

HIDROGIS – UMA FERRAMENTA WEB PARA DESENVOLVIMENTO RÁPIDO DE APLICAÇÕES DE GEOPROCESSAMENTO APLICADA AO DOMÍNIO DE RECURSOS HÍDRICOS

Cláudio de Souza Baptista
Anselmo Cardoso de Paiva

Departamento de Sistemas e Computação, Universidade Federal de Campina Grande
Rua Aprigio Veloso, 882, 58107-970 Campina Grande, PB, Brazil
baptista@dsc.ufcg.edu.br

Núcleo de Computação Aplicada – NCA/UFMA
Universidade Federal do Maranhão – UFMA
Av. dos Portugueses SN–Campus do Bacanga, São Luis, Ma, Brasil
paiva@deinf.ufma.br

RESUMO – O avanço das tecnologias de banco de dados espaciais e o amplo interesse na manipulação e armazenamento de dados georeferenciados, têm impulsionado o desenvolvimento de aplicações de geoprocessamento na Web nos últimos anos. O setor de recursos hídricos, sobretudo com a recente importância dada à gestão eficaz da água, está necessitado de ferramentas ágeis e eficientes, com ampla disponibilidade e vazão. Neste artigo, apresentamos a ferramenta HidroGIS, que provê o desenvolvimento rápido de aplicações de geoprocessamento corporativas com suporte aos modelos vetorial, raster e modelos digitais de terreno. A ferramenta é implementada na plataforma Java Enterprise Edition e tem os dados armazenados em servidor de banco de dados Postgresql.

ABSTRACT – The advances on spatial database systems and the large interest on the manipulation and storage of georeferenced data have pushed the development of Web based georeferenced applications in the last years. The hydrology field, especially due to the importance of efficient water management, is demanding agile and efficient tools, with high availability and scalability. This paper presents the HidroGIS tool which aims to provide rapid application development of corporate GIS applications with support to the vector, raster and digital terrain model. The tool is implemented using the Java Enterprise Edition platform and the underlying data is stored in Postgresql database management system.

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais a água tem se tornado um bem escasso a nível mundial, do que resulta uma necessidade crescente de um melhores técnicas para o gerenciamento dos recursos hídricos voltados a uma utilização mais eficaz desses recursos.

Entre as tecnologias disponíveis para melhorar a gestão de recursos hídricos, podemos destacar o uso dos sistemas de informações geográficas (SIG). A gestão de recursos hídricos torna-se bem mais simples e eficaz com uma ferramenta capaz de processar dados espaciais, exibir e permitir realizar operações sobre os mapas, visualizar Modelos Digitais de Terreno, calcular curvas de nível, montar relatórios, construir gráficos, entre outras funcionalidades.

Soluções de mercado que atendem a tais requisitos são extremamente onerosas e, na maioria das vezes, não são interoperáveis e não atendem ao requisito de transportabilidade, pois são baseadas em formatos proprietários. Além disso com a crescente regulação por

parte dos setores governamentais se faz necessário o desenvolvimento de aplicações especializadas para a gestão de aspectos específicos tais como outorgas, gerenciamento do uso dos recursos hídricos em tempos de crise (tais como, a oferta e demanda de água nos períodos de seca), simulação de cenários para operação de sistemas hidráulicos e análise do impacto da construção de novas obras hídricas em uma região hidrográfica.

Atualmente, a Internet tem se tornado um importante meio de publicação de conteúdo, sendo assim um ambiente favorável para os usuários de GIS trocarem dados, conduzirem análises e apresentarem resultados geográficos. A informação geográfica na Internet tem evoluído rapidamente com o avanço das tecnologias Web. Cria-se assim um novo ambiente para aplicações baseadas em dados geoespaciais.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é apresentar a arquitetura e o desenvolvimento de uma ferramenta baseada em software livre para auxiliar a criação de aplicações geoespaciais voltadas ao setor de

gerenciamento de recursos hídricos na Web, denominada HidroGis.

O HidroGIS segue padrões internacionais (como o OpenGIS (OpenGis,2008)) tornando o sistema interoperável, transportável, acessível via Web, com a possibilidade de manipular dados geo-referenciado, possibilitando o uso de dados no formato vetorial e matricial; e permitindo a manipulação e visualização de Modelos Digitais de Terreno. A utilização desta ferramenta permitirá aos usuários, quer leigos, quer mais experientes, o desenvolvimento de aplicações de geoprocessamento na Web para suas análises e estudos de recursos hídricos.

O restante deste artigo está organizado como segue. A seção 2 aborda alguns trabalhos relacionados. A seção 3 apresenta a arquitetura do HidroGIS. A seção 4 trata das funcionalidades providas pela ferramenta. Por fim, a seção 5 conclui o artigo e elenca trabalhos futuros a serem desenvolvidos.

2 TRABALHOS CORRELATOS

Com o aparecimento do UNIX ARC/INFO em 1981, hidrologistas e engenheiros puderam iniciar o processo de visualização de modelos digitais de terrenos, solos, uso da terra e dados hidrológicos espaciais. Análises preliminares construídas em ferramentas GIS permitiram aos engenheiros delinear bacias e analisar diferentes cenários de maneira mais fácil (Lovell e Atkinson, 2004).

Estudos têm afirmado (St. John e Randolph, 2005) (Ogden et al., 2001) que o uso de Gis em qualquer projeto de recursos hídricos aumenta consideravelmente a qualidade, precisão e o tempo para produzir o produto final, além de possibilitar a realização de análises mais complexas.

Em (Merkel, 2008) é apresentado o NRCS GeoHydro para auxiliar os profissionais de recursos hídricos em tarefas ligadas à gestão de recursos hídricos.

Em (Moglen, 2000) é apresentado um sistema baseado em GIS, denominado GISHydro2000, que é usado no desenvolvimento de predições para comportamento de fluxo no estado de Maryland.

Em (Maidment, 2002) é apresentado o Arc Hydro, que é uma base de dados geográficos e um conjunto de ferramentas desenvolvidas para dar suporte a aplicações de gerenciamento de recursos hídricos no ambiente do ArcGIS. Outro software dedicado a análises geoespaciais em hidrologia é o JGrass (JGrass, 2008), um software GIS, multi plataforma de código aberto dedicado para análises hidrológicas e geomorfológicas.

Por outro lado, também foram propostas na literatura algumas ferramentas CASE para projeto de banco de dados, entre as quais podemos citar: Perceptory

(Brodeur,2000), e CASEGEO (Jugurta, 2002). Além disso em (Lbath, 2000) é proposta AIGLE, que é uma ferramenta CASE para aplicações de SIG desenvolvidas na WEB. Esta ferramenta utiliza o modelo OMEGA (Pinet,2000) e consegue gerar aplicações finais em linguagens como MapBasic e Java.

O uso de ferramentas CASE no processo de desenvolvimento de aplicações de WebGIS visa reduzir o tempo de criação do projeto, além de incentivar a reutilização de esquemas já existentes.

Verifica-se, no entanto, que não se apresenta na literatura, até onde foi possível ser verificado pelos autores, uma ferramenta CASE que possibilite a construção de aplicações geoespaciais na Web com funcionalidades específicas para a gestão de recursos hídricos, tais como modelos digitais de terrenos, delimitação de bacias, cálculo de volumes, de área inundável, dentre outras.

3 ARQUITETURA DO HIDROGIS

O sistema HidroGIS é uma ferramenta CASE baseada na Web que facilita o desenvolvimento de soluções corporativas de geoprocessamento na Web ligadas ao setor de recursos hídricos, sem a necessidade de se investir em arquiteturas onerosas e proprietárias de geoprocessamento.

O HidroGIS manipula dados geo-referenciados, possibilitando o uso de dados no formato vetorial e matricial; como também a manipulação e visualização de Modelos Digitais de Terreno.

O HidroGIS foi desenvolvido utilizando as tecnologias de desenvolvimento para Web (plataforma JEE) e para sistemas do tipo incluindo padrões mundialmente aceitos como OGIS; mecanismo de visualização leve baseado em XML-SVG; e persistência de dados e consultas utilizando diversos SGBDs (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados).

A arquitetura do HidroGIS é baseada no modelo de três camadas, onde a primeira camada é a de apresentação ou de interface com o usuário (o que o usuário de fato visualiza, e através da qual interage com o sistema). Na sequência temos as camadas de Aplicação e Web, onde está a lógica de negócio, ou seja, um conjunto de recursos que provêm o comportamento do sistema perante as solicitações dos usuários; estas se comunicam com a última camada – a camada de dados – onde os dados estão armazenados de forma persistente. Frequentemente, costuma-se chamar esse modelo como 3 camadas, porque as camadas Aplicação e Web rodam na mesma máquina. Podemos observar este esquema através da Figura 1.

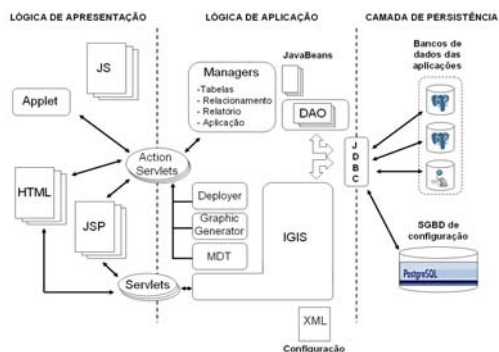


Figura 1 - Arquitetura do Sistema

Nesta arquitetura, as camadas são independentes, fornecendo uma maior escalabilidade ao software e reduzindo problemas de manutenção, pois, por exemplo, mudanças nas camadas de aplicação e de dados não implicam a necessidade de novas instalações no cliente, dentre outros benefícios.

Como apresentado na Figura 1, o sistema é formado pelos seguintes componentes principais:

- o navegador Web, através do qual o usuário acessa o sistema;
- a camada de apresentação, que contém os arquivos necessários para interagir com o usuário, como: JSP, HTML, JavaScript e *applets*;
- a camada de aplicação, que por sua vez é dividida em duas partes principais: a parte de cadastro de tabelas, relacionamentos, relatórios e geração dos formulários; e a parte que trata mapas e MDT;
- a camada de persistência, que contém os bancos de dados das aplicações e o banco de configuração sistema. O banco de configuração do sistema armazena informações como: quais Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) as aplicações geradas estão acessando, quais tabelas estão sendo utilizadas, quais as colunas espaciais, quantas colunas existem em uma determinada tabela, etc. Por outro lado, os bancos de dados das aplicações guardam os dados que são inseridos nos formulários gerados pelos usuários do sistema HidroGIS. Esses bancos podem ser criados ou removidos dinamicamente durante a execução do sistema. Esses bancos de dados podem ser espaciais ou não. Caso o usuário não queira exibir mapas em sua aplicação, então o banco não irá precisar de uma extensão espacial.

A arquitetura do Hidrogis segue o padrão MVC (*Model-View-Control*). Na camada *View* temos os JSP, HTML e JavaScript. Essa camada tem a função de facilitar a entrada de dados pelo usuário, bem como apresentar os resultados das operações de forma amigável. O *Model* contém a parte lógica da aplicação responsável por processar as entradas fornecidas pelo usuário, bem como acessar o banco de dados do sistema. Os componentes do *Controller* são: *Action Servlets*, que

processam e respondem a eventos gerados pelo usuário; e os *Servlets*, que interagem diretamente com o IGIS para consultar mapas e realizar operações sobre eles. É através do *Controller* que as ações dos usuários são encaminhadas até o *Model*, e as respostas que são geradas pelo *Model* são direcionadas para o *View*.

O IGIS (Baptista,2004) é um *framework* que permite o desenvolvimento de aplicações de geoprocessamento na Web. As principais características do IGIS são extensibilidade; uso de padrões mundialmente aceitos como OGIS e padrão de projeto MVC; mecanismo de visualização leve baseado em XML-SVG; e persistência de dados e consultas espaciais e não-espaciais utilizando vários SGBDs como Postgresql, Oracle e DB2. Este *framework* possui sua arquitetura baseada no modelo de três camadas, eles possibilitaram a adição de novas funcionalidades, bastante úteis no contexto da hidrologia.

Dentro do *Model* existem os *Managers*, que são classes responsáveis por gerenciar as configurações das aplicações que são criadas. Para cada tipo de funcionalidade, existe um *Manager* associado, como por exemplo: o *Manager* de tabelas, o *Manager* de relacionamentos, o *Manager* de relatórios e o *Manager* de Aplicações. Para auxiliar os *Managers* no acesso ao banco de dados, existem os DAO (*Data Access Object*) e a troca de informações entre eles e os *Managers* é realizada através de JavaBeans.

O *Deployer* é um pacote desenvolvido com o intuito de gerar um arquivo de instalação contendo uma cópia da aplicação com todos os relatórios, formulários, gráficos e mapas gerados pelos usuários. O *Graphic generator* é responsável por gerar gráficos nos formatos: barra, pizza, dispersão e linhas de acordo com as tabelas e preferências selecionadas pelo usuário.

Todos esses módulos acessam o banco de dados através de um driver JDBC. Devido à dinâmica das aplicações geradas pelos usuários, não seria possível utilizar o padrão DAO para acessar os bancos de dados das aplicações. Dessa forma, foram criados os *Manipulators* que através de um mecanismo de extração dos metadados é possível descobrir o formato das tabelas e com base nessas informações, torna-se possível consultar, inserir e remover dados dinamicamente.

O arquivo de configuração XML informa para todo o sistema as configurações mínimas necessárias para o sistema funcionar. Esse arquivo contém informações sobre a conexão do banco do sistema e sobre o programa shp2pgsql, necessário para extrair dados espaciais de arquivos shapefile para o banco de dados.

Toda a aplicação roda no servidor Web da Apache chamado Tomcat (Tomcat, 2008). Para auxiliar a implementação do padrão MVC, foi utilizado o *framework* Struts (Struts,2008) também da Apache.

4. VISÃO GERAL DA FERRAMENTA

A ferramenta desenvolvida tem suas funcionalidades organizadas em três grupos principais: Geração de cadastros automatizados; Customização e visualização de

mapas; Manipulação de modelos digitais de terrenos e Manipulação de dados matriciais.

4.1 GERAÇÃO DE CADASTROS AUTOMATIZADOS

A configuração do banco de dados pode ser realizada através da opção Editar aplicações, o que permite que o usuário altere o nome, a descrição e a conexão da aplicação criada. O banco de dados pode ser criado de duas formas: através da carga de dados espaciais, utilizando-se do aplicativo shp2pgsql que faz a importação de dados no formato shapefile para o banco de dados Postgresql; ou através da ferramenta de edição de esquemas que permite criar graficamente um esquema de dados, com tabelas, atributos e relacionamentos; e, a partir deste, gerar as tabelas relacionais no banco de dados Postgresql. Neste último caso, existe um módulo que é responsável pelo povoamento e atualização destes dados. Este cadastro permite a inserção, atualização, remoção e consulta aos dados utilizando-se de uma interface gráfica. A figura 2 apresenta a interface de edição de esquemas. Nesta interface, desenham-se as tabelas com seus atributos e editam-se os relacionamentos entre estas (1:1, 1:N e M:N). As chaves estrangeiras são incorporadas às tabelas automaticamente.

Também, poderá ser feita a manutenção no próprio esquema de dados, através da adição ou remoção de atributos e restrições de integridade.

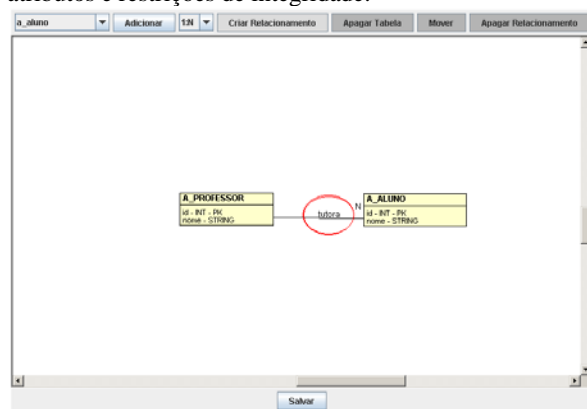


Figura 2: Edição gráfica de esquemas de banco de dados

Adicionalmente, a ferramenta apresenta um gerador de interfaces (modelo de formulários) para entrada de dados; template de formulários e relatórios; geração automática de relatórios e gráficos XY (gráficos de linha, de barras e de pizza) de séries temporais; com possibilidade de exportação para planilhas Excel e formato PDF.

O gerador de formulários permite de forma interativa construir interfaces Web para criar, remover, listar e editar dados contidos nas tabelas no banco de dados. O formato da interface segue os padrões de um formulário, podendo este ser personalizado pelo usuário.

A Figura 3 apresenta uma tela de criação de formulários. Do lado esquerdo temos uma árvore que compõe a estrutura do formulário: nome da aplicação

(AppTeste), nome do formulário (Acude), nome do bloco (info) e o nome dos campos.

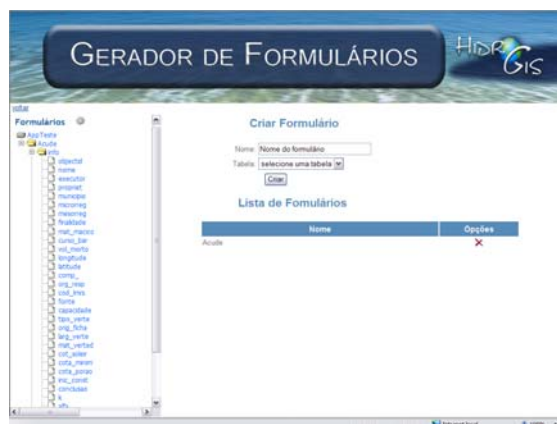


Figura 3: Criando um formulário

O usuário pode acrescentar mais formulários à aplicação ou remover os que já existem. Se a tabela correspondente ao formulário for removida, o formulário é removido automaticamente. O usuário também pode editar ou remover qualquer elemento do formulário (bloco ou campos) clicando no elemento correspondente na árvore à esquerda.

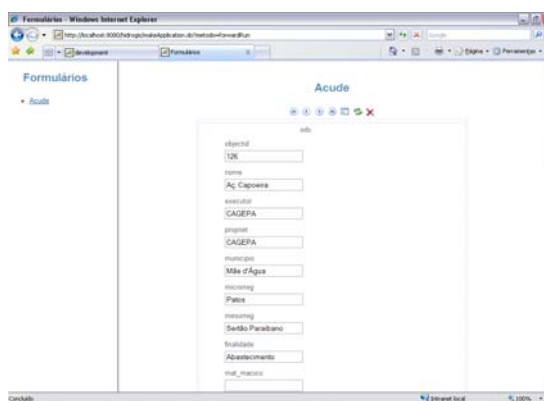


Figura 4 - Exemplo de formulário criado com a ferramenta CASE

Depois de montado o formulário, o usuário clica no botão de executar e a seguir a janela (Figura 4) é aberta para manipulação dos dados. No lado esquerdo estão todos os formulários criados e no frame central se encontra o formulário com todos os campos que foram inseridos no mesmo. Acima ficam os botões de navegação para que o usuário possa visualizar os próximos ou os registros anteriores. Existe também o botão de editar, remover e de criar um novo registro, o qual irá limpar o formulário para que o usuário possa inserir novos dados.

Com relação à geração de relatórios, existe uma ferramenta para criação, remoção, e atualização de relatórios. O usuário define o nome do relatório, um cabeçalho, um rodapé e uma imagem de fundo. A tela de

geração de relatório pode ser vista na figura 5. Existe um conjunto de *links*, mostrado no topo da figura 5, que possibilitam a especificação de um relatório. Estes links são: selecionar tabelas; selecionar campos; junção; filtro; ordenação; quebras; totalização e executar. Terminada a criação da consulta, o usuário deve salvar o relatório. Os relatórios, quando executados, poderão ser exportados nos formatos PDF ou CSV.



Figura 5: Geração de relatórios

4.2 CUSTOMIZAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DE MAPAS

O módulo de visualização de mapas no navegador Web apresenta funcionalidades para a visualização de temas vetoriais e matriciais, com facilidades de controle da visualização como zooming, panning, information, tooltip, busca por feição, seleção de feições, inserção de ícones e rótulos. Além disso, este módulo disponibiliza interfaces para construção de consultas espaciais e convencionais, visualização do resultado das consultas sob a forma de mapas e sob a forma de tabelas, como também o armazenamento de consultas previamente construídas para uso recorrente.

Para configurar um mapa, a ferramenta possibilita que o usuário crie, edite, visualize ou exclua mapas, camadas, legendas, informações de acordo com o seu interesse. Para utilizá-la, basta selecioná-la e depois criar as informações desejadas. Para tanto o usuário define o bounding box do mapa, seleciona do esquema do banco de dados quais as tabelas ou visões que representam as camadas do mapa e define a legenda para cada uma das camadas de informação.

Após o mapa ser gerado, o usuário poderá visualizá-lo abrindo uma nova janela contendo o ambiente de trabalho. Esta janela (ver Figura 6), apresenta sem eu lado esquerdo, uma área contendo as opções de seleção dos mapas e camadas. Abaixo desta, temos o mapa gerado. Além disso, essa janela de visualização e interação com os mapas apresenta uma barra de

ferramentas que disponibiliza acesso a uma série de funcionalidades: pan, zoom, escala, informação sobre elementos do mapa, tooltip, realização de consultas textuais e espaciais, ambas com a possibilidade de visualização de resultados no mapa ou de forma tabular, localização com destaque visual de elementos no mapa.

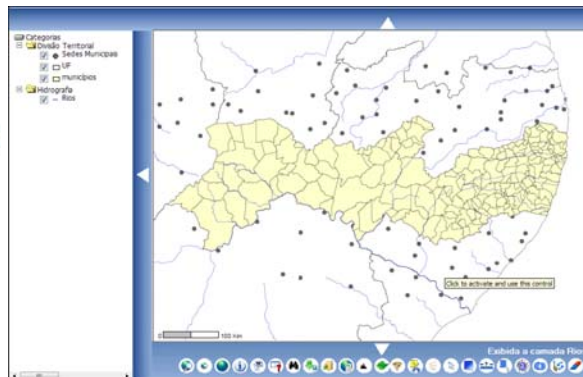


Figura 6 Módulo de Visualização de Mapas.

Nesta janela também temos um conjunto de funcionalidades para lidar com dados geográficos no formato matricial. Estas funcionalidades incluem a importação de dados matriciais, a classificação dos dados de uma imagem permitindo a criação de mapas temáticos matriciais, a possibilidade de combinação de várias camadas de informação matricial através de álgebra de mapas.

4.3 MANIPULAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO

O módulo de manipulação digitais de terrenos (MDT) apresenta uma série de funcionalidades específicas para a área de gestão de recursos hídricos, entre as quais podemos destacar: a importação de dados de relevo a partir de arquivos SRTM (Geotiff); a visualização de mapas das regiões de estudo com informações de relevo disponíveis; construção de modelo digital de terrenos a partir de dados SRTM, com a construção de modelos de grades retangulares e triangulares (TIN), cálculo de mapas de declividade; geração de isofaixas de altitude, isolinhas e visualização do modelo de terreno.

Como funcionalidades específicas para a área de recursos hídricos a ferramenta disponibiliza a Visualização da área inundada em uma determinada região abaixo de uma cota especificada; a determinação e visualização dos divisores de água a partir de um modelo digital de terrenos, com possibilidade de vetorização; a determinação e visualização da rede de fluxo a partir de um modelo digital de terrenos, com possibilidade de vetorização e de edição posterior das primitivas vetoriais; a simulação de construção de uma barragem delimitando a área a montante que seria inundada e permitindo o cálculo de área inundada e o volume.

A criação dos MDTs é feita a partir da importação de dados de relevo no formato SRTM (Missão

Topográfica Radar Shuttle), que descrevem um modelo digital do terreno da zona da Terra entre 56 °S e 60 °N, de modo a gerar uma base completa de cartas topográficas digitais terrestres de alta resolução.

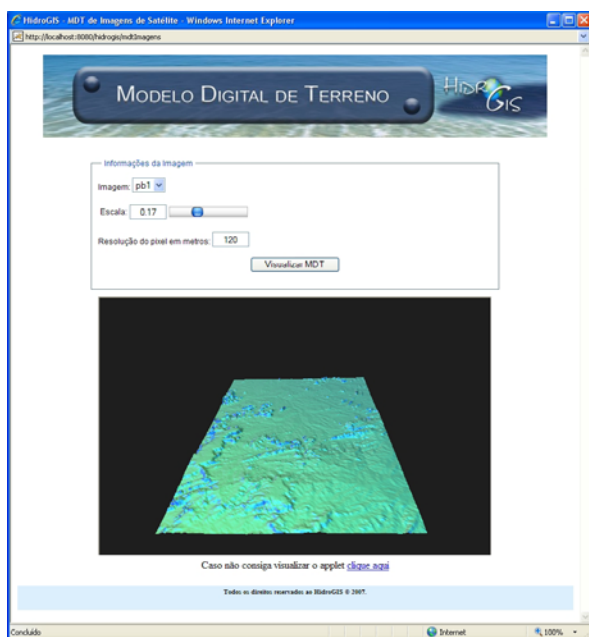


Figura 7 Módulo de Visualização 3D de modelos de terrenos.

Uma vez gerado o MDT através da importação dos dados SRTM a ferramenta permite a visualização 3D do modelo conforme apresentado na Figura 7.

4.4 MANIPULAÇÃO DE IMAGENS

O sistema HidroGIS permite a importação, armazenamento, manipulação e exibição de imagens. Há uma ferramenta de importação de imagens que permite que uma imagem seja importada e visualizada no mapa.

Durante a importação, alguns metadados são armazenados no banco de dados: nome, caminho (path), bounding box (preenchido automaticamente se a imagem for georeferenciada, caso contrário apresenta-se uma interface do Google Maps para o usuário configurar bounding box, vide figura 8), número de bandas, resolução e qual o feição no mapa que vai abrigar a imagem. Também, o usuário informa através de um checkbox se deverá ser usada a técnica de multi-resolução na imagem para aumentar o desempenho, neste caso são armazenados várias imagens com tamanhos diferentes que serão exibidas de acordo com a escala do mapa.

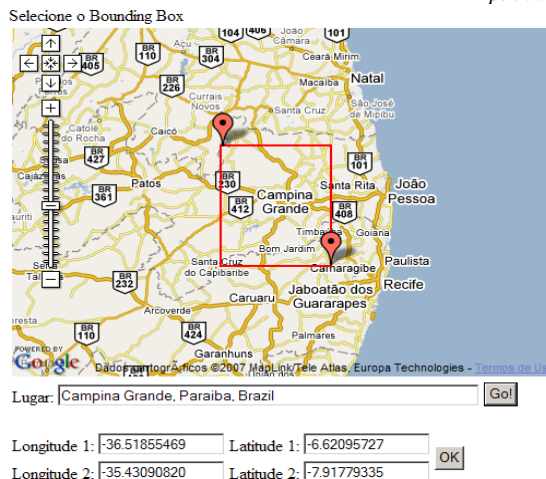


Figura 8 Delimitação do bounding box da aplicação.

Após realizada a importação, inicia-se a fase de classificação da imagem (ver figura 9). O terceiro campo é a “Banda da Imagem”; o preenchimento deste campo é obrigatório e é utilizado para definir a resolução espectral de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto. Por último, o usuário escolhe a técnica de classificação que é utilizada para determinar as faixas de valores dos pixels da imagem. A ferramenta disponibiliza três opções de técnicas de distribuição dos valores de pixels: “Unique”, “Equal Range” e “Custom Equal Range”. A primeira opção “Unique” gera 256 (duzentas e cinquenta e seis) faixas, correspondentes aos possíveis valores presentes nos pixels da imagem. Cada faixa contém os campos “Legenda” e “Cor”. No campo “Legenda”, é possível definir uma legenda para a faixa que está sendo classificada, caso ele não seja preenchido a legenda será criada automaticamente, sendo formada pelo valor numérico do intervalo da faixa. O campo “Cor” permite que o usuário selecione uma cor para a faixa, desta forma, na imagem resultante os pixels da faixa selecionada serão coloridos com a cor escolhida. Um gradiente pode também ser usado para colorir todas as faixas.

A segunda técnica de distribuição dos valores de pixels é chamada de “Equal Range”, que define faixas com a mesma quantidade de valores, sendo permitida a criação de no máximo 20 faixas. O início e o fim de cada faixa são respectivamente os valores 0 (zero) e 256 (duzentas e cinquenta e seis). Além disso, é permitido que o usuário edite cada faixa colocando os valores que desejar.

A terceira técnica de distribuição dos valores de pixels é chamada de “Custom Equal Range”, permite que o usuário defina o menor valor e o maior valor que será utilizado na criação das faixas. Assim, com na técnica “Equal Range”, o número de faixas varia de 1 a 20. Caso o usuário não inclua toda a faixa de valores, ele tem a opção de colorir o restante dos outros valores da faixa; para isto, basta selecionar a opção “Outros Valores” e em seguida escolher uma cor de sua preferência.



Figura 9 Interface de definição da classificação de valores de pixels de imagens para importação.

A ferramenta Álgebra de Mapas (ver figura 10) permite que novos dados sejam produzidos, a partir de expressões lógicas e aritméticas aplicadas sobre os pixels de uma imagem. Desta forma, cada imagem é tratada como uma variável individual, e as regras utilizadas na validação das expressões construídas são as mesmas utilizadas na álgebra matemática.

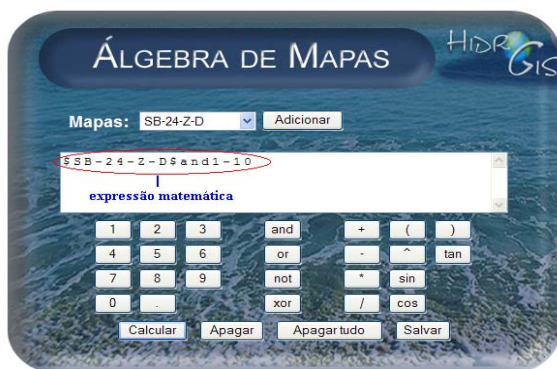


Figura 10 Interface de construção de expressões para álgebra de mapas.

A ferramenta Histograma (figura 11) revela a distribuição dos níveis de cinza da imagem, fornecendo informação útil para fazer realce e análise da imagem. O histograma é representado por um gráfico que apresenta o número de pixels na imagem para cada nível de cinza.

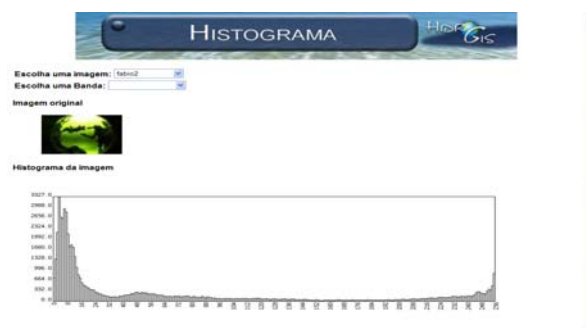


Figura 11 Visualização do histograma de uma imagem.

A ferramenta “Filtros” apresenta um conjunto de técnicas destinadas a corrigir e realçar uma imagem. A correção é a remoção de características indesejáveis, e a melhoria/realce é a acentuação de características. A ferramenta disponibiliza onze opções de filtros: “Sobel”, “Roberts”, “Prewitt”, “Frei e Chen”, “Laplaciano”, “Inversão”, “Dilatação”, “Erosão”, “Median”, “Passa-Alta” e “Passa-Baixa”. As cinco primeiras opções (“Sobel”, “Roberts”, “Prewitt”, “Frei e Chen”, “Laplaciano”) são filtros de detecção de borda. Dependendo da imagem, o uso de um filtro é mais adequado do que o uso de um outro. Para utilizar a ferramenta, selecione a técnica de filtro desejada e dê um clique no botão “Visualizar”. Após o clique, uma nova janela será exibida e nela será mostrada a imagem filtrada.

A Ferramenta “Recorte” permite recortar uma determinada imagem.

5 CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma ferramenta CASE para desenvolvimento de aplicações GIS na Web, com um conjunto de funcionalidades específicas para o setor de recursos hídricos.

A ferramenta desenvolvida tem se mostrado útil, sendo capaz de gerar relatórios, gráficos, formulários, visualizar e manipular mapas, visualizar MDT, curvas de nível, realizar álgebra de mapas, importar shapefiles, entre outras funções de grande utilidade não só para a área de hidrologia, mas também para outros domínios que necessitem de um sistema de controle de dados em um SGBD relacional, seja ele espacial ou não.

Como trabalhos futuros o grupo deve fazer avaliações da usabilidade do sistema e testá-lo com o desenvolvimento de novas aplicações, de modo a propiciar um aprimoramento da ferramenta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o MCT, FINEP e CTHidro que financiaram o desenvolvimento desta pesquisa através do convênio nº 01.06.1019.00.

REFERÊNCIAS

APACHE, **Apache Tomcat**. Disponível em <<http://tomcat.apache.org/>>. Último acesso em Abril de 2008.

BAPTISTA, C. S., SILVA, E. R., LEITE Jr., F. L. and PAIVA, A. C. (2004) **Using Open Source GIS in e-Government Applications**. In International Conference on Eletronic Government, pages 418-421. Lecture Notes in Computer Science.

BRODEUR, J; BEDARD, Y.; PROULX, M., J.; **Modeling Geospatial Application Databases using UML-based Repositories Aligned with International**

Standards in Geomatics. In Proc. 8th ACM GIS, Washington D.C, 2000.

JGRASS **JGRASS Wiki**, Disponível online em:
http://jgrass.wiki.software.bz.it/jgrass/JGrass_Wiki

LBATH, A., PINET, F. **The Development and Customization of GIS-Based Applications and Web-Based GIS Applications with the CASE Tool AIGLE.** In Proc. 8th ACM GIS, Washington D.C, 2000.

MAIDMENT,, D. R., **ARCHYDRO: Gis for Water Resources.** ESRI Press. 2002.

MERKEL, W. H., KAUSHIKA, R. M., GORMAN, E., **NRCS GeoHydro—A GIS interface for hydrologic modeling.** Computers and Geosciences (2008), doi:10.1016/j.cageo.2007.05.020

MOGLEN, E. D. **GISHydro2000: A Tool for Automated Hydrologic Analysis in Maryland,** Managing Watersheds for Human and Natural Impacts Engineering, Ecological, and Economic Challenges, Watershed 2005, July 19–22, 2005, Williamsburg, Virginia, USA.

OGDEN, F.L., GARBRECHT, J., DeBARRY, P.A., JOHNSON, L.E., 2001. **GIS and distributed watershed models II: modules, interfaces, and models.** Journal of Hydrologic Engineering, ASCE (American Society of Civil Engineers) 6, 515–523.

OpenGIS, Open Geospatial Consortium (OGC). Disponível em <<http://www.opengeospatial.org/>>. Último acesso em Abril de 2008.

PINET, F.; LBATH, A. **A Visual Modelling Language for Distributed Geographic Information Systems.** In: Proc 16th IEEE Symposium on Visual Languages (VL'2000), Seattle, 2000.

St. JOHN, D., RANDOLPH, D., 2005. **How advances in GIS improve watershed master planning.** In: Proceedings of the Managing Watershed for Human and Natural Impacts: Engineering, Ecological, and Economic Challenges – Watershed Management Conference, Williamsburg, VA, /<http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?0523319S>.

STRUTS, **Framework Struts.** Disponível em <<http://struts.apache.org/>>. Último acesso em Abril de 2008.