

Concepção, desenvolvimento e integração de um ambiente SIGWeb com ferramentas de software livre

Thiago Santi Bressan ¹
Rudiney Soares Pereira ²

¹ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, s/n - 97700-000 - Santiago - RS, Brasil
tsbressan@gmail.com

² Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Avenida Roraima, 1000 Cidade Universitária - 97105-900 – Santa Maria - RS, Brasil
rudiney.s.pereira@gmail.com

Abstract. The dynamism and multi-tasking is now the web is necessary to make systems with the possibility of spatial information in a particular geographical environment with complete user interaction in building its sensory information. Innovations are needed to design and develop a system for SIGWeb the spatial information, with support for various areas takes this possibility. The focus is not only to develop a system for web and yes, a generic system capable of being adaptable to various topics that have some type of variable which can be spatialized. Will use free tools such as the PostgreSQL database with PostGIS spatial extension related to web programming language PHP (Hypertext Preprocessor) and API (Application Programming Interface) Google Maps.

Palavras-chave: sigweb, espacialização, geoprocessamento, software livre.

1. Introdução

Com o advento da internet, está cada vez mais fácil de realizar qualquer tarefa pela grande rede de computadores. Muitas tecnologias surgiram a partir da chegada da internet. A informação em tempo real foi uma delas. Hoje é comum encontramos ferramentas que consigam receber dados de um equipamento de coleta de dados de forma automatizada, localizado do outro lado do mundo e, transmiti-los, em fração de segundos. Assim, tornando possível tarefas de consulta, análise e tomadas de decisão pelo usuário do sistema.

A espacialização da informação, nos últimos anos, teve inúmeros avanços com o surgimento de novas tecnologias para o desenvolvimento de aplicações *web*.

O termo SIGWeb surgiu e conduz o uso de um Sistema de Informação Geográfica baseado na *Web*. Esse sistema induz o usuário a criar suas próprias camadas de informação, dependendo sempre do nível de conhecimento do usuário, do tema que o SIGWeb está tratando e o nível de alcance que o sistema têm sobre a espacialização da informação no meio e na internet. O SIGWeb é formado por um conjunto de ferramenta capazes de permitir a visualização, a manipulação, a análise de dados geoespaciais de diferentes locais, traduzindo esses processos em informações geradas de acordo com os perfis de usuários, utilizando-se rede internet de computadores.

Considerando-se os termos definidos acima e seguindo os padrões de usabilidade, acessibilidade e interoperabilidade, o objetivo é a implementação de um sistema SIGWeb denominado *Geom@p@s* permitindo a captura de dados, sua espacialização e personalização pelo usuário. Como hipótese de interesse do trabalho, o sistema trabalhar com variáveis do tipo nome, descrição, imagem, posição geográfica, cidade e local.

Dentre os objetivos específicos, tem-se a construção de uma interface em que o usuário dos sistema, consiga se adaptar conforme a suas necessidades, removendo ou adicionando componentes, utilizando-se dos conceitos de usabilidade e acessibilidade apoiados em ferramentas com software livre, suporte para importar dados nos formatos arquivo de texto(.txt) com delimitador '|' e XML (*eXtensible Markup Language*), com as seguintes

variáveis: nome, descrição, coordenada geográfica, imagem, cidade e local, área de personalização do sistema com controle de usuário e senha, utilização da API *Google Maps*, filtro automático entre cidade, local e pontos e backup do banco de dados.

FURQUIM (2008) foca que a disponibilização de informação geográficas para a *web* necessita de dados precisos e dinâmicos. Dados precisos é o essencial para um sistema se comportar da forma esperada, retornando informações verdadeiras e claras. Dados dinâmicos é um fator primordial para a geoinformação na *web*.

Conforme PEDROSA (2003) a modelagem dinâmica procura transcender as limitações atuais da tecnologia da geoinformação, fortemente baseada numa visão estática, bidimensional do mundo. PEDROSA (2003) cita que “um modelo espacial dinâmico é uma representação matemática de um processo do mundo real em que uma localização na superfície terrestre muda em resposta a variações em suas forças direcionadoras”.

PEDROSA (2003) justifica que a implantação de sistemas espaço-temporal dinâmicos com as características mencionadas acima, necessitam de alguns princípios básicos relativos aos principais elementos desses sistemas. Um desses elementos que se destaca, é a representação do espaço e do tempo no modelo dinâmico a ser utilizado para a representação do fenômeno e a abordagem computacional para implementar esses princípios de forma consistente e integrada.

2. Materiais e Métodos

Dados são observações feitas quando monitoramos objetos do mundo real. Esse dados são coletados e como fatos, viram informação. Dados torna-se informações quando colocados em um contexto. BAPTISTA (2010) exemplifica que em uma imagem de satélite precisamos saber a semântica dos dados, escala ou medida de unidade para gerarmos informação precisas e confiáveis.

Modelos de dados são usados para representar o mundo real. Simplificam o mundo definindo apenas aspectos importantes para uma aplicação. BAPTISTA (2010) relaciona o modelo como uma forma de abstração, separando em níveis, cada qual identificado como realidade, modelo de dados, estrutura de dados e estrutura de arquivos.

Os modos de representação dos dados espaciais são divididos em dois formatos conforme BAPTISTA (2010): vetor ou vetorial (*vector model*) e matricial ou *raster (raster model)*.

LUNARDI (2010) descreve os objetivos que um banco de dados espacial deve ter, como armazenamento de dados, automatizar a cartografia e disponibilizar pesquisas e análises para os usuários.

Bancos de dados geográficos trabalham com tipos de dados diferentes em relação aos bancos de dados convencionais, e interessante ressaltar que as estruturas usadas no armazenamento e na indexação de dados espaciais é diferente. Em especial, o *PostGis* (extensão do *PostgreSQL* para banco de dados geográficos) usa uma estrutura denominada a *GiST (Generalized Search Tree)*, que tem melhor resultado em buscas que as citadas anteriormente. Além do armazenamento de dados geográficos, este módulo também implementa diversas funcionalidades topológicas, possibilitando um desenvolvimento de SIG mais prático, garantindo ainda, interoperabilidade com outros sistemas computacionais, usando tipos de dados que não são suportados pelos bancos convencionais. Logo, as linguagens usadas também não dão suporte a estes dados. Assim, surge a necessidade de criação ou adaptação de linguagens específicas para banco de dados espaciais como o *SQL/MM Spatial*, *SF-SQL* e o *Spatial SQL*.

Os tipos de consultas espaciais que pode-se aplicar em uma base de dados espacial são divididos, conforme CASANOVA (2005), em 2 tipos mais importantes: seleção espacial e junção espacial. As operações de manipulação de dados são identificadas por *INSERT*,

DELETE, *UPDATE* e *SELECT*, num banco de dados geográficos são feitas de forma semelhante à um banco de dados comum.

Em relação do SBGD (Sistema Gestor de Base de Dados), é interessante ressaltar que alguns novos tipos de dados que são incluídos para tratar com os componentes espaciais são *POINT*, *POINTM*, *POLYGON*, *MULTIPOINT*, *MULTIPOLYGON*, entre outros.

Também pertence a linguagem DDL (*Data Definition Language*) as tabelas de metadados, que são as tabelas usadas pelo *PostGIS* para armazenar informações sobre objetos espaciais. São elas: *SPATIAL_REF_SYS* e *GEOMETRY_COLUMNS*.

A versão da Malha Municipal Digital empregada refere-se ao ano base 2007, que retrata a situação vigente da divisão político-administrativa, através de uso e representação vetorial das linhas divisórias e contemplando, conforme IBGE (2008), o planejamento e levantamento referente ao Censo 2007, que abrangeu o Censo Agropecuário 2006, Contagem da População 2007 e CNEFE (Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos).

A integração do banco de dados *PostgreSQL* com a extensão espacial *PostGIS* acontece de forma transparente para o usuário, mas complexa internamente. O *PostGIS* fornece a ligação do banco de dados com os tipos de dados espaciais, disponíveis em uma tabela interna chamada de *GEOMETRY_COLUMNS*. A tabela *GEOMETRY_COLUMNS* serve como tabela de metadados para as colunas geométricas das tabelas criadas.

O PHP é a linguagem de programação livre responsável pela conexão do banco de dados *PostgreSQL* com a API *Google Maps*, bem como a interação com o suporte ao tipo de arquivo XML, sendo o conteúdo e o resultado dessa conexão visualizado diretamente em algum navegador disponível. A API *Google Maps* interage com o PHP obtendo respostas da conexão usando retorno de dados em um formato aberto também do tipo XML.

3. Resultados e discussões

A base cartográfica utilizada na Malha Municipal Digital utiliza como referência geodésica o Sistema de Projeção Policônica e Geográfica, com latitude em 0° no equador e longitude com origem em 54° W. Ainda, segundo IBGE (2008), utiliza como elipsoide o UGGI 67 e como *Datum* o SAD69 e SIRGAS 2000. A escala disponibilizada na Malha Municipal digital, conforme IBGE (2008), são compatíveis com a escala de 1:2.500.000 e geradas a partir de um arquivo fonte com escala original de 1:250.000.

O formato do banco de dados que compõe a Malha Municipal Digital fornecida pelo IBGE, é compatível com aplicativos *ArcView*, utilizando o tipo shape/dbf.

O arquivo do tipo shape/dbf para municípios tem os seguintes campos descritos abaixo, conforme IBGE (2008): geocodigo, nome, uf, sigla, regioao, mesorregiao, microrregiao, Latitude e Longitude .

A malha municipal digital fornecida pelo IBGE, conforme descrito acima, está no formato SHP (*Shapefile shape format*), não sendo possível realizar sua importação diretamente para o banco de dados a ser utilizado. Necessita-se de uma conversão anteriormente usando a função *shp2pgsql*. Essa função converte arquivos SHP dentro do SQL de maneira correta para inserção em um banco de dados *PostgreSQL* com extensão espacial *PostGis*. O carregador tem vários modos operacionais distinguidos em linha de comando por parâmetro.

3.1 Geom@p@s

O sistema Geom@p@s resultou da interconexão de diversas ferramentas e dados, sendo utilizado na totalidade ferramentas de software livre com código aberto. Os dados, da mesma forma, são dados disponibilizados gratuitamente pelo IBGE.

A modelagem do banco de dados, de acordo com SILBERSCHATZ (2006) e FILHO (2006) é a abordagem clássica de projeto de banco de dados consiste em dividir o processo

em três etapas: projeto conceitual; projeto lógico; e projeto físico. Na fase do projeto conceitual é elaborado o esquema conceitual do banco de dados, com base em modelos de dados que fornecem construtores de abstração de alto nível para descrever os requisitos de dados da aplicação. Para facilitar a comunicação entre usuários e projetistas são utilizadas linguagens bastante simples, como o modelo Entidade Relacionamento (ER). No projeto conceitual não são considerados aspectos sobre o sistema de computação (software/hardware) utilizado.

Na figura 1 logo abaixo, é visualizado a modelagem do banco de dados pronta para ser exportada, com as tabelas e seus respectivos atributos ou campos, bem como criada as chaves primárias e estrangeiras, esta última identificada pelas ligações entre as relações.

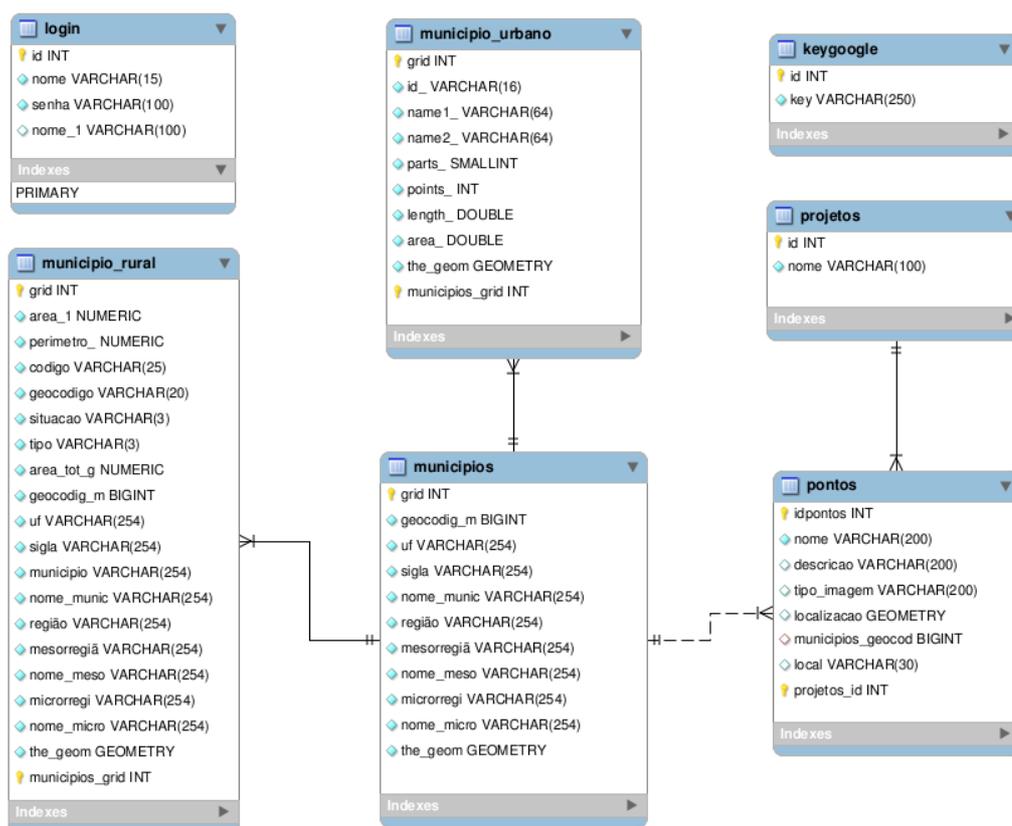


Figura 1: Esquema conceitual gerado a partir do software específico

As tabelas criadas a partir do esquema conceitual são login, municipio_rural, municipio_urbano, municipios, keygoogle, projetos e pontos. Cada tabela possui para identificação um campo ID sendo definido com o tipo chave primária. A chave primária, conforme descreve SILBERSCHATZ (2006), denota uma chave candidata escolhida como o principal meio de identificar tuplas ou registros dentro de uma relação ou tabela.

As tabelas login e keygoogle não fazem ligação com nenhuma tabela, pois são tabelas chaves para o funcionamento do sistema. Por outro lado, a tabela municipios faz ligação via chave estrangeira direto com a tabela municipio_rural e municipio_urbano. O termo chave estrangeira, de acordo com SILBERSCHATZ (2006), é chamado quando há o relacionamento entre duas tabelas, ou seja, sempre em chave estrangeira vai haver relacionamentos entre tabelas, por exemplo, se uma tabela que tem uma chave primária de outra tabela.

GLÓRIA (2007) descreve, que para diversos fins pode-se, portanto, utilizar os mapas e mesmo construí-los de acordo com as necessidades específicas. A imediata construção de mapas pertinentes se torna trivial à medida que se conhecem ferramentas como a API que o *Google Maps* disponibiliza em seu sítio. Dentro desse contexto, GLÓRIA (2007) conceitua

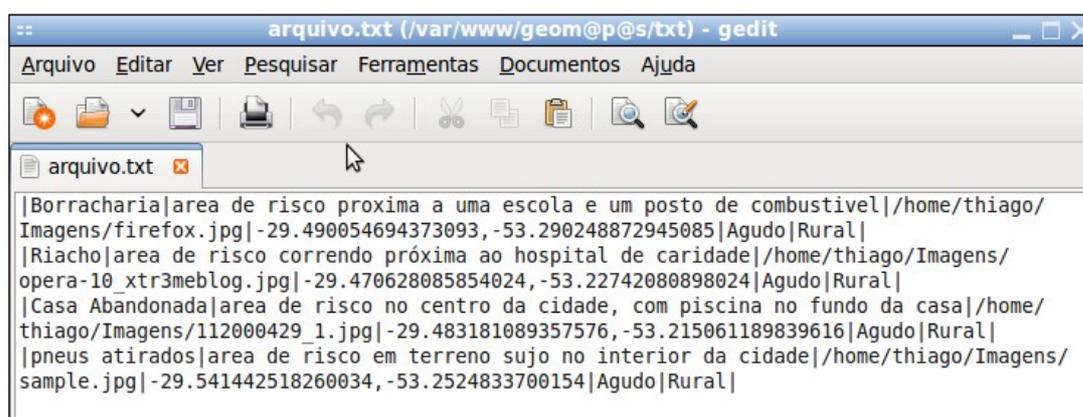
API como sendo um conjunto de rotinas e padrões estabelecidos por um software para utilização de suas funcionalidades por programas aplicativos. As funções acessáveis dentro da API permitem que se utilize características menos evidentes. A API está presente até mesmo nos sistemas operacionais, como no caso do Linux, onde permite ao programador criar janelas, acessar arquivos, criptografar dados, entre outras.

O sistema Geom@p@s possui uma ferramenta para importação de arquivos de dados com suporte aos tipos TXT e XML.

Um arquivo TXT é um formato de arquivo contendo dados de texto simples. São comumente utilizados para armazenamento de informações. Eles evitam alguns dos problemas encontrados com outros formatos de ficheiro ou arquivo, tais como extremidade, *padding bytes*, ou diferenças no número de *bytes* em uma máquina *word*. Contêm muita pouca formatação e o conjunto de caracteres *ASCII* é o formato mais comum do idioma inglês para arquivos de texto, e é geralmente o formato de arquivo padrão em muitas situações.

Junto com os dados no arquivo TXT, usa-se um delimitador de texto, que é um caractere que será inserido nas bordas dos dados para facilitar algum tipo de manipulação desse dado por alguma ferramenta específica.

Na Figura abaixo, tem-se um exemplo de arquivo TXT contendo dados utilizando o delimitador '|'.



```

arquivo.txt (/var/www/geom@p@s/txt) - gedit
Arquivo Editar Ver Pesquisar Ferramentas Documentos Ajuda
arquivo.txt
|Borracharia|area de risco proxima a uma escola e um posto de combustivel|/home/thiago/
Imagens/firefox.jpg|-29.490054694373093, -53.290248872945085|Agudo|Rural|
|Riacho|area de risco correndo próxima ao hospital de caridade|/home/thiago/Imagens/
opera-10_xtr3meblog.jpg|-29.470628085854024, -53.22742080898024|Agudo|Rural|
|Casa Abandonada|area de risco no centro da cidade, com piscina no fundo da casa|/home/
thiago/Imagens/112000429_1.jpg|-29.483181089357576, -53.215061189839616|Agudo|Rural|
|pneus atirados|area de risco em terreno sujo no interior da cidade|/home/thiago/Imagens/
sample.jpg|-29.541442518260034, -53.2524833700154|Agudo|Rural|

```

Figura 2: Exemplo de arquivo txt com delimitador '|'

A sequência de variáveis definidas no arquivo TXT deve ser a seguinte: nome, descrição, caminho completo da imagem, latitude e longitude, município, local Rural ou Urbano. O caminho da imagem deve existir na máquina do usuário, caso contrário será retornado um erro pelo sistema. Os campos descrição e imagem são opcionais quando ao seu preenchimento. O delimitador '|' deve ser usado para separar cada uma das variáveis no arquivo TXT, incluindo variável com conteúdo em branco como descrição ou imagem.

Outro tipo de arquivo suportado pelo sistema Geom@p@s é o XML. Conforme DEITEL (2003), XML é uma nova tecnologia utilizada para criar linguagens de marcações descrevendo dados de qualquer tipo na forma estruturada. XML permite que os autores dos documentos descrevam dados de forma precisa com a criação de novas marcas. Pode ser usada para criar linguagem de marcação para a descrição de dados de qualquer campo.

Seguindo a mesma linha, DUARTE (2010) explica que o XML é uma linguagem de marcação de dados (*meta-markup language*) que provê um formato para descrever dados estruturados. Permite definir um número infinito de *tags*.

DEITEL (2003) e DUARTE (2010) descrevem algumas características importantes sobre os arquivos XML:

- O XML provê uma representação estruturada dos dados, o qual é otimizado para distribuição através da *web*, e é definido pela W3C (*World Wide Web Consortium*), assegurando que os dados estruturados serão uniformes e independentes de aplicações e fornecedores;
- Uma vez tendo sido recebido o dado pelo cliente, tal dado pode ser manipulado, editado e visualizado sem a necessidade de relacionar o servidor. Dessa forma, os servidores tem menor sobrecarga, reduzindo a necessidade de computação e reduzindo também a requisição de banda passante para as comunicações entre cliente e servidor;
- Capacidade de interoperabilidade entre computadores por ser um padrão flexível, aberto e independente de dispositivo. As aplicações podem ser construídas e atualizadas mais rapidamente e também permitem múltiplas formas de visualização dos dados estruturados;
- Por fim, a característica mais importante do XML se resume em separar a interface com o usuário (apresentação) dos dados estruturados. O HTML (*HyperText Markup Language*) especifica como o documento deve ser apresentado na tela. Já o XML define o conteúdo do documento. Como exemplo, em HTML são utilizadas *tags* para definir tamanho, alinhamento e cor de fonte, assim como formatação de parágrafo. No XML você utiliza as *tags* para descrever os dados, como exemplo *tags* de nome, descrição, imagem, local, cidade, etc. O XML possui ainda recursos dinâmicos para estilos de apresentação, usando recursos tais como folhas de estilo definidas com XSL (*Extensible Style Language*) e CSS (*Cascading Style Sheets*) para a visualização de dados em um navegador.

Os documentos XML são armazenados em arquivos de texto que terminam com a extensão `.xml`. Qualquer editor de texto pode ser usado para criar um arquivo XML. DEITEL (2003) argumenta que muitos pacotes de softwares já permitem que os dados sejam armazenados como um documento do tipo XML.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<arquivo>
  <ponto>
    <nome>Borracharia</nome>
    <descricao>area de risco proxima a uma escola e um posto de
combustivel</descricao>
    <coordenada>-29.490054694373093, -53.290248872945085</coordenada>
    <local>Rural</local>
    <cidade>Agudo</cidade>
    <imagem>/home/thiago/Imagens/firefox.jpg</imagem>
  </ponto>
</arquivo>
```

Figura 3: Documento XML no formato usado pelo sistema GeoM@p@s

O documento da Figura 3 começa com uma declaração XML. Essa declaração especifica a *version* (versão) do XML à qual o documento obedece, neste caso, a versão 1.0. A versão 1.0 está em uso desde o ano 2008 e é recomendado pela W3C. Ainda na mesma linha, usa-se mais um atributo não obrigatório (*encoding*) cuja função refere-se a codificação de caracteres empregada no documento. Segundo DEITEL (2003), o tipo empregado na figura 3 (*UTF-8*) é o formato usado para representar qualquer caracter universal no padrão *Unicode*, sendo também compatível com a tabela *ASCII*. Por esta razão, é a codificação padrão para emails, páginas da *internet* e outros locais onde os caracteres são armazenados.

Todos os documentos XML devem conter exatamente o elemento raiz (<arquivo></arquivo>). O elemento raiz contém outros elementos no documento XML. As linhas que precedem o elemento raiz representam o prólogo do documento XML. O elemento ponto é chamado elemento filho do elemento arquivo, porque ele está aninhado dentro do elemento *arquivo*, formando uma estrutura organizada. É livre a criação de elementos dentro de outro elemento. Na figura 3, temos o elemento ponto com vários elementos filhos (nome, descricao, coordenada, local, cidade e imagem), onde cada um desses elementos armazenam seus conteúdos e que estão aninhados dentre as *tags* de abertura e fechamento.

As *tags* ou elementos filhos do elemento ponto devem armazenar os seguinte dados:

- ◆ nome: recebe o nome do ponto. Não pode ser vazio. Tamanho de caracteres é variável.
- ◆ descricao: recebe a descrição do ponto. Pode ser nulo.
- ◆ coordenada: deve armazenar a coordenada na latitude e longitude no formato geográfico, separado por vírgula. O ponto deve ser usado para separar a casa decimal tanto da latitude como da longitude. Não pode ser vazio.
- ◆ local: armazena o local do ponto. Dois tipos: Rural ou Urbano. Não pode ser vazio.
- ◆ cidade: recebe como valor o nome da cidade relacionada com o ponto. Não pode ser vazio.
- ◆ imagem: contém o caminho completo da imagem armazenada na máquina onde está o arquivo XML. O caminho ou endereço da imagem deve ser completo e preciso, caso não existe, resultará em um erro. O tipo de imagem aceito pelo sistema é JPEG (*Joint Photographic Experts Group*). Esse formato de imagem é o método mais utilizado na leitura e criação de imagens.

3. Conclusão

O sistema Geom@p@s torna-se, através do suporte a arquivos do tipo TXT e XML, dinâmico o suficiente para se adaptar à diversos tipos de dados e variáveis a serem espacializadas. Tanto o formato TXT quanto o XML são os tipos de arquivos mais usados na importação e visualização de dados para qualquer tipo de sistema para *web*, principalmente o XML, que é uma linguagem extensível, portátil, sendo usada por praticamente qualquer banco de dados livre ou mesmo pago e na *internet*, como meio de fornecer informações, onde essas informações mudam ou atualizam o seu conteúdo regularmente.

Com as variáveis utilizadas nos arquivos, que são nome, descrição, imagem, coordenada geográfica, local e cidade conseguiu-se ter a abrangência necessária para tornar-se um sistema dinâmico e adaptável a qualquer dado à espacializar.

Os dados importados para o sistema Geom@p@s estão disponíveis para o usuário do sistema criar as próprias camadas de informações, ou seja, as consultas.

A partir do sistema Geom@p@s, trabalhos futuros podem ser desenvolvidos, incluindo inúmeros outros recursos e ferramentas para melhorar ainda mais o dinamismo e suporte à variáveis a serem espacializadas. Suporte a outros tipos de arquivos para importação como KML (*Keyhole Markup Language*), o próprio SHP, imagens georreferenciadas, entre outros tipos de arquivos conhecidos da área de geoprocessamento podem ser implementados no sistema.

4. Referências Bibliográficas

BAPTISTA, Cláudio de Souza. **Sistemas de Informações Geográficas**. 2010. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.dsc.ufcg.edu.br/~baptista/cursos/SIG/>. Acesso dia 27 de maio de 2010.

CASANOVA, Marco Antonio. Et al. **Bancos de Dados Geográficos**. 506 pág. Editora MundoGEO: Curitiba, 2005.

DEITEL, H.M. Et all. **XML Como Programar**. Porto Alegre: Bookman, 2003.

DUARTE, Otto Carlos Muniz Bandeira. **XML - Extensible Markup Language**. Universidade Federal do Rio de Janeiro - Centro de Tecnologia - Engenharia Eletrônica. Acesso dia 10 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: http://www.gta.ufrj.br/grad/00_1/miguel/.

FILHO, Jugurta Lisboa. Et al. **Modelagem Conceitual de Banco de Dados Geográficos: o estudo de caso do Projeto PADCT/CIAMB**. 2006. Acesso dia 15 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.ecologia.ufrgs.br/paginas.centro/labgeo/artigos/jugurta.pdf>.

FURQUIM, Antonio Jorge. FURQUIM, Maysa P. De Oliveira. **Principais características e diferenças entre sistemas sig desktop e sig web**. 2007. Disponível no endereço eletrônico: http://www.esteio.com.br/downloads/pdf/SIG-Desktop_e_SIG-Web.pdf.

FURQUIM, Maysa P. De Oliveira. **Geoinformação na Internet**. 2008. Acesso dia 03 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.esteio.com.br/downloads/pdf/GeoinformacaoInternet.pdf>.

GLÓRIA, Antonio Ignácio. Et al. **Como utilizar as APIs do Google Map**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, 8f. Florianópolis. Anais Eletrônicos. Florianópolis: 2007. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.11.55.54/doc/5787-5794.pdf>. Acesso no dia 15 de junho de 2010.

LUNARDI, Omar Antônio. Et al. **Banco de Dados Orientado a Objetos do Espaço Geográfico Brasileiro, da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército**. Acesso dia 10 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: www.5dl.eb.mil.br/downloads/mcegb.pdf

IBGE. **Malha Municipal Digital do Brasil – 2007**. IBGE. 2008. Acesso dia 04 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/municipio_2007/Malha_Municipal_Digital_2007_2500/MALHA_MUNICIPAL_DIGITAL_2007_2500.doc

PEDROSA, Bianca Maria. **Ambiente Computacional para Modelagem Espacial Dinâmica**. 2003. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2003.

POSTGIS 1.5.1 Manual. 2010. Acesso dia 15 de junho de 2010. Disponível no endereço eletrônico: <http://postgis.refractor.net/download/postgis-1.5.1.pdf>.

SILBERSCHATZ, Abraham. Et al. **Sistema de Banco de Dados**. Tradução da 5ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.