

[Início](#) - [O Que Foi](#) - [Feira](#) - [Ajuda](#) - [Palestras](#) - [Painéis](#) - [Mostras](#)

Geoprocessamento e Internet: cenário atual e perspectivas

Frederico Torres Fonseca
Clodoveu Augusto Davis Junior
PRODABEL – Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte
Av. Presidente Carlos Luz, 1275
30210-000 -- Belo Horizonte -- MG
BRASIL
fred@pbh.gov.br clodoveu@pbh.gov.br

Resumo

O atual estágio de desenvolvimento da tecnologia WWW permite hoje uma distribuição de informações muito mais interativa e dinâmica do que há alguns anos atrás. Com relação às informações geográficas, a Internet se apresenta como uma forma de acesso interessante principalmente para usuários com pequenas e específicas demandas. Este trabalho mostra algumas das opções disponíveis atualmente e propõe uma abordagem que busca viabilizar o acesso a dados geográficos em formato vetorial através de uma interface de manipulação direta. A interface trabalha com o conceito de objetos geográficos, transmitindo vetores, e não imagens, pela rede. Para isto é necessário que o *browser* seja capaz de entender o que são estes vetores e que saiba manipulá-los. Demonstra-se que isto é possível utilizando programas (*applets*) desenvolvidos na linguagem JAVA, cujos recursos ainda garantem o atendimento aos requisitos de interatividade e dinamismo no acesso às informações geográficas.

ABSTRACT

The current state of development of WWW technology allows for a much more interactive and dynamic distribution of information, as compared to some years ago. The Internet constitutes an interesting resource for accessing geographic information, in special for users with small and specific demands. This article shows some alternatives to access geographic data on the Internet and proposes an approach that intends to provide viable access to geographic data in vector format, through a direct-manipulation user interface. This interface works with the concept of geographic objects, transmitting vectors, instead of rasters, through the network. In order to accomplish that, the browser needs to be capable of understanding these vectors, and needs to be able to manipulate them. It is shown that this is possible using JAVA applets, while additionally granting the required interactive and dynamic access to geographic information.

Introdução

O atual estágio de desenvolvimento da tecnologia WWW permite hoje uma distribuição de informações muito mais interativa e dinâmica do que há alguns anos atrás. Com relação às informações geográficas, a Internet se apresenta como uma forma de acesso interessante principalmente para usuários com pequenas e específicas demandas. Embora as perspectivas para o futuro sejam boas e possamos contar com padrões como o *OPEN GIS*

[MB96], de imediato temos preocupações com um ambiente tão heterogêneo como a Internet e com a diversidade de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) disponíveis no presente [BE97].

Então a pergunta a ser respondida é "como prover acesso amplo a informações geográficas armazenadas em uma rede complexa e heterogênea de forma simples e eficiente?".

Câmara [Cam95] nos dá algumas direções:

- "Pode-se prever, para o final da década de 90, o aparecimento de uma *terceira geração* de SIG's ('bibliotecas geográficas digitais' ou 'centros de dados geográficos'), caracterizada pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos, com acesso através de redes locais e remotas, com interface via WWW (*World Wide Web*)".

- "Estes sistemas deverão seguir os requisitos de *interoperabilidade*, de maneira a permitir o acesso de informações espaciais por SIG's distintos".
- "A terceira geração de SIG pode ainda ser vista como o desenvolvimento de sistemas orientados para troca de informações entre uma instituição e os demais componentes da sociedade (*'society-oriented GIS'*)". "Estes sistemas deverão possuir interfaces que propiciem uma navegação pictórica e interativa"

Podemos ver então que é necessário a pesquisa de interfaces para informações geográficas via WWW. Estas interfaces deverão ser interativas e atender a requisições da comunidade SIG [KWM92]. Elas também deverão fazer que recursos distribuídos na rede pareçam locais ao usuário, que desta forma pode se concentrar em seu trabalho, independente do SIG que gerencia os dados.

Usando a Internet para Acesso a Dados Geográficos

Uma das abordagens mais usadas atualmente para acesso a informações geográficas via Internet é a interface do tipo formulário. Neste tipo de interface o usuário digita informações alfanuméricas informando quais as "folhas" de mapas de que necessita. A requisição é processada pelo servidor e o usuário recebe estas informações como uma imagem digital (*raster*). Outra abordagem é a que apresenta ao usuário uma imagem digital que representa um mapa chave da região disponível para consulta. O usuário pode usar o mouse para escolher a região em que está interessado. Como na abordagem anterior, sua requisição é processada pelo servidor que devolve a resposta em forma de imagem.

Embora interessantes, estas abordagens deixam a desejar em alguns aspectos. Entre eles podemos destacar a baixa flexibilidade para a escolha da região desejada pelo usuário e a falta de uma interatividade maior na pesquisa de informações sejam geográficas ou alfanuméricas. Já vimos que as interfaces gráficas que dão ênfase a interatividade são preferidas em relação a interfaces não gráficas ([Mor88], [EB97]). Vamos rever agora alguns dos trabalhos publicados sobre interfaces para acesso a dados geográficos via Internet.

Dos trabalhos analisados a seguir, um apresenta uma proposta teórica ([EB97]), dois apresentam implementações para interfaces para acesso a dados geográficos através da Internet ([BHR97] e [MNE+97]). [Lar96] apresenta ambas as opções, mostrando as bibliotecas geográficas digitais e um kit para folheamento deste tipo de base de dados. [EB97] sugere várias direções sobre o futuro das interfaces via Internet, que eles chamam *Web-top interfaces*. [Lar96] examina a noção de recuperação de informações geográficas no contexto das bibliotecas digitais. Além disto, também são mostradas as características de informações georreferenciadas e como estas podem ser incorporadas em bibliotecas digitais. Finalmente são descritas as ferramentas disponíveis para o desenvolvimento de interfaces para dados geográficos. Dois trabalhos são inteiramente funcionais e podem ser encontrados na Internet. [BHR97] descreve a implementação de uma interface para diversos SIG na cidade de Florença e [MNE+97] descreve a disponibilização via Internet de dados em diversas localidades usando o SIG GRASS.

Um outro trabalho interessante sobre interfaces para dados geográficos através da Internet é [Fre97], que não será analisado aqui por ter sido publicado muito recentemente.

Interfaces Web-Top [BE97]

A rede Internet e sua interface gráfica *World Wide Web* (WWW) apresentam um novo paradigma que aproveita o que há de melhor dos paradigmas existentes. Os recursos computacionais ficam distribuídos através de redes em sistemas de grande porte. Além disto, os clientes contam com computadores também poderosos do seu lado da rede. No entanto, a interação do usuário com a rede pode ser complexa e a comunidade de redes está procurando metáforas de trabalho que facilitem a conceitualização de grandes redes de computadores. [BE97] consideram que o termo *Web* (teia em português), usado geralmente para designar a Internet, é um indicador da complexidade e dificuldade de se usar a rede.

Hoje a maior parte dos processamentos geográficos é feito em máquinas isoladas ou em redes locais. No entanto, em um futuro próximo, tanto os dados quanto a funcionalidade vão estar distribuídos através de grandes redes de computadores (Para uma proposta detalhada disto veja [Cam95]). Padrões como OpenGIS [MB96] vão facilitar a integração destes dados e serviços.

Do ponto de vista do usuário, a localização das informações é irrelevante, desde que ele possa ter acesso a elas. Uma interface bem projetada vai fazer a distribuição de dados e serviços parecer transparente para os usuários, permitindo a eles uma integração maior com a tarefa a ser realizada e transformando a interação homem-máquina em uma extensão natural das habilidades do ser humano. Assim, o projeto de interfaces baseadas na Internet (*Web-top interfaces*) não deve diferir das atuais interfaces (desde que estas sejam boas). Da mesma maneira, todo o conhecimento adquirido nas pesquisas de interfaces homem-máquina pode ser aproveitado também para as interfaces para Internet.

[BE97] discute quatro categorias de interfaces. Todas são baseadas na álgebra de mapas. Esta álgebra, que organiza os operadores e expressões para a manipulação dos dados espaciais, foi formalizada por [Tom90]. A maioria dos operadores de álgebra de mapas está baseada na sobreposição de mapas de uma mesma região coincidentes em escala, localização e projeção cartográfica. Outros operadores podem modificar a forma de representação de vetorial para matricial ou vice-versa. O resultado das operações pode ser um novo mapa. Várias expressões de álgebra de mapas podem ser encadeadas formando uma nova expressão [LCN97]. As quatro categorias discutidas por [EB97] são:

- **linha de comando:** neste tipo de interface o usuário descreve em uma linguagem formal as suas necessidades de informação. O formalismo, inerente às linguagens de programação, com sintaxe e semântica rígidas, aliado à expressividade da linguagem, são pontos fortes para a defesa deste tipo de interação. É plenamente justificado, pois é assim que programadores de computador trabalham a décadas e com sucesso, documentando e desenvolvendo procedimentos complexos [LCN97]. Embora isto facilite a expressão exata do que o usuário quer, nem sempre ele consegue fazê-lo. Os principais problemas deste tipo de interface são achar o comando certo, se lembrar dos nomes de comandos e variáveis e digitar o comando com a sintaxe correta.
- **menus e formulários:** este tipo de interface utiliza recursos gráficos como janelas, ícones e menus. O usuário tem menos chances de errar já que o formulário indica os locais certos a serem preenchidos e consistências são feitas imediatamente. No entanto, da mesma maneira que na interface de linha de comando, o usuário só pode ver uma parte de seu modelo de álgebra de mapas de cada vez. Embora elimine a necessidade de se usar linhas de comando, este modelo não elimina a necessidade de comandos e o problema da dificuldade de se achar um comando. Assim como na interface de linha de comando, o usuário tem de adaptar sua maneira de pensar aos comandos e sintaxe disponíveis.
- **diagramas de fluxo:** são conjuntos de objetos organizados e conectados de forma lógica. Estes diagramas usam recursos gráficos para mostrar a funcionalidade dos objetos e como eles são conectados. A conexão geralmente é feita interativamente, usando-se um mouse. Com estas interfaces o usuário coloca os elementos em uma área de trabalho e os conecta de acordo com as regras da interface, construindo assim um modelo. Os dados alimentam o modelo pela entrada do diagrama e o resultado aparece na saída. Embora este tipo de interface elimine a necessidade de linhas de comando, o problema da necessidade de comandos explícitos e sua pesquisa permanece. Embora alguns sistemas permitam que o usuário possa manipular *layers*, o processo de empilhar estes *layers* aqui é mapeado para um processo de conectar linhas e processos. Neste tipo de interface os usuários podem ver o modelo completo, um nível apropriado para algumas tarefas. No entanto, os modelos podem se tornar grandes e complexos. E há ainda o perigo de que o trabalho de criar e manter um diagrama de fluxos para álgebra de mapas possa se tornar uma tarefa em si mesma. Como o seu nome sugere, um diagrama de fluxos ilustra um fluxo através de um modelo. Então este modelo é mais apropriado para tarefas em que o modelo mental do usuário seja também de fluxos, o que não é o caso da álgebra de mapas. [EB97] considera que o próximo modelo de interface (diagrama de pilhas) é mais adequado ao usuário do que o diagrama de fluxos, mas [LCN97] discorda desta afirmação e dizem que "o usuário está acostumado a expressar os modelos através de fluxos. Existe um forte apelo didático para isto. Vários trabalhos publicados sobre aplicações de Análise Espacial [MGR91] corroboram isto."
- **diagramas de pilhas:** este tipo de interface se baseia na analogia com o empilhamento de mapas em papel. Possibilita dispor mapas uns sobre os outros, e oferece recursos para reordenação das camadas. Este tipo de modelo se presta à geração de interfaces com o usuário do tipo manipulação direta, onde os itens da pilha podem ser representados por ícones e manipulados para dentro e fora da pilha (outro ícone) ou trocados de ordem dentro da própria pilha. Diagramas de pilha exploram de forma intensa a relação entre o processo físico de sobreposição de mapas (como o cartógrafo sobrepondo mapas em uma mesa de luz) e a álgebra de mapas. Interfaces que

permitem ao usuário o uso de ícones para sobreposição de mapas têm a vantagem de usar um conhecimento que já é de domínio do usuário. Elas usam uma metáfora fortemente baseada no mesmo esquema de imagens da tarefa que eles estão facilitando: a sobreposição de mapas. Estas metáforas são baseadas nas características físicas e visuais da tarefa do usuário. Desta maneira, fica menor a distancia entre a concepção da tarefa e os passos necessários para a sua execução. Neste aspecto, o desempenho desta interface é superior a todas as anteriores.

Um problema comum a diversos tipos de interfaces é como selecionar as funções. Com a grande disponibilidade de funções, os sistemas têm de criar ícones distintos e de grande representatividade. Atualmente a distribuição hierárquica destas funções parece ser a forma mais interessante de se resolver este problema. Também o uso de mais de um esquema de imagens pode vir a ser uma forma de facilitar o trabalho do usuário.

Recuperação de Informações Geográficas e Folheamento Espacial [Lar96]

[Lar96] enfoca a recuperação de informações geográficas no contexto de bibliotecas digitais. Bibliotecas digitais armazenam informações digitais sobre uma grande diversidade de assuntos. Assim como nas bibliotecas convencionais, a informação pode ser indexada e recuperada de diversas maneiras, seja através da simples descrição dos itens disponíveis, seja através de métodos de recuperação que somente são possíveis para informações digitais. [Cam95] considera que a nova geração de SIG serão as "bibliotecas geográficas digitais" ou "centros de dados geográficos". Uma *biblioteca geográfica digital* (ou um "centro de dados geográfico") é um banco de dados geográfico compartilhado por um conjunto de instituições. Estas bibliotecas seriam responsáveis pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos, com acesso através de redes locais e remotas, com interface via WWW (World Wide Web). Além dos dados geográficos, estas bibliotecas devem armazenar descrições acerca dos dados (metadados) e documentos multimídia associados (texto, fotos, áudio e vídeo).

[Lar96] considera que os objetos das bibliotecas digitais precisam ser indexados para que os usuários possam pesquisá-los através de seu conteúdo. As interfaces de acesso deverão permitir aos usuários não só a pesquisa mas também o folheamento (*browsing*) da biblioteca.

A recuperação de informações geográficas é a atividade preocupada com acesso a fontes de informações georreferenciadas. É importante notar a distinção entre recuperação de informações e recuperação de dados: a primeira é probabilística e está preocupada com questões subjetivas e indeterminadas. A segunda é determinística e está preocupada com objetos bem definidos. Na recuperação de informações geográficas estamos interessados tanto na recuperação determinística (encontrar todas as camadas que tenham informação sobre a coordenada X1,Y1) como na probabilística (encontrar todas as cidades perto do rio X) [Lar96].

[Lar96] distingue as expressões *consultas geográficas* e *consultas espaciais*. Embora ambas impliquem em consultar um banco de dados organizado espacialmente com base em relacionamentos entre determinados itens dentro de um sistema de coordenadas definido, a expressão *consultas espaciais* é mais genérica, e pode ser definida como consultas sobre relacionamentos espaciais (interseção, continência, vizinhança, adjacência, proximidade) de entidades geometricamente definidas e localizadas no espaço independentemente do sistema de coordenadas. Já as *consultas geográficas* assumem que o espaço é delimitado por um sistema de coordenadas que representa o mundo real.

Relacionamentos espaciais podem ser geométricos ou topológicos (relacionados espacialmente mas sem distância mensurável ou direção absoluta). Pesquisas geográficas e espaciais combinam elementos geométricos e topológicos. [Lar96] cita as duas classes básicas de perguntas de usuários [FCF+95]: "o que está aqui?" e "onde está isto?"

e os principais tipos de pesquisas com base no tipo de informação fornecido pelo usuário [LT92], [DMP93]:

Pesquisas de ponto dentro de um polígono, Pesquisas de regiões, Pesquisas de distância e *buffers*, Pesquisas de caminho e Pesquisas multimídia.

[Lar96] define o folheamento espacial (*spatial browsing*) como sendo a atividade de navegar através da base de dados geográficos sem ter a noção exata do que se deseja. Para isto, a interface deve ter recursos que permitam este tipo de pesquisa. Ele cita o conceito de hipermapa (*hypermap*) de [LT92]. Em bancos de dados de hipertextos, como a WWW, cada documento ou nó pode conter vários *links* para

outros objetos em diversos tipos de mídia. Estes *links* estão disponíveis para o usuário através de um *click* de mouse. O link pode ser um ícone de país, de uma região específica ou um bairro dentro de uma cidade. Através do *click* do mouse sobre o ícone o usuário pode obter o mapa desejado. Entre as vantagens da metáfora hipermapa estão sua característica intuitiva e facilidade de compreensão por parte do usuário, e a capacidade de pesquisar e folhear através de interação direta em oposição ao preenchimento de campos de formulários. Na maioria dos casos não é necessária a precisão de um SIG. Entre as desvantagens deste tipo de metáfora podemos citar o excesso de ícones disponíveis na tela se a base de dados for muito rica.

Para fornecer acesso a bibliotecas digitais com conteúdo geográfico foi desenvolvido o kit para folheamento geográfico (*Geographic Browsing Toolkit*) (Figura 1) [Lar96].

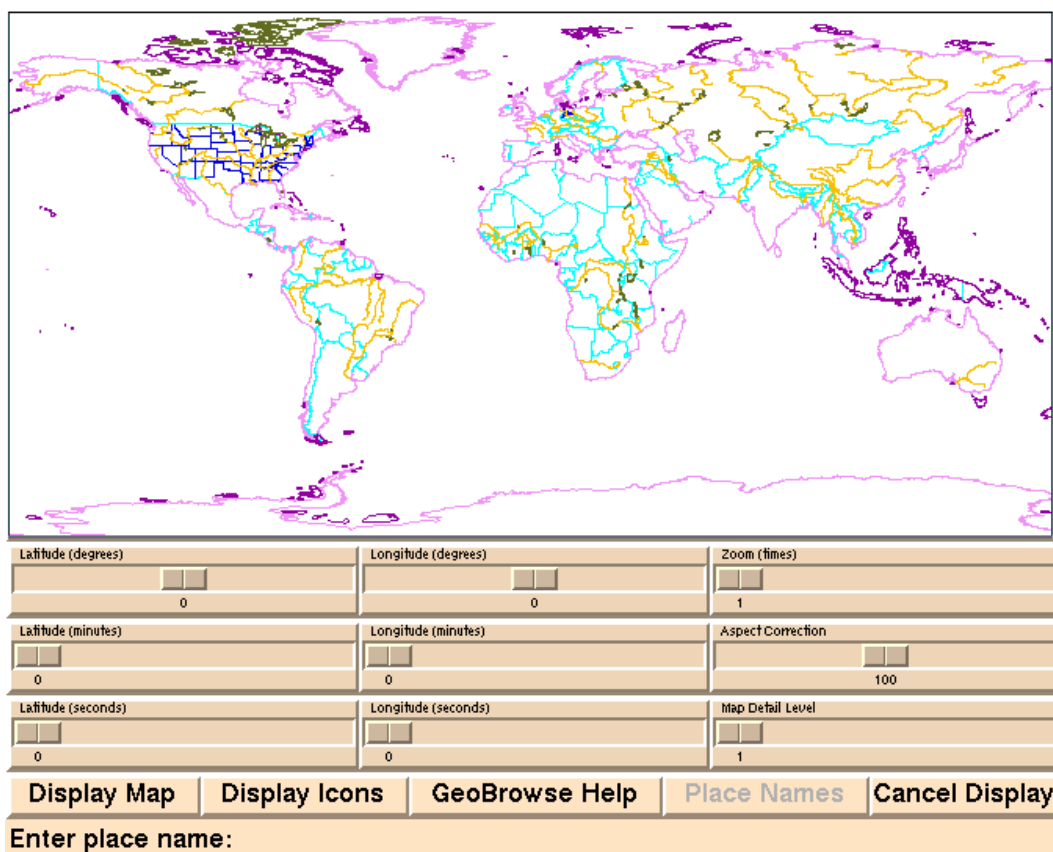


Figura 1 - Visão global inicial do *browser* geográfico Lassen - Extraído de [Lar96]

[Lar96] distingue uma interface que se propõe apenas a folhear a base de dados em oposição a sistemas completos destinados a criar mapas, atualizar dados e fazer análises complexas. Segundo ele, uma interface de folheamento que evite esta sobrecarga de funções pode ser mais simples e fácil de usar e desenvolver. Seu kit tem origem no *Sequoia 2000*, que é um projeto que tem como meta o projeto e desenvolvimento de sistemas de informação em larga escala para cientistas preocupados com o meio ambiente. Um novo paradigma com características espaciais para *browsers* foi proposto e esta descrito em [CLS92]. Neste sistema chamado *Tioga*

[SCN+93], a informação é exibida topologicamente de acordo com características contínuas que são atributos dos itens. Um protótipo para um componente de folheamento geográfico foi construído e incluído no *browser* geográfico *Lassen*. Utilizando este *browser*, o usuário pode efetuar operações de *Zoom* e *Pan*

usando o mouse ou indicar em campos as coordenadas ou regiões que deseja ver. O sistema é baseado no ambiente *X-Windows*, o que proporciona um bom desempenho nestas operações. O excesso de ícones indicando a disponibilidade de objetos geográficos é evitado através do oferecimento de menus com a lista de objetos disponíveis. O usuário pode também usar o botão esquerdo do mouse para centralizar a exibição. As operações de *zoom* são logarítmicas, o que facilita as operações de aproximação e afastamento, diminuindo o número de *clicks*

necessários para se chegar ao lugar que o usuário deseja. O kit foi desenvolvido usando uma extensão da linguagem *Tcl/Tk* [Ous94]. Esta linguagem proporciona a criação de interfaces para *X-Windows* usando comandos simples. O formato de mapas suportado atualmente é o formato comprimido derivado do *World Data Bank II* de domínio público. Outros formatos como o *Tiger (Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing system)* deverão ser suportados no futuro.

[Lar96] acredita que o folheamento geográfico terá um papel chave no futuro possibilitando o acesso efetivo à bibliotecas digitais. Cerca de 80% das decisões de governos estaduais e municipais envolvem um componente espacial, direta ou indiretamente [LT92]. Assim, pesquisadores, cientistas, entidades governamentais, bibliotecas e estudantes poderão recuperar fácil e rapidamente as informações de que precisam para executar tarefas que vão desde pesquisas até controle ambiental.

O Gateway WWW-SIG [BHR97]

[BHR97] descrevem a implementação de uma interface para acesso a diversos SIG na cidade de Florença. A origem do trabalho é a recomendação da comissão de comunidades europeias [CEC94] de que o desenvolvimento de novas opções de acesso a informações geográficas usando se novas tecnologias seria uma das abordagens a ser usada por administradores e projetistas de ambientes urbanos. Isto vem do fato de que um dos principais problemas na administração e análise do ambiente urbano é a dificuldade de melhorar o entendimento do comportamento dos sistemas complexos em que se tornaram as grandes cidades.

Até recentemente os dados necessários para estes tipos de análise estavam em papel. A decisão de transferir os dados geográficos de meio papel para meio digital não tem sido homogênea, mas está acontecendo caso a caso, em cada subunidade municipal ou instituição privada. Este tipo de desenvolvimento causou a distribuição dos dados urbanos não só em diferentes unidades administrativas, mas também em diferentes conjuntos de hardware/software e estruturas de bancos de dados. Diferentes redes de computadores unindo estes diferentes sistemas estão disponíveis, entre elas a Internet, que possibilita a conexão entre diferentes sistemas usando um único modelo de interface (*browsers*) para *queries* em diferentes fontes de dados. Mas o problema para uma pesquisa contínua em diferentes fontes de dados é a falta de homogeneidade dos bancos de dados municipais. Este problema pode ter duas soluções:

uma integração de todos os dados úteis em um só sistema padrão, ou uma interface para pesquisa em diferentes bancos de dados independente de plataforma.

A primeira proposta exigiria a integração de todos os SIG em um sistema único e a mudança de cada unidade administrativa para este sistema. A longo prazo esta solução ofereceria a situação ideal para a administração, mas seria muito cara e demandaria tantos acordos políticos que se tornaria inviável.

A segunda proposta necessitaria de:

- uma generalização das estruturas de pesquisas espaciais
- um mecanismo de tradução entre a interface genérica e os diversos SIG
- uma interface independente de plataforma

A solução proposta para a implementação desta segunda opção é a ponte WWW-SIG (*GIS Gateway*). Esta ponte transfere um conjunto de parâmetros para uma estrutura de *query* genérica através de uma *Application Program Interface (API)* para um SIG específico. O SIG executa a *query* e devolve o resultado para a interface *Web*. Este procedimento permite o uso de uma interface genérica na *Web* com acesso a diferentes SIG em diferentes plataformas computacionais (Figura 2).

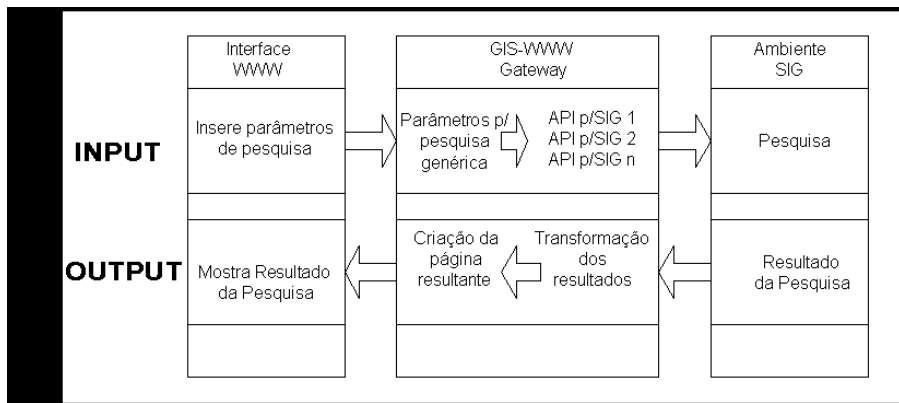


Figura 2 - Modelo do fluxo de dados de GIS Gateway - adaptado de [BHR97]

O uso do GIS Gateway

permite pesquisas geográficas através da Internet. Esta operação tem vários passos:

- Os parâmetros da pesquisa devem ser informados pelo usuário através da interface de formulários.
- Estes parâmetros devem ser traduzidos para uma *query* genérica que sirva para qualquer SIG.
- Esta *query* deve ser interpretada e transferida para o SIG específico.
- Este SIG específico deve executar a *query* e resumir os resultados em um único arquivo.
- Este arquivo deve ser exportado para ser visualizado na interface.

Esta interface permite a comparação de dados armazenados em diferentes sistemas através de uma interface única. Ela reduz a necessidade de especialização do usuário final em determinado SIG, deixando esta tarefa para os administradores de sistema. Os resultados podem ser vistos em <http://taws08.jrc.it/gis-gateway>. Usando a classificação proposta por [EB97] podemos dizer que esta interface é do tipo *menus e formulários*. Uma imagem é gerada pelo SIG e enviada através da rede. Para obter uma resposta a uma nova consulta o usuário precisa informar os parâmetros outra vez e obter então um novo mapa.

Servindo Dados Geográficos Através da Web [MNE+97]

[MNE+97] considera que a falta de disponibilidade de dados espaciais em forma digital é um dos principais obstáculos para um desenvolvimento amplo do uso de SIG. Uma vez que este problema seja superado o próximo passo é a obtenção de acesso a estes dados. Os principais obstáculos citados são:

- Encontrar os dados espaciais em forma digital;
- Obter acesso a estes dados em tempo hábil;
- Obter a versão mais recente destes dados;
- Resolver os problemas de incompatibilidade de formatos de dados;
- Dispor de grandes áreas para armazenamento de dados; e
- Pagar pelas informações obtidas.

Os autores acreditam que a Internet é uma oportunidade para que vários destes problemas sejam superados, mesmo para usuários inexperientes. Assim, através deste trabalho, [MNE+97] alcançaram os seguintes objetivos:

- Demonstrar o uso de *Hipertext Markup Language* (HTML) na organização e distribuição de dados geográficos;
- Possibilitar acesso a SIG através da Internet; e
- Explorar e demonstrar as possibilidades efetivas do uso de SIG através da Internet.
- A solução implementada possibilitou ao cliente:
 - Visualmente pesquisar, localizar e selecionar dados de seu interesse através do uso de imagens de mapas;
 - Exibir mapas na janela de um *browser*;
 - Realizar pesquisas e análises simples (incluindo álgebra de mapas, sobreposição, e conversão *vector-to-raster*) que serão executadas através de *Common Gateway Interface* (CGI) [McC95] no SIG antes da exibição da imagem no *browser*;
- Produzir cópias digitais de *layers* no formato *Spatial Data Transfer Standard* (SDTS).

Este tipo de interação via WWW fornece não somente uma boa interface, mas também acesso a dados espalhados em pontos fisicamente distantes através de um servidor SIG. Os componentes deste servidor foram desenvolvidos e são os seguintes:

- uma interface CGI para o SIG *GRASS Lite*;
- uma interface gráfica com o usuário para o SIG *GRASS*, e
- uma interface de exibição de mapas.

GRASS é um SIG baseado em imagens desenvolvido pelo *U. S. Army Construction Engineering Research Laboratory (USA-CERL)*. Os arquivos de dados do *GRASS* são compostos por dados vetoriais e *raster*

organizados por local. Cada local pode ter diversos conjuntos de mapas ou áreas de trabalho, organizados por usuários ou temas. Os arquivos permanentes contém informações sobre os limites da base de dados e projeção cartográfica.

Os autores escolheram o *GRASS*

como base de dados porque este software tem padrões de arquivos abertos, tem os fontes disponíveis sem custo, e tem licenciamento livre. Além disto, boa parte dos dados a serem distribuídos já estava neste formato.

A interface *GRASS Lite*

foi integrada à Internet através de CGI. O primeiro passo para o usuário obter acesso a interface é o preenchimento de formulários. O primeiro é uma página em HTML que obtêm dados necessários para a exibição da janela da interface. No segundo documento o usuário escolhe um conjunto de dados do *GRASS*. O último formulário apresenta ao usuário a interface *GRASS Lite*. (Figura 3). É necessário que o usuário esteja operando em um ambiente *X-Windows*. Esta interface *GRASS Lite* permite não só a exibição de mapas como também a execução de pesquisas simples e operações sobre mapas *raster*. Todo o processamento é executado no servidor, ficando apenas a interação com o usuário a cargo do cliente. A necessidade da presença do ambiente *X-Windows* vem daí. O cliente apenas desenha em sua tela resultados processados no servidor.

Para usuários que não dispõem de *X-Windows* a interface *GRASS Lite* não está disponível. Após os dois primeiros formulários, um terceiro é apresentado, em substituição a interface *GRASS Lite*, que informa ao usuário os *layers* disponíveis. O usuário pode escolher um *layer raster* e diversos vetoriais. A pesquisa é processada e uma imagem em formato GIF é gerada e exibida em uma página HTML.

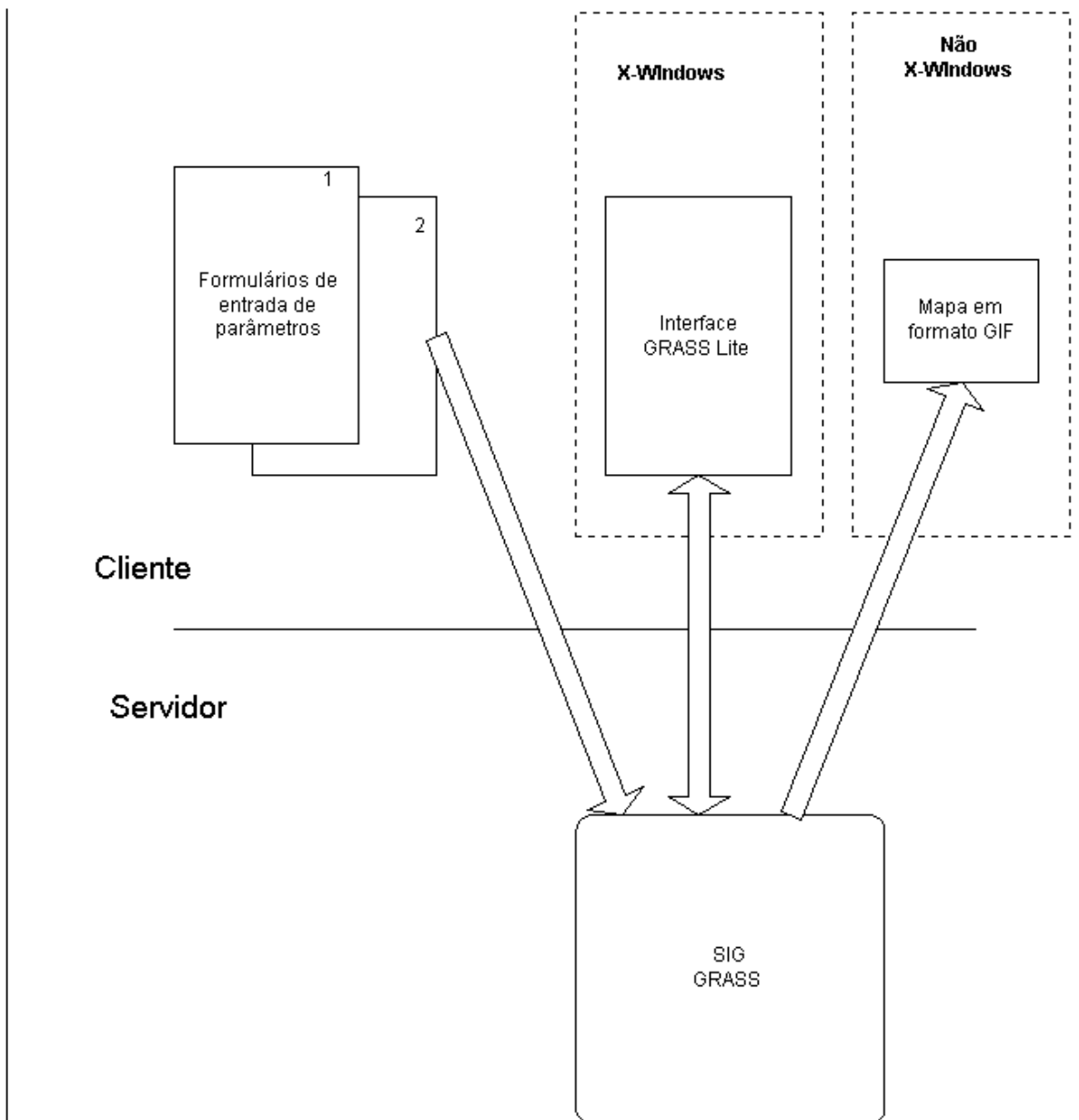


Figura 3 - Modelo para acesso via Internet a dados armazenados no SIG GRASS

Embora simples, esta solução apresenta um grande potencial de atendimento ao usuário. O uso de uma interface já existente (*GRASS*) facilita o uso para usuários que já conheçam este SIG. Ao mesmo tempo, isto também é um limite imposto pela solução. Outro limite é a necessidade de um ambiente que suporte *X-Windows*

para que o usuário possa tirar proveito completo da solução. A página Internet para acesso a esta interface é <http://ingis.acn.purdue.edu>.

A Interface

Uma das maiores dificuldades em Geoprocessamento é a construção de interfaces que permitam a um usuário ter acesso a SIGs de modo eficiente. Para isto devemos levar em consideração alguns aspectos como a facilidade de uso, potencial de interoperabilidade, e a variedade de usuários.

Para se projetar uma interface é necessário se conhecer sua finalidade principal. A nossa é o acesso a informações geográficas. Mas este objetivo pode ser mais detalhado. Bruns [Bru94] acredita que uma ferramenta como esta pode se destinar tanto a usuários experientes que necessitem conhecer o potencial de uma base de dados geográficos para eles desconhecida, quanto para usuários ocasionais que não sabem exatamente o que querem.

Voisard [Voi95] afirma que usuários iniciantes são incapazes de formular *queries* complexas e ainda, que eles tem apenas uma vaga noção do que estão procurando. Desta forma preferem procurar interativamente a informação ao invés de usar comandos mais diretos como uma *query* em SQL.

Kuhn [Kuh92] diz que usar uma interface geográfica é entre outras coisas, folhear (*browse*), examinar superficialmente, explorar.

Larson [Lar96] também destaca este tipo de pesquisa quando diz que outros tipos de busca, que não o *browsing*, são muito menos direcionados, e enquanto assumem que o usuário tem alguma noção do que procura, ao mesmo tempo reconhecem que ele pode não ter a habilidade para especificar este desejo em forma de '*query language*'. Larson observa que o que é necessário nestes casos é a habilidade para navegar o banco de dados geograficamente sem a necessidade de expressar uma *query* de forma explícita. Esta navegação ('*spatial browsing*') combinaria consultas espontâneas com *displays* interativos de mapas digitais que permitirão ao usuário explorar a dimensão geográfica da informação no banco de dados ou biblioteca digital.

Medychyj-Scott [Med92] diz que "no ambiente SIG um usuário diferente está aparecendo, um usuário que é menos tecnicamente orientado e que tem menos tempo disponível e menos inclinação para aprender a operar sistemas complexos. De forma a colocar a tecnologia disponível para estes usuários que querem usá-la, e não apenas para especialistas, precisamos de sistemas mais simples e usáveis".

Consideramos que nossa interface deve seguir então esta direção: fácil, intuitiva, flexível e acessível mesmo a usuários menos experientes. Nosso objetivo é atender a estes usuários que, segundo MacDougall [Mac92], querem apenas estudar os dados sem hipóteses formuladas, procurando padrões e relacionamentos. Nesta fase a ênfase é no pensamento visual, com gráficos mais simples e sem preocupação excessiva com a precisão cartográfica.

Como a proposta é desenvolver uma interface com características predominantes de *browser*, em oposição a um "Desktop GIS", a opção aqui é clara, a troca da funcionalidade exagerada pela facilidade de uso, já que deve se procurar o equilíbrio entre o poder e a flexibilidade da interface com a sua facilidade de uso [LS94].

A necessidade de uma interface intuitiva para consulta de dados geográficos e que atenda a um grande número de usuários é também discutida em Voisard [Voi95] e Strauch, Souza e Mattoso [SSM97]. Como os SIGs são cada vez mais usados por diferentes tipos de usuários, uma interface intuitiva, simples e fácil de se usar passa a ser essencial [PBS97].

Conforme veremos mais adiante, aspectos básicos de uma interface genérica para acesso a dados geográficos serão respeitados [Gho89]. Entre eles podemos citar:

- a capacidade de seleção e consulta tanto de atributos ou forma gráfica
- a preferência pela funcionalidade quando em oposição à sofisticação de saídas cartográficas de alta qualidade
- a consideração da possibilidade da execução das pesquisas a partir de terminais remotos e sua implicação de que o volume de dados deve ser reduzido
- a aderência a padrões internacionais para efetivar sua natureza genérica e portabilidade

A Arquitetura

Existem diversas maneiras de se projetar uma interface para acesso a dados geográficos. Algumas maneiras estão mais ligadas a um determinado SIG e outras são mais independentes. Algumas dão ênfase ao processamento embutido na interface e outras ao processamento no SIG.

Oliveira e Medeiros [OM96] identificam quatro aspectos fundamentais em uma arquitetura SIG: a integração da interface ao SIG, a especificação da funcionalidade e interoperabilidade dos principais módulos, o modelo intermediário de representação e o mapeamento para o modelo do SIG, e a divisão de tarefas entre a interface e o SIG. Vamos analisar cada um destes quatro aspectos a seguir.

A Integração da Interface ao SIG

Voisard [Voi94] considera dois tipos básicos de integração de uma interface ao SIG: acoplamento forte e fraco. No acoplamento forte a interface é parte integrante e indissolúvel do SIG. Como vantagens desta abordagem podemos citar a otimização e desempenho obtidos devido ao conhecimento das rotinas internas do SIG. Na integração fraca há uma separação clara entre as funções exclusivas de interface e

as funções exclusivas de SIG, como recuperação de informações e processamento espacial. Embora esta opção de integração traga consigo a carga extra de definição da comunicação e do protocolo de tradução de dados entre o SIG e a interface [Voi95], [OM96] seus benefícios superam suas desvantagens. Entre os principais benefícios Oliveira e Medeiros [OM96] destacam a tendência mundial de desenvolvimento de sistemas abertos, a melhoria da funcionalidade de cada componente (interface e SIG) e finalmente a possibilidade de inclusão progressiva de novos serviços e funções.

Especificação da Funcionalidade e Interoperabilidade dos Principais Módulos da Arquitetura

Oliveira e Medeiros [OM96] consideram que são três os principais módulos na arquitetura de uma interface. Um módulo de diálogo com o usuário que controla a interação do usuário com o sistema. Um módulo de modelo de dados que vai dar ao usuário uma visão do banco de dados compatível com o modelo de representação escolhido. E finalmente um módulo de ligação que converte os dados do SIG para o formato adotado pela interface.

Voisard [Voi95] considera que devem existir três módulos: um módulo que ela chama de "*mapger*" que vai cuidar da apresentação dos objetos geográficos para os usuários, um módulo chamado "*connection*" que faz as mesmas funções do módulo de ligação de Oliveira e Medeiros, e o módulo "*main*" que cuida da ligação entre os outros dois módulos e cuida das visões abstratas dos mapas.

Câmara [Cam95] apresenta uma arquitetura em que diversos servidores de dados geográficos altamente especializados se ligam a interface através de um módulo intermediário que ele chama de "*request broker*". Este módulo é responsável pela comunicação entre os clientes e os servidores e implementa um *modelo de objetos*, uma representação dos objetos que transcende os limites de um único aplicativo e uma única linguagem.

Modelo Intermediário de Representação e o Mapeamento para o Modelo do SIG

Na maioria das vezes a interface tem seu próprio modelo de representação, e cada SIG subjacente a interface, no caso de mais de um, certamente terá seu modelo próprio. Então é necessário fazer um mapeamento das representações presentes nos SIGs para as respectivas representações na interface. Tanto Oliveira e Medeiros [OM96] quanto Câmara [Cam95] sugerem um modelo completo orientado a objetos. Voisard [Voi95] sugere um modelo que suporta objetos geográficos complexos, compostos de outros objetos, além de objetos atômicos.

A Divisão de Tarefas entre a Interface e o SIG

É muito importante separar claramente quais são as funções da interface propriamente dita e quais são as tarefas de responsabilidade exclusiva do SIG. Consideremos a seguinte questão: um conjunto de objetos está representado na tela do usuário e ele agora pergunta sobre dados específicos (espaciais ou não) de um determinado objeto já presente na tela. Como o objeto já está presente na tela, deve também, dependendo da arquitetura adotada, estar presente em alguma estrutura intermediária de memória. É muito grande a tentação de deixar esta tarefa a cargo da interface. Mas devemos observar que a tarefa de identificar um objeto na tela é uma tarefa do SIG e não da interface. A interface deve pedir ao SIG que forneça o objeto identificado pelo ponto (seja em torno de, perto de, etc.) que o usuário indicou na tela. Esta questão, embora pareça irrelevante para o usuário, é muito importante. Aqui temos um ponto de discordância na literatura. Voisard [Voi95] considera que a tendência é a construção de ferramentas que sejam cada vez mais eficientes, rápidas e inteligentes, e que o maior número possível de tarefas deve ser designado para a interface, embora a falta de padrões na representação e troca de dados geográficos seja um grande impedimento para a adoção generalizada desta solução. Já Oliveira e Medeiros [OM96] consideram que "a ausência da divisão de tarefas causa em geral redundância de código, pois as funções de interface são repetidas diversas vezes para cada tipo de análise. Além disso, isso dificulta a manutenção e evolução do SIG". Também Ferreira [Fer92] observa que os desenvolvedores de SIGs estão começando a reescrever seus produtos para isolar os algoritmos e o processamento da interface com o usuário.

A Proposta

Nossa proposta é criar uma interface para acesso a dados geográficos armazenados em diversas bases de dados na Internet. Vamos trabalhar com o conceito de objetos geográficos. Estes objetos serão transferidos da base de dados geográficos para a interface. O usuário vai trabalhar interativamente com estes objetos geográficos. O sistema terá dois módulos principais: um manipulador de objetos

geográficos e um extrator de objetos geográficos (Figura 1). A idéia é que o manipulador receba objetos geográficos e opere sobre eles sob o comando interativo do usuário. Desta forma, este módulo, o manipulador de objetos geográficos, fica independente do SIG de origem dos objetos. A tarefa de extrair os objetos fica a cargo do extrator de objetos geográficos. Este módulo pode ser alterado de acordo com a introdução de novos SIGs, mas o módulo manipulador não precisa ser alterado. Desta forma o usuário final tem uma interface estável, independente da fonte de dados. Assim a fonte pode ser alterada sem que ele perceba. Ou seja, o usuário não precisa saber de qual SIG estão vindo seus dados.

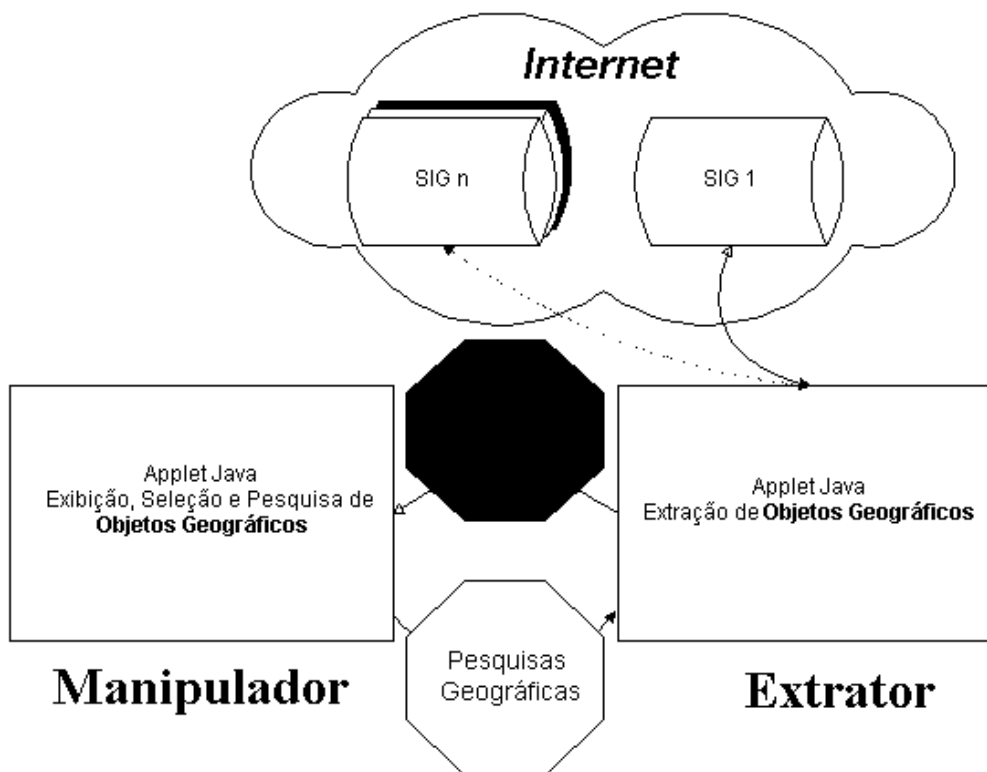


Figura D - Arquitetura do modelo proposto

Portanto temos, com relação à integração, um acoplamento fraco com o SIG subjacente. Com relação a distribuição de tarefas consideramos que uma separação clara é necessária.. Uma interface que pretenda (como é nosso caso) se conectar a vários SIGs não pode de maneira alguma querer assumir tarefas que são exclusivas do SIG. A grande especialização deste na realização das tarefas de recuperação de dados e processamentos espaciais não pode nunca ser alcançada pela interface. Mesmo em nosso caso em que a recuperação da informação se dará pela Internet, um meio frequentemente congestionado, consideramos fundamental evitar delegar tarefas de processamento espacial e recuperação de informações à interface. Esta solução pode perder um pouco em desempenho, mas isto é compensado pela possibilidade de se manter a interface estável e independente do SIG.

A Plataforma

A interface que estamos propondo é altamente interativa e deverá saber manipular e extrair do SIG objetos geográficos vetoriais. Mas sabemos que para realizar esta tarefa as limitações da linguagem HTML (HyperText Markup Language) seriam intransponíveis. Larson [Lar96] afirma que obter um mapa resultante de uma operação de "zoom" ou "scroll" pode levar alguns minutos quando se usa apenas HTML. Ele sugere o uso de protocolos diferentes do HTTP ou, como alternativa, cita uma outra solução proposta por von Hoff [Hof95]: a linguagem Java. Strand [Str96] confirma esta opinião: "a arquitetura do software deve ser dinâmica para suportar as novas fontes de informação geo-espacial e suas implementações orientadas a objeto através da Web. A linguagem Java preenche perfeitamente esta arquitetura para se fazer a reengenharia do *browser* geo-espacial afim de acomodar uma reconfiguração dinâmica. Embora os antigos *browsers* tenham demonstrado a possibilidade de se localizar e recuperar informações geográficas armazenadas em servidores Web, sua interface gráfica deixou a desejar em termos de sofisticação. Demora no recebimento de informações e a limitação das ações disponíveis nos documentos escritos em HTML impediram um uso mais confortável destes *browsers*. Os *browsers* habilitados para Java conseguem superar estas limitações provendo capacidade de processamento local para detecção e resposta a eventos gerados por *mouse*

ou teclado. A linguagem Java traz de volta à máquina local a responsabilidade pelo processamento dos menus e interfaces, liberando o usuário das limitações da conexão de rede com o servidor Web".

Portanto optamos por usar a linguagem Java como base de desenvolvimento de nossa interface. Optamos por implementar a metáfora de pilhas de mapas [BE97], embora com apenas duas operações: a adição e subtração de camadas geográficas. A escolha e implementação de outras operações é motivo de um estudo posterior. Devemos acrescentar que o caráter modular da interface vai facilitar estas implementações. A implementação foi feita usando-se o modelo "*windows, icons, menus and pointing device*" conhecido como WIMP e a interface é de manipulação direta [Voi95], [OM96].

Objetos Geográficos

Em nosso projeto toda a informação geográfica vai estar contida em objetos geográficos. A definição destes objetos contém tanto a definição da informação alfanumérica (atributos) como a definição da informação gráfica (vetores). Além disto, é necessário também a definição dos métodos, que são operações que podem ser aplicadas sobre estes objetos.

Foi definida uma classe denominada Objeto Geográfico, levando em conta a opção de tratar somente objetos do tipo vetorial. Nesta primeira implementação, os objetos do tipo exclusivamente alfanuméricos ou do tipo raster não são considerados, ficando assim para um estudo posterior. Três classes descendem da classe Objeto Geográfico: Polígono, Linha e Símbolo (ponto). Estas classes derivadas são as classes mais comuns de objetos geográficos que aparecem no mundo real [SS94] [Shn94].

A interface poderá no futuro suportar outros tipos de objetos desde que estes cumpram os requisitos básicos. Estes novos objetos deverão ser derivados da Classe Objeto Geográfico ou de uma de suas derivações, Ponto, Linha e Polígono.

Desta forma novas funcionalidades podem ser adicionadas à interface sem que se perca a compatibilidade e a consistência com tipos já implementados. Por exemplo, a adição de um novo tipo a base comum de dados, o tipo Rede (*Network*), pode ser implementado a partir de linha, acrescentando-se a esta classe novos métodos. Os SIGs já integrados à rede continuam com o mesmo mecanismo de comunicação com a interface, já que usam classes implementadas anteriormente. O módulo básico da interface também não precisará ser alterado.

Implementação

A interface em sua implementação final (Figura 5, Figura 6, Figura 7) permite as seguintes operações ao usuário de forma interativa:

- Adicionar e subtrair camadas geográficas
- Localizar objetos geográficos através de seus atributos
- Apontar um objeto na tela e visualizar seus atributos
- Executar operações de zoom, através de menus e interativamente sobre o mapa
- Criar mapas temáticos baseados em valores de atributos

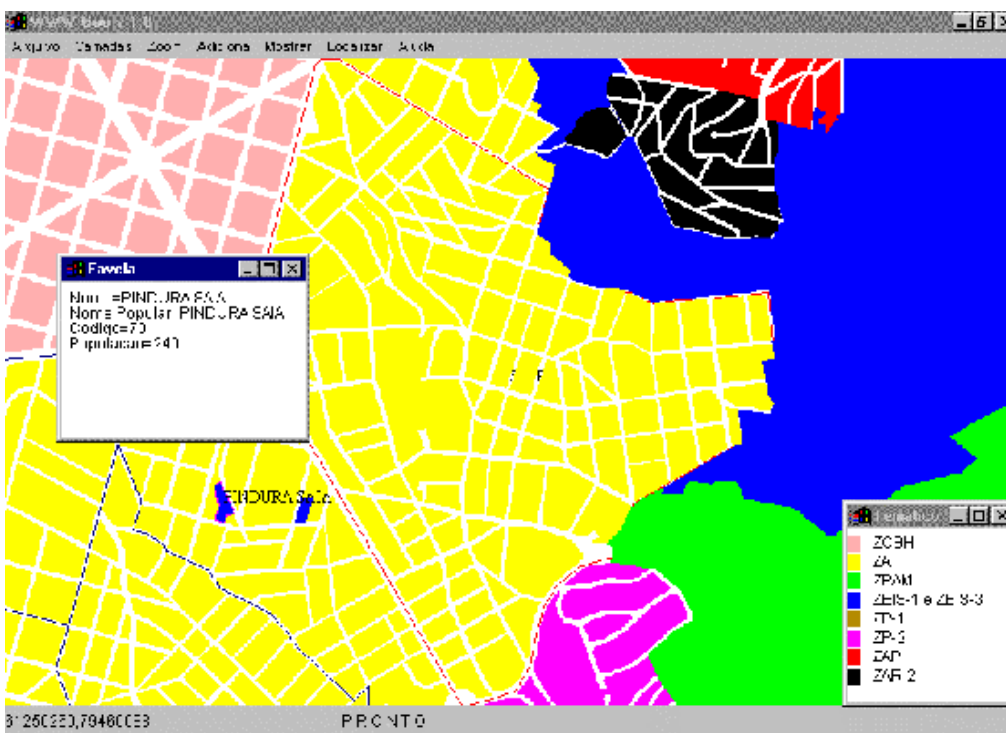


Figura 5 - Exemplo de mapa temático

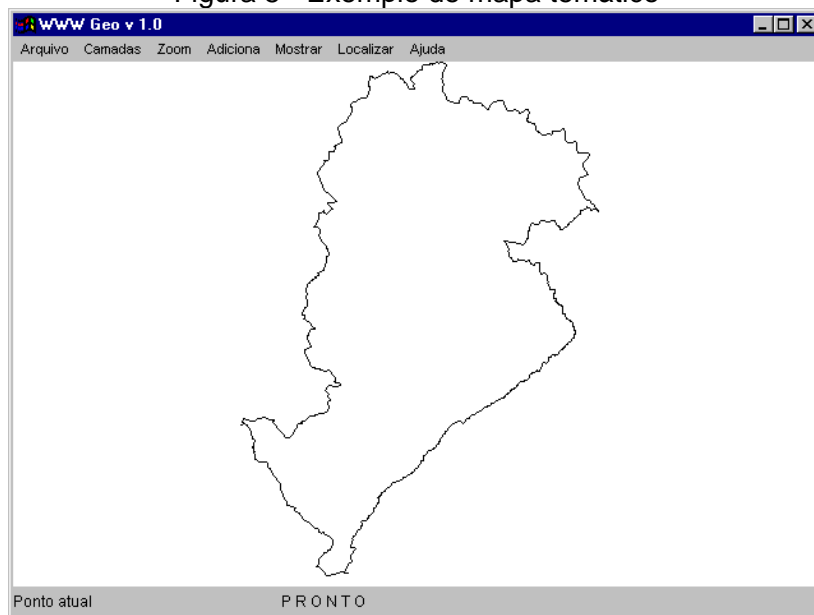


Figura 6 - Tela inicial da interface

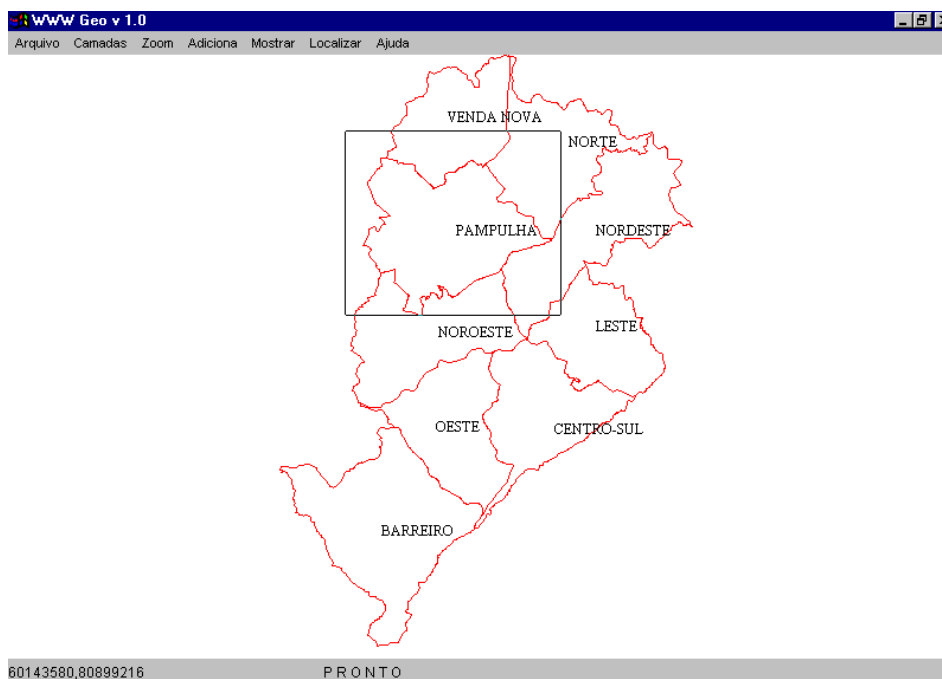


Figura 7 - Opção de executar Zoom interativamente usando o *mouse*

Para desenvolvimento da aplicação foi usado o kit de desenvolvimento Java da Sun Microsystems (Version 1.0.2 : Java(tm) Developers Kit Developed by Sun Microsystems, Inc.). Para visualização da aplicação é necessário um Browser habilitado para a linguagem Java, como o Netscape 3.0 ou Internet Explorer 3.0.

O SIG usado foi um protótipo desenvolvido apenas para esta aplicação. Ele também foi desenvolvido em Java. De qualquer maneira, a interface pode se ligar a qualquer SIG desde que o módulo extrator seja adaptado para isto, como é objetivo deste projeto.

Conclusão

Este trabalho demonstrou a necessidade da criação de uma interface simples, interativa e flexível para acesso a dados geográficos. Além disto, foi demonstrado como a arquitetura da interface determina o potencial de interoperabilidade, fundamental para a implantação de bibliotecas geográficas digitais. Como estas bibliotecas deverão estar disponíveis através da Internet, a utilização de uma linguagem de programação orientada a objetos, multi-plataforma, como Java, é um recurso fundamental. Além disto, Java permitiu a interface ser do tipo manipulação direta que é a mais recomendada para os usuários.

Referências

- [BE97] Bruns, T., Egenhofer, M. J., "WEB-Top Interfaces for GIS Map Algebra", <http://www.cs.umd.edu/projects/hcil/People/tbruns/gisjournal/webalgebra>, (1997).
- [BHR97] Boehner, C., Haastrup, P. e Reggiori, A., "The GIS-WWW Gateway" in Proceedings JEC-GI 97, AKM Congress Service, Basel, 1997.
- [Bru94] Bruns, H.T., "Direct Manipulation User Interfaces for GIS Map Algebra", MS Thesis, University of Maine, (1994).
- [Cam95] Câmara, G., "Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos", PhD Thesis, INPE, (1995).
- [CEC94] Commission of the European Communities, "City Action RDT Programmes – Towards a Better Liveable City", CEC, Brussels, 1994.
- [CLS92] Chen, J., Larson, R. R., e Stonebraker, M., "Sequoia 2000 Object Browser" in Digest of Papers COMPCON Spring 1992, Thirty-Seventh IEEE Computer Society International Conference, Los Alamitos, Computer Society Press, 1992.
- [DMP93] De Floriani, L., Marzano, P., Puppo, E., "Spatial Queries and Data Models", in A. Frank e I.

Campari (Eds), *Spatial Information Theory: A Theoretical Basis for GIS*, Lecture Notes in Computer Science, Berlin: Springer-Verlag, 1993.

[FCF+95] Frew, J., Carver, L., Fischer, C., Goodchild, M., Larsgaard, M. Smith, T. e Zheng, Q., "The Alexandria Rapid Prototype: Building a Digital Library for Spatial Information" in 1995 ESRI User Conference Proceedings, <http://www.esri.com/resources/userconf/proc95/to300/p255.htm>, 1995.

[Fer97] Ferreira, Joseph, "User Interfaces for Geographic Information Systems", in (Kuhn, Willauer, Mark e Frank), (1992).

[Fre97] Freitas, U. M., "Interactive Access to Geographic Databases on World Wide Web Using Java", in IV Simpósio de Brasileiro de Geoprocessamento, 1997.

[Gho89] Gho, P-C., "A Graphic Query Language for Cartographic and Land Information Systems", *International Journal of Geographic Information Systems*, (1989).

[Hof95] von Hoff, A. Java and Internet Programming. Dr. Dobb's Journal, 20(8), (1995).

[Kuh92] Kuhn, Werner, "Let Metaphors Overcome their WIMP Image", in (Kuhn, Willauer, Mark e Frank), (1992).

[KWM+92] Kuhn, W., Willauer, L., Mark, D. M. e Frank, A.U. (Eds), "User Interfaces for Geographic Information Systems: Discussions at the Specialist Meeting", National Center for Geographic Information and Analysis, (1992).

[Lar96] Larson, Ray R., "Geographic Information Retrieval and Spatial Browsing", in http://www.sherlock.berkeley.edu/geo_ir, University of Berkeley, California, (1996).

[LCN97] Lucena, I., Câmara, G., Nascimento, M. A., "Interface Usuário-Computador para Álgebra de Mapas", anais do GIS Brasil 97, Editora Sagres, Curitiba, 1997.

[LS94] Lindholm, M. and Sarjakoski, T. "Designing a Visualization User Interface" in MacEachren, A. M. and D. R. F. Taylor, (eds.), *Visualization in Modern Cartography*, Elsevier Science, Oxford, (1994).

[LT92] Laurini, R. e Thompson, D., "Fundamentals of Spatial Information Systems", Academic Press LTD, San Diego, CA, 1992.

[Mac92] MacDougall, Bruce E., "Thoughts on Graphic Interfaces for Exploring GIS Data", in (Kuhn, Willauer, Mark e Frank), (1992).

[MB96] McKee, L. e Buehler, K. (eds), "The Open GIS Guide, in <http://www.opengis.org/guide>", Open GIS Consortium, Inc, Massachusetts, (1996).

[McC95] McCool, R., "The Common Gateway Interface", <http://hoofoo.ncsa.uiuc.edu/cgi/overview.htm>, 1995.

[Med92] Medyckyj-Scott, David, "GIS and the Concept of Usability", in (Kuhn, Willauer, Mark e Frank), (1992).

[MGR91] Maguire, D., Goodchild, M. e Rhind, D. (eds.), "Geographical Information Systems: Principles and Applications", New York, John Wiley and Sons, 1991.

[MNE+97] McCauley, J. D., Navulur, K. C. S., Engel, B. A. e Srinivasan, R., "Serving GIS Data through the Wide World Web" in NCGIA Santa Fe Conference, http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/sf_papers/engel_bernard/engel.htm, 1996.

[Mor88] Morris, B., "CARTO-NET: Graphic Retrieval and Management in an Automated Map Library", Special Libraries Association, Geography and Map Division Bulletin, 1988.

[OM96] Oliveira, J.L., Medeiros, C.B., "User Interface Issues in Geographic Information Systems", Relatório Técnico IC-96-06, DCC, UNICAMP, (1996).

[Ous94] Ousterhout, J. K., "Tcl and the Tk Toolkit", Reading, Ma., Addison-Wesley, 1994.

- [PBS97] Perez, Celso R., Batista, Daniela C. F., Salgado, Ana C., "BDGEO: Modelagem, Implementação e Visualização de Dados Geográficos", in Proceedings of GIS Brasil 97, (1997).
- [SCN+93] Stonebraker, M., Chen, J., Nathan, N., Paxson, C. e Wu, J., "Tioga: Providing Data Management Support for Scientific Visualization Applications", in R. Agrawal, S. Baker & D. Bell (Eds.), Proceedings of the 19th International Conference on Very Large Data Bases, Palo Alto, Ca, Morgan Kaufmann Publishers, 1993.
- [Shn94] Shneider, Bernhard, "Object Programming for Spatial Problems: Definitions of a Basic Set of Spatial Classes", in proceedings of EGIS, (1994).
- [SS94] Sacchi, Cristiano, Sbatella, Licia, "An Object-Oriented Approach to Spatial Databases", in proceedings of EGIS, (1994).
- [SSM97] Strauch, Júlia C. M., Souza, Jano M., Mattoso, Marta L. Q., "MULTISIG: Uma Arquitetura para Interoperabilidade entre Bases de Objetos Geográficos", in Proceedings of GIS Brasil 97, (1997).
- [Str96] Strand, Eric J., "Java-Enabled Browsers Provide Geographic Access", in GIS-World, Vol. 9, n.6, pp.38, June (1996).
- [Tom90] Tomlin, C. D., "Geographic Information Systems and Cartographic Modeling", Englewood Cliff, NJ, Prentice-Hall, 1990.
- [Voi94] Voisard, A., "Designing and Integrating User Interfaces of Geographic Database Applications", in Proceedings of 1994 ACM Workshop on Advanced Visual Interfaces, (1994).
- [Voi95] Voisard, A., "Mapgets: A Tool for Visualizing and Querying Geographic Information", in Journal of Visual Languages and computing, (1995).

[Voltar](#)