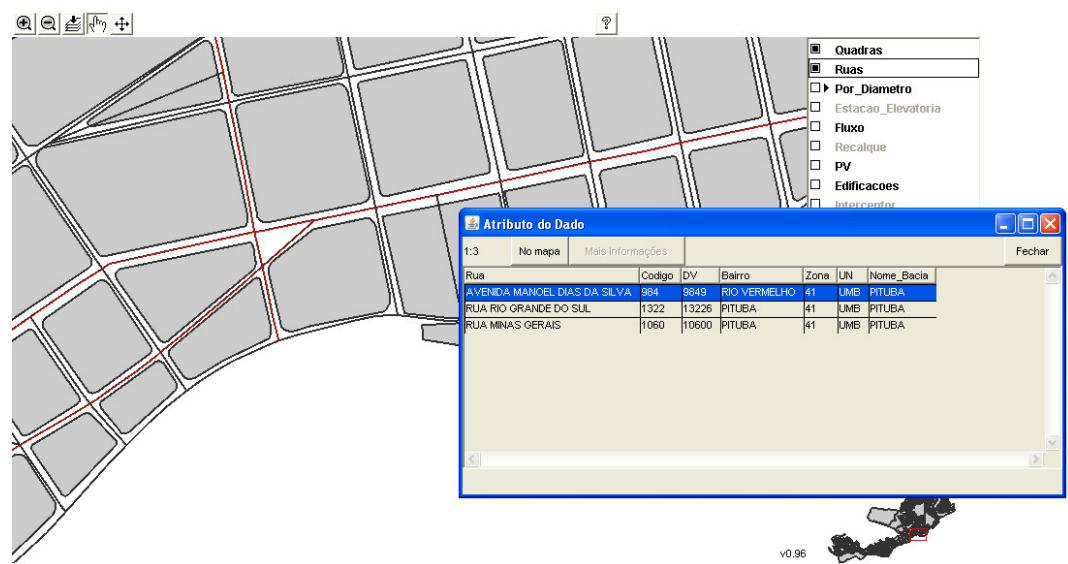


Figura 5.12 - Selecionando Alguns Objetos da Camada Ruas para Visualização dos Dados
Nota: Elaboração própria (2009).

O usuário do SIG Web pode a qualquer momento ativar os mapas temáticos disponíveis. A Figura 5.13 mostra a ativação do mapa temático Zona_Abastecimento. Ao ativar um mapa temático é apresentada ao usuário uma legenda explicativa indicando a cor e o

símbolo de cada classe representada no mapa temático. Neste caso, os triângulos e os pontos indicam os consumidores que pertencem às zonas de abastecimento 40 e 41, respectivamente.



Figura 5.13 - Visualizando o Mapa temático Zona_Abastecimento
Nota: Elaboração própria (2009).

O presente estudo de caso foi implementado para ilustrar a utilização da ferramenta SIGWeb Builder no processo de desenvolvimento de um SIG Web na área de esgotamento sanitário e tendo como ambiente alvo o AlovMap. Objetivando ilustrar alguns recursos da ferramenta ainda não explorados neste estudo de caso, foi concebido um segundo estudo de caso, desta vez na área de abastecimento de água. Este segundo estudo de caso tem como ambiente alvo o MapServer e será descrito com mais detalhes na próxima seção.

5.3 UM SIG WEB PARA ÁREA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O SIG Web do segundo estudo de caso contempla a área de abastecimento de água da cidade de Salvador. No levantamento dos requisitos funcionais deste SIG Web, foram identificadas as seguintes necessidades dos usuários:

- a) Visualizar, manipular e classificar dados dos consumidores de água da cidade de Salvador utilizando os seguintes critérios:
 - a. Grandes Consumidores: foi identificada a necessidade de fazer uma separação espacial entre os pequenos e os grandes consumidores de água;

- b. Meses em Débito: foi identificada a necessidade de classificar os consumidores de acordo com a sua quantidade de meses em débito;
 - c. Situação da Ligação de Água: foi identificada a necessidade de classificar os consumidores de acordo com a situação da ligação de água. A ligação de água pode estar ligada, se está devidamente ligada na rede de abastecimento e em uso pelo consumidor ou inativa, potencial e factível caso não se encontre em uso;
 - d. Consumo e Meses em Débito: foi identificada a necessidade de classificar os consumidores a partir do seu consumo médio de água e da quantidade de meses em débito;
 - e. Categoria: foi identificada a necessidade de classificar os consumidores de acordo com a sua categoria (residências, órgãos públicos, indústrias, etc.).
- b) Visualizar e manipular os dados da rede de abastecimento de água da cidade de Salvador;
 - c) Visualizar e manipular os dados das peças que compõem a rede de abastecimento de água da cidade de Salvador;
 - d) Visualizar e manipular os dados das quadras da cidade de Salvador;
 - e) Visualizar e manipular os dados das ruas da cidade de Salvador;
 - f) Visualizar e manipular as fotos aéreas da cidade de Salvador;

Os requisitos funcionais do SIG Web deste estudo de caso podem ser visualizados graficamente no Diagrama de Caso de Uso da Figura 5.14.

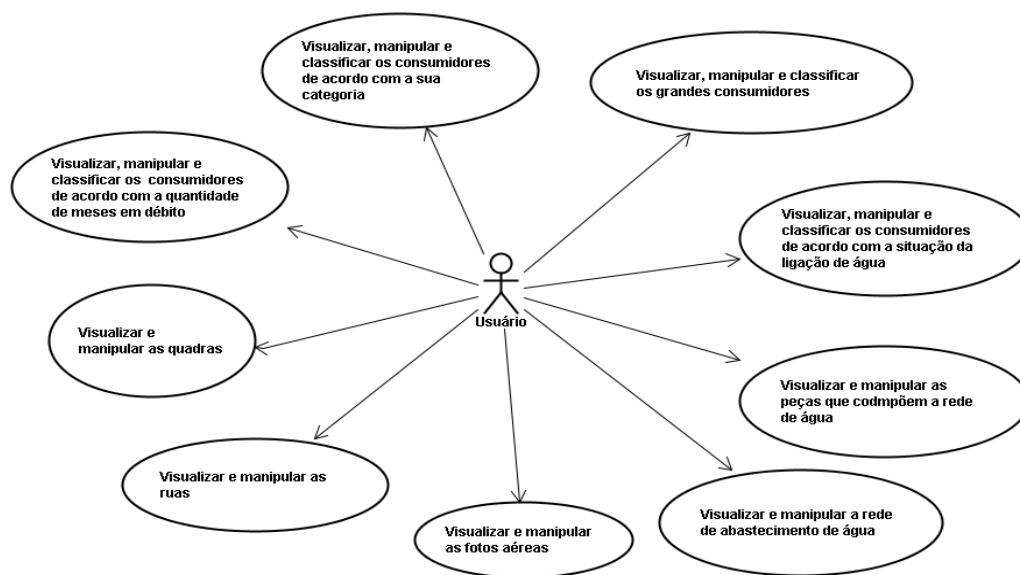


Figura 5.14 - Diagrama de Caso de uso com os Requisitos Funcionais do SIG Web
Nota: Elaboração própria (2009).

Para atender aos requisitos funcionais do SIG Web, foram definidas as seguintes camadas de informação:

- a) **Consumidores:** consumidores beneficiados pelo abastecimento de água de uma determinada região da cidade de Salvador;
- b) **Rede de Água:** rede de abastecimento de água da cidade de Salvador;
- c) **Peças da Rede de Água:** peças que compõem o sistema de abastecimento de água da cidade de Salvador;
- d) **Quadras:** quadras da cidade de Salvador;
- e) **Ruas:** ruas da cidade de Salvador;
- f) **Ortofotos:** ortofotos da cidade de Salvador. Estas ortofotos são fotografias aéreas geometricamente corrigidas e retratam a realidade de Salvador em 2006 (JENSEN, 2009).

As camadas de informação deste segundo estudo de caso estão armazenadas em variadas fontes de dados. As camadas de informação Quadras e Ruas, por exemplo, são oriundas de um SGBD Geográfico PostGIS (PostGIS, 2009). As demais camadas de informação, com exceção das ortofotos, estão armazenadas em arquivos no formato ShapeFiles da ESRI. Além destas camadas de informação, foram definidos os seguintes mapas temáticos:

- a) **Grandes Consumidores:** este mapa temático classifica os consumidores que possuem elevado consumo de água, tais como *Shoppings Centers* e indústrias;
- b) **Meses em Débito:** este mapa temático separa os consumidores a partir da quantidade de meses em débito;
- c) **Situação da Ligação de Água:** este mapa temático classifica os consumidores através da situação da ligação de água. A ligação do consumidor pode estar ligada ou cortada, por exemplo;
- d) **Consumo Médio e Meses em Débito:** este mapa temático classifica os consumidores utilizando o seu consumo médio e a quantidade de meses em débito;
- e) **Por Categoria:** este mapa temático classifica os consumidores pelo tipo de categoria. Este mapa serve, por exemplo, para visualizar as indústrias e os órgãos públicos beneficiados pelo abastecimento de água.

Inicialmente, foi construído um novo projeto definindo o nome, o servidor alvo, neste caso o *MapServer*, e o *template* (Figura 5.15).

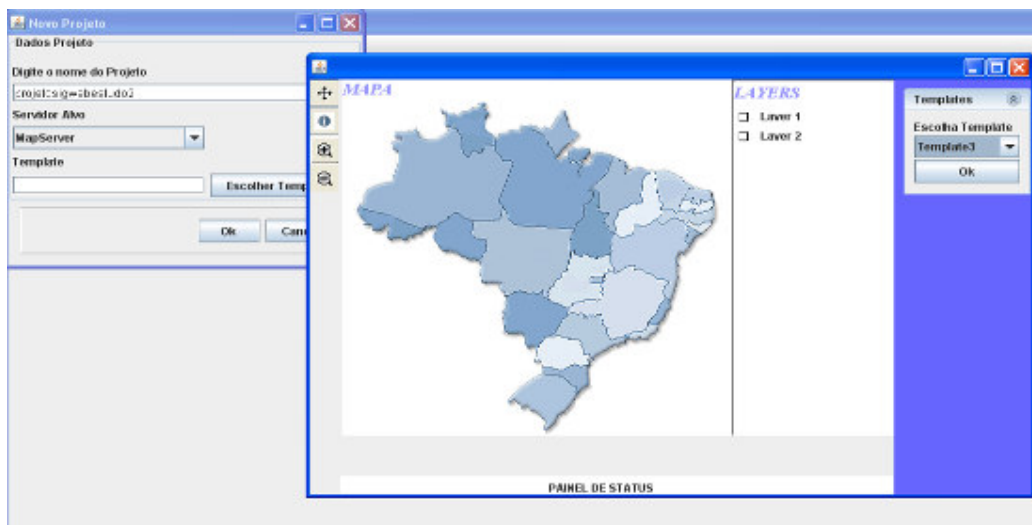


Figura 5.15 - Construindo um Novo Projeto
Nota: Elaboração própria (2009).

Uma vez definidos os parâmetros iniciais do novo projeto, foram adicionadas ao projeto do SIG Web as camadas de informação e os seus respectivos mapas temáticos. O presente estudo de caso possui uma camada de informação chamada de *Ortofoto_regiao1*, que representa um mosaico de fotografias aéreas de uma determinada região da cidade de Salvador. Esta camada de informação serve de plano de fundo para o mapa e enriquece a visualização geográfica. Por se tratar de uma camada de informação do tipo imagem (*raster*), o desenvolvedor só precisa configurar o nome da camada (*Ortofoto_regiao1*), o caminho do arquivo e o tipo da camada (Figura 5.16).

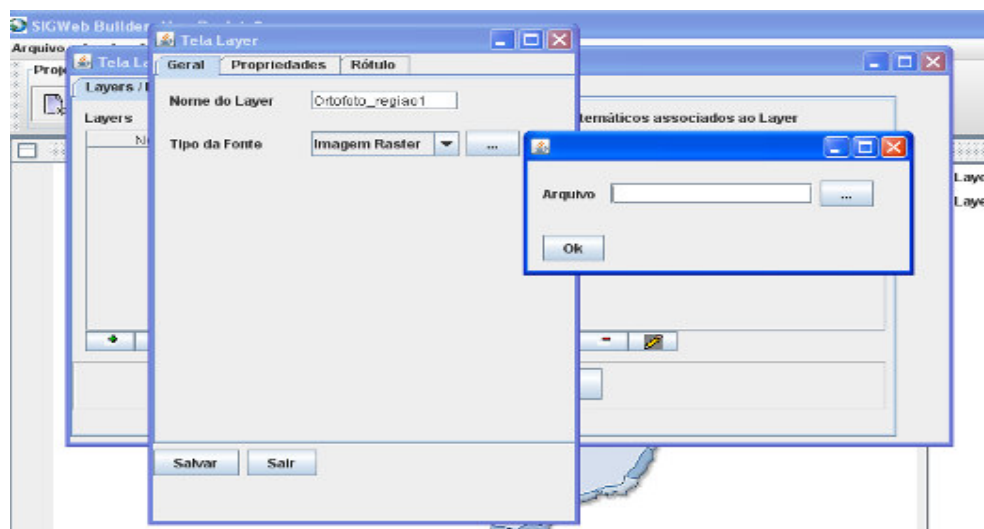


Figura 5.16 - Desenvolvedor Adicionando uma Camada de Informação do Tipo *Raster*
Nota: Elaboração própria (2009).

Este segundo estudo de caso possui alguns mapas temáticos com expressões simples e um mapa temático construído com uma expressão SQL. A Figura 5.17 mostra o exemplo da construção de um mapa temático simples, denominado *Por_Categoria*. Este mapa temático classifica os consumidores de acordo com o valor do campo *Categ1* do banco de dados. Este campo pode ter o valor 32 ou 41, que corresponde aos consumidores do tipo Indústria ou Escolas/Órgãos públicos, respectivamente.

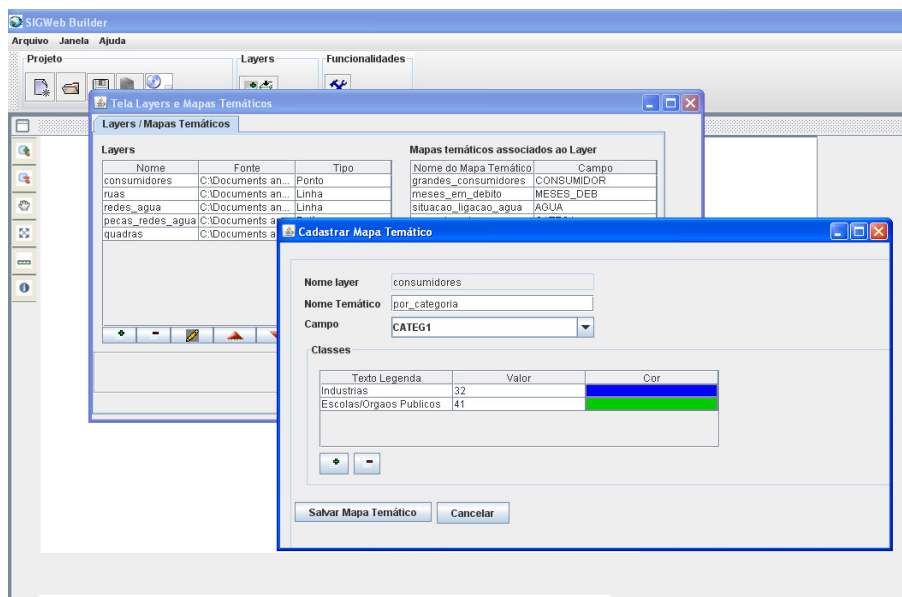


Figura 5.17 - Construindo o Mapa Temático *Por_Categoria* com Expressões Simples
Nota: Elaboração própria (2009).

A Figura 5.18 mostra a definição do mapa temático mais complexo, construído a partir de uma expressão SQL. Neste caso, o mapa temático utiliza os campos *Meses_Debito* e *Cons_Med* do banco de dados, que representam os meses em débito de um consumidor e o seu consumo médio, respectivamente. Os critérios estabelecidos para classificar os consumidores utilizaram os dois campos associados (*Meses_Deb* e *Cons_Med*) através do operador lógico “AND”.

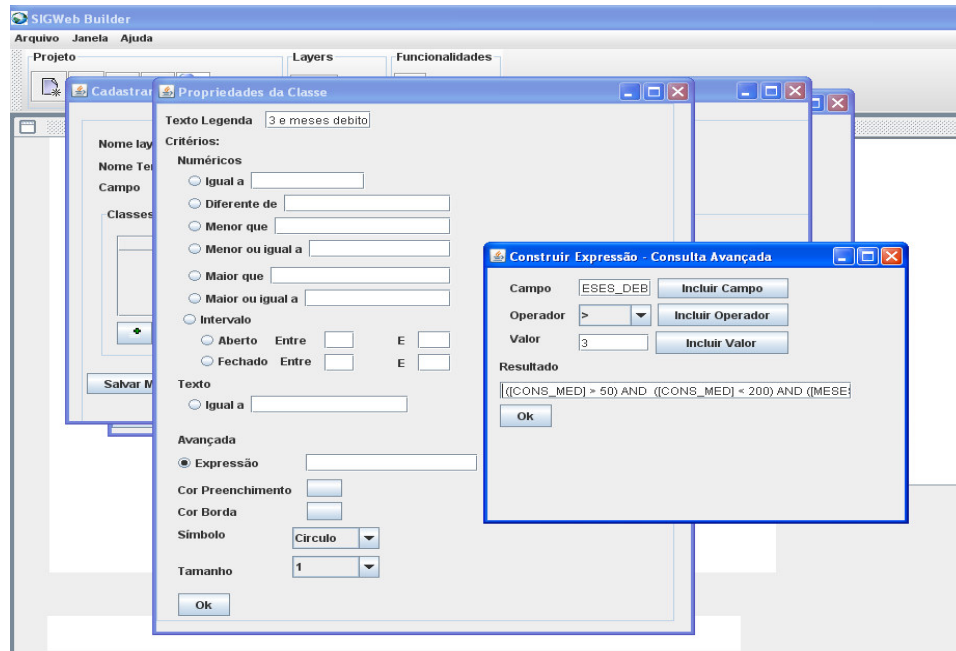


Figura 5.18 - Construindo um Mapa Temático com Expressão SQL
Nota: Elaboração própria (2009).

Após as inclusões das camadas de informação e dos mapas temáticos, foram adicionadas ao projeto do SIG Web as seguintes funcionalidades: *zoom-in*, *zoom-out*, *zoom-extent*, *pan*, seleção e distância. Esta última funcionalidade permite que o usuário obtenha a distância geográfica entre dois pontos selecionados no mapa.

A qualquer momento, o desenvolvedor pode ter uma visão geral do projeto SIG Web na tela principal (Figura 5.19). Esta tela mostra como ficará a disposição das camadas de informação, dos mapas temáticos e das funcionalidades na tela do SIG Web.

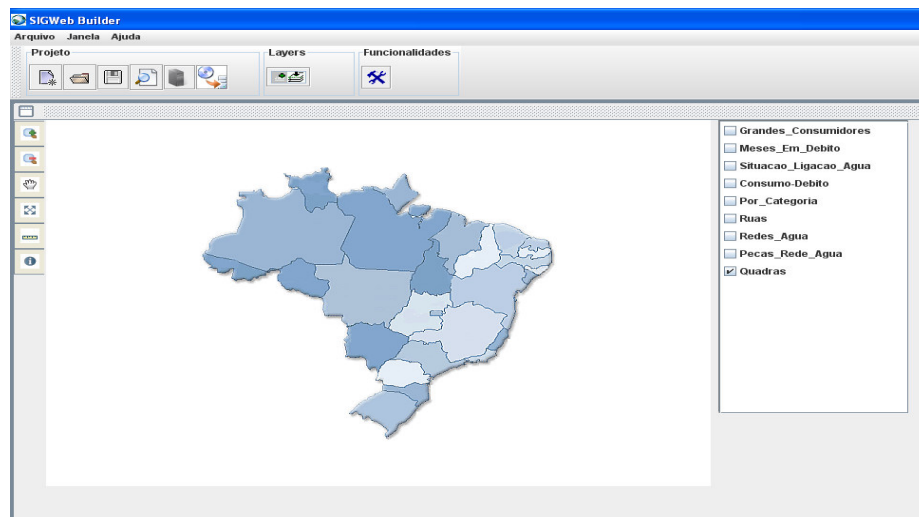


Figura 5.19 - Visão Geral do Projeto do SIG Web
Nota: Elaboração própria (2009).

Após todas as definições, o projeto SIG Web pode ser publicado e implantado no servidor de mapas. Neste estudo de caso, o ambiente alvo selecionado foi o MapServer e parte do código gerado pela ferramenta SIGWeb Builder pode ser visto no Apêndice B.

Da mesma forma que acontece no estudo de caso anterior, a publicação do projeto SIG Web permite a sua execução em qualquer máquina, desde que esta possua um *browser* de Internet e um acesso a rede. O restante dessa seção apresenta o SIG Web sendo executado na máquina de um cliente.

O SIG Web resultante está mostrado na Figura 5.20. Nesta Figura, o usuário do SIG Web está visualizando as camadas de informação Ruas, Quadras e Ortofoto_regiao1 que serve de plano de fundo.

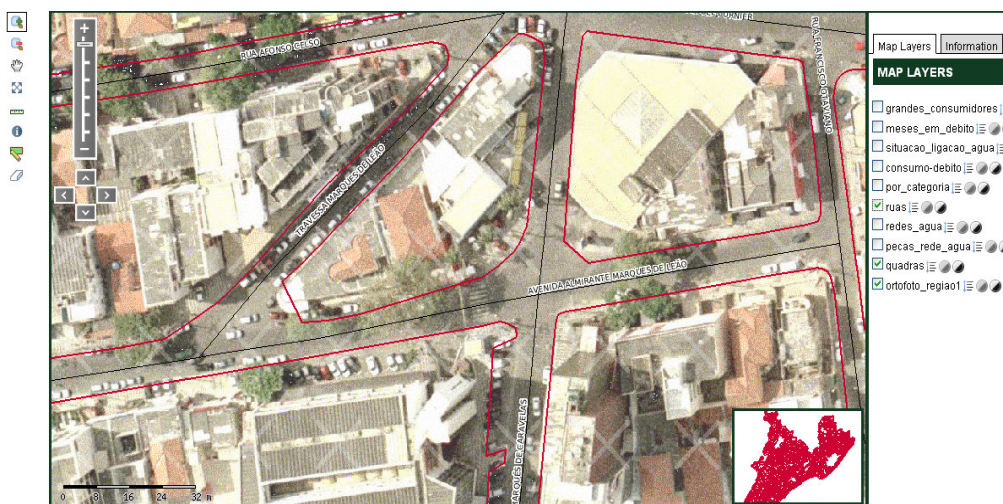


Figura 5.20 - SIG Web Resultante: Visualizando as Camadas de Informação Ruas, Quadras e Ortofoto_regiao1
Nota: Elaboração própria (2009).

A Figura 5.21 mostra a visualização das camadas de informação Rede_Agua, Pecas_Rede_Agua e Ortofoto_regiao1 no SIG Web. Desta forma, o usuário do SIG Web visualiza espacialmente a distribuição das redes de abastecimento de água e as suas conexões. A ativação da camada Ortofoto_regiao1 permite a integração da fotografia aérea com as outras camadas, tornando a visualização geográfica mais rica.

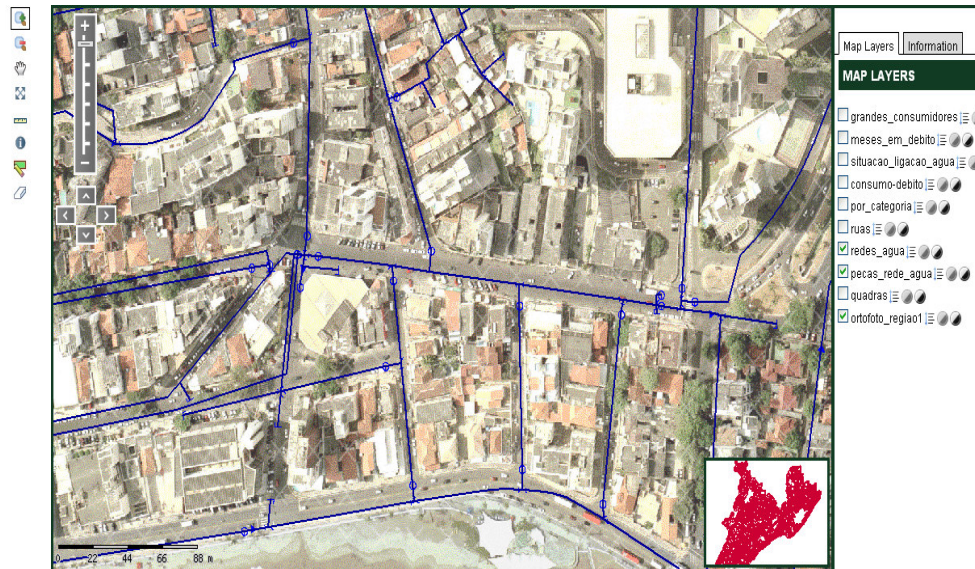


Figura 5.21 - Visualizando as Camadas de Informação Rede_Agua, Pecas_Rede_Agua e Ortofoto_Regiao1
Nota: Elaboração própria (2009).

O usuário do SIG Web pode também ativar os mapas temáticos que foram definidos na ferramenta SIGWeb Builder. A Figura 5.22 ilustra a visualização do mapa temático Grandes_consumidores. Neste caso, o usuário pode observar concentrações de grandes consumidores em uma determinada região. A legenda do mapa temático indica que os grandes consumidores estão representados por círculos maiores e na cor azul. Já um pequeno consumidor está representado por um círculo pequeno e na cor vermelha.



Figura 5.22 - Visualizando o Mapa Temático Grandes Consumidores
Nota: Elaboração própria (2009).

A Figura 5.23 mostra a visualização do mapa temático construído com expressões SQL mais complexas, que utilizaram dois campos do banco de dados e o operador lógico “AND”. Desta forma, o usuário pode visualizar os consumidores a partir de dois critérios: *i*) a quantidade de meses em débito; e *ii*) o consumo médio de água do consumidor. Nota-se na Figura 5.23 que existe uma região com grande concentração de círculos em azul, o que significa que esta área possui muitos consumidores com o consumo médio entre 50 e 200 (em metros cúbicos) e com a fatura em atraso maior que 10 (em meses). Este fato sugere a área comercial a necessidade de políticas comerciais específicas para esta região.

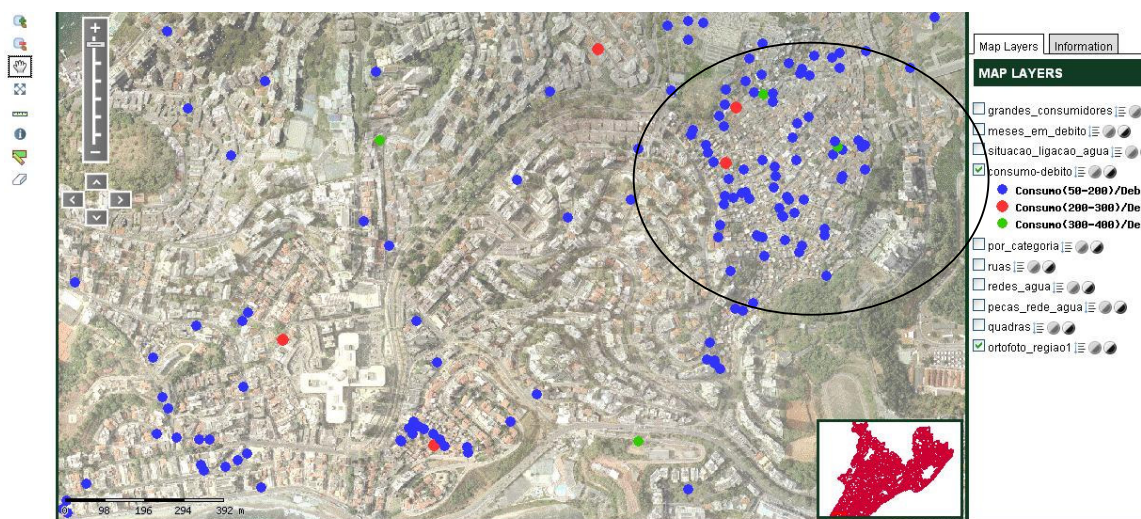


Figura 5.23 - Visualizando o Mapa Temático que Confronta o Consumo Médio com a Quantidade de Meses em Débito

Nota: Elaboração própria (2009).

A Figura 5.24 exhibe o mapa temático que separa os consumidores por categoria. Este mapa temático utilizou, além das cores, símbolos distintos para separar o tipo do consumidor. Neste caso, o círculo na cor azul representa as indústrias e o triângulo na cor verde Escolas ou Órgãos Públicos.



Figura 5.24 - Visualizando o Mapa Temático Por Categoria
Nota: Elaboração própria (2009).

O usuário pode a qualquer momento utilizar as funcionalidades de *zoom*, *pan*, seleção e distância disponibilizadas pelo desenvolvedor. A Figura 5.25, por exemplo, mostra o usuário do SIG Web utilizando a ferramenta de distância. Para tanto, o usuário seleciona dois pontos no mapa e visualiza a distância geográfica entre estes dois pontos na área das camadas de informação.

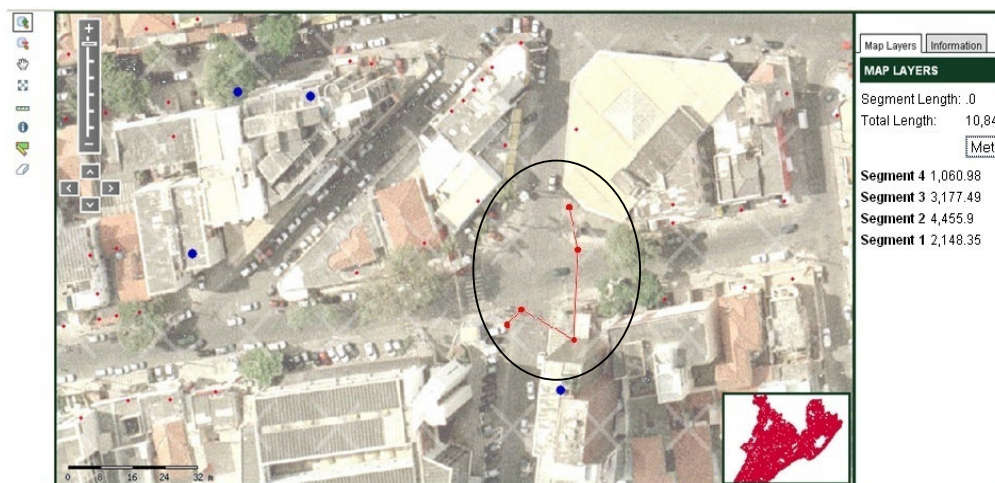


Figura 5.25 - Usuário do SIG Web Utilizando a Ferramenta de Medição de Distância Geográfica
Nota: Elaboração própria (2009).

É importante salientar que existem algumas diferenças na forma de apresentação do SIG Web dos dois estudos de caso apresentados neste capítulo. Isto ocorre em função das características específicas de cada ambiente. Dentre estas diferenças, podem ser destacadas:

- O SIG Web implementado no AlovMap apresenta os dados associados a uma determinada camada de informação através de uma janela auxiliar (*pop-up*). O SIG Web desenvolvido com o MapServer apresenta estes dados na mesma área onde ficam listadas as camadas de informação;
- O SIG Web implementado com o MapServer apresenta a escala do mapa de forma gráfica e uma ferramenta de *zoom* adicional (Figura 5.26.a). No AlovMap, a escala do mapa é textual e não existe nenhuma ferramenta de *zoom* adicional (Figura 5.26.b);
- Os dois SIG Web desenvolvidos possuem um mapa de referência. No MapServer, o mapa de referência é apresentado na mesma área do mapa do SIG Web (Figura 5.26.a). No caso do AlovMap, o mapa de referência é apresentado na área das camadas de informação (Figura 5.26.b).

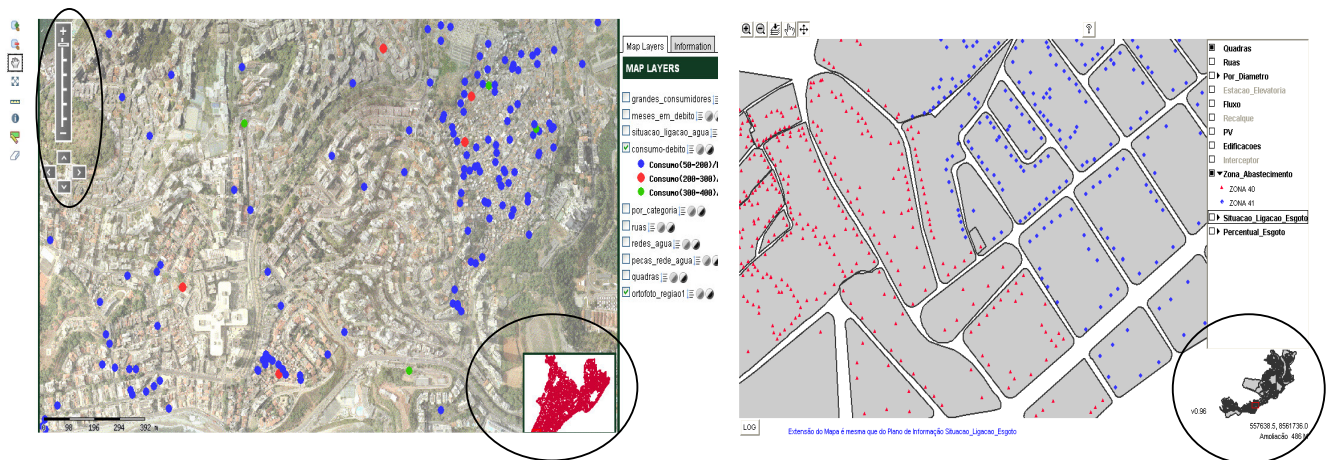


Figura 5.26 - Algumas Diferenças na apresentação dos SIG Web Desenvolvidos para os Ambientes MapServer e AlovMap: a) SIG Web Desenvolvido para o MapServer e b) SIG Web Desenvolvido para o AlovMap
Nota: Elaboração própria (2009).

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou dois estudos de caso reais desenvolvidos com a ferramenta SIGWeb Builder. No início do capítulo, foi caracterizada a organização onde os estudos de caso foram implementados. Após esta caracterização, foram descritos a área de domínio, os dados geográficos, os requisitos funcionais e o processo de desenvolvimento de cada estudo de caso.

A aplicação da ferramenta SIGWeb Builder nos contextos apresentados neste capítulo foram fundamentais para perceber que esta ferramenta possui flexibilidade para se adequar a diferentes domínios ou situações. Com a ferramenta SIGWeb Builder, o desenvolvedor só deve se preocupar com os requisitos funcionais, a regra de negócio e a apresentação do SIG Web.

Para a utilização da ferramenta SIGWeb Builder, o desenvolvedor não necessita conhecer as tecnologias Web envolvidas no processo de desenvolvimento destes sistemas. Desta forma, foi constatado que a utilização desta ferramenta permitiu minimizar o tempo, o esforço e a complexidade no desenvolvimento de SIG Web baseados nos ambientes livres e gratuitos.

6 CONCLUSÃO

O processo de desenvolvimento de SIG Web é bastante complexo, sobretudo, quando se faz uso de ferramentas e ambientes livres e gratuitos. Nestes ambientes, o desenvolvedor é obrigado a conhecer todas as tecnologias Web, a sintaxe e a semântica dos marcadores dos arquivos de configuração. Esta área carece de ferramentas que permitam ao desenvolvedor a construção dos projetos SIG Web de forma simples e intuitiva.

Mesmo os desenvolvedores de SIG Web que possuem certo grau de conhecimento dos ambientes livres e gratuitos, se vêem obrigados a editar manualmente os arquivos de configuração, tornando o processo de construção destes sistemas uma tarefa tediosa e onerosa. A depender da complexidade do SIG Web a ser construído, o seu desenvolvimento pode se tornar um processo bastante trabalhoso, repetitivo e com um alto índice de retrabalho. Objetivando reduzir o tempo, o custo e a complexidade do desenvolvimento dos projetos SIG Web baseados em ambientes livres e gratuitos, foi desenvolvida e apresentada a ferramenta SIGWeb Builder.

A ferramenta SIGWeb Builder permite que os desenvolvedores abstraíam os detalhes tecnológicos dos ambientes que dão suporte à publicação de mapas na Web e, a partir de telas e componentes gráficos, construam os seus próprios projetos SIG Web. Com o uso desta ferramenta, o desenvolvedor do SIG Web não necessita conhecer todos os detalhes computacionais do ambiente alvo e pode se preocupar apenas com a regra de negócio e a forma de apresentação do SIG Web.

Finalmente, para verificar o uso da ferramenta SIGWeb Builder na prática foram realizados dois estudos de casos reais. Constatou-se nestes estudos de caso que as funcionalidades implementadas na ferramenta contribuíram de forma significativa para a redução do tempo, do esforço e da complexidade do processo de construção de SIG Web. Para a implementação dos estudos de caso com a ferramenta, o desenvolvedor só precisou se preocupar com as funcionalidades a serem ofertadas, a regra de negócio e a forma de apresentação do SIG Web. Com o uso da ferramenta SIGWeb Builder, o desenvolvedor abstrai-se dos detalhes computacionais e tecnológicos dos ambientes livres e gratuitos.

Com os conhecimentos adquiridos ao longo do desenvolvimento deste trabalho e através de comentários da comunidade científica, foram identificadas algumas limitações da ferramenta, tais como:

- a) Visualização dos dados geográficos em tempo de desenvolvimento: na versão atual da ferramenta SIGWeb Builder, o desenvolvedor não consegue visualizar os dados geográficos na própria tela da ferramenta. Para que o desenvolvedor possa ter uma

visão de como os dados geográficos serão apresentados na tela do computador, ele precisa executar a funcionalidade de *preview* e abrir um *browser*. Seria interessante que esta visualização ocorresse na própria tela de projeto da ferramenta em tempo de desenvolvimento;

- b) Construção dos *layouts* livremente: a ferramenta SIGWeb Builder possui quatro *templates* previamente definidos. O desenvolvedor não tem a liberdade de construir seu próprio *layout* nem definir o tamanho dos componentes;
- c) Criação dos *templates* por parte do usuário, permitindo assim uma maior disponibilidade de *templates* na ferramenta: a ferramenta SIGWeb Builder não permite, atualmente, a inclusão de novos *layouts* por parte dos desenvolvedores na biblioteca de *templates*. A implementação desta funcionalidade seria importante, pois permitiria o incremento na diversidade de *templates* disponíveis pela ferramenta.

Entende-se as limitações como críticas construtivas no processo de desenvolvimento da ferramenta. Estas críticas apontam para alguns trabalhos futuros. São eles:

- a) Incluir no escopo da ferramenta novos ambientes alvos, tais como o GoogleMaps, o GeoServer e o I3GEO;
- b) Acrescentar na ferramenta outras metodologias de desenvolvimento como, por exemplo, *Model Driven Architecture* (MDA);
- c) Incluir novos *templates* ou novas formas da construção do *layout* do SIG Web;
- d) Incluir a visualização dos dados geográficos na ferramenta, sem exigir a execução do projeto no *browser*.

Acredita-se que a ferramenta SIGWeb Builder contribua substancialmente para a área de publicação de mapas na Web em ambientes livres e gratuitos. Espera-se que esta ferramenta beneficie, não somente os desenvolvedores de SIG Web, mas qualquer pessoa que deseje publicar dados geográficos na Web. Visando o fortalecimento, a disseminação e a continuidade do projeto, pretende-se disponibilizar a ferramenta SIGWeb Builder através de alguma licença de software livre ou de código aberto.

REFERÊNCIAS

- ABACO GROUP. **Abaco Group.** Disponível em: <<http://www.abacogroup.com/eng/dbm/index.htm>>. Acesso em: 02 abr. 2009.
- ALESHEIKH, A. A.; HELALI, H.; BEHROZ, H. **WebGis:** technologies and its applications. In: SYMPOSIUM ON GEOSPATIAL THEORY, PROCESSING AND APPLICATIONS, 34., 2002, Ottawa. **Anais...** Ottawa, 2002.
- ALOVMAP. **Alov Map.** Disponível em: <<http://alov.kgbinternet.com>>. Acesso em: 12 fev. 2007.
- AL-SABHAN, W.. **Approaches to developing a Web-based GIS modelling tool:** for application to hydrological nowcasting. 2003. 325f. Tese (Doutorado). University Of London, London, 2003.
- ALVES, A. K.; COSTA, M. V. C. Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da bacia do Ribeirão Santa Juliana no Triângulo Mineiro – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2007. p.2267 - 2274.
- APPJ. **AppJ.** Disponível em: <<http://www.directionsmag.com/mapinfo-l/mif/AppJ.pdf>>. Acesso em: 01 de jun. de 2009.
- ARAGÃO, H.; CAMPOS, J.. SIGWeb Builder: Um software livre para desenvolvimento de SIG Webs. In: WORKSHOP DE SOFTWARE LIVRE (WSL), 10., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2009.
- ARAGÃO, H. G., et al. Desenvolvimento de um sistema de informação geográfica para saneamento usando software livre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2007.
- ARAGÃO, H.; CAMPOS, J.. SIGWeb Builder: uma ferramenta visual para desenvolvimento de SIG Webs. In: GEOINFO, 10., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.
- ARAÚJO, M. A.. **Web services na informação geográfica.** 2005. 123f. Dissertação (Mestrado da Universidade de Minho). Universidade do Minho, Braga, 2005.
- ARCIMS. **ArcIMS.** Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis/arcims/index.html>>. Acesso em: 12 de dez. de 2008.
- AUTODESK. **AutoDesk.** Disponível em: <www.mapguide.com>. Acesso em: 02 de abr. de 2009.
- BABU, M. N.. Implementing internet GIS with java based client/server environment. In: MAP ASIA CONFERENCE, 2., 2003, Malaysia. **Anais...** Malaysia, 2003.

BRANDÃO, F.; RIBEIRO, J. A.. Estudo do XML, GML, SVG e webservices (WMS e WFS) para formatação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 113., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2007.

BROVELLI, M. A.; MAGNI, D.. An Archaeological WEB GIS application based on MapServer and PostGIS. In: THE INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, 34., Ancona. **Anais...** Ancona, 2003.

BROWN, M. C.. **Hacking Google Maps and Google Earth**. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc, 2006.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A.. **Principles of geographical information systems**. Oxford: University Press, 1997.

CÂMARA, G., et al.. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas: Instituto de Computação, 1996.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.. **Introdução à ciência da geoinformação**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 01 de dez. 2005.

CECCARELLI, M.; CIOFFI, F.; CAPUA, M. D.. Dynamic webgis and tracking of mobile devices. In: FREE AND OPEN SOURCE SOFTWARE FOR GEOINFORMATICS, 2006, Lausanne. 2006. **Anais...** Lausanne, 2006.

CLARKE, K. C.. **Getting started with geographic information systems**. Michigan: Prentice Hall, 2001.

COTRIM, D.; CAMPOS, J.. Representação das características do movimento de objetos móveis em mapas estáticos. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON GEOINFORMATICS, 9., 2007, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, 2007.

DAVIS, S.. **GIS for web developers adding where to your Web applications**. China: Pragmatic Bookshelf, 2007.

DAVIS, S.. **GoogleMaps API, V2**. Dallas: Pragmatic BookShelf, 2006.

ESRI. **ESRI**. Disponível em: <<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>>. Acesso em: 02 de abr. de 2009.

FERRUCCI, F., et al.. Towards the automatic generation of Web GIS. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCES IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, 15., 2007, Seattle. **Anais...** Seattle, 2007.

FSFLA. **FSFLA**. Disponível em: <<http://www.fsfla.org/svnwiki/>>. Acesso em: 01 de ago. de 2009.

FURTADO, D. N.. **Serviço de visualização de informação geográfica na Web: a publicação de Atlas de Portugal utilizando a especificação Web Map Service**. 2006. 171f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica). Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa 2006.

GARAFFA, Í. M.. **Análise da adequação de uma hierarquia de classes básicas para modelagem conceitual de SIG, através de um estudo de caso.** 1998. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, 1998.

GEOSERVER. **GeoServer.** Disponível em: <<http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>>. Acesso em: 8 de jun de 2008.

GONÇALVES, C. F.. **Desenvolvimento e implementação de sistema servidor de mapas na Web.** 2004. 85f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Computação). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2004.

GOOGLE MAPS API. **Google Maps API.** Disponível em: <<http://code.google.com/apis/maps/>>. Acesso em: 04 de fev. de 2008.

HÄCLER, T.. **On Line visualization of spation data.** 2003. 119f. Tese (Department of Geography University Zurich). Department of Geography University Zurich, Zurich, 2003.

HORSTMANN, C. S.; CORNELL, G.. **Core Java 2: fundamentals.** California: SUN, 2001.

JDBF. **JDBF.** Disponível em: <<http://www.svcon.com/jdbf/>>. Acesso em: 10 de jul. de 2009.

JENSEN, J. R.. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** São José dos Campos: Parêntese, 2009.

JUNIOR, J. B.; CANDEIAS, A. L.. SIG e sua interoperabilidade utilizando servidores de WEB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. p.2273-2280.

HENDRICS S.; BERMAN S.; KARIEM, N.. **A Web tool for geographic information systems (GIS).** Disponível em: <<http://iodeweb1.vliz.be/odin/bitstream/1834/625/1/computer.pdf>>. Acesso em: 05 de fev. de 2009.

KRAAK, M.J.; BROWN, A.. **Web Cartography: developments and prospects.** London: CRC Press, 2001.

KROPLA, B.. **Begining MapServer open source GIS development.** New York: Apress, 2005.

LONGLEY, P., et. al.. **Geographic information systems and science.** Hoboken: John Wiley and Sons, 2005.

MAPBUILDER. **MapBuilder.** Disponível em: <<http://communitymapbuilder.org>>. Acesso em: 01 de mar. de 2009.

MAPSERVER. **MapServer.** Disponível em: <<http://mapserver.gis.umn.edu/>>. Acesso em: 04 de jun. de 2007.

MAPSTORER. **MapStorer**. Disponível em: <<http://www.mapstorer.org>>. Acesso em: 05 de nov. de 2008.

MARISCO, N.. **Web mapas interativos como interface aos dados geoespaciais**: uma abordagem utilizando-se tecnologias fontes abertas. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, área de Cadastro Técnico Multifinalitário). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MARTINO, S. D. et. al. A WebML-Based approach for the development of Web GIS applications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEB INFORMATION SYSTEMS ENGINEERING, 8., 2007, Nancy. **Anais...** Nancy, 2007, p.385-397.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Ministério dos Transportes**. Disponível em <<http://www.transportes.gov.br/Bit/pg-inicial.htm>>. Acesso em: 25 de set. de 2008.

MIRANDA, J. I.. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Campinas: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

MIRANDA, J. I.; SOUZA, K. X.. Como publicar mapas na Web. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2003. p.349-355.

MIRANDA, et. al. IGIS: Um framework para sistemas de informações geográficas em N-camadas usando SGBD Objeto-Relacional. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON GEOINFORMATICS, 4., 2002, Caxambú. **Anais...** Caxambú, 2002. p.155-162.

MITCHELL, T.. **Web mapping illustrated, using open source GIS toolkits**. Sebastopol: Oreilly, 2006.

OGC. **Open Geospatial Consortium**. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/>>. Acessado em: 07 de fev. de 2008.

OPENLAYERS. **OpenLayers**. Disponível em: <<http://openlayers.org/>>. Acesso em: 10 de jun. de 2008.

OSGEO. **OSGEO**. Disponível em: <<http://www.osgeo.org/>>. Acesso em: 02 de ag. de 2009.

PENG, Z.-R.; TSOU, M.-H.. **Internet GIS**: distributed geographic information services for the internet and wireless networks. New Jersey: John Wiley e Sons, Inc, 2003.

PETERSON, M. P.. **Maps and the internet**. Oxford: Elsevier, 2003.

POSTGIS. **PostGIS**. Disponível em PostGIS: <<http://postgis.refrations.net>>. Acesso em: 01 de jul. de 2009.

QUEIROZ, G. R.; FERREIRA, K. R.. Tutorial sobre banco de dados geográficos. In: GEOBRASIL, 7., 2006. São Paulo: GeoBrasil, 2006.

RHYNE, T. M.. **Going virtual with geographic information and scientific visualization.** Tarrytown: Pergamon Press, Inc, 1997.

SCHÜTZE, E.. **Current state of technology and potential of smart map browsing in web browsers:** using the example of the Free web mapping application OpenLayers. 2007. 128 f. Tese (Doutorado Multimedia Technology). Multimedia Technology Bremen University of Applied Sciences, Osnabrück, 2007.

SHEKHAR, S.; XIONG, H.. **Encyclopedia of GIS.** Minneapolis: Springer, 2007.

SILVA, A. D.. **Sistemas de informações geo-referenciadas:** conceitos e fundamentos. Campinas: Unicamp, 2003.

SOFTWAREPÚBLICO. **Software Público.** Disponível em <<http://www.softwarepublico.gov.br/>>. Software Público. Acesso em: 7 de out. de 2008.

TU, S.; ABDELGUERFI, M.. **Web services for geographic information systems.** New Orleans: IEEE INTERNET COMPUTING, 2006. p.13-15.

VRML. **Virtual Reality Modeling Language.** Disponível em: <<http://www.w3.org/MarkUp/VRML/>>. Acesso em: 02 de jun. de 2009.

VRML Terrain DataSets. **Virtual Reality Modeling Language Terrain DataSets.** Disponível em: <<http://www.ai.sri.com/VRMLSets/>>. Acesso em: 20 de jun. de 2009.

WEI, Z.-K., et al. Efficient spatial data transmission in Web-based GIS. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON WEB INFORMATION AND DATA MANAGEMENT, 2., 1999, Missouri. **Anais...** Missouri, 1999. p.38-42.

WORBOYS, M.; DUCKHAM, M.. **GIS a computing perspective.** Florida: CRC Press, 2004.

**APÊNDICE A – Fragmento do código gerado para estudo de caso de da área
esgotamento sanitário**

APÊNDICE A.1 – ARQUIVO LAYOUT.XML

```

<layout>
<object type="toolbar" bounds="0,0,663,27" align="top">
<object name="btn_zoomin" label="zoomin" type="imagebutton" bounds="2,2,23,23"
image="img/tool_zoomin.gif" group="1"/>
<object name="btn_zoomout" type="imagebutton" bounds="27,2,23,23"
image="img/tool_zoomout.gif" group="1"/>
<object name="btn_help" type="imagebutton" bounds="602,2,23,23"
image="img/tool_help.gif"/>
</object>
<object type="panel" bounds="0,30,180,30" align="right">
<object type="legend" align="client"/>
<object type="keymap" bounds="0,300,180,98" align="bottom"/>
</object>
<object align="client">
<object type="map" align="client"/>
</object>
<object type="panel" bounds="5,438,663,30" align="bottom">
  <object type="panel" bounds="0,0,85,30" align="left">
    <object name="btn_status" type="btn_status" bounds="2,2,23,23"/>
    <object name="lbl_recno" type="label" bounds="2,5,50,23" align="left"/>
    <object type="image" bounds="50,2,20,20" image="img/tool_nwa.gif"
networkactive="yes"/>
  </object>
<object type="statuspanel" align="client"/>
</object>
<object class="org.alov.viewer.FrameRes">
<object type="panel" bounds="0,0,180,30" align="top">
  <object name="btn_close" type="button" caption="Fechar" align="right"
bounds="425,2,60,23"/>
  <object type="panel" bounds="0,0,380,30" align="client">

```

```
<object name="lbl_recno" type="label" bounds="2,5,50,23" align="left"/>
<object name="btn_onmap" type="button" caption="No mapa" bounds="52,2,60,23"
align="left"/>
<object name="btn_weblink" caption="teste" type="button" caption="Link"
bounds="115,2,120,23" align="left"/>
<object name="lbl_weblink" type="label" bounds="175,5,550,23" align="left"/>
</object>
</object>
<object class="org.alov.viewer.LightGrid" bounds="0,30,180,30" align="client"/>
</object>
<resources xml:lang="en">
btn_zoomin=Zoom In
btn_zoomout=Zoom out - afastar-se do mapa
btn_search=Inicia busca nos atributos dos dados
btn_help=Mostra tela de Ajuda
btn_getdata=Clique nesta opção para ver atributos do elemento selecionado
btn_tips=Mostra descrição com mensagens curtas
lst_domains=Mostra domínio espacial pre-determinado
lst_themes=Selecione mapa temático
txt_search=Entre com critério de busca
btn_status=Mostra tela de notificações
m101=Extensão do Mapa é mesma que do Plano de Informação
m102=Extensão do Mapa é mesma que do domínio
m103=Selecionado
m104=Atributos selecionados
m106=O tema atual é
m107=O plano de informação ativo é
m114=Não Encontrado
m115=Encontrado
sp0=Conectando...Preparando dados no servidor...
sp1=Carrega projeto
sp2=Carregando
sp3=Carga completada
sp4=Bytes recebidos
```

sp5=Erro no servidor
 sp6=Servidor não conectado
 sp7=Servidor ocupado. Favor tentar novamente mais tarde
 sp8=Falha na carga...
 Wait please...=Por Favor aguarde...
 Zoom=Ampliação
 M=M
 kM=kM
 ft=ft
 mi=mi
 in=in
 cM=cm
 Attribute Data=Atributo do Dado
 Close=Fecha
 Link=Mais Informações
 On Map=No Mapa
 Help=Ajuda
 LOG=LOG
 ERROR=ERRO
 </resources>
 </layout>

APÊNDICE A.2 – ARQUIVO PROJETO.XML

```

<?xml version='1.0'?>
<project>
  <layer name="Quadras" visible="yes" keymap="yes">
    <dataset url="dados/Quadra.mif"/>
    <renderer type="default" >
      <symbol fill="204:204:204" outline="51:51:51" showlegend="On">
        <stroke width="2" cap="butt" join="butt"/>
      </symbol>
    </renderer>
  </layer>
  <layer name="Ruas" visible="no">

```

```

    <dataset url="dados/Eixo.mif"/>
<renderer type="default" >
    <symbol style="0" fill="0:0:0" outline="51:51:51" " legendexpanded="no"
showlegend="Off">
<stroke width="2" cap="butt" join="butt"/>
</symbol>
</renderer>
</layer>
<layer name="Por_Diametro" visible="no" legendexpanded="no">
<dataset url="dados/Rede_Esgoto.mif"/>
<renderer type="gradcolor" field="DIAMETRO">
    <symbol style="0" val="60" fill="51:0:204" outline="51:0:204" label="60"
size="1"/>
    <symbol style="0" val="100" fill="255:0:102" outline="255:0:102"
label="100" size="1"/>
    <symbol style="0" val="150" fill="51:204:0" outline="51:204:0" label="150"
size="1"/>
    <symbol style="0" val="200" fill="255:204:204" outline="255:204:204"
label="200" size="1"/>
</renderer>
</layer>
<layer name="Estacao_Elevatoria" visible="no">
<dataset url="dados/eee.mif"/>
<renderer type="default" >
    <symbol style="0" fill="0:102:255" outline="0:102:255" size="9"
showlegend="Off"/>
</renderer>
</layer>
<layer name="Fluxo" visible="no">
<dataset url="dados/Fluxo.mif"/>
<renderer type="default" >
    <symbol style="0" fill="51:153:0" outline="51:153:0" size="1"
showlegend="Off"/>
</renderer>

```

```

</layer>
<layer name="Recalque" visible="no">
  <dataset url="dados/Recalque.mif"/>
<renderer type="default" >
  <symbol style="0" fill="0:153:0" outline="0:153:0" size="1"
showlegend="Off"/>
</renderer>
</layer>
<layer name="PV" visible="no">
  <dataset url="dados/pv.mif"/>
<renderer type="default" >
  <symbol style="0" fill="51:153:0" outline="51:153:0" size="1"
showlegend="Off"/>
</renderer>
</layer>
<layer name="Edificacoes" visible="no">
  <dataset url="dados/Edif.mif"/>
<renderer type="default" >
  <symbol style="0" fill="153:153:255" outline="153:153:255" "
legendexpanded="no" showlegend="Off">
<stroke width="1" cap="butt" join="butt"/>
</symbol>
</renderer>
</layer>
<layer name="Interceptor" visible="no">
  <dataset url="dados/Interceptor.mif"/>
<renderer type="default" >
  <symbol style="0" fill="51:153:0" outline="51:153:0" size="1"
showlegend="Off"/>
</renderer>
</layer>
<layer name="Zona_Abastecimento" visible="no" legendexpanded="no">
  <dataset url="dados/Matr.mif"/>
  <renderer type="gradcolor" field="ZONA_ABAST">

```

```

        <symbol style="2" val="40" fill="255:0:51" outline="255:0:51" label="ZONA
40" size="5"/>
        <symbol style="0" val="41" fill="51:51:255" outline="51:51:255"
label="ZONA 41" size="5"/>
    </renderer>
</layer>
<layer name="Situacao_Ligacao_Esgoto" visible="no" legendexpanded="no">
    <dataset url="dados/Matr.mif"/>
    <renderer type="gradcolor" field="SIT_LIG_ES">
        <symbol style="0" val="LIGADA" fill="0:102:255" outline="0:102:255"
label="LIGADA" size="4"/>
        <symbol style="0" val="POTENCIAL" fill="255:102:102"
outline="255:102:102" label="POTENCIAL" size="7"/>
        <symbol style="0" val="FACTIVEL" fill="255:255:0" outline="255:255:0"
label="FACTIVEL" size="5"/>
    </renderer>
</layer>
<layer name="Percentual_Esgoto" visible="no" legendexpanded="no">
    <dataset url="dados/Matr.mif"/>
    <renderer type="gradcolor" field="PERC_ESG">
        <symbol style="0" val="0" fill="204:0:51" outline="204:0:51" label="0"
size="5"/>
        <symbol style="0" val="45" fill="0:0:255" outline="0:0:255" label="45"
size="5"/>
        <symbol style="0" val="80" fill="0:204:51" outline="0:204:51" label="80"
size="5"/>
    </renderer>
</layer>
</project>

```


**APÊNDICE B – Fragmento do código para o estudo de caso da área de abastecimento
de água**

```
MAP
IMAGETYPE PNG
EXTENT 550564.960000 8560963.730000 578536.270000 8583520.880000
SIZE 150 150
SYMBOLSET './symbols/symbol.sym'
IMAGECOLOR 255 255 255
NAME "exemplo2"
STATUS ON
TRANSPARENT TRUE
SYMBOL
NAME "SYM_CIRCULO"
TYPE ELLIPSE
  FILLED TRUE
POINTS
1 1
END
END
QUERYMAP
STATUS ON
STYLE SELECTED
END
WEB
INCLUDE "../temp_directory.map"
END
LAYER
  NAME consumo-debito
  DATA ../dados/UMF_point.shp
  STATUS DEFAULT
  TYPE POINT
CLASS
NAME "consumo(50-200)/debito>10"
```

```
COLOR 51 51 255
EXPRESSION ( ([CONS_MED] > 50) AND ([CONS_MED] < 200) AND ([MESES_DEB]
> 10))
SYMBOL "SYM_CIRCULO"
SIZE 10
END
CLASS
NAME "consumo(200-300)/debito>15"
COLOR 51 204 0
EXPRESSION ( ([CONS_MED] > 200) AND ([CONS_MED] < 300) AND ([MESES_DEB]
> 15))
SYMBOL "SYM_CIRCULO"
SIZE 10
END
CLASS
NAME "consumo(300-400)/debito>20"
COLOR 255 0 51
EXPRESSION ( ([CONS_MED] > 300) AND ([CONS_MED] < 400) AND ([MESES_DEB]
> 20))
SYMBOL "SYM_CIRCULO"
SIZE 10
END
HEADER "ponto_header_2.html"
TEMPLATE "ponto_template_2.html"
FOOTER "ponto_footer_2.html"
END
END

MAP
IMAGETYPE PNG
EXTENT 550564.960000 8560963.730000 578536.270000 8583520.880000
SIZE 150 150
SYMBOLSET './symbols/symbol.sym'
IMAGECOLOR 255 255 255
```

```
NAME "exemplo2"
STATUS ON
TRANSPARENT TRUE
SYMBOL
NAME "SYM_CIRCULO"
TYPE ELLIPSE
  FILLED TRUE
POINTS
1 1
END
END
QUERYMAP
STATUS ON
STYLE SELECTED
END
WEB
INCLUDE "../temp_directory.map"
END
LAYER
  NAME grandes_consumidores
  DATA ../dados/UMF_point.shp
  STATUS DEFAULT
  TYPE POINT
CLASSITEM "CONSUMIDOR"
CLASS
NAME "Grande Consumidor"
COLOR 0 0 255
EXPRESSION "G"
SYMBOL "circle"
SIZE 12
END
CLASS
NAME "Nao eh Grande Consumidor"
COLOR 255 0 51
```

```
EXPRESSION ""
SYMBOL "circle"
SIZE 6
END
HEADER "ponto_header_2.html"
TEMPLATE "ponto_template_2.html"
FOOTER "ponto_footer_2.html"
END
END

MAP
IMAGETYPE PNG
SYMBOLSET './symbols/symbol.sym'
FONTSET './fonts/fontset.list'
EXTENT 550564.960000 8560963.730000 578536.270000 8583520.880000
SIZE 150 150
IMAGECOLOR 255 255 255
NAME "exemplo2"
STATUS ON
TRANSPARENT TRUE
SYMBOL
NAME "SYM_CIRCULO"
TYPE ELLIPSE
  FILLED TRUE
POINTS
1 1
END
END
QUERYMAP
STATUS ON
STYLE SELECTED
END
WEB
INCLUDE "../temp_directory.map"
```

```
END
LAYER
    NAME quadras
    DATA ../dados/Quadra_region.shp
    STATUS DEFAULT
    TYPE POLYGON
CLASS
STYLE
COLOR 255 255 255
END
STYLE
SYMBOL 'SYM_CIRCULO'
OUTLINECOLOR 204 51 0
SIZE 2
END
END
HEADER "identify2.html"
TEMPLATE "identify2.html"
FOOTER "identify2.html"
END
END
```