

Open source web GIS
Sistema de Informação Geográfica de Roteador Inteligente e Dinâmico
Baseado em Classificação do Tráfego em Três Níveis

Daniel Gorni¹

¹ Universidade Pontificia de Salamanca – Campus de Madrid
Centro Superior de Estudos Tecnológicos – Sede de Majadahonda
Calle Sorolla, 4 – CP 28220 – Majadahonda
Madrid - España

dgorni@yahoo.com.br

Abstract: This paper describes a Web Geographic Information System built on an Open Source structure like MapServer (Minnesota University and NASA map server), PostgreSQL/PostGIS (object relational database management system), Apache/TomCat (web/application server) and Java language (JSP). The GIS is a web site to route ways in streets net of a part of São Paulo city. The system is divided in two modules: (1) a module to input the traffic conditions (a *staff* must choice between three levels based in traffic conditions), and (2) a module to interface with the user that can input two address (a point of start and an objective) to get the route. The system traces a route based in a best way algorithm and looking for better streets based in their traffic condition. This system is more useful if the client has equipment with a GPS to send the position automatically to the system through, for example, satellites. Thus, the system could receive these informations to process. But, if the client does not have one, to simulate the change of position, we have used the client module. It is possible to click in the map to regenerate the original position.

Palavras-chave: geographic information system, route system, web system, spatial database, ordbms, postgresql, postgis, mapserver, web server, java, jsp, apache, tomcat, sistema de informação geográfica, sistema de rotas, roteamento, sistema web, banco de dados espacial, servidor de mapas, servidor web, avl.

1- Definições

1.1- Sistema de Informação

Um Sistema de Informação (SI) é um programa de computador onde (geralmente) existem dados (ou informações) de entrada, processamento destes e dados de saída. É comum que um SI armazene dados. Um SI pode ser composto por um único computador ou por vários. Uma Linguagem de Programação é necessária para implementar um programa (ex: Java, ASP, etc.).

1.2- Sistema de Informação Cliente-Servidor

Um Sistema de Informação Cliente-Servidor é um modelo computacional em que há duas (ou mais) entidades trocando informações. Geralmente, essas entidades se encontram em locais distintos, e conseqüentemente em computadores distintos, sendo que um dos computadores é nomeado *Cliente*, e o outro, *Servidor*. O servidor tem a responsabilidade de “servir” o cliente com informações. A seqüência básica de ações é: o cliente envia uma requisição de serviço ao servidor, que por sua vez realiza um processamento prévio (se necessário) das informações e as envia ao cliente.



Figura 1 – Modelo Cliente-Servidor

1.2- Sistema de Informação Web (World Wide Web) - Baseado em HTTP e HTML

Um Sistema de Informação Web (WWW) segue o modelo Cliente-Servidor em redes TCP-IP utilizando protocolo de comunicação HTTP e linguagem de programação HTML (Hypertext Mark-up Language). Uma aplicação cliente (geralmente um *browser* como FireFox, Internet Explorer ou outro) envia uma requisição a um servidor para obter uma “página web”. Exemplo: se o usuário deseja visitar a página web do INPE, basta utilizar um browser e digitar a requisição `http://www.inpe.br`. O servidor responsável enviará ao cliente os dados solicitados. Então, o browser interpreta esses dados e exibe o resultado para o usuário. Neste caso, como o servidor provê páginas web, o chamamos *servidor web* (WebServer). Exemplos de web servers: Apache, Jboss, IIS, etc.

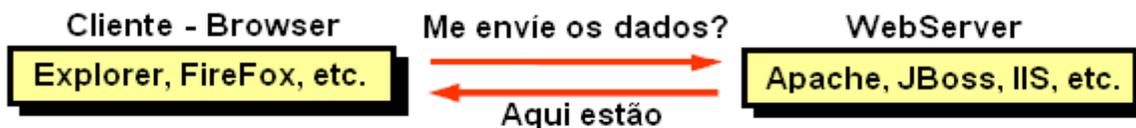


Figura 2 – Estrutura Sistema de Informação Web

1.3- Sistema de Informação Geográfica

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é, em poucas palavras, um sistema de informação que manipula dados geográficos (ou dados espaciais). Raia Junior (2000) cita um

SIG como sendo a *terminologia freqüentemente aplicada à tecnologia computacional orientada geograficamente*. Outras definições encontradas: (1) *Sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos* (Câmara et al., 1996); (2) *Sistema baseado em computador, que permite ao usuário coletar, manusear e analisar dados georreferenciados* (Teixeira & Christofolletti, 1997); (3) *Conjunto de ferramentas informáticas desenhadas para a aquisição, armazenamento, análise e representação de dados espaciais* (Ordóñez y Martinez, 2003).

Informação Geográfica: As Ciências da Terra (Geologia, Geografia, Geodésia, Oceanografia, etc.), manipulam um grande volume de dados de origem e natureza diversas. Esses dados formam a denominada informação geográfica (ou espacial). Quando esses dados estão espacialmente localizados, dizemos que os dados estão *georreferenciados*.

Classificação: Romero (2006) classifica os SIG's segundo modelo dos dados geográficos em:

- SIG Modelo de Dados Raster: SIG com informações espaciais contínuas como imagens de satélite ou obtidas por aerofotogrametria.
- SIG Modelo de Dados Vetorial: SIG com informações espaciais como pontos, retas e polígonos.

Estrutura de um SIG: Por ser um SI, um SIG é composto pelos mesmos componentes básicos de um SI convencional: dados de entrada e saída, banco de dados (para armazenamento) e uma linguagem de programação. A grande diferença de um SIG em relação a um SI convencional é o **Banco de Dados (BD)**. O BD para um SIG também deve ser capaz de armazenar informações espaciais e realizar operações espaciais sobre essas informações, tais como: proximidade, distância, área, etc. Assim, um BD de um SIG é composto basicamente por duas componentes:

- **Componente Espacial:** que inclui a localização geográfica (referida a um sistema de coordenadas), as propriedades espaciais (próprias da entidade geográfica) e as relações espaciais, entre as distintas entidades.
- **Componente Temática:** são as informações das propriedades dos objetos representados.

SIG na Web: Um SIG pode ser estruturado para estar disponível na internet. Vamos chamar esse tipo de SIG como *Sistema de Informação Geográfica Web (SIGWeb)*. Um bom exemplo de um SIGWeb é *GoogleEarth*: um programa de computador onde é possível visualizar praticamente toda a superfície do planeta Terra. Há quem diga que o *GoogleEarth* não é um SIG porque não realiza alguns tipos de operações espaciais. Mas como ele realiza *input* e *output* de dados espaciais, pode ser considerado um SIG.

1.4- Sistema de Informação Geográfica Web (SIGWeb)

Um SIGWeb é composto basicamente de cinco elementos:

- Um Cliente (um browser de internet como InternetExplorer, FireFox, outros).
- Um Servidor Web (IIS, Apache, outros).
- Uma Linguagem de Programação compatível com sistemas de informação web.
- Um Banco de Dados Espacial (para armazenar também informações espaciais).
- Um Servidor de Mapas (SM): Uma excelente característica de um SIGWeb é a capacidade de gerar mapas dinamicamente, a partir das necessidades do usuário. Para tanto, um SM é necessário. O SM é o elemento do SIGWeb que gera mapas a partir de uma requisição do Webserver, que por sua vez, recebeu uma requisição do cliente browser, que é a interface do usuário para utilizar um sistema web. Os servidores de mapas mais conhecidos são: ArcIMS (ESRI), GeoMediaWebMap (InterGraph), MapExtreme (MapInfo) e MapServer (UMN).

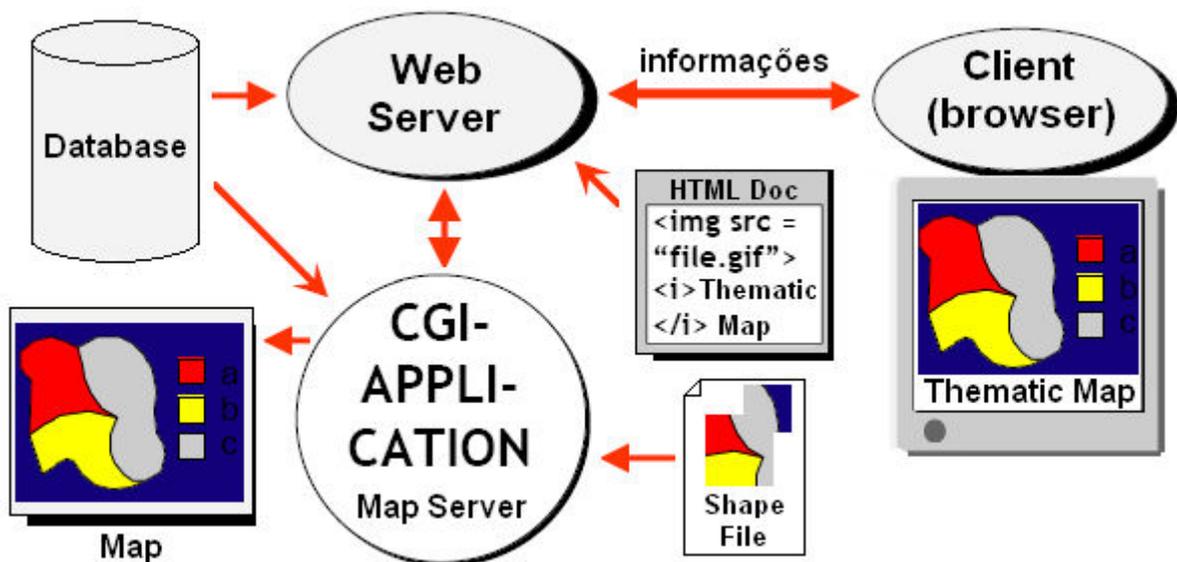


Figura 3 – Estrutura Sistema de Informação Geográfica Web com Servidor de Mapas

2- Open Source Web GIS

Agora que já conhecemos os cinco componentes base um SIGWeb de alta qualidade, vamos descrever um pouco cada um deles, lembrando que todos são gratuitos e em sua maioria, seguem a linha de padrão de desenvolvimento *open source* (código fonte do programa é “aberto”, de acesso público).

2.1- Um Cliente – Navegador Web - FireFox

FireFox é um browser de internet gratuito que respeita as normas do *World Wide Web Consortium* (W3C) e possui funcionalidades diversas e originais (que não serão citadas aqui).

W3C é uma organização internacional de internet responsável pelos padrões de desenvolvimento de sistemas para internet como quanto ao uso das linguagens HTML e XML. Por seguir as normas do W3C e por ser gratuito, o uso do FireFox cresce a cada dia.

2.2- Um Servidor Web e de Aplicação – Apache/TomCat

Apache/TomCat é gratuito e opensource. É resultado de um projeto corporativo do Grupo Apache e pode ser utilizado em distintas plataformas de Sistemas Operacionais como: Linux/Unix, Windows, Solaris, AIX, etc. Apache é um servidor web e pode trabalhar isolado, ou seja, sem o TomCat. Mas não está habilitado para interpretar *servlets Java* por exemplo. TomCat é um servidor de aplicação, um *contenedor de servlets*. É muito utilizado juntamente com Java e necessita trabalhar junto com o Apache, que é o servidor web.

2.3- Uma Linguagem de Programação Web – Java (JSP)

Java é uma linguagem de programação orientada a objetos que não necessita licença de uso.

Programas escritos em Java necessitam uma estrutura para poderem ser executados. Essa estrutura se chama Máquina Virtual Java (JVM), e também gratuita. Programas Java são de alta portabilidade porque a JVM pode ser instalada em diferentes sistemas operativos.

2.4- Um Banco de Dados Espacial – PostgreSQL/PostGIS

Um banco de dados para um SIG necessita capacidade de armazenamento de informações

espaciais e também, capacidade de realizar operações espaciais com esses dados. PostgreSQL/PostGIS é um banco de dados com essas características, além de ser gratuito e open source.

PostgreSQL é um *Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Objeto Relacional* (ORDBMS). Ele trabalha com objetos como pontos, linhas e polígonos.

PostGIS é uma extensão do PostgreSQL que torna este apto a manipular dados espaciais.

2.5- Um Servidor de Mapas – MapServer (UMN)

MapServer é um servidor de mapas gratuito e open source desenvolvido pela Universidade de Minnesota (EUA) que hoje faz parte dos projetos da NASA.

Ele pode ser instalado em sistemas operacionais Linux/Unix, Windows y Mac OS X. MapServer pode se conectar a diferentes estruturas de dados como por exemplo: PostgreSQL/PostGIS, ORACLE, ArcSDE, Shapefiles, Erdas, ECW, GeoTIFF, etc. Os tipos de imagens de saída que o MapServer pode gerar são: GIF, PNG, JPEG, TIFF, BMP e SVG. A configuração do MapServer é baseada em apenas um arquivo (*MapFile*). Nesse arquivo estão as características do mapa a ser gerado e as conexões que deverão ser feitas para obter os dados (diretamente a *shape files*, a bancos de dados ou WCS/WMS/WFS - serviços de informações web de *Coverage's*, *Map's* e *Feature's*, respectivamente).

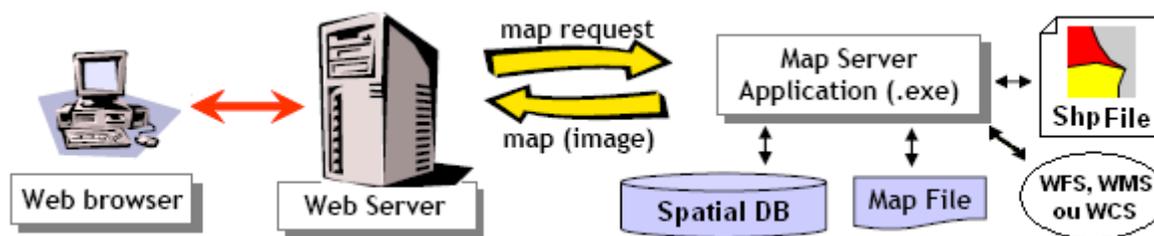


Figura 4 – Estrutura de fluxo de informações do MapServer

3- A Aplicação

O SIGWeb deste projeto, foi desenvolvido utilizando a tecnologia acima apresentada.

Objetivo: O objetivo do sistema é fornecer ao usuário uma rota entre dois pontos (endereços simples – nome do logradouro e número) evitando os locais com maior intensidade de tráfego. Chamaremos de *origem* o ponto inicial do trajeto e de *destino* o ponto final do mesmo. O sistema deve reconstruir a rota até que o usuário alcance o destino.

Escopo: o escopo do sistema é uma área quadrada de aproximadamente 70 (setenta) quilômetros quadrados da cidade de São Paulo. Esse quadrante é formado a partir das coordenadas geográficas de Longitude -46° 41' 00" até -46° 36' 00", e de Latitude -23° 37' 00" até -23° 32' 00".

Módulos: O sistema está dividido em dois módulos:

- Módulo Gestão de Tráfego: é o módulo utilizado para a classificação das condições do tráfego em três níveis: bom, razoável e ruim. O responsável por essa tarefa escolhe o logradouro que necessita atualizar a condição de tráfego, escolhe qual a nova condição (boa, razoável ou ruim) e digita os números iniciais e finais de onde começa e de onde termina essa nova condição de tráfego do dado logradouro.
- Módulo Cliente: é o módulo em que o cliente seleciona sua origem (se necessário), seu destino e obtém um percurso entre esses dois pontos gerado pelo roteador. Há dois tipos de usuários: o que possui um GPS e o que não possui:
 - 1- Usuário com GPS: pode cadastrar seu dados e seu equipamento GPS a fim de que o sistema saiba para qual GPS está realizando qual rota. Assim, quando esse tipo de

usuário efetua seu “login” no sistema, este já reconhece automaticamente qual a posição (origem da rota) do usuário através das coordenadas geográficas transmitidas pelo GPS. Portanto, o usuário não necessita escolher uma origem, somente o destino (este usuário também pode escolher uma origem diferente da que está no momento).

2- Usuário que não possui GPS: deve selecionar origem e destino, e solicitar a rota.

Para ambos os tipos de usuários, a maneira como se escolhe um destino e uma origem é a mesma: primeiro se escolhe a letra alfabética pela qual inicia o nome do logradouro desejado. Uma lista se apresenta na qual o usuário deve escolher um dos logradouros ali existentes. Ao selecionar o logradouro, o sistema já fornece qual a faixa de números para o escolhido. Então o usuário digita um número que respeite essa faixa de valores e requisita a rota.

Elementos de Roteamento: Basicamente, são três os elementos envolvidos no roteamento:

- Ponto de Origem: variável - a posição do usuário estará se alterando com frequência.
- Ponto de Destino: constante - o destino não se altera. Para se alterar, é uma nova rota.
- Condições do Tráfego: variável – um sistema independente é utilizado somente para alterar as condições do tráfego (Módulo Gestão de Tráfego).

Dinamismo: Uma vez gerada a rota, enquanto o usuário não chega ao seu destino, o roteador está constantemente (de tempos em tempos, programados, como por exemplo de 10 em 10 segundos) reconstruindo a mesma. Isso porque, dois dos três elementos envolvidos no roteamento (citados acima) são variáveis: o Ponto de Origem e as Condições do Tráfego. Ou seja, como o usuário está se movendo em direção ao destino e as condições do tráfego estão sendo alteradas (através do Módulo Gestão de Tráfego), a rota deve ser atualizada em tempo real. Mesmo porque, o usuário pode se desviar da rota proposta, intencionalmente ou não.

Movimento do Usuário: Existem duas maneiras do sistema reconhecer o movimento do usuário: ou o mesmo possui um GPS cadastrado no Sistema; ou o usuário utiliza o próprio Módulo Cliente e clica no mapa para remarcar sua atual posição (que é a nova origem da rota). Utilizamos esta segunda maneira para realizar as simulações e testes já que não é escopo desse projeto o desenvolvimento da camada GPS – Antenas/Satélites – Servidor.

Preparação dos Dados: Os dados utilizados para esse Sistema foram providos em formato shape file (arquivos de dados geográficos). Esse shape continha toda a base de ruas da cidade de São Paulo. A partir dele, utilizando uma ferramenta de geração de script para carga em banco de dados, realizamos a inserção dos dados no banco de dados espacial. Essa ação originou apenas uma tabela, porém com 134.797 linhas e 21 colunas. Após isso, uma série de operações foram realizadas até que os dados estivessem prontos para serem manipulados pelo sistema. O algoritmo de melhor caminho entre dois pontos (também implementado nesse projeto) necessita uma estrutura de dados específica e topologia *arco-nó*. Algumas dessas operações poderiam ser realizadas em tempo de execução, mas visando melhor desempenho, já as realizamos e armazenamos os resultados em tabelas do próprio banco de dados. No final, o sistema possui oito tabelas em modelo de dados relacional.

Topologia: Quando pensamos em caminho entre dois pontos utilizando uma rede linear formada por pontos e retas (como o conceito de grafos da computação), pensamos em conectividade. E quando pensamos em conectividade, em um Sistema de Informação Geográfica Vetorial, pensamos em Topologia Arco-Nó (dois arcos que compartilham um mesmo nó estão conectados). Trabalhamos com um total de 3.023 logradouros, 18.787 segmentos de reta (que formam as ruas) e 14.704 pontos (que formam os segmentos de reta). Cabe lembrar que nesse sistema de roteamento não estão sendo consideradas as permissões de conversão, já que os dados inicialmente obtidos não continham essas informações (inviabilizando assim sua implementação).

Resultados: A melhor maneira de apresentarmos os resultados gerados pelo Roteador é analisarmos a tela que o próprio usuário estaria visualizando. Como uma tela não pode ser mostrada inteiramente neste documento por questão de tamanho, a partimos em duas: **Figura 5** (ao lado) e **Figura 6** (abaixo). Na **Figura 5**, podemos ver que são exibidas as quatro distâncias que envolvem o percurso. E um pouco mais abaixo, na mesma figura, encontra-se um *passo-a-passo* que exibe a seqüência de logradouros a seguir e suas respectivas distâncias.



Figura 5 – Resultados gerados pelo Roteador (1)

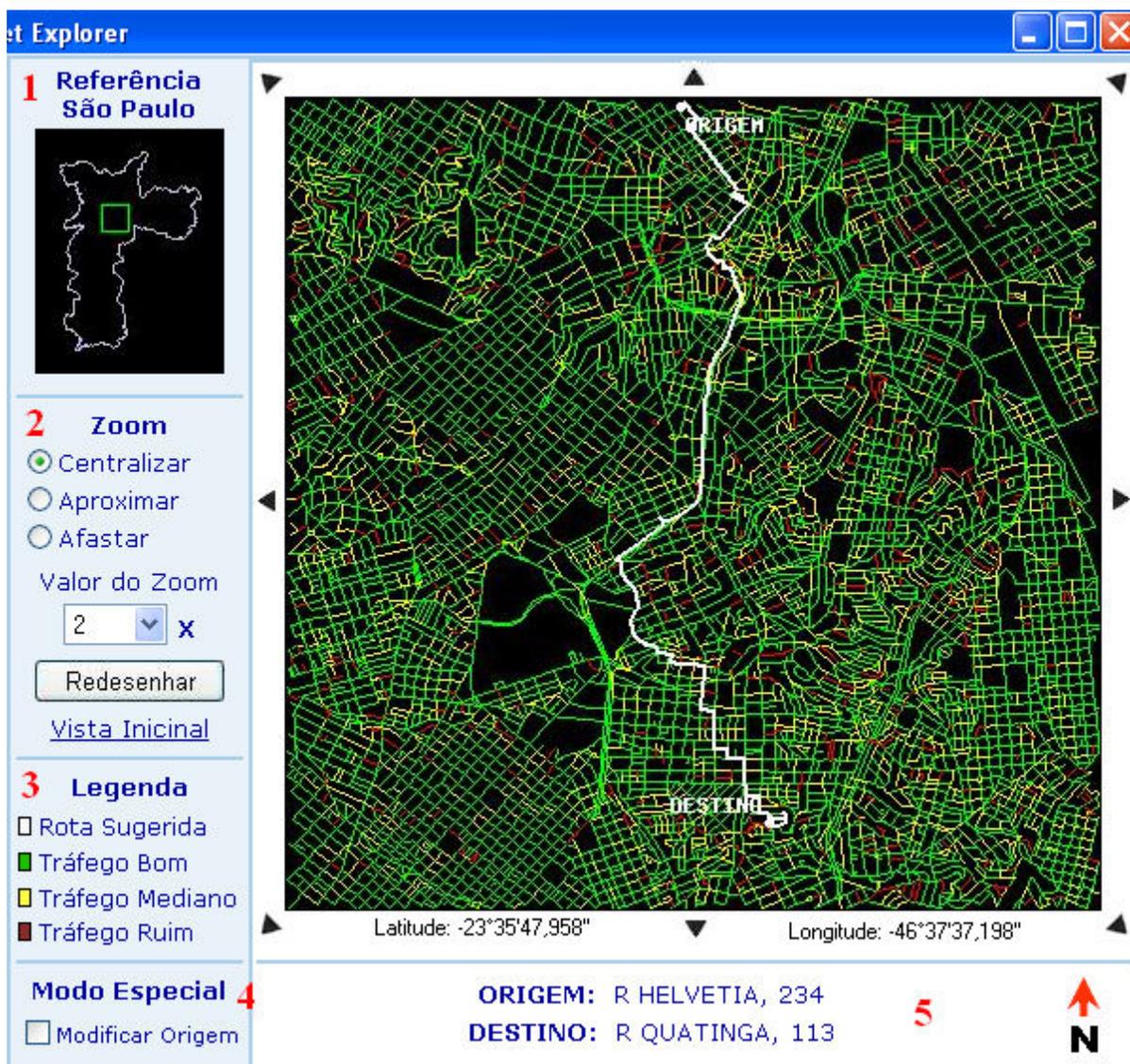


Figura 6 – Resultados gerados pelo Roteador (2)

Na **Figura 6** podemos ver: [1] localização do grande mapa em relação ao limite municipal da cidade de São Paulo; [2] ferramenta para realizar zoom e um link para retornar à vista inicial; [3] legenda com as quatro informações constantes no grande mapa – percurso, logradouros com bom, razoável e ruim tráfego; [4] modo especial onde o usuário pode manter *checked* para que quando clique no mapa, sua nova origem seja marcada e uma nova rota seja gerada; [5] origem, destino e mapa com as informações conforme legenda. Abaixo do mapa, conforme o usuário passa o ponteiro do mouse sobre o mesmo, as informações de Longitude e Latitude são exibidas.

4- Algoritmo Melhor Caminho

O algoritmo para gerar rotas entre dois pontos utilizado nesse projeto foi desenvolvido partindo do princípio de obter a melhor, de 16 direções possíveis, entre dois pontos quaisquer. Isso observando quais direções são possíveis já que cada ponto possui suas conectividades.

5- Conclusão

Nesta análise de caso, implementamos um SIGWeb de roteamento inteligente e dinâmico. Uma aplicação como essa, mas sem a análise das condições de tráfego, é largamente utilizada para navegação em veículos de países mais desenvolvidos como Inglaterra e Espanha.

Vemos que é possível com tecnologia open source e gratuita obter estrutura para um Sistema de Informação Geográfica Web de alta qualidade, desempenho e portabilidade. Exemplos de utilização da estrutura PostgreSQL/PostGIS e MapServer no Brasil são: Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Desenvolvimento Social e Banco do Brasil.

Referências

Livros:

Câmara, G.; Casanova, M.A.; Hemerly, A.S.; Magalhães, G.C.; Medeiros, C.M.B. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas**. Campinas, Unicamp, 1996.

Teixeira, A.L.A.; Chritofolletti, A. **Sistemas de Informação Geográfica: dicionário ilustrado**. São Paulo, Hucitec, 1997.

Ordóñez; Martínez, A.: **Sistemas de Información Geográfica - Aplicaciones prácticas con IDRISI32 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales**. Editorial Ra-Ma, 2003

Tese:

Raia Júnior, A. A. **Acessibilidade e Mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando redes neurais artificiais e sistemas de informações geográficas**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil - Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

Curso:

Köbben, B.; Lemmens, R. **Open Source Web GIS** - realizado no Centro de Geotecnologia da Universidade de Siena – Itália. Ministrado pelo instituto holandês ITC (<http://www.itc.nl>) - Department of GeoInformation Processing, setembro/2006.

Notas de Aulas:

Romero, W.L. Disciplina **Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica** – Máster en Sistemas de Información Geográfica – Universidade Pontifícia de Salamanca (campus de Madrid) – Espanha – outubro/2006.

Aguilar, S.R. Disciplina **Fundamentos de Programación de Comunicaciones** – Máster en Sistemas de Información Geográfica – Universidade Pontifícia de Salamanca (campus de Madrid) – Espanha – setembro/2006.

Rodrigues, M. Disciplina **Geoprocessamento – Laboratório de Sistemas Aplicativos** – Mestrado POLI-USP – São Paulo - Brasil - outubro/2005.