
SISTEMA DE VISUALIZAÇÃO WEB PARA PREVISÃO, MONITORAMENTO EM TEMPO REAL E ANÁLISE HISTÓRICA DE DADOS METEOROLÓGICOS

MARCO AURÉLIO SILVA NETO¹
ROBERTO OLIVEIRA SANTOS²
FÁBIO SATO³
CESAR AUGUSTUS ASSIS BENETI⁴
SÉRGIO SCHEER⁵

^{1,3,4}Instituto Tecnológico Simepar, Campus Centro Politécnico da UFPR, Curitiba-PR, Brasil.

²Programa de Pós Graduação em Computação Aplicada - PPGCA, UTFPR, Curitiba-PR, Brasil.

⁵Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia – PPGMNE, UFPR, Curitiba-PR, Brasil.
{¹mneto,³sato , ⁴beneti }@simepar.br; ²robertosantos@acm.org; ⁵scheer@ufpr.br

RESUMO - Devido ao avanço da tecnologia e da Internet, tornou-se possível o desenvolvimento de sistemas capazes de transmitir informações que requerem grande processamento de dados. Na meteorologia são muitos os programas para análise visual de dados geoespaciais. Porém, em sua maioria, são ferramentas que focam em apenas um tipo de dado, impedindo o cruzamento de informações, ou em outros casos, a complexidade do sistema impede seu uso. Muitos sistemas também exigem do usuário conhecimentos em informática, pois precisam ser instalados, dificultando a manutenção e limitando-se, aos sistemas operacionais suportados. Já os sistemas que rodam em navegadores de Internet podem exigir a instalação de plug-ins para seu funcionamento adequado. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema totalmente web, batizado de GeoClim, que seja de fácil manutenção e manuseio pelos seus usuários e capaz de integrar informações geoespaciais providas de diferentes fontes de dados meteorológicos/ambientais, possibilitando a visualização dos dados em duas ou três dimensões. Além disso, o GeoClim tem uma arquitetura distribuída do tipo cliente-servidor, onde o papel do servidor é armazenar os dados brutos e transmitir apenas as informações de interesse. A parte cliente tem por objetivo ser portátil, já que por ser um sistema web, pode ser executado através dos navegadores em qualquer sistema operacional, sem necessidade de instalações.

ABSTRACT - Due to advances in the web technologies, the development of systems capable of transmitting information that require large data processing became possible. In meteorology there're many systems for visual analysis of geospatial data. However, most systems focus only one type of data, avoiding cross-checks, other cases, the complexity prevents its use. Many systems require user knowledge in computing and are limited to supported operating systems. Systems that run on browsers can require installation of plug-ins for its proper functioning. So, the objective of this work is the development of a fully web system, called GeoCim, which is easy to maintain, can be handled by users and is capable of integrating geospatial information coming from different weather data sources, possibilitando a visualização em duas ou três dimensões. Furthermore, GeoClim has distributed client-server architecture, where the server stores raw data and transmits only the required information. The client is intended to be portable, since it's a web-based system, so can run through browsers at any operating system without plugins installation.

1 INTRODUÇÃO

Para atender as necessidades específicas do diversificado público alvo composto por setores de energia elétrica, agricultura, defesa civil, controle de enchentes e ainda atender as exigências científicas de previsores de tempo e da comunidade científica fez-se imprescindível o desenvolvimento de um sistema para análise, visualização e gerenciamento de dados obtidos por meio de medições de dados meteorológicos.

GeoClim é um sistema desenvolvido pelo Instituto Tecnológico Simepar para análise visual de dados provindos de diferentes sensores como radares, satélites e estações meteorológicas, sensores de descargas atmosférica e dados de modelos numéricos.

Por ser um sistema de visualização, o GeoClim, permite utilizar técnicas interativas para visualizar toda informação numa única vista e com um grau de detalhamento desejado, disponibilizando ao usuário recursos de *zoom* (aproximar, ou afastar de uma determinada região dos dados) e *pan* (deslocar os dados como um todo para outras regiões do *display* de visualização), facilitando a interpretação visual dos dados em uma determinada região.

Os dados obtidos em tempo real são disponibilizados no sistema GeoClim instantaneamente para monitoramento e previsão em curtíssimo prazo permitindo estimar, por exemplo, a intensidade da chuva com grande resolução espacial e temporal.

Todos os dados provenientes destes instrumentos de medição são armazenados em bancos de dados que através do GeoClim permite a consulta histórica destas informações.

O Sistema GeoClim utiliza a ferramenta GeoExt (GEOEXT, 2011), uma biblioteca de desenvolvimento em JavaScript que permite colocar um mapa dinâmico em uma página web através do OpenLayers (OPENLAYERS, 2011) cuja interface é definida através das ferramentas do ExtJS (EXTJS, 2011). Desta forma, o GeoClim, é executado dentro de um servidor de aplicações Java, com suporte às especificações correntes das tecnologias JDBC, JSP, Servlets, JSF e EJB, que provêm um ambiente com suporte a escalabilidade, tolerância a falhas e alta disponibilidade, e que também são distribuídas sob licenças livres de utilização e redistribuição de códigos fontes.

Além do servidor de aplicações também é empregado o GeoServer e o MapServer, que consistem em servidores de aplicações de dados SIG, que permitem o uso dos padrões definidos pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC) de recuperação, edição e submissão de dados georreferenciados.

2 SISTEMA DE OBSERVAÇÃO

Atualmente, milhares são os sistemas de observação operando em todo o mundo, cada um com uma tecnologia de coleta de dados diferenciada que medem parâmetros da atmosfera, da superfície da terra e dos oceanos. Estes dados são coletados por equipamentos que vão desde balões atmosféricos, passando por estações meteorológicas e sensores de descargas atmosféricas até equipamentos de alta tecnologia como radares e satélites meteorológicos (ver figura 1). (WMO-IOS, 2011; Zandoná, 2005)

Toda essa grande quantidade de informação, geralmente é armazenada em banco de dados em centros de pesquisas e serviços operacionais para serem utilizados em estudos e também no auxílio à previsão de tempo. Muitas destas informações são parâmetros utilizados no cálculo de modelos numéricos de previsão.

O SIMEPAR, possui atualmente, distribuído pelo estado do Paraná, 45 estações hidrológicas, 39 estações meteorológicas, 6 sensores de recepção de descargas atmosféricas e 1 radar meteorológico.



Figura 1 - Sistema de Informação Global. (WMO-IOS, 2011; Zandoná, 2005)

As estações meteorológicas são compostas de antenas e sensores responsáveis pela coleta de dados de temperatura, direção e velocidade dos ventos, umidade relativa, chuva, pressão atmosférica e radiação solar, que são transmitidos via satélite para a sede do SIMEPAR, em Curitiba.

As estações hidrológicas fornecem dados de chuvas e níveis dos rios, a partir dos quais se estima as suas vazões. As estações hidrológicas também fornecem dados de muita importância para operação de reservatórios de usinas hidrelétricas, como a de Foz do Areia, que opera com um medidor de nível a base de sonar.

O Sistema de Detecção e Localização de Descargas Atmosféricas gera pesquisa científica e produtos destinados a aplicações na previsão de tempo, na análise e manutenção de sistemas elétricos de transmissão, de distribuição e na emissão de laudos de análise de eventos severos para seguradoras e empresas de engenharia.

Num convênio de cooperação técnico-científica, tornou possível a integração dos sistemas de detecção de descargas atmosféricas operados por outras empresas formando a Rede Integrada de Detecção de Descargas Atmosféricas no Brasil (RIDAT), cujo objetivo é desenvolver um intercâmbio das informações técnico-científicas, e dos sinais obtidos pelos sensores das redes de detecção, além de integrar os procedimentos de análise, manutenção e operação conjuntas (BENETI et al., 2000).

Ao todo, o RINDAT possui 49 sensores de descargas elétricas espalhados pelo Brasil, sendo, 7 do CEMIG, 6 do SIMEPAR, 10 de FURNAS, 4 do INPE, 12 do SIPAM e 10 do SIDDEN, que possibilitam a localização geográfica e temporal de descargas atmosféricas nuvem/terra, localização de temporais e determinação de características de descargas como o valor estimado do pico da corrente de retorno, a polaridade e número de componentes (multiplicidade) se a descarga for de natureza múltipla.

Radares meteorológicos é um tipo de radar usado na localização de precipitação, no cálculo do seu movimento e na estimativa de sua intensidade.

O radar meteorológico do SIMEPAR abrange uma área de até 480 km de raio, cobrindo o estado do Paraná e Santa Catarina, parte do centro-sul de São Paulo e norte do Rio Grande do Sul.

Em geral, os dados providos do radar meteorológico do SIMEPAR são utilizados no monitoramento em curtíssimo prazo (0 a 3 horas) de precipitação, vento e granizo, em eventos de tempo severo (tempestades, chuvas intensas, ventos fortes, ocorrência de granizo, descargas atmosféricas), além de permitir estimar a intensidade da chuva com grande resolução espacial e temporal (CALVETTI et al., 2003). Os dados históricos são armazenados para serem utilizados em pesquisa e desenvolvimento de produtos meteorológicos.

Através de satélites meteorológicos geoestacionários, é possível receber imagens da cobertura de nuvens sobre a terra e observar fenômenos meteorológicos, tais como, frentes frias, furacões, ciclones, etc.

Os principais satélites meteorológicos geoestacionários são operados pela organização EUMETSAT (METEOSAT) e pelo governo norte-americano (GOES). Outros satélites são administrados pelo Japão (GMS), China (FY-2B), Rússia (GOMS) e Índia (INSAT). O Brasil ainda não tem um satélite meteorológico geoestacionário. Para a previsão de tempo são utilizados principalmente os dados do satélite americano GOES e do europeu METEOSAT.

3 ARQUITETURA GERAL DO SISTEMA GEOCLIM

A *Open Geospatial Consortium* (OGC, 2011) é uma entidade internacional, composta por empresas e instituições de pesquisas, que tem o intuito de promover o desenvolvimento de tecnologias que facilitem a interoperabilidade de dados espaciais entre diferentes sistemas.

O sistema GeoClim foi projetado em consonância com a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, instituída pelo decreto Nº 6.666 de 27/11/2008 cuja definição é: “conjunto integrado de tecnologias; políticas; mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento; padrões e acordos, necessário para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal.”.

Desta forma, o GeoClim pode ser definido como uma arquitetura de dados espaciais, que permite o acesso as informações através de ferramentas próprias como visualizador de mapas ou através do sistemas dos consumidores dos dados (instituições parceiras, clientes e comunidade em geral).

A INDE é fortemente baseada nas especificações da OGC, que definem os padrões de intercâmbio de dados, dentre os quais estão sendo usados no GeoClim os protocolos WMS e WFS. Além dos WMS-T e WPS, ainda não padronizados pela OGC.

Um *Web Map Service* (WMS) é uma especificação que define o comportamento de um serviço de geração de imagens (JPEG, GIF e PNG) que representam de forma visual os dados espaciais solicitado através de parâmetros padronizados passados no conteúdo de uma URL. O WMS-T (*Web Map Service Time*) (WMS-T, 2011) é um padrão similar ao WMS, ainda não oficializado pela OGC, que inclui o parâmetro de tempo na URL, permitindo o uso de dados com características temporais.

Já o WFS (*Web Feature Service*), ao invés de retornar imagens, retorna os dados serializáveis, no padrão GML, dos vetores. Camadas solicitadas por WFS são transformadas em pontos, linhas, polígonos no navegador. Desta forma, o WFS apresenta maior interatividade que o WMS, pois, possibilita não apenas a visualização das feições geográfica, mas também sua manipulação como operações de inserção, deleção, edição e consulta a objetos espaciais.

O *Web Processing Service* (WPS) é um serviço que permite publicar processos de geoprocessamento e tarefas envolvendo dados geográficos. Esse serviço pode descrever qualquer tipo de cálculo (processo), incluindo todas as suas entradas e saídas, e iniciar a execução de processos como um *Web Service*.

O GeoClim é baseado em camadas, ou seja, o usuário pode habilitar ou desabilitar camadas das quais deseja visualizar em tempo de execução, conforme necessidade. Desta forma, as camadas serão sobrepostas, permitindo uma análise integrada dos dados.

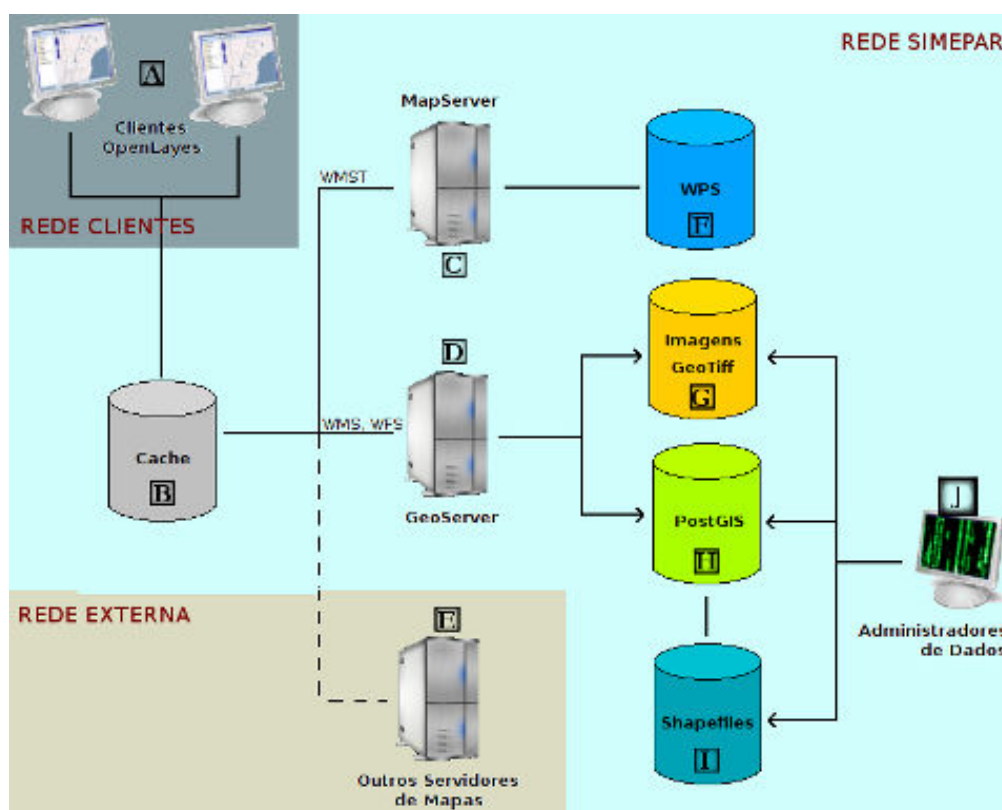


Figura 2 - Arquitetura geral do sistema GeoClim.

A cada iteração do usuário (figura 2A), é feita a comunicação entre cliente e servidor através de uma URL em um dos protocolos de comunicação padronizados pela OGC. Esta requisição passa por um serviço de cache (figura 2B), e em caso de já ter sido feita esta requisição anteriormente, retorna a resposta já pronta para o cliente. Se a solicitação não estiver disponível no cache, a URL é encaminhada para um dos servidores de mapas que serão responsáveis por gerar a resposta e então armazenar no cache e finalmente retornar ao cliente.

O sistema GeoClim trabalha com servidores de mapas dentro da rede do SIMEPAR, MapServer e GeoServer, figura 2C e figura 2D respectivamente. Estes servidores são responsáveis por alimentar o sistema com dados de propriedades próprias, é o caso dos dados com características temporais, como imagens de satélites e radares meteorológicos, cujas imagens são geradas por processos de geoprocessamento através do protocolo WPS através de *scripts* em Python (figura 2F).

Os dados com tais características são implementados via MapServer, por este ter suporte a WMS-T. Já os dados cartográficos, como mapas, ou produtos como o SIPPER que calcula a probabilidade de ocorrências de descargas atmosféricas, são implementados no GeoServer.

A justificativa pelo uso de dois servidores de mapas deve-se ao fato que o GeoServer, por ser desenvolvimento em Java, está mais próximo do ambiente computacional do SIMEPAR. Entretanto, o GeoServer não implementa o padrão WMS-T, o que levou a uso do MapServer para as operações que envolvem requisitos temporais.

Dados provenientes de servidores de mapas, fora da rede do SIMEPAR, pertencentes a outras instituições também podem ser adicionados no sistema GeoClim (figura 2E) e vice-versa através das requisições via URL's padronizadas pela OGC, como exemplo, pode-se citar o Google Maps, o OpenStreetMap, o Virtual Earth, o Yahoo! Maps, o ka-Map, o World Wind servers, além de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2011) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2011).

Os mapas inicialmente em Shapefiles (figura 2I) são cadastrados pelos administradores de dados (figura 2J) do SIMEPAR no banco de dados PostGis (figura 2H), ficando disponível para o cliente juntamente com dados de imagens georreferenciadas, GeoTiff (figura 2G). Desta forma, o sistema permite visualizar qualquer imagem GeoTiff ou Shapefiles previamente cadastrados pelos administradores do SIMEPAR.

4 SISTEMA GEOCLIM, UMA VISÃO DOS CLIENTES

Com o avanço da tecnologia e com as redes de internet banda larga cada vez mais rápidas e baratas, torna-se possível criar sistemas totalmente web, substituindo as antigas instalações de programas nos computadores.

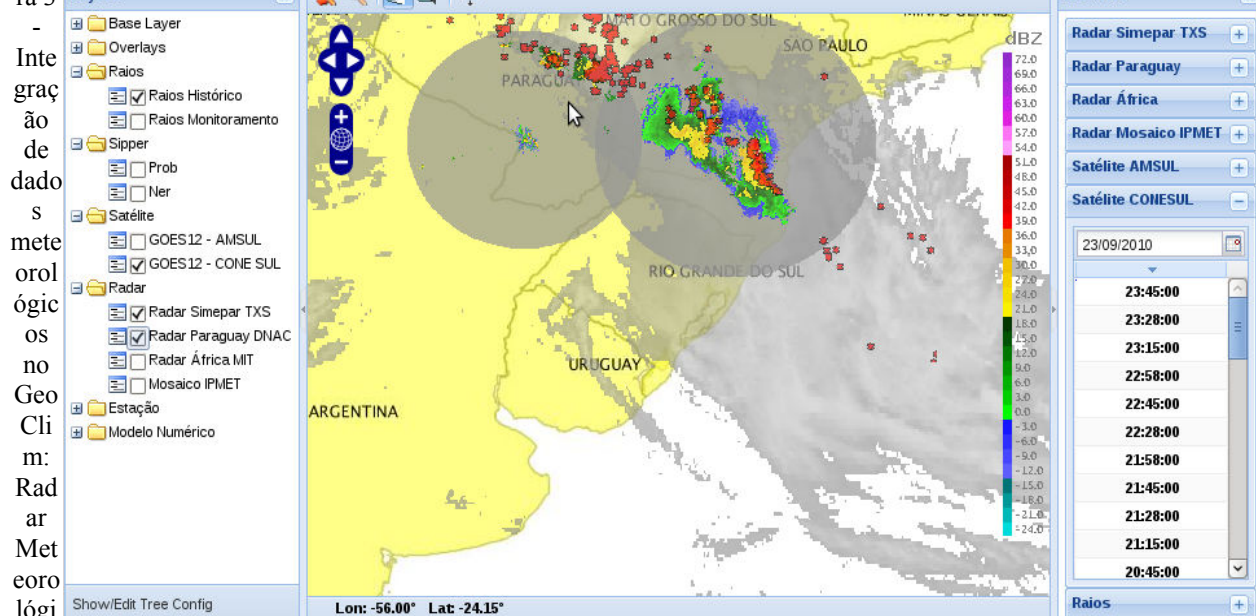
Os sistemas web independem do sistema operacional, ou seja, qualquer sistema web roda em qualquer computador, estando limitado apenas a uma conexão com a internet e, dependendo do sistema desenvolvido, limita-se também a versões específicas de navegadores. Além de facilitar sua manutenção e suas atualizações.

No início de 2008, o W3C (*World Wide Web Consortium*), consórcio de empresas de tecnologia que coordena os padrões da internet quanto a linguagem, anunciou a primeira especificação do HTML5, que dentre os avanços, sem dúvida o que terá maior impacto é o controle embutido de conteúdo multimídia e novas APIs para desenvolvimento de gráficos bidimensionais e tridimensionais.

Esta evolução da linguagem padrão para web pode eliminar a necessidade de plug-ins para aplicações multimídia e cenas tridimensionais em navegadores. Diversos críticos consideram a tecnologia como um forte concorrente ao Flash, da Adobe, ao Silverlight, da Microsoft, e ao recente JavaFX, da Sun (Oracle). Além do VRML e X3D, padrões de formato de arquivo para realidade virtual utilizado na internet.

O HTML5 deixará a web mais interativa e com mais agilidade. Ficará mais fácil, mais rica, pois ganhará novas aplicações, desenvolvidas segundo a nova linguagem, como vídeos e animações. (W3C, 2010)

Figura 3



co do SIMEPAR (23/09/2010 23:30:37h UTC); Radar Meteorológico do DINAC (23/09/2010 23:30:19h UTC); Satélite Meteorológico do GOES (23/09/2010 23:28:00h UTC); descargas atmosféricas dos sensores do RIDAT acumulados no período das 23:20h as 23:40h (UTC) do dia 23/09/2010.

Baseado nesta interatividade, sites de mapeamento web, dentre os quais estão o MapQuest, o Google Maps e o OpenLayers, vem ganhando popularidade. O OpenLayers, que já possui suporte a HTML5, é uma biblioteca JavaScript Open Source criada pela MetaCarta com objetivo de exibir dados espaciais em páginas web. Além de possuir suporte à GeoRSS, navegação tanto pelo mouse quanto pelo teclado, adição de marcadores e seleção de camadas.

A figura3 mostra a integração de dados meteorológicos no GeoClim. Os dados selecionados nesta imagem foram o radar do SIMEPAR no estado do Paraná/Brasil, o radar do DINAC (*Dirección Nacional de Aeronautica Civil*) (DINAC, 2010), no Paraguai, o canal infravermelho do satélite meteorológico GOES e as descargas atmosféricas detectadas pelos sensores do RIDAT.

Pode-se observar através da imagem na figura 3 que é possível acrescentar outras fontes de dados, como foi o caso do radar do DINAC e da imagem de satélite do GOES.

Esta integração com dados pertencentes a outras empresas ampliam as regiões de monitoramento, permitindo aos profissionais de meteorologia um maior detalhamento nas regiões monitoradas, auxiliando-os, com mais qualidade, na previsão do tempo.

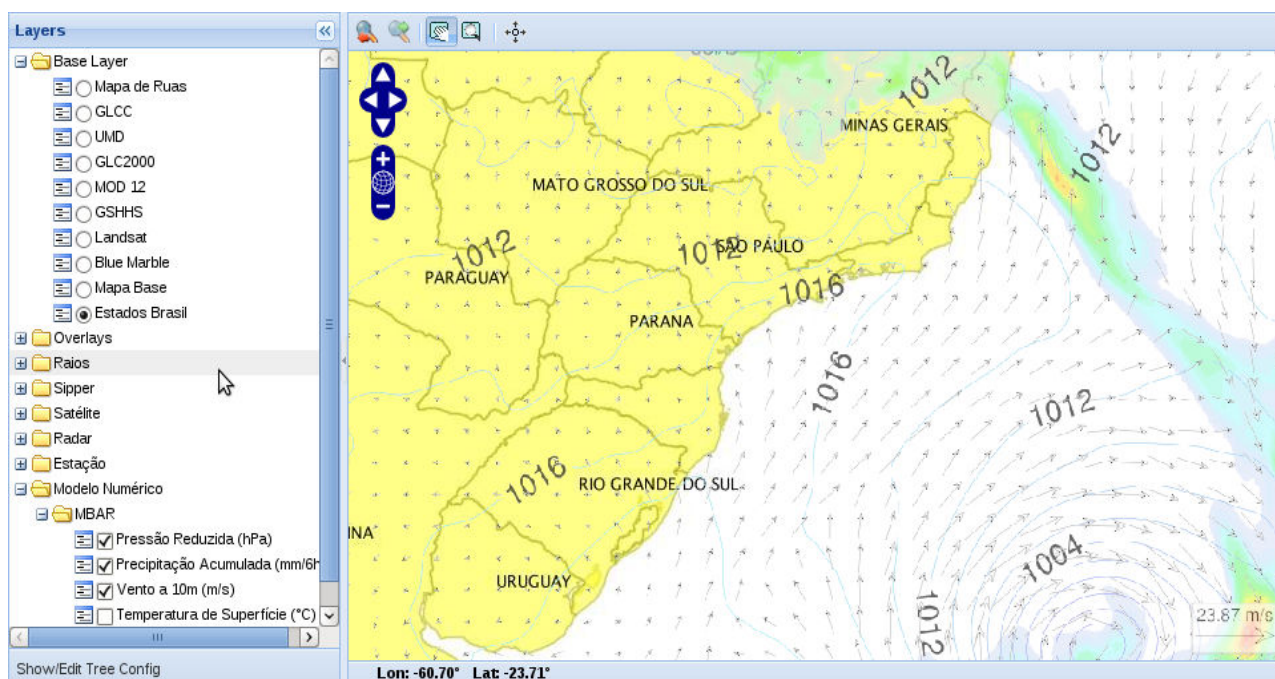


Figura 4 - Integração de variáveis de modelos numéricos: Precipitação Acumulada (mm/6h), direção e velocidade do vento (m/s) e pressão atmosférica (hPa).

A figura 4 mostra a integração da precipitação acumulada (mm/6h), direção e velocidade do vento (m/s) e pressão atmosférica (hPa) do modelo numérico rodado para o dia 06/10/2010, às 00:00 horas.

Outra ferramenta de muita utilidade é o desenho manual de geometrias no GeoClim. Esta ferramenta permite, por exemplo, desenhar um polígono em uma determinada região e extrair informações deste polígono (perímetro, área, centroide e bounding box), permitindo aos meteorologistas dimensionar áreas de risco (ver figura 5).

Atualmente, o OpenLayers utiliza o SVG (*Scalable Vector Graphics*) para exibir geometrias. Porém segundo testes feitos por Sauerwein (2010) mostram que o uso do HTML5 tornam a renderização mais rápida para grandes volumes de informações.

A figura 6 mostra a integração do mapa do OpenStreetMap com o radar do SIMEPAR. Aplicando zoom, conforme mostrado na figura, é possível monitorar a precipitação ao nível de ruas.

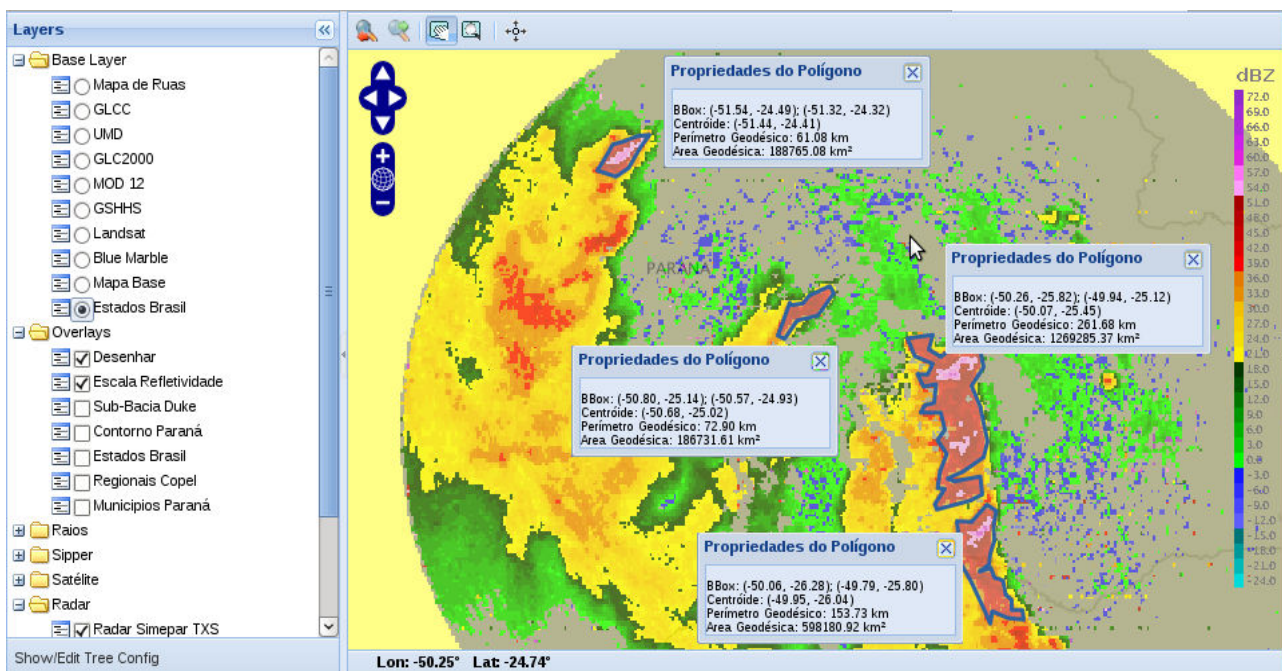


Figura 5 - Geometrias e suas propriedades.

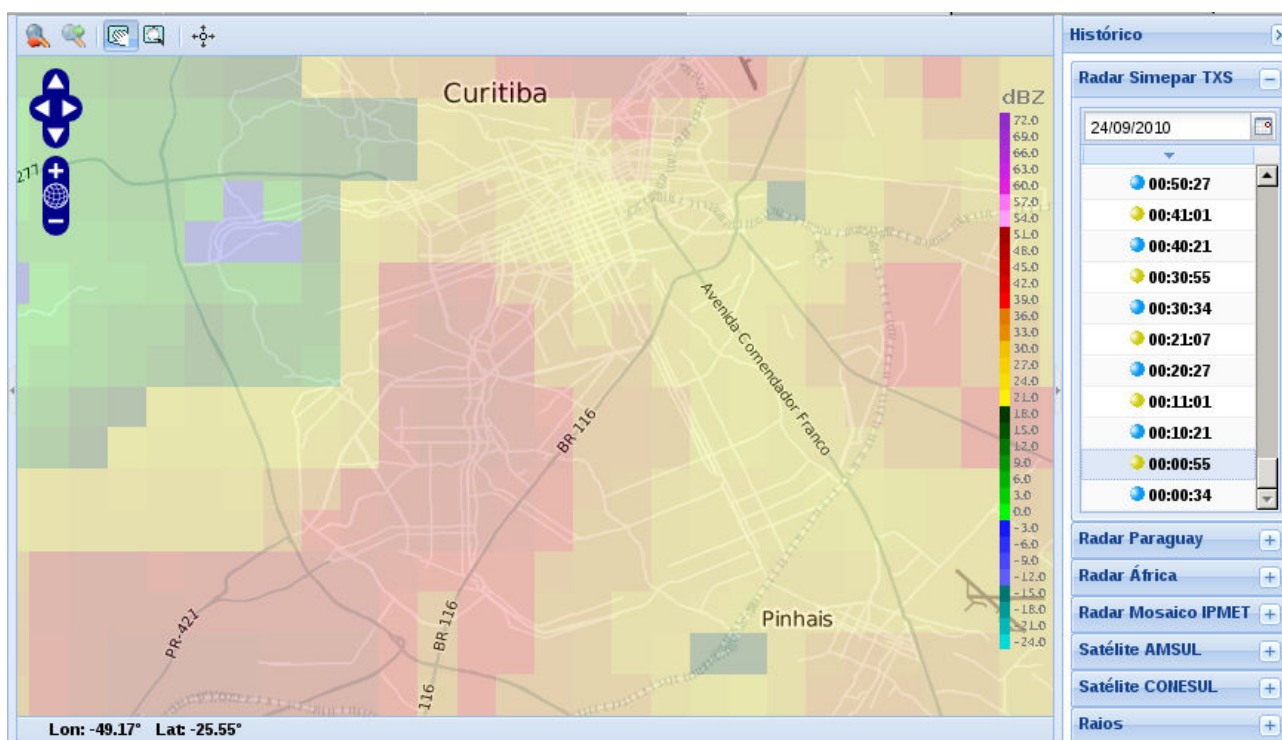


Figura 6 - Integração do mapa OpenStreetMap com o radar do SIMEPAR (24/09/2010 00:00:55h UTC).

4 CONCLUSÕES

Na meteorologia, um grande número de sensores que medem continuamente os mais variados tipos de informações ambientais como temperatura, umidade e descargas atmosféricas estão espalhados pelo mundo e usadas pelos profissionais no monitoramento e previsão do tempo.

A grande maioria destas informações são espaciais referenciada geograficamente, de forma que representá-las visualmente são de grande importância para sua análise.

Muitos softwares utilizados pelos meteorologistas são complexos, de difícil uso e com alvo na representação visual de um único tipo de informação (por exemplo, radar meteorológico), não atendendo a necessidade específica destes profissionais.

Afim de atender a estas necessidades, o GeoClim foi desenvolvido com foco nas seguintes características:

- Integração visual de informações georreferenciadas – permite que os dados possam ser visualizados de forma sobrepostas ou concorrentes, possibilitando comparações. Estes dados são respostas à requisições realizadas através de URL's no padrão OGC a servidores de mapas pertencentes a diferentes instituições.
- Arquitetura do tipo cliente/servidor – parte cliente responsável pela geração das representações gráficas e parte servidor pelo armazenamento dos dados brutos;
- Portabilidade – o GeoClim é um sistema web, permitindo seu acesso através de navegadores de Internet em qualquer sistema operacional;
- Análise histórica e em tempo real das informações meteorológicas do SIMEPAR.

REFERÊNCIAS

BENETI, C. A. A.; LEITE, E. A.; GARCIA, S. A. M.; ASSUNÇÃO, L. A. R.; CAZETTA FILHO, A.; REIS, R. J. **RIDAT - Rede Integrada de Detecção de Descargas Atmosféricas no Brasil: situação atual, aplicações e perspectivas**. Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro-RJ, 2000

CALVETTI, L.; BENETI, C. A. A.; PEREIRAFILHO, A. J. **Integração do radar meteorológico doppler do Simepar e uma rede pluviométrica para a estimativa da precipitação**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2003, Belo Horizonte. CD-ROM.

CPRM. **Mapas Geológicos e Geoambientais**. Disponível em <<http://labgeo.blogspot.com/2007/09/mapa-geologico-e-geoambiental-dispnivel.html>>. Acesso em 25 jan, 2011.

DINAC. **Dirección Nacional de Aeronautica Civil**. Disponível em <<http://www.dinac.gov.py>>. Acesso em 18 jan, 2010.

EXTJS. **JavaScript Framework for Rich Apps in Every Browser**. Disponível em <<http://www.sencha.com/>>. Acesso em 06 fev, 2011.

GEOEXT. **JavaScript Toolkit for Rich Web Mapping Applications**. Disponível em <<http://www.geoext.org/>>. Acesso em 04 fev, 2011.

MMA. **Serviços WMS disponíveis**. Disponível em <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/ogc.htm>>. Acesso em 11 fev, 2011.

OGC. **Open Geospatial Consortium**. Disponível em <<http://www.opengeospatial.org/>>. Acesso em 08 fev, 2011.

OPENLAYERS, **Free Maps for the Web**. Disponível em <<http://openlayers.org/>>. Acesso em 04 fev, 2011.

SAUERWEIN, T. **Evaluation of HTML5 for its Use in the Web Mapping Client OpenLayers**. Bachelor Theses. Fachhochschule Kaiserslautern, University of Applied Sciences, fev 2010.

W3C. **World Wide Web Consortium**. Disponível em <<http://www.w3.org/>>. Acesso em 17 dez, 2010.

WMO-IOS. **Integrated Global Observing System**. World Meteorological Organization. Disponível em <<http://www.wmo.int/pages/prog/drr/publications/drrPublications/html/WMOgeneral.html>>. Acesso em 04 fev, 2011.

WMS-T. **Web Map Service Time**. Disponível em <http://mapserver.org/ogc/wms_time.html>. Acesso em 08 fev, 2011.

ZANDONÁ, C. A. W. **Ambiente de Visualização Integrado para Modelos Numéricos de Previsão de Tempo e Informações Ambientais**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, 2005, Curitiba-PR.