

Sheyla Aguilar de Santana

**O USO DO WEBGIS COMO FERRAMENTA DE
DIFUSÃO DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA:
ESTUDO DE CASO DE LAGOA SANTA.**

IX Curso de Especialização em Geoprocessamento
2006



UFMG

Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartog@igc.ufmg.br

SHEYLA AGUILAR DE SANTANA

O USO DO WEBGIS COMO FERRAMENTA DE
DIFUSÃO DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA:
ESTUDO DE CASO DE LAGOA SANTA.

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento, Curso de especialização em geoprocessamento, Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Clodoveu Davis Junior

BELO HORIZONTE
2006

Santana, Sheyla Aguilar

O Uso do Webgis Como Ferramenta De Gestão De Um Município: Estudo De Caso De Lagoa Santa/
Sheyla Aguilar de Santana. Belo Horizonte, 2006.

V, 53f: il.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de
Geociências. Departamento de Cartografia, 2006.

Orientador: Clodoveu A. Davis Jr.

1. WebGis 2.Banco de Dados Geográficos 3.Mapserver 4.Interface de Comunicação

I.Título

Agradecimentos

Gostaria de agradecer meus pais e meus irmãos por pela paciência e pelas risadas nos momentos de tensão, a toda a família pela compreensão nos momentos de ausência, ao Richard, pelos ensinamentos e amor, ao Clodoveu Davis pela confiança e orientação, a Karla Borges pelas citações, a Ana Clara Moura pelas oportunidades, aos amigos do laboratório de Geoprocessamento em especial ao Charles pela ajuda, as queridas amigas Ana Maria e Renata terem ajudado a superar as dificuldades, a Marcela por ter sido a luz na escuridão e a Deus por tudo.

Sumário

Agradecimentos.....	4
Índice das Ilustrações	6
Resumo.....	7
1. Introdução.....	8
2. Revisão Bibliográfica.....	10
2.1 Banco de Dados Geográficos	10
2.2 Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD).....	11
2.3 Modelo Objeto-Relacional	12
2.4 PostgreSQL	13
2.5 MapServer	15
2.6 WebGIS	16
3. Estudo de Caso: SIG para Plano Diretor.....	18
3.1 Plano Diretor	18
3.2 Implementação do Estudo de Caso – Construção da Base de Dados.....	19
3.2.1. Organização de banco de dados alfanumérica	19
3.2.2. Organização da base de dados vetoriais	20
3.2.3. Processamento digital de imagens.....	21
3.2.4. Processamento das informações.....	21
3.2.5. Área de Proteção Permanentes	22
3.2.6. Mapa Hipsométrico e de Declividades.....	22
3.2.7. Mapa de Infra-Estrutura	23
3.2.8. Classificação da Cobertura do Uso do Solo e Uso Urbano do Solo	23
3.2.9. Áreas de Conflitos do Uso do Solo	23
3.2.10. Análises de Multicritérios	24
3.2.11. Análise do Potencial de Expansão Urbana.....	24
3.2.12. Crescimento Urbano x Potencial de Expansão Urbana.....	25
3.3. WebGis.....	28
Etapa 1	28
Etapa 2.....	28
Etapa 3.....	28
Etapa 4.....	30
Etapa 5.....	31
Etapa 6.....	36
4. Conclusões	37
5. Bibliografia.....	38

Índice das Ilustrações

FIGURAS

Figura 1- Tipos Geométricos do PostgreSQL	12
Figura 2- Tipos de Dados Espaciais do PostGIS.....	13
Figura 3- Análise de Multicritério – Metodologia aplicada a Lagoa Santa.	25
Figura 4- Programação LEGAL no SPRING.....	27
Figura 5– Resultado da consulta 1	33
Figura 6– Resultado da Consulta 2	34
Figura 7– Resultado da Consulta 3	35
Figura 8– Tela Inicial de visualização do WebGis	36

Figura 1

TABELAS

Tabela 1- Descrição da tabela Rios.....	28
Tabela 2- Descrição da tabela Área de Proteção Permanente.....	29
Tabela 3- Descrição da tabela Infra-Estrutura.....	29
Tabela 4- Descrição da tabela Potencial de Expansão Urbana	29
Tabela 5- Descrição da tabela Uso do Solo.....	30
Tabela 6- Descrição da tabela Setor Censitário	30

Resumo

O geoprocessamento passou por três etapas de evolução. Inicialmente se buscava o desenvolvimento de aplicações, em um segundo momento, o desenvolvimento de ferramentas e por último a preocupação com o banco de dados. Agora, o foco é a disponibilização dos dados gerados para o público em geral. O objetivo desse trabalho é a criação de um WebGIS a fim de disseminar a informação para todos os tipos de usuários utilizando a interface web. Primeiramente criou-se um SIG no *software* SPRING e em seguida utilizou-se a plataforma Linux, o *Software* Mapserver e o PostGIS para o desenvolvimento do WebGIS. Verifica-se que a internet é um importante difusor de informação já que é muito popular e que existe um grande interesse pelos produtos gerados a partir das técnicas de geoprocessamento.

1. Introdução

Apesar de constante criação de novas informações, existe uma grande barreira entre a acessibilidade dos dados e a construção da informação. Percebe-se que existe uma grande dificuldade de compreensão da informação e da percepção dos dados principalmente pelas difíceis interfaces de acessos de algumas ferramentas do geoprocessamento.

O trabalho visava à compreensão da dinâmica comunicativa de disponibilização dos dados geográficos na internet, a interface mais usual na atualidade. A execução do projeto traz um estudo sobre o Mapserver – *software* para publicações de mapas na internet, a interface web, a difusão da informação geográfica na internet. Para análise de todas estas variáveis foram empregadas técnicas de Geoprocessamento com o objetivo de calibrar os processos de comunicação entre usuário e informações especialistas para o acesso a dados geográficos.

O cumprimento do projeto também envolveu um amplo trabalho de mapeamento e de coleta e organização das informações espacialmente localizadas já existentes, formando um amplo banco de dados geográficos. Isso foi feito para trazer uma visão sistêmica da modelagem de uma realidade espacial para melhor acessibilidade da informação.

A área de estudo foi Lagoa Santa. A escolha do município se deu no período da elaboração do Plano Diretor, quando foi solicitada a criação de um Sistema de Informação Geográfica para armazenamento dos dados e para consultas rápidas. O pedido foi muito bem acolhido, já que é importante o despertar de um olhar mais cuidadoso sobre como os recursos estão sendo utilizados e para definir as potencialidades do município. A criação desse SIG foi realizada em plataforma SPRING, opção feita pelo *software* ser de livre domínio. Com a concretização do trabalho e a entrega do sistema, foi detectada uma grande barreira entre as informações produzidas e o acesso a estas pela quase totalidade das pessoas. Um recurso criado para permitir o alcance das informações por dois principais públicos alvos - o planejador do município, cujo objetivo é o desenvolvimento de medidas exploratórias ou preservativas, e o cidadão de Lagoa Santa, que, tendo acesso a essas informações, pode

costrar uma gestão mais participativa – ficaram sem o acesso as informações pela dificuldade de comunicação entre a interface do SPRING e a falta do conhecimento especializado das pessoas em questão.

Antes do advento da informática aplicada ao registro, catalogação e arquivamento de informações, o profissional da documentação contava com recursos manuais e artesanais, fichas e arquivos, que não só demandavam grandes períodos de tempo, como também um amplo espaço físico. Este sistema precário dificultava uma identificação e um levantamento mais minucioso de qualquer volume de informação. Em plena sociedade da informação e do conhecimento, temos que recorrer aos recursos tecnológicos para fazer o inventário, o registro e o reconhecimento de ambientes, a fim de assegurar a sua salvaguarda, preservação e até mesmo a proteção jurídica. Os atuais recursos para a elaboração de uma sistematização, com possibilidades de entrada e saída de informação, sem aprisioná-las, permite acompanhamento constante, favorecendo sua atualização e transmissão do conhecimento.

Assim, o principal objetivo desta monografia é criar e implementar um modelo de dados orientado a objetos para um SIG voltado para planos diretores, utilizando as características objeto-relacionais disponíveis no sistema gerenciados de banco de dados PostgreSQL e sua extensão voltada para dados espaciais, o PostGIS. O banco de dados projetado para o estudo de caso contém elementos das características físicas, sócio-econômicas e de infra-estrutura. Foram projetadas e executadas consultas a dados espaciais de acordo com o modelo criado. Com isso, pretende-se permitir a difusão da informação e despertar do interesse de inserção da comunidade de Lagoa Santa na criação de uma gestão mais participativa. O projeto inicial facilita o processo de tomada de decisão por parte do poder público e leva informações para os habitantes do município.

Este estudo apresenta a metodologia seguida pela pesquisadora, à revisão bibliográfica sobre os temas relacionados e sobre acessibilidade da informação, a metodologia usada, os resultados obtidos e as conclusões que foram tiradas a partir do estudo realizado.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Banco de Dados Geográficos

Um banco de dados geográficos é preparado para armazenar dados que possuem um componente espacial. São comumente usados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Este tipo de banco de dados tem o intuito de manipular além dos dados convencionais, um imenso volume de dados de natureza não convencional (ou seja, diferentes dos dados alfanuméricos utilizados em bancos de dados não-geográficos), como mapas e imagens de satélite.

Os sistemas de gerenciamento de bancos de dados objeto-relacionais (SGBDOR) são uma forte tendência no desenvolvimento de sistemas, pois suportam uma grande quantidade de requisições simultâneas e de locais diversos, como é o caso dos acessos via Internet.

Segundo NEVES (2002),

"O SGBD, por essência, permite que bancos de dados "persistentes" sejam concorrentemente partilhados por muitos usuários e aplicações utilizando manuseio de armazenamento e estratégias de otimização. Precisamos manter os dados para executar as tarefas de leitura a partir de banco de dados, de atualização e de inserção dos dados no banco de dados, preservando a integridade dos mesmos" (p.17).

Existe uma crescente necessidade de manipulação de dados complexos, como imagens e objetos geográficos, de forma eficiente e rápida, considerando ainda o acesso simultâneo por vários usuários. Para isso os dados precisam estar bem estruturados, num gerenciador de bancos de dados apropriado para consultas espaciais.

Os SGBDOR são aplicáveis ao geoprocessamento, para armazenamento de uma base cartográfica com seus objetos geográficos e dados alfanuméricos, proporcionando pesquisas espaciais eficientes.

2.2 Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD)

Um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) é o conjunto de programas de computador responsáveis pelo gerenciamento de um banco de dados. O principal objetivo é retirar da aplicação cliente a responsabilidade de gerenciar o acesso, manipulação e organização dos dados. O SGBD disponibiliza uma interface para que os seus clientes possam incluir, alterar ou consultar dados. Em bancos de dados relacionais a interface é constituída pelas APIs ou drivers do SGBD, que executam comandos na linguagem SQL.

Os SGBDs podem desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento de novos aplicativos GIS, assim como facilitar o seu desenvolvimento.

O SGBD deve garantir que as propriedades convencionais sejam aplicáveis a dados geográficos. Estas propriedades incluem três requisitos importantes: eficiência (acesso e modificações de grandes volumes de dados), integridade (controle de acesso por múltiplos usuários), e persistência (manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessam o dado).

Sistemas de informação necessitam de um banco de dados estruturado de forma a proporcionar o armazenamento dos dados gerados pelas regras de negócio de forma segura, eficiente e íntegra, e a tecnologia mais popular nesta área ainda é a relacional, que lida com dados organizados na forma de tabelas e armazenados em disco. Os dados gerados pelas aplicações atuais e futuras estão cada vez mais complexos, e uma estrutura plana com tabelas e relacionamentos comprovou ser pouco eficiente para a persistência de dados, além de dificultar o equacionamento das questões de otimização de consultas, gerência de transações e controle de integridade e de concorrência (OLIVEIRA, 2005).

No caso de *softwares* tradicionais de sistemas de informação geográfica, existentes antes do surgimento dos SGBDOR, cada sistema implementa seu próprio modelo de dados, não sendo possível definir um conjunto único de regras para o mapeamento de esquemas conceituais nos esquemas lógicos dos diversos SIG existentes (LISBOA, 2001). O armazenamento de dados dentro de um SGBD elimina o problema de uso de tais estruturas proprietárias, que dificultam a interoperabilidade entre sistemas. Elimina também o uso de armazenamentos heterogêneos, em locais variados, tornando a manutenção complicada, e a recuperação dos dados mais custosa (OLIVEIRA, 2005).

De acordo com ELMASRI e NAVATHE (2004), existem três categorias de modelos de dados: modelo conceitual, modelo de representação e modelo físico. De maneira bem simplificada, pode-se entender o modelo conceitual como a etapa de trabalho que compreende a pesquisa e conhecimento preliminar dos dados alfanuméricos e espaciais a serem levantados para a entrada no sistema, suas funções e aplicações, bem como o conhecimento do fluxo de informações. O modelo de representação fornece conceitos que podem ser compreendidos por usuários finais, porém não estão muito afastados do modo como os dados estão organizados no computador. Por último, o modelo físico descreve detalhes de como os dados estão armazenados no computador, representando elementos como formato de registros, ordenação e caminhos de acesso. Neste modelo existe a linguagem SQL (*Structured Query Language*) para consultas em bancos de dados. A versão mais recente da linguagem SQL, denominada SQL3, estende a SQL tradicional com recursos voltados para bancos de dados objeto-relacionais (ELMASRI e NAVATHE, 2004).

2.3 Modelo Objeto-Relacional

O modelo objeto-relacional integra às funções do modelo relacional a funcionalidade de orientação a objetos, permitindo a inserção de tipos de dados que possuem tipos, classes e inter-relações, além da manipulação de objetos complexos. Trata-se de um esquema de tripla $S = (T, R, I)$ no qual o T é a definição do tipo, o R está relacionado às tabelas e o I é o conjunto de restrições, item que está mais intimamente voltado para a segurança.

Nesse modelo são utilizados componentes que são responsáveis por garantir que a modelagem seja feita de forma íntegra, segura e eficiente, mesmo quando milhares de usuários estiverem conectados simultaneamente em uma aplicação na Internet e acessando um mesmo conjunto de objetos (OLIVEIRA, 2005).

O SGBDs Oracle e PostgreSQL são dois exemplos de bancos de dados objeto-relacionais (FERREIRA, 2002).

2.4 PostgreSQL

O PostgreSQL é um sistema gerenciador de banco de dados objeto-relacional, gratuito e de código fonte aberto. Em sua distribuição oficial, o PostgreSQL disponibiliza tipos geométricos, recursos de indexação espacial e operadores espaciais. (QUEIROZ, 2005)

Os tipos geométricos do PostgreSQL estão apresentados na figura 1.

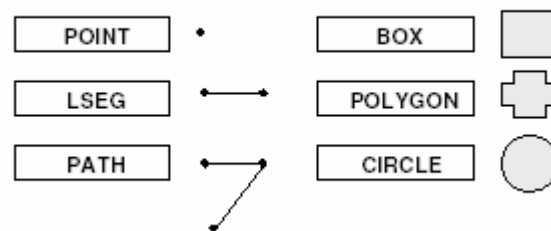


Figura 1 - Tipos Geométricos do PostgreSQL Fonte: (QUEIROZ, 2005).

Hoje, o PostgreSQL é um dos SGBD (Sistema Gerenciador de Bancos de Dados) de código aberto mais avançados, e possui alguns recursos como::

- consultas complexas
- chaves estrangeiras
- integridade transacional
- controle de concorrência multi-versão
- suporte ao modelo híbrido objeto-relacional
- *triggers*- recurso de programação presente na maioria dos sistemas de gerenciamento de bancos de dados, utilizado para associar um procedimento armazenado a um evento do banco de dados, de modo que o procedimento

armazenado seja executado automaticamente sempre que o evento associado ocorrer.

- *views* (visões)
- *stored procedures* em várias linguagens - coleção de comandos em SQL para gerenciamento de banco de dados.

Como as funções disponíveis são bastante limitadas para o desenvolvimento de SIG, uma extensão do PostgreSQL foi desenvolvida. O PostGIS é uma extensão geográfica, também gratuita e de código fonte aberto, que visa permitir ao SGBD PostgreSQL gerenciar informações geo-espaciais.

A figura 2 mostra os tipos de dados espaciais suportados pelo PostGIS.

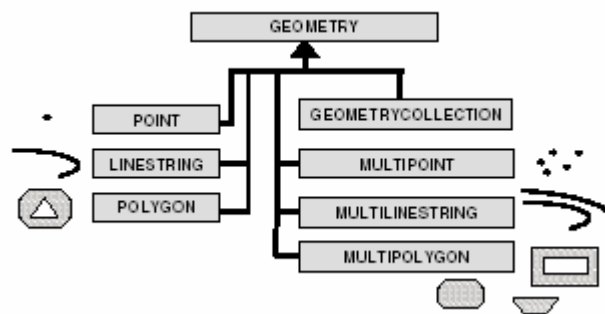


Figura 2 - Tipos de Dados Espaciais do PostGIS Fonte: (QUEIROZ, 2005).

Segundo QUEIROZ (2005), a criação de uma tabela com tipo espacial no PostGIS é realizada em duas etapas. Na primeira são definidos os atributos alfanuméricos e na segunda é utilizada a função `AddGeometryColumn` para adicionar a coluna com o tipo espacial. Essa função implementada no PostGIS e especificada no OpenGIS realiza todo o trabalho de preenchimento de uma tabela especial de metadados, denominada “`geometry_columns`”. Os parâmetros dessa função são:

- nome do banco de dados
- nome da tabela que irá conter a coluna espacial
- nome da coluna espacial
- sistema de coordenadas em que se encontram as geometrias da tabela
- tipo da coluna espacial, que serve para criar uma restrição que verifica o tipo do objeto sendo inserido na tabela.

- tipo da coluna espacial, que serve para criar uma restrição que verifica o tipo do objeto sendo inserido na tabela.
- dimensão em que se encontram as coordenadas dos dados

2.5 MapServer

MapServer é um *software* livre que serve como ambiente de desenvolvimento para construção de aplicativos espaciais na internet. MapServer não é um SIG completo. Ao invés disso, MapServer é especializado na apresentação de dados espaciais (mapas, imagens e dados vetoriais) através da Web.

Além de permitir visualizar dados de SIGs, MapServer permite que você crie imagens de mapas geográficos, mapas que podem direcionar usuários a outros conteúdos.

O MapServer possui diversas funções para pesquisa e visualização de sistemas de informações geográficas (SIG) armazenados em banco de dados, tais como Oracle, MySQL, PostgreSQL, arquivos DBF, etc. (FERRARI, 2005)

Ainda segundo FERRARI(2005), o MapServer é uma aplicação do tipo servidor de mapas, disponível para sistemas operacionais Unix e Windows. Possui uma interface de programação chamada MapScript, que torna possível o uso de linguagens populares como PHP, Java e outras para a construção de aplicações mais complexas.

O MapServer dá suporte ao formato vetorial ShapeFile do ArcView. O formato de saída do aplicativo pode ser personalizado, permitindo a construção automática de legenda e barras de escala, a construção de mapas temáticos usando expressões lógicas ou regulares baseadas em classes, entre outras facilidades. Este aplicativo provê condições suficientes de suporte para uma grande variedade de aplicações espaciais na Web. (MIRANDA, 2003)

Para publicar mapas, o MapServer utiliza um arquivo de configuração em formato texto, chamado de “*map file*” (extensão .map), contendo uma descrição de todos os planos de informação (mapas temáticos) e seus parâmetros, como sistema de referência, nome do arquivo, rótulos a serem usados com o mapa, escala, cor, etc. As informações

contidas neste arquivo são usadas pelo MapServer quando estiver atendendo solicitações sobre mapas. (MIRANDA, 2003)

As principais características dessa extensão são:

- Desenho de camadas e execução de aplicativos dependentes de escala
- Rotulação de camadas, incluindo mediação de colisão de rótulos
- Saída direcionada por modelos, altamente personalizáveis.
- Fontes TrueType
- Automação de elementos de mapas (escala, mapa de referência e legenda).
- Mapeamento temático usando classes baseadas em expressões lógicas ou expressões regulares
- Uso de ambientes de desenvolvimento e linguagens de script populares: PHP, Python, Perl, Java e C++
- Utilizável em diversas plataformas: Linux, Windows, MAC OS X, e outras.
- Múltiplos formatos matriciais e vetoriais: TIFF/GeoTIFF, e vários outros através do GDAL; Shapefiles, ESRI, PostGis, Oracle Spatial, MySQL e muitos outros via OGR; Especificações web do Open Geospatial Consortium (OGC); WMS (cliente/servidor) e outras.
- Suporte a projeções de mapas (projeção em tempo real para mais de 1000 projeções através da biblioteca Proj. 4)

O papel do MapServer nesta monografia é possibilitar a visualização das camadas de informações criadas para o Plano Diretor de Lagoa Santa e para as consultas espaciais criadas a partir dessas camadas de informações.

2.6 WebGIS

“Aplicações SIG Web têm recebido muito destaque nos últimos anos, pois a informação geográfica pode ser visualizada/manipulada em diferentes locais, por diferentes perfis de usuários, através da Internet. Isso aumenta a complexidade da implementação de aplicações SIG, tanto

com relação a aspectos funcionais, quanto em aspectos de interface humano-computador.” Schimiguel et al, 2005.

O WebGIS pode ser caracterizado como um SIG com a interface Web, voltado para a disponibilização ampla dos dados armazenados em seu banco de dados. Uma vez pronta à base cartográfica digital do SIG, a transposição de uma plataforma para a outra se dá através da utilização de *softwares* como o MapServer e algum banco de dados como o PostGreSQL.

A evolução de um estágio para o outro requer o conhecimento de técnicas de programação para a formulação de consultas SQL, além de uma linguagem para a programação de *sites* como é o caso do Java ou o PHP, que está sendo utilizado nessa monografia.

A necessidade da utilização do WebGIS foi percebida devido à dificuldade de decodificação da linguagem cartográfica por parte dos usuários novatos nos produtos de geoprocessamento e na utilização da World Wide Web.

Hoje, o WebGIS é um dos exemplos mais atuais de modelagem em comunicação. Ele é um processo de modelagem de dados, pois parte da simplificação da realidade, uma vez que a representação de dados espaciais nunca consegue atingir a complexidade de um conjunto de variáveis reais. Outro aspecto de modelagem no sistema é o recorte metodológico para acessibilidade dos usuários as informações armazenadas. Uma vez modelado o sistema, o desafio é promover consultas de análise e síntese de informações espaciais.

A disponibilização de dados geográficos na internet é feita, principalmente, a partir de duas formas: a disponibilização direta através do uso de browsers gráficos e através das bibliotecas digitais. A mais famosa é a disponibilização gráfica graças à World Wide Web e seu “boom”. O protocolo *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) e o *HyperText Markup Language* (HTML) vieram para ajudar o funcionamento e compartilhamento e envio de conteúdos digitais, aumentando a interatividade embora bem limitada aos atuais padrões das aplicações gráficas convencionais.

As bibliotecas digitais de informações geográficas são centros de dados geográficos que fornecem infra-estrutura para a criação, estruturação, armazenamento, processamento, recuperação e distribuição dos dados geográficos (Câmara et al., 1996). Pode-se dizer que os WebGIS e os portais já fazem parte desse tipo de serviço.

3. Estudo de Caso: SIG para Plano Diretor

3.1 Plano Diretor

Atualmente, com o auxílio de dados específicos municipais, tais como, dados censitários em formato digital, imagens de satélite, fotos aéreas, e base de dados geográficos previamente produzida por empresas especializadas, podem-se identificar praticamente todos os problemas mais graves que um município apresenta, como falta de infra-estrutura básica, crescimento urbano desordenado, zonas de risco para construção de edificações, e outros.

Para tentar resolver, ou pelo menos minimizar esses problemas municipais, o governo federal promulgou em de julho de 2001 a lei número 10257, que determina quais municípios devem possuir um plano diretor para organizar o crescimento e o funcionamento da cidade.

O plano diretor é obrigatório para as cidades com mais de 20 mil habitantes, integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, onde o Poder Público municipal pretende utilizar os instrumentos previstos no § 4o do art. 182 da Constituição Federal; integrantes de áreas de especial interesse turístico, inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional. (Lei nº. 10.257, Art. 41, 2001)

A primeira etapa de um plano diretor municipal é identificar bem a realidade da cidade e seus problemas, etapa denominada diagnóstico, que pode ser realizado com relativa facilidade, utilizando ferramentas computacionais adequadas e dados geograficamente referenciados, relativos ao município estudado.

3.2 Implementação do Estudo de Caso – Construção da Base de Dados

O primeiro passo foi à criação do Sistema de Informação Geográfico. Inicialmente foi feito um estudo sobre os temas Gestão Pública, Gestão Participativa e Sistemas de Informações Geográficos. Foram realizadas reuniões com a equipe de técnicos que estariam responsáveis pela interpretação do diagnóstico e composição do plano propriamente dito, para definição das variáveis de mapeamento.

Em função dos objetivos e aplicações do sistema foram escolhidos os *softwares* e seus aplicativos. Ficou decidido que o SPRING não atenderia plenamente às demandas uma vez que não é um *software* que apresenta limitações no relacionamento de tabelas, daí a necessidade da utilização do *software* TerraView. Todo o sistema seria organizado no Spring com o objetivo de construção de análises ambientais e para utilização por usuários já treinados em geoprocessamento. Para a utilização por usuários leigos em geoprocessamento, o sistema também seria organizado em TerraView, pois ele cria mapas temáticos para visualização de maneira bem simples. Assim, diferentes níveis na hierarquia de usuários poderiam ser contemplados.

A idéia de criação do SIG voltado para as informações sistemáticas do município foi entendida como uma grande demanda por parte dos órgãos administrativos e como uma ferramenta de auxílio à gestão participativa dos recursos da localidade por parte dos moradores.

3.2.1. Organização de banco de dados alfanumérica

Os dados alfanuméricos da microrregião a qual pertence cada um dos municípios estudados no projeto foram adquiridos em forma tabelas no site do IBGE referentes ao Censo de 2000 e do Sistema Nacional de Indicadores Urbano (SNIU) do Ministério das Cidades, que trazem indicadores de 5507 municípios do país referentes aos seguintes temas: caracterização municipal; demografia; perfil sócio-econômico da população; atividades econômicas; habitação; saneamento básico; transporte urbano; gestão urbana

e eleições. Esses dados foram adquiridos através do *software* SNIU, disponibilizado pelo Ministério das Cidades, e exportados para o formato Microsoft Excel, para que fossem preparados para serem importados para o *software* TerraView, onde foi organizado todo o banco de dados de cada município estudado.

Após as tabelas serem ajustadas (deixadas no formato adequado ao *software* TerraView), foi realizado um procedimento de soma das tabelas no *software* Microsoft Access. Esse procedimento foi feito para que cada tema de indicadores possuísse um número mínimo de tabelas.

O passo seguinte foi à importação das tabelas para o *software* TerraView, juntamente com os vetores dos limites dos municípios constituintes da microrregião a qual o município pertence. Os limites dos municípios, retirados da base cartográfica de dados do GEOMINAS, foi importado para o TerraView em formato shapefile e anexado às tabelas tendo como indexador o código IBGE dos municípios.

O mesmo procedimento foi empregado para compor uma base de setores censitários rurais e urbanos, aos quais foram associados dados do IBGE. Foi preciso refazer algumas edições das delimitações dos setores censitários, devido à grande diferença entre os desenhos dos setores urbanos e rurais, certamente vetorizados pelo IBGE a partir de diferentes escalas.

3.2.2. Organização da base de dados vetoriais

Após o tratamento e armazenamento de dados alfanuméricos, o passo seguinte foi processar todas as bases vetoriais. Inicialmente, foram armazenados os dados da categoria cadastral, com a utilização do *software* SPRING.

O primeiro layer foi à hidrografia. Utilizou-se a base do GEOMINAS de 1:50.000. O segundo arquivo vetorial inserido foi à camada de Rodovias. Essa base foi adquirida no Departamento de Estradas e Rodagens de Minas Gerais (DER-MG) e possui a escala de 1:10.000. O último layer desse gênero cadastral foi o de arruamento, cujos dados foram cedidos pelas prefeituras. Para a conferência dos dados de quadras e ruas, foram utilizadas as Ortofotos da CEMIG.

Foram também armazenadas informações relativas a curvas de nível e pontos cotados, na categoria MNT, visando à construção de representações topográficas. Em etapa posterior, foi testada a qualidade das informações topográficas obtidas pelo SRTM, chegando-se à conclusão de que elas atenderiam às aplicações necessárias.

3.2.3. Processamento digital de imagens

Com a finalização do trabalho com os arquivos vetoriais, iniciou-se o trabalho com as imagens. Definiu-se em quais objetivos pretendia-se chegar com as imagens e os processamentos que elas permitem fazer. As imagens escolhidas e utilizadas foram às imagens LandSats TM de 1989 e ETM+ de 2005 retiradas do site da universidade de Maryland, as ortofotos da CEMIG, as CBERS obtidas no site do INPE¹, a SRTM da EMBRAPA² e as IKONOS retiradas do *software* Google Earth.

O aproveitamento de dados do Google Earth exigiu alguns testes até a obtenção de uma imagem que permitisse o apoio à identificação de ocorrências de ocupação do solo. O Google Earth disponibiliza as imagens de forma que ao serem georreferenciadas, acompanham a deformação devida à curvatura da terra. Para conseguir utilizar as imagens, foi preciso criar um quadrante em formato vetorial no *software* Mapinfo em formato kml. É necessário que a opção “Terrain (Primary Database)” esteja desabilitada no *software* GoogleEarth para que a imagem seja facilmente georreferenciada sem distorções a partir de coordenadas em LAT/LONG WGS84. Após a aquisição das imagens IKONOS, foi utilizado o *software* ENVI4 para o georreferenciamento.

3.2.4. Processamento das informações

Com a entrada de todos os dados primários no SPRING, iniciou-se a construção das informações processadas.

¹ http://www.cbbers.inpe.br/pt/index_pt.htm

² <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/mg/mg.htm>

3.2.5. Área de Proteção Permanentes

As Áreas de Proteção Permanente (APPs) foram levantadas levando em consideração o Código Florestal (Lei 4.771 de 1965) (Brasil, 1965) que determina que as APPs devem ser constituídas pelo buffer de 30 metros para os rios (com variação das faixas em função da largura do rio), 50m para nascentes, 50 metros para as rodovias, 100 metros para as represas, os topos de morro (o último terço de diferença altimétrica entre ponto mais baixo e ponto mais alto da encosta), declividades acima de 45% e unidades de conservação. Complementar a esta lei, está a Lei 6766 de 1979, que regulamenta a ocupação urbana e define as áreas “non aedificandi”. A referida lei estabelece que áreas com declividades superiores a 30% são não edificáveis. Contudo, há uma brecha que deixa a critério dos municípios a aceitação da ocupação da faixa de declividade entre 30 e 47% desde que seja apresentado laudo geotécnico, e restringe totalmente a ocupação das declividades acima de 47%.

Foram construídos mapas de APPs destacando os topos de morro (construídos com o apoio do Modelo Numérico de Terreno do Spring e aplicativo próprio para este fim), as declividades entre 30 e 47% e acima de 47% (também construídas com o apoio de aplicativos de modelo numérico de terreno), as áreas de unidades de conservação e os buffers de rios, estradas e cabeceiras.

3.2.6. Mapa Hipsométrico e de Declividades

O Mapa Hipsométrico foi criado a partir das curvas de nível disponibilizadas pelo Geominas na escala de 1:50.000 e o Mapa de Declividade, a partir do mapa hipsométrico utilizando a ferramenta de geração de declividades do *software* Spring. Para os municípios que não contavam com base vetorial Geominas em escala 1:50.000, foram utilizadas as informações para modelagem numérica de terreno obtidas a partir do tratamento das imagens SRTM.

3.2.7. Mapa de Infra-Estrutura

O Mapa de Infra-Estrutura foi gerado a partir das tabelas dos setores censitário de 2000 do IBGE. Foram produzidas muitas análises temáticas, mas com atenção especial nas informações relativas à presença e tipo de rede de água, luz e esgotamento sanitário.

3.2.8. Classificação da Cobertura do Uso do Solo e Uso Urbano do Solo

A Classificação do Uso do Solo foi gerada a partir das imagens LandSat de duas épocas diferentes. Essa classificação permitiu analisar a evolução da ocupação do território. As classes utilizadas foram: água, campo, mata, afloramento, solo exposto, plantio e área urbana.

Essas categorias foram escolhidas segundo o objetivo de observação e monitoramento das transformações do território e das ações antrópicas entre as duas datas.

A classificação do Uso Urbano do Solo foi gerada a partir das Ortofotos da CEMIG, escala 1:10.000. Essa classificação permitiu identificar se o espaço está sendo utilizado com edificações de grande porte, ocupação urbana segundo diferentes níveis de densidade, solo exposto, cultivo, reflorestamento, vegetação arbustiva, vegetação arbórea, vegetação rasteira ou pasto, água, cemitério e favelização.

3.2.9. Áreas de Conflitos do Uso do Solo

Nessa fase foi efetuada uma análise utilizando a linguagem de programação LEGAL do SPRING, com o objetivo de cotejar as ocupações territoriais com as áreas que deveriam ser preservadas por lei, para identificar as áreas onde existe ação antrópica inadequada. Para isso foi sobreposto o mapa de Áreas de Proteção Permanente (APPs) e as Classificações da Cobertura do Uso do Solo obtida a partir das imagens Landsat.

3.2.10. Análises de Multicritérios

O procedimento de análise de multicritérios é muito utilizado em geoprocessamento, pois se baseia justamente na lógica básica da construção de um SIG: seleção das principais variáveis que caracterizam um fenômeno; representação da realidade segundo diferentes variáveis, organizadas em camadas de informação; discretização dos planos de análise em resoluções espaciais adequadas tanto para as fontes dos dados como para os objetivos a serem alcançados; promoção da combinação das camadas de variáveis, integradas na forma de um sistema, que traduza a complexidade da realidade; finalmente, possibilidade de validação e calibração do sistema, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas.

Segundo Moura (2003) a Análise de Multicritérios é um procedimento metodológico de cruzamento de variáveis amplamente aceito nas análises espaciais. Ela é também conhecida como *Árvore de Decisões*. O procedimento baseia-se no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final. A matemática empregada é a simples média ponderada, mas há pesquisadores que já utilizam a lógica Fuzzy para atribuir os pesos e notas.

O procedimento de Análise de Multicritérios foi empregado na construção do mapa síntese de potencial de expansão urbana. (Figura 3)

3.2.11. Análise do Potencial de Expansão Urbana

A síntese de planos de informação por análise de multicritérios para gerar a classificação do potencial de expansão urbana para todo o território municipal foi construída com o uso da linguagem de programação LEGAL. Foi montada uma fórmula de média ponderada entre os mapas de Áreas de Proteção Permanente, Mapa de Declividades, Mapa de Distribuição de Infra-Estrutura de Água, Lixo e Esgoto e

Classificação da Cobertura do Uso do Solo. O esquema da Figura 3 indica os pesos e as notas adotados e o esquema 4 mostra a programação feita para chegar aos resultados.

3.2.12. Crescimento Urbano x Potencial de Expansão Urbana

Para a construção desta análise, foram inicialmente cotejados os mapas de representação das manchas urbanas dos municípios em duas datas, com o objetivo de reconhecer o crescimento da ocupação urbana. Na seqüência, a mancha de crescimento foi comparada ao mapa de Potencial de Expansão Urbana, visando identificar o grau de adequabilidade do crescimento.

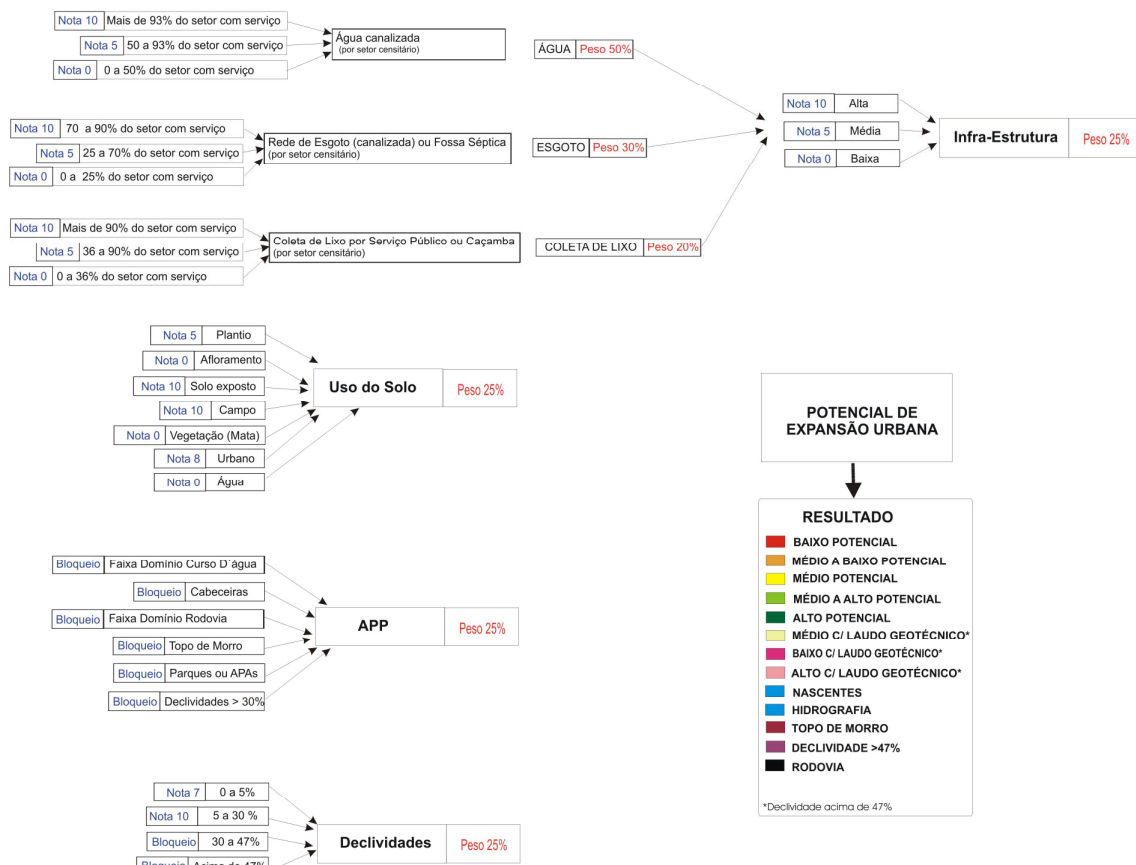


Figura 3- Análise de Multicritério – Metodologia aplicada a Lagoa Santa.

```

{
Tematico decliv("Declivid"), app("APP"), solo("Uso_do_solo"), agua("Infra"), esgoto("Infra"), lixo("Infra"),
resp("Potencial_Urbano");

Numerico aguapon("Potencial");
Numerico esgotopon("Potencial");
Numerico lixopon("Potencial");
Numerico sinteseinfra("Potencial");

Numerico declivpon("Potencial");

Numerico apppon("Potencial");

Numerico solopon("Potencial");

Numerico expansaourb("Potencial");

Tabela infrapond (Ponderacao);
Tabela declivpond (Ponderacao);
Tabela apppond (Ponderacao);
Tabela solopond (Ponderacao);

Tabela fati (Fatiamento);

decliv=Recupere (Nome = "Declividade");
solo=Recupere (Nome = "Urb_01");
app=Recupere (Nome = "APP_Resultado");
agua=Recupere (Nome = "agua");
esgoto=Recupere (Nome = "Esgoto");
lixo=Recupere (Nome = "Lixo");

sinteseinfra=Novo(Nome="Sintese", ResX=10, ResY=10, Escala=57000,Min=0,Max=10);
aguapon=Novo(Nome="aguapon", ResX=10, ResY=10, Escala=57000,Min=0,Max=10);
esgotopon=Novo(Nome="esgotopon", ResX=10, ResY=10, Escala=57000,Min=0,Max=10);
lixopon=Novo(Nome="lixopon", ResX=10, ResY=10, Escala=57000,Min=0,Max=10);

declivpon=Novo(Nome="declivpon", ResX=10, ResY=10, Escala=57000,Min=0,Max=10);

apppon=Novo(Nome="apppon", ResX=10, ResY=10, Escala=57000,Min=0,Max=10);

solopon=Novo(Nome="solopon", ResX=10, ResY=10, Escala=57000,Min=0,Max=10);

expansaourb=Novo(Nome="expansao_urb", ResX=10, ResY=10, Escala=57000,Min=0,Max=10);

resp=Novo(Nome="resultado", ResX=10, ResY=10, Escala=57000);

infrapond = Novo (Categorialni = "Infra",
"Alto" : 10,
"Medio" : 5,
"Baixo" : 0);

aguapon = Pondere (agua,infrapond);
esgotopon = Pondere (esgoto,infrapond );
lixopon = Pondere (lixo,infrapond );

```

```

sinteseinfra=0.5*aguapon+0.3*esgotopon+0.2*lixopon;

declivpond = Novo (Categorialni = "Declivid",
    "0_5" : 7,
    "5_10" : 10,
    "10_20" : 10,
    "20_30" : 10);

declivpon = Pondere (decliv,declivpond );

apppond = Novo (Categorialni = "APP",
    "Fundo" : 10);

apppon = Pondere (app,apppond );

solopond = Novo (Categorialni = "Uso_do_solo",
    "Água" : 0,
    "Solo_Exposto" : 10,
    "Urbano" : 8,
    "Plantio" : 5,
    "Vegetação" : 0,
    "Campo" : 10,
    "Afloramento" : 0);

solopon = Pondere (solo,solopond );

expansaourb=0.25*sinteseinfra+0.25*solopon+0.25*apppon+0.25*declivpon;

fati=Novo(CategoriaFim = "Potencial_Urbano",
    [0.0,2.0] : "Baixo",
    [2.0, 4.0] : "Medio a Baixo",
    [4.0, 6.0] : "Medio",
    [6.0, 8.0] : "Medio a Alto",
    [8.0, 10.0] : "Alto");

resp = Fatie(expansaourb,fati);
}

```

Figura 4- Programação LEGAL no SPRING

3.3. WebGis

Para iniciar o trabalho de criação do WebGis, seguiram-se as seguintes etapas:

Etapa 1. Configuração do ambiente Linux para a entrada de dados. Nessa fase precisou fazer o download dos *softwares* Mapserver e Postgred bem como os pacotes para o bom funcionamento do sistema. Os pacotes utilizados foram: gd (Biblioteca de Gráficos), freetype (Biblioteca de Fontes), php (Linguagem de Programação), proj.4 (Biblioteca de funções para projeção de dados cartográficos), gdal (Biblioteca de dados geoespaciais).

Etapa 2. Criação de um modelo de dados orientado a objetos, baseado no SIG criado anteriormente. Verificação da existência de relacionamento espacial entre as principais classes: Sistema Viário, Microrregião, Distribuição Infra-Estrutura, Potencial de Expansão urbana, Uso do Solo, Área de Proteção Permanente, Rodovia, Classificação do Uso do Solo, Conflito do Uso do Solo.

Etapa 3. Criação do Banco de Dados no PostGIS. Foram importados para o banco de dados PostGIS os arquivos em formato shape exportados do SPRING, sendo um arquivo para cada categoria criada.

Tabela: rios			
Descrição: Tabela com o nome dos rios			
Atributo	Formato	Tamanho	Descrição
idrio	Int	4	Código que identifica os rios
norio	Varchar		Nome dos rios estaduais
the_geom	MULTIPOLYGON		Geometria que representa os rios

Tabela 1- Descrição da tabela Rios

Tabela: app			
Descrição: Tabela com as áreas de proteção permanente			
Atributo	Formato	Tamanho	Descrição
idapp	Int	4	Código que identifica cada polígono
noapp	Varchar		Nome da classe da app
the_geom	MULTIPOLYGON		Geometria que representa as classes

Tabela 2- Descrição da tabela Área de Proteção Permanente

Tabela: infraestrutura			
Descrição: Tabela com a distribuição da Infra-Estrutura básica pelo município de Lagoa Santa			
Atributo	Formato	Tamanho	Descrição
idinfra	Int	4	Código que identifica os setores censitários
cod	Int	20	Identifica o setor segundo o código do IBGE
grau	Varchar	5	Descreve se a distribuição é baixa, médio ou alta.
descricao	Varchar		Descrição da infraestrutura disponível
the_geom	MULTIPOLYGON		Geometria que representa os setores censitários classificados entre os serviços.

Tabela 3- Descrição da tabela Infra-Estrutura

Tabela: potencial			
Descrição: Tabela com as áreas de potencial de expansão urbana			
Atributo	Formato	Tamanho	Descrição
nupot	Int	4	Código que identifica os setores Censitários
nopot	Varchar		Descrição se existe um alto, médio a alto, médio, médio a baixo e baixo potencial para expansão.
the_geom	MULTIPOLYGON		Geometria que representa os municípios

Tabela 4- Descrição da tabela Potencial de Expansão Urbana

Tabela: uso do solo			
Descrição: Tabela com a classificação do uso do solo			
Atributo	Formato	Tamanho	Descrição
iduso	Int	4	Código que identifica cada polígono
nouso	Varchar		Nome da classe do uso
areauso	Int	10	Determina a área das classes
the_geom	MULTIPOLYGON		Geometria que representa os usos

Tabela 5- Descrição da tabela Uso do Solo

Tabela: Setores Censitários			
Descrição: Tabela com os setores censitários			
Atributo	Formato	Tamanho	Descrição
idset	Int	4	Código que identifica cada polígono
descricao	Varchar		Descrição do tipo de setor (urbano ou periférico)
the_geom	MULTIPOLYGON		Geometria que representa os setores censitários

Tabela 6- Descrição da tabela Setor Censitário

Etapa 4. Criação do Arquivo *.map. O código abaixo é um exemplo do arquivo do arquivo lsanta.map criado, e que contém um cabeçalho com informações sobre as dimensões do mapa gerado e as coordenadas do retângulo envolvente da área estudada, dentre outras informações de identificação do mapa que será visualizado. Além disso, contém a descrição de cada layer que será desenhado.

```

NAME "PD-Lagoa Santa"
IMAGETYPE      PNG
EXTENT         584290 7700276 733197 7854010
SIZE           350 350
IMAGECOLOR     255 255 255
UNITS          METERS
SHAPEPATH      "/var/www/html/shapes/"
FONTSET        "/var/www/html/fonts/fontsheyla.list"
SYMBOLSET      "/var/www/html/fonts/symbolssheyla.sym"

REFERENCE
COLOR          -1 -1 -1

```

```

EXTENT          586290 7702276 731197 7852010
STATUS          ON
IMAGE           "/var/www/html/imgs/PDLagoaSanta.png"
OUTLINECOLOR   255 0 0
SIZE           89 91
END

```

```

SCALEBAR
  BACKGROUNDCOLOR 0 0 0
  COLOR           255 255 255
  IMAGECOLOR     255 204 51
  LABEL
    COLOR 0 0 0
    SIZE TINY
  END
  OUTLINECOLOR 0 0 0
  INTERVALS     4
  POSITION 1c
  SIZE          150 4
  STATUS        ON
  STYLE         0
  UNITS         kilometers
END

```

```

WEB
  IMAGEPATH "/var/www/html/imgs/mapimg/"
  IMAGEURL  "/imgs/mapimg/"
END

```

Etapa 5. Consultas ao banco de dados, utilizando operadores espaciais. Os operadores testados foram: *CONTAINS* (Contem) e *INTERSECTS* (intercepta) para testar a funcionalidade do modelo objeto relacional no PostGis.

1ª consulta: Identificar a área de plantios acima de 2 Km² que se encontram nos setores censitários periféricos.

Comando SQL para PostGIS:

```
select u.iduso, u.areauso  
from uso u, setor s  
where s.descricao='PERIFERIA' and nouso='PLANTIO'  
and CONTAINS(s.the_geom, u.the_geom);  
having count(u.areauso) > 20000;
```

OBS.: Esses valores estão representados em m²

Resultado obtido:

Id	Área
1	20566
2	20964
3	21114
4	21423
5	21447
6	21984
7	22158
8	23080
9	23929
10	24457
11	25172
12	25220
13	26081
14	27612
15	30366
16	31836
17	34500
18	38099
19	39155
20	39215
21	40848
22	41660

23	41961
24	43269
25	44004
26	50388
27	50758
28	64013
29	64606
30	80258
31	83467
32	93722
33	163315
34	318857
35	401739

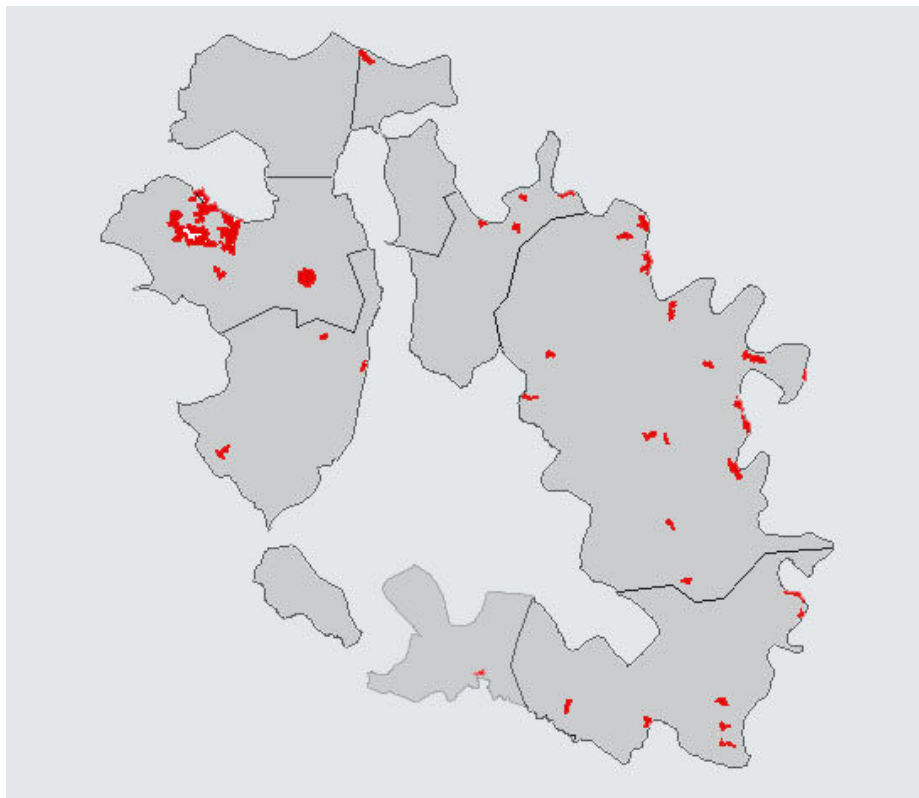


Figura 5– Resultado da consulta 1

2ª consulta: Identificar os locais de boa distribuição de água, lixo e esgoto setores censitários periféricos.

Comando SQL para PostGis:

```
select i.idinfra, i.cod
from infra i, setor s
where s.descricao='URBANO' and i.grau='ALTO'
and CONTAINS(s.the_geom, i.the_geom);
```

Resultado obtido:

Id	cod
01	313760105000034

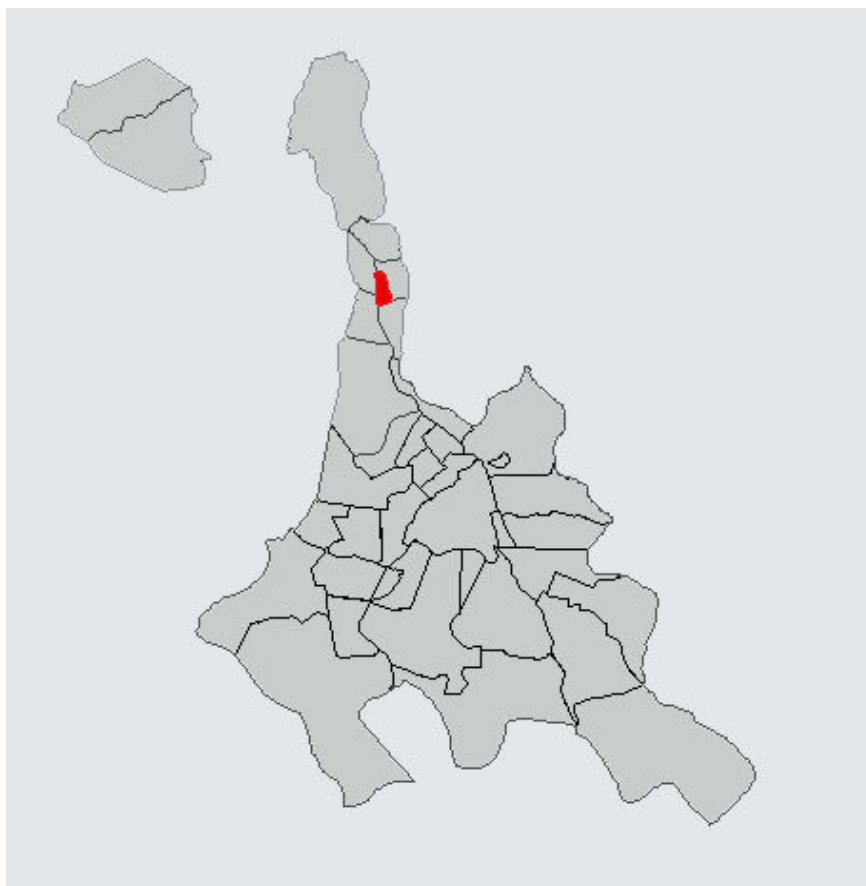


Figura 6– Resultado da Consulta 2

3ª consulta: Identificar os rios estaduais que interceptam nos setores censitários

```
select r.idrio, r.norio  
from rio r, setor s  
where s.descricao = 'PERIFERIA' AND s.descricao='URBANO'  
and INTERSECTS(buffer(r.the_geom, 3), s.the_geom)
```

Resultado obtido:

Id novia

1	Rio das Velhas
----------	-----------------------

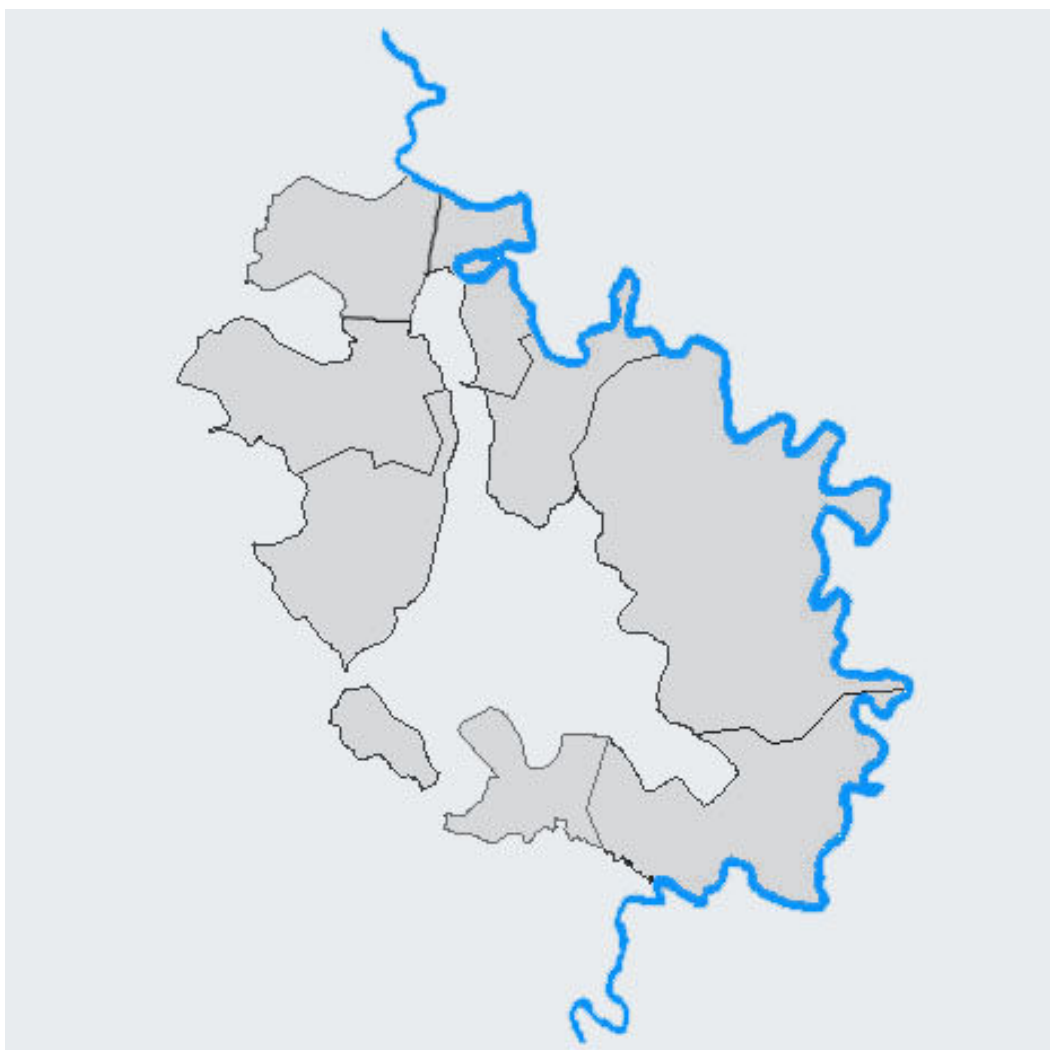


Figura 7– Resultado da Consulta 3

Etapa 6). Criação da interface Web para a disponibilização dos dados (figura 8). Essa interface foi criada no *software* Macromedia em linguagem php. Nesse *site* os usuários terão acesso as bases de dados geográficas e poderão fazer consultas mais simples de espacialização de fenômenos. Inicialmente não existe nenhuma ferramenta para *download* dos mapas e dados vetoriais, mas isso está sendo foco de estudos posteriores.

A princípio, as ferramentas disponíveis são de zoom, deslocamento, informações, “*refresh*”.

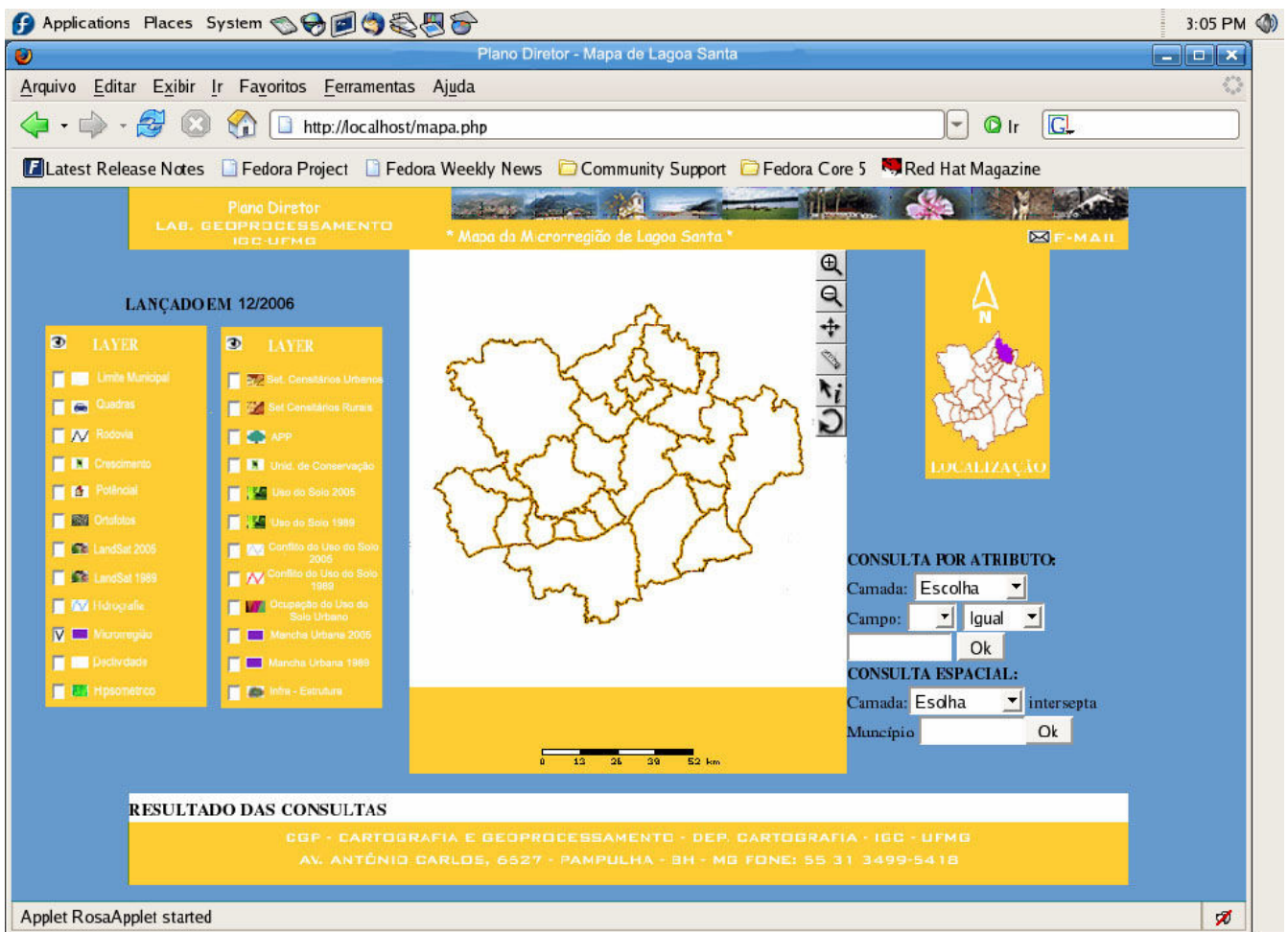


Figura 8 – Tela Inicial de visualização do WebGis

4. Conclusões

O objetivo proposto no trabalho foi cumprido, já que foi possível criar um modelo direcionado para a disseminação de dados via internet.

O modelo de dados orientado a objetos, somado ao banco de dados objeto-relacional, se mostrou muito eficiente, devido à sua facilidade de manipulação dos dados e de atendimento às consultas.

O banco de dados objeto-relacional PostGIS mostrou-se eficaz nas consultas espaciais que foram propostas, além de ter mostrado que a sintaxe dos comandos SQL é relativamente simples. Não foi possível avaliar o desempenho do banco, mesmo observando que o resultado das consultas foi fornecido imediatamente. Só seria possível fazer uma avaliação mais realista do desempenho utilizando um volume maior de dados e uma plataforma multiusuário. Isso mostra a necessidade da continuação do trabalho para a criação dessa plataforma multiusuário, na qual diferentes usuários, de diferentes níveis de compreensão da linguagem cartográfica, possam ter acesso a informações atualizadas e úteis.

O MapServer se mostrou um *software* muito eficiente na visualização dos resultados pesquisados, mas exigiu muito trabalho manual para sua implantação e customização, já que não possui nenhuma interface para programação das consultas SQL. Além disso, é um *software* muito difícil de ser instalado na plataforma Linux para funcionamento pleno. Essa fase do trabalho foi uma das mais demoradas, já que nenhum *.TGZ se mostrava adequado para o programa rodar.

O WebGIS será agora testado junto à prefeitura de Lagoa Santa e a alguns usuários para permitir uma calibragem no sistema e análise da eficiência da plataforma criada.

O SIG e o WebGIS, usados na gestão de um município, se mostram ferramentas muito eficientes para a criação de novas informações e consultas diversas para o controle dos recursos municipais.

5. Bibliografia

BORGES, Karla Albuquerque de Vasconcelos. Modelagem de Dados Geográficos. Apostila do curso de especialização de Geoprocessamento. 2005.

BORGES, K.A.V.; DAVIS JR., C.A.; LAENDER,A.H.F. Modelagem Conceitual de Dados Geográficos. Capítulo 3 de Casanova, M. A., Câmara, G., Davis Jr., C. A., Vinhas, L. e Queiroz, G. R. "Bancos de Dados Geográficos". Ed. MundoGeo, Curitiba (PR), 2005.

CAMARA, G.; CASANOVA, M.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G. e MEDEIROS, C.; Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Campinas: Instituto de Computação, UNICAMP, 1996.

CARTWRIGHT, William; PERTERSON, Michael; GARTNER, Georg. *Multimedia Cartography*. Germany: Editora Springer, 1999.

CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ,G. *Bancos de Dados Geográficos*. Ed. MundoGEO, Curitiba, 2005.

COOPER, Alan. About Face. *The Essentials of User Interface Design*. IDG Books, 1995.

COWEN, David. Gis versus Cad versus DBMS: what are the differences? In.: PEUQUET, Donna, MARBLE, Duane. *Introductory readings in Geographic Information Systems*. London, Taylor and Francis, 1990.

ELMASRI, R.; NAVATHE,S. Sistemas de Banco de Dados. Fundamentos e Aplicações. Ed. LTC, 2002.

- EVANS, A.; KINGSTON R.; CARVER, S.; TURTON, I. Web based GIS used to enhance public democratic involvement. Geocomp99 Conference Proceedings, Mary Washington College, Virginia, USA, 1999.
- FERRARI, G.V.; SOUZA, C.L.; SOUZA, M.A.; Mapa Interativo de Santa Catarina na Web: Servidor de Informações Georreferenciadas baseado em *Software Livre*. Disponível em www.mapainterativo.ciasc.gov.br/ArtigoMapaInterativo.doc.
- GATES, Bill. *A empresa na velocidade do pensamento: com um sistema nervoso digital*. Tradução: Pedro Maia Soares, Gabriel Tranjan Neto. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.
- LISBOA, J.; COSTA, A.C., IOCHPE, C. Projeto de Banco de Dados Geográficos: mapeando esquemas GeoFrame para o SIG Spring. 2001.
- MIRANDA, J.I.; Publicando Mapas na WEB: Servlets, Applets ou CGI?. Embrapa. 2003
- MOURA, A C M. *Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano*. Belo Horizonte, Ed da Autora, 2003.
- NEGROPONTE, Nicholas. *A Vida Digital*. Companhia das Letras. 2ª Edição. São Paulo, 1995
- NEVES, Denise Lemes F. PostgreSQL: Conceitos e Aplicações. São Paulo: Érica, 2002.
- OLIVEIRA, R. A. Desenvolvendo Aplicações Livres de Modelagem Objeto/Relacional com Banco de Dados Orientado a Objetos. Julho, 2005.
- RAMOS, C. *Visualização Cartográfica e Cartografia Multimídia: Conceitos e Tecnologias*. São Paulo: ed.UNESP, 2005.

RICHARD, J. F. *Les Activités Mentales: Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Armand Colin Éditeur. Paris: 1990. Tradução Companhia das Letras, 1994.

SCHIMIGUEL, J., MELO, A.M., BARANAUSKAS, M.C.C. e MEDEIROS, C.M.B. "Accessibility as a Quality Requirement: Geographic Information Systems on the Web". Conferencia LatinoAmericana de Interacción Humano-Computadora (CLIHC2005), Cuernavaca, México.

MAPSERVER – Web site do produto. URL: <http://mapserver.gis.umn.edu/>.