

Visualização de Modelos Tridimensionais de Sistemas de Informações Geográficas Distribuídos Baseados na WEB

JORGE CAMPOS¹
ANDRÉ SANTANCHÈ¹
CÉSAR TEIXEIRA¹

¹Unifacs- Universidade Salvador, Av. Cardeal da Silva, 747, Federação, CEP 40220-141, Salvador, Ba, Brasil
{jorge, andre, cesar}@unifacs.br

Abstract. This paper discusses how the application of existing technologies for representing 3D information in virtual reality and for managing structured documents can be useful to the development of Web-based Geographic Information Systems. It is presented a generic and extensible solution, based on RDF – Resource Description Framework - RDF, for the introduction of meaning to the elements of the Virtual Modeling Language - VRML. The paper also presents an extensible and highly interactive for Geographic Information Systems, based on such solution.

Resumo. Este artigo mostra como a união das tecnologias existentes para a representação de informações tridimensionais em realidade virtual e de documentos estruturados pode contribuir de maneira sinérgica para o desenvolvimento de sistemas de informações geográficas distribuídos baseados na Web. Apresenta-se uma solução genérica e extensível para a introdução de significado nos elementos de realidade virtual da linguagem VRML - Virtual Reality Modeling Language, através do modelo para representação de metadados RDF – Resource Description Framework.

Apresenta-se ainda uma interface extensível e bastante interativa para sistemas de informações geográficas baseadas na presente solução.

1 Introdução

Os sistemas de informações geográficas distribuídos baseados na Web constituem um poderoso meio para o intercâmbio, análise, manipulação e troca de informações.

O uso crescente deste ferramental por profissionais das mais diversas áreas como: planejamento urbano, prospecção de petróleo, geologia, cartografia, entre outras, tem exigido um grande esforço no desenvolvimento de aplicações que facilitem a visualização e análise de informações nos mais diversos formatos[7]. Esta variedade de formatos constitui um grande obstáculo na integração das informações.

A linguagem VRML (Virtual Reality Modeling Language), o padrão ISO para a representação de informações tridimensionais na Internet [2], tem despertado um interesse crescente na comunidade de visualização científica. Diversos e significativos trabalhos têm sido desenvolvidos utilizando este formato para a representação de seus dados[1][6][20][12], notadamente na área de sistema de informações geográficas.

O padrão VRML representa um formato robusto, não proprietário e bastante apropriado para o intercâmbio e

publicação de informações tridimensionais na Web. Contudo, a sintaxe da linguagem não permite que sejam incorporados significados aos elementos modelados em realidade virtual. Desta forma, o modelo computacional proporcionado por um documento VRML representa somente a geometria e aparência dos objetos, sendo útil apenas para sua visualização.

A deficiência da linguagem VRML, na representação de informações que descrevam o significado dos seus elementos dentro de um determinado contexto, pode facilmente ser superada com a utilização de um mecanismo que defina e descreva os dados do modelo.

O mecanismo ideal para a codificação e intercâmbio de metadados estruturados entre aplicações na Web é o RDF [10] (*Resource Description Framework*). Este mecanismo proposto pelo W3C[13] possibilita a interoperabilidade e independência de plataforma exigida nos sistemas distribuídos.

A união destas duas tecnologias, RDF e VRML, foi utilizada na implementação de uma aplicação cliente para um sistema de informação geográfica distribuído baseado na Web, com o objetivo de obter uma interface extensível e bastante interativa .

Nas seções seguintes são discutidos o mecanismo para a representação de metadados utilizando a sintaxe RDF; a representação de informações tridimensionais na Web; e como a integração dessas tecnologias foram utilizadas no desenvolvimento de uma aplicação para visualização e manipulação das informações em sistema de informações geográficas.

2 A representação de metadados em XML

A metalinguagem XML (*eXtensible Markup Language*) é um subconjunto da *Standard Generalized Markup Language* (SGML). Ela permite a definição da linguagem para o intercâmbio de documentos estruturados na Internet [15,17]. Estas linguagens não se baseiam em um conjunto restrito de marcadores que definem o significado de trechos dos documentos, como acontece com o HTML (*Hyper Text Markup Language*) [11]; pelo contrário, elas permitem e encorajam que as diversas comunidades existentes na Internet definam seus próprios elementos, através da criação de DTD's (*Document Type Definition*) específicas. O caráter extensível da linguagem XML estimula sua utilização nas mais diversas aplicações.

Ao contrário da linguagem HTML, que restringe-se a descrever a estrutura do documento do ponto de vista da forma como o mesmo deve ser apresentado ao usuário [11], a linguagem XML permite agregar semântica ao conteúdo destes documentos, deixando por conta de cada aplicação a interpretação da marcação atribuída a este conteúdo. Esta abordagem amplia significativamente as possibilidades do uso das linguagens de marcação, entre elas a capacidade de definir Metadados – dados que descrevem dados.

O Resource Description Framework (RDF)[4] é uma aplicação XML que permite a definição dos mecanismos para a representação de metadados. “O RDF é a base para o processamento de metadados; ele permite interoperabilidade entre aplicações que trocam informações interpretadas por máquinas na Web” [10].

A idéia básica do RDF é prover os mecanismos necessários para que as diversas comunidades codifiquem, troquem e reutilizem metadados estruturados e não o de definir um conjunto universal de metadados.

Descrevemos adiante como RDF pode ser utilizado na codificação de informações referentes aos modelos tridimensionais descritos em VRML, agregando a estes informações que permitam que uma aplicação interprete e processe estes dados.

O RDF define mecanismos para se associar propriedades a determinados recursos. Um recurso em RDF consiste em qualquer objeto que pode ser identificado a partir de uma URI (Uniform Resource Identifier) como, por

exemplo, um documento contendo um projeto disponível no endereço www.unifacs.br/projeto1.xml.

Se um identificador de fragmento (#) for incluído na referência do recurso, as propriedades se referem somente a um componente contido no recurso e não a todo o recurso.

Ao recurso “<http://www.unifacs.br/projeto1.xml>”, um documento XML na WEB, pode ser associada uma propriedade “Autor” contendo o nome do autor do documento. Considerando que o nome do autor seja “Jorge”, este será o valor da propriedade Autor.

Cada valor de propriedade atribuída a um recurso é transformada em uma tríade Recurso-Propriedade-Valor:

tríade(<http://www.unifacs.br/projeto1.xml>,Autor,Jorge)

A tríade Recurso-Propriedade-Valor é a base que estabelece um modelo de dados em RDF. Tal modelo pode ser compreendido tanto por seres humanos, na medida em que este pode ser lido como: “O Autor do <http://www.unifacs.br/projeto1.xml> é Jorge”, como por máquinas que tem acesso a uma representação formal deste modelo.

Graficamente, a relação apresentada acima pode ser representada pelo diagrama na figura 1.

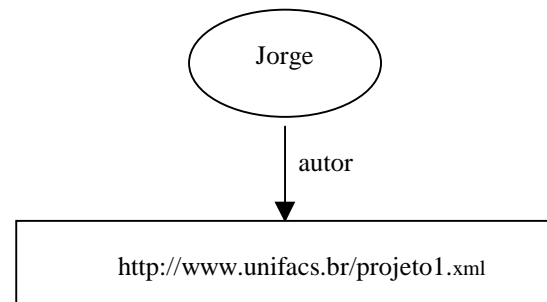


Figura 1 Grafo Representando uma tríade RDF.

Quando se trata de associar a determinados dados algum significado, verifica-se que existem múltiplas descrições possíveis para um mesmo conteúdo, de acordo com o contexto em que este é descrito.

Um documento que descreve um modelo tridimensional, por exemplo, pode ser interpretado sob o aspecto da sua geometria e das propriedades da superfície que definem sua aparência. Assim, o documento deve possuir marcadores que descrevem esses aspectos.

Além da descrição geométrica, são necessárias informações referentes à origem do documento, autoria,

data de criação, organização, etc. Para este propósito, pode-se utilizar um vocabulário como o Dublin Core[13].

O Dublin Core constitui um conjunto de metadados cuja intenção original é permitir que autores agreguem uma descrição a seus recursos produzidos para Web, facilitando, desta forma, a sua exploração. Tal iniciativa atraiu a atenção de comunidades de descrição formal de recursos como museus, bibliotecas, agências governamentais, e organizações comerciais. Posteriormente, o Dublin Core adotou o mecanismo RDF[13] como padrão para definição dos seus metadados.

Somado à descrição da geometria, aparência e informações de autoria, é necessário um terceiro vocabulário que descreva o modelo sob o ponto de vista de uma determinada aplicação. Em uma aplicação GIS, por exemplo, poderia ser acrescentada a descrição do modelo tridimensional, com informações que identifiquem o modelo no contexto da aplicação, como o tipo do solo ou do pavimento de uma rodovia.

Como pode ser observado, a utilização de metadados para a descrição de um documento exige geralmente a aplicação de múltiplos vocabulários provenientes de comunidades distintas. Por este motivo, o RDF provê, através de um recurso da linguagem XML chamado *namespace* [2], um mecanismo para permitir o uso de múltiplos vocabulários dentro de um mesmo documento,

Considerando-se que cada um dos vocabulários citados esteja disponível em documentos localizados em URIs diferentes, pode-se, através do *namespace*, se associar um prefixo para cada vocabulário contido em uma URI. Anexando-se a cada elemento o prefixo do respectivo vocabulário, é possível identificar inequivocamente os significados e possíveis valores destes elementos.

Em RDF a declaração "O autor do <http://www.unifacs.br/projeto.xml> é Jorge cujo e-mail é jorge@unifacs.br" seria escrita da seguinte maneira:

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/rdf/rdf/#"
  xmlns:dc="http://purl.oclc.org/dc/#">
  <rdf:Description about = "http://www.unifacs.br/projeto.xml ">
    <dc:Creator>Jorge</dc:Creator>
    <dc:E-Mail>Jorge</dc:E-Mail>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

A primeira linha do código identifica o documento XML e a versão da linguagem. A segunda demarca o trecho RDF do documento e identifica, com os prefixos "rdf:" e "dc:" a localização dos vocabulários que definem os elementos utilizados.

As demais linhas representam a declaração RDF que descreve o documento, com marcadores precedidos das siglas "rdf:" e "dc:", cuja semântica é descrita no vocabulário associado ao prefixo.

Cada vocabulário em RDF recebe o nome de *Schema*. Como foi apresentado, para se descrever um determinado recurso (um modelo tridimensional, por exemplo), são utilizadas propriedades descritivas, tal como autor, data, etc. A declaração destas propriedades (atributos) e da sua semântica correspondente é definida no contexto do RDF nos *schemas* correspondentes[4].

Um schema RDF difere na essência de uma DTD XML. Enquanto uma DTD especifica as restrições da estrutura de um documento o schema RDF fornece informações para a interpretação das declarações do modelo de dados RDF.

Além de definir o conjunto de propriedades de um recurso, o *schema* provê meios para definir o tipo de recurso, como por exemplo páginas Web, modelos tridimensionais, livros, etc.

Em uma abordagem orientada à objetos, os tipos de recursos e as propriedades de um *schema* podem ser interpretados como as classes e seus atributos, respectivamente.

O recurso descrito em uma declaração RDF (uma instância da classe) possui determinadas propriedades (atributos) que o descrevem, obedecendo as restrições impostas nos diversos *schemas*.

As tríades Recurso-Propriedade-Valor geradas a partir das declarações RDF são confrontadas, através de um *parser*, com os diversos *schemas* utilizados, de maneira a se verificar a consistência do documento.

Um documento é considerado consistente se todas as propriedades utilizadas na descrição do recurso estão definidas em um *schema* e se aplicam ao tipo de recurso descrito.

Em um schema RDF é possível se definir subclasses que herdam as definições de uma ou mais classes ascendentes, permitindo a implementação de herança múltipla. Esta propriedade incorpora uma grande extensibilidade ao modelo RDF, pois pode-se herdar as definições de schemas já existentes, especializando os metadados de uma determinada comunidade sem a necessidade de se inventar a roda novamente.

O mecanismo para definição de tipos em um *schema* RDF é ligeiramente diferente da definição de tipos das metodologias tradicionais de modelagem de dados orientada à objeto. Enquanto nas metodologias tradicionais existe uma preocupação com a identificação de entidades que serão representadas como classes e subclasses, o

schema RDF define as propriedades (atributos) em termos das classes de recursos aos quais elas se aplicam.

Esta abordagem centrada na propriedade facilita a descrição dos recursos existentes na Web, que é o principal objetivo do mecanismo RDF.

3 Representação de informações tridimensionais na Web

A linguagem VRML[2] é o padrão ISO para a representação de informações tridimensionais na Internet. A linguagem consiste basicamente de uma série de nós ou "blocos de construção" que permitem a representação de um ambiente virtual. Uma vez definido o ambiente em VRML, o usuário é capaz de visualizar e interagir com este ambiente, "passear" através dos elementos que o compõe e ativar hiperligações com outros documentos ou ambientes virtuais. Contudo, a sintaxe da linguagem VRML não permite que seja associada nenhuma informação adicional ao objeto modelado. Desta forma, um rio, uma rodovia, a topografia do terreno ou qualquer outro objeto em realidade virtual não passa de um conjunto de informações que definem unicamente a sua geometria, aparência e posição no espaço. O significado de cada objeto só pode eventualmente ser conhecido pela aplicação que gerou sua representação em realidade virtual.

Um ambiente modelado em VRML é essencialmente uma coleção de objetos organizados em uma estrutura hierárquica[14]. Como na vida real, um objeto é representado pela sua geometria, algumas características da sua superfície (cor, textura, etc.) e uma posição e orientação no espaço.

Diversas abordagens têm sido propostas de maneira a utilizar o formato VRML para a representação e distribuição de informações tridimensionais, permitindo não somente a visualização da geometria dos objetos mas também agindo como uma verdadeira interface tridimensional para a Web[9].

Relatamos aqui duas abordagens utilizadas para a distribuição de informações tridimensionais na Web. Estas abordagens representam soluções bastante antagônicas e foram escolhidas com o objetivo de evidenciar, através do contraste, os paradigmas adotados.

No primeiro caso, toda a inteligência do sistema está implementada do lado do servidor. Nele estão armazenadas todas as informações do modelo computacional e as aplicações responsáveis pela conversão dos dados do modelo computacional para o formato VRML. Nesta abordagem, o cliente não passa de um mero visualizador das informações geradas pelo servidor. Toda manipulação do modelo tridimensional tem que ser feita através de uma solicitação ao servidor que fica responsável pelo

processamento da solicitação e envio para o cliente de um novo documento que atenda suas expectativas.

A tecnologia CGI (Common Gateway Interface)[5] é ideal para a implementação deste tipo de abordagem. Nela o cliente, baseado em um browser HTML, estabelece, através de uma interface gráfica, os requisitos necessários à geração do modelo VRML, submetendo esta solicitação ao servidor. Este, por sua vez, prepara a versão VRML do documento e devolve ao cliente.

Esta abordagem apresenta uma série de inconvenientes. Em primeiro lugar, qualquer interação do usuário com o modelo computacional tem que ser submetida ao servidor, o que contribui com o aumento do tráfego na rede. Em segundo lugar, o servidor pode ficar sobrecarregado com o processamento de inúmeras solicitações, que podem ser realizadas por diversos clientes. Finalmente, nesta abordagem verifica-se uma sub-utilização dos recursos computacionais existentes no cliente; este representa apenas um terminal de visualização das informações tridimensionais geradas no servidor.

Em uma segunda abordagem, o servidor, em atenção a uma solicitação do cliente, extrai da base de dados dos modelos computacionais as informações requisitadas e repassa para o cliente, no formato original do modelo, um sub-conjunto da base original. Uma aplicação no lado cliente, um plug-in embutido em um browser HTML, converte os dados para o formato VRML permitindo a realização de algumas simulações, sem a necessidade de constantes requisições ao servidor.

Esta abordagem, embora reduza sensivelmente o tráfego de informações entre o cliente e o servidor e explore os recursos computacionais existentes no cliente, continua fortemente dependente do formato dos modelos computacionais e necessita de um esforço adicional para a manutenção dos plug-ins instalados em todos os clientes.

A solução adequada para a distribuição de informações tridimensionais na Web deve levar em consideração as limitações de tráfego e uma padronização dos dados que trafegam na rede, buscando ainda um equilíbrio no esforço computacional exigido dos clientes e servidores.

O WEB3D [20], consórcio responsável pelo desenvolvimento do padrão VRML, propõe uma nova especificação para a linguagem, o padrão X3D (*eXtensible 3D*). Este formato é capaz de expressar a geometria e comportamento dos modelos da linguagem VRML utilizando a sintaxe da linguagem XML.

A utilização do mecanismo para a codificação de metadados e descrição de recursos na Web (RDF) pode agora descrever os elementos de realidade virtual escritos no padrão X3D, possibilitando uma solução genérica e

extensível para a integração e distribuição de informações tridimensionais dos sistemas de informações geográficas baseados na Web.

4 Integrando as tecnologias

Apresentamos um estudo para o desenvolvimento de um sistema GIS baseado na Web capaz de visualizar e manipular as informações escritas no formato X3D baseado na semântica introduzida através do mecanismo RDF.

O XML e RDF estabelecem um padrão em termos do formato de como os dados são registrados em um documento. Estes padrões definem, no entanto, uma convenção de como as aplicações devem acessar e manipular tais dados.

A fim de estabelecer uma API padrão para o acesso e manipulação de documentos “XML” e HTML, o W3C definiu o DOM (Document Object Model) [18] como uma API para documentos XML em especial.

O DOM define uma interface padrão de programação para construção de documentos, adição, modificação e exclusão de elementos e conteúdos, bem como a interface de navegação na estrutura do documento.

O DOM parece ser a abordagem ideal para a manipulação de documentos contendo modelos tridimensionais, como os abordados neste artigo. Apesar do DOM não estar vinculado a nenhuma linguagem de programação em especial, a linguagem Java tem se mostrado como uma ótima opção para sua implementação, por ser ela uma linguagem orientada ao objeto e independente de plataforma.

Em contraste com os sistemas atuais de apresentação e manipulação de modelos tridimensionais distribuídos, apresentados anteriormente, uma abordagem utilizando XML, RDF, DOM, X3D e Java (figura 2) possibilita a elaboração de uma nova proposta, na qual o processo de manipulação e extração dos dados de um documento é distribuído entre o cliente e o servidor, utilizando um formato uniforme, extensível e não proprietário.

Considerando um cenário onde um cliente de uma aplicação GIS solicita ao servidor os dados geográficos de uma determinada região. No servidor existe uma aplicação (simulador) capaz de processar as solicitações do cliente e extrair dos modelos computacionais as informações solicitadas pelo cliente. O conversor RDF prepara um documento e transfere para o cliente apenas os dados referentes a região solicitada. Desta forma, uma parte inicial do processamento e a manipulação dos dados dos modelos computacionais é feita pelo servidor, evitando que dados desnecessários sejam transferidos pela rede.

O cliente recebe tal conteúdo sob a forma de um documento RDF e, a partir deste documento, cria objetos

DOM. Os *schemas* RDF que descrevem os vocabulários utilizados no documento podem ser acessados em arquivos gravados localmente ou na rede. Em geral, os *schemas* mais utilizados são registrados em arquivos locais. A partir da API fornecida pelo DOM, a aplicação tem acesso diretamente ao modelo a ser apresentado na estação cliente.

Utilizando vocabulários definidos nos *schemas*, é possível identificar e atribuir significado aos diversos elementos do documento. Por exemplo, a partir de um *schema* da área de GIS são identificados elementos referentes à topografia, edificações, rodovias, etc, tendo em vista que estes elementos podem estar organizados em classes, como já foi abordado anteriormente. Uma vez recebido o modelo que atende os requisitos iniciais, o cliente pode manipular livremente estas informações, solicitando, por exemplo, visualizações seletivas de qualquer informação contida no documento. Desta forma, não é necessário que a aplicação do cliente solicite ao servidor um novo documento pois, através da API provida pelo DOM e da semântica associada via *schema* RDF, pode-se realizar a seleção de todos os elementos da respectiva classe localmente.

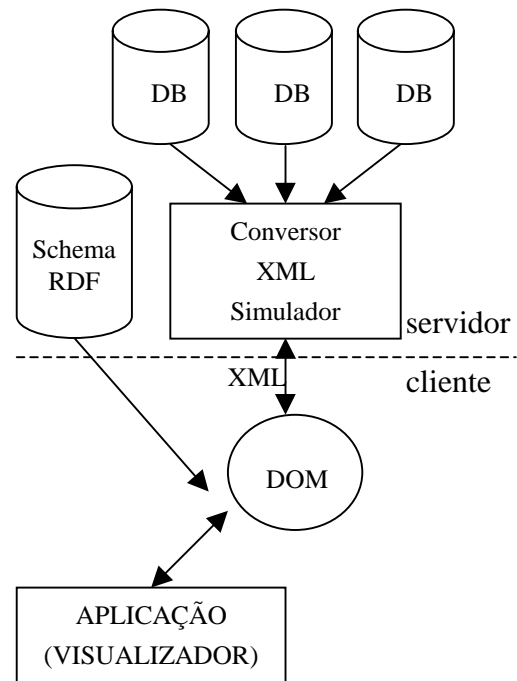


Figura 2 Esquema de Visualização via XML-RDF.

A representação geométrica em X3D pode ser igualmente manipulada pelo cliente, uma vez que a API do DOM não apenas possibilita a recuperação dos dados mas também possui métodos para manipulá-los.

5 Uma interface para visualização GIS

Embora a solução proposta contemple todo o processo de um sistema distribuído, discutimos aqui a implementação de uma aplicação para a visualização e manipulação das informações de um sistema de informações geográficas.

De uma maneira bastante superficial podemos dividir um sistema de informações geográficas em dois componentes: uma base de dados e uma interface com o usuário.

A interface com usuário é um componente que não tem merecido a atenção necessária dos sistemas tradicionais, sendo que algumas delas são baseadas ainda em linhas de comandos.

Um grupo de especialistas em sistemas de informações geográficas relacionou as características mais relevantes de uma interface[7]. Dentre elas podemos citar:

- Extração dos dados de uma base de dados para a visualização de um conjunto de atributos;
- Exploração das informações geográficas através de mudanças do ponto de vista do observador;
- Realização de combinações das diversas informações existentes, permitindo a visualização seletiva de determinados atributos;
- Acesso e visualização dos metadados e fonte da informação.

Baseado nestes requisitos e tendo como suporte um poderoso mecanismo para representação de metadados e visualização de realidade virtual, construiu-se uma interface bastante amigável e interativa (figura 3).

Esta interface permite que o usuário tome conhecimento dos metadados utilizados na definição dos elementos tridimensionais bem como apresenta uma região onde o usuário pode navegar através destas informações.

Para ilustrar o funcionamento da aplicação foi concebido um pequeno schema cuja a intenção era simular os metadados necessários à descrição dos elementos tridimensionais.

Vale salientar que o *schema* apresentado não tem a pretensão de ser uma referência na representação de metadados para as aplicações GIS.

O schema proposto foi codificado utilizando-se a sintaxe RDF e reflete a estrutura de classes apresentada na figura 4.



Figura 3 Interface de GIS com o modelo geral.

Em um primeiro nível hierárquico foram definidas classes que representam as principais camadas de uma aplicação GIS típica. A camada Topográfica agrega os elementos que representam a topografia do terreno. A classe Hidrológica representa a camada com os elementos hidrográficos e assim por diante. A classe Uso do Solo apresenta duas especializações: uma classe que representa os prédios e outra para o sistema viário.

Por uma questão de simplicidade foram omitidos os atributos das classes. Todavia, estes também podem ser utilizados pelo usuário da aplicação para a manipulação do modelo.

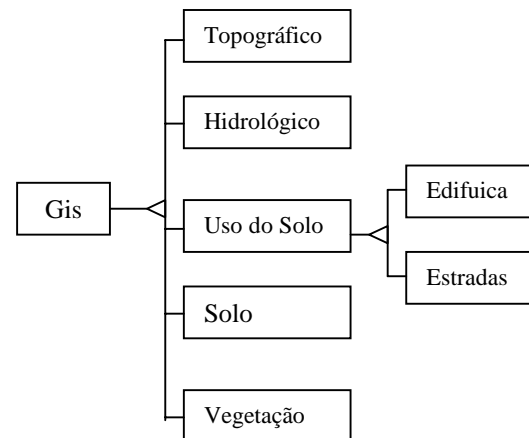


Figura 4 Hierarquia de classes de um *schema* GIS.

Como exemplo de dados para testar a aplicação foi utilizado o modelo do futuro campus da Unifacs em realidade virtual utilizando a sintaxe X3D.

A aplicação, uma *applet* Java composta por cinco grandes módulos (figura 5), lê um arquivo RDF que descreve os elementos constantes no documento X3D.

O modelo RDF verifica a validade e consistência das informações de acordo com o *schema* definido no documento. Uma vez validado o modelo é gerada uma tabela com as triplas RDF definidas no documento.

A aplicação gera ainda uma árvore representando a estrutura hierárquica do *schema* para que o usuário possa visualizar os metadados utilizados e aciona o módulo Conversor X3D-VRML para a geração de um arquivo VRML contendo todos os elementos do arquivo original.

Este arquivo é carregado por um browser VRML, embutido na aplicação, que permite que o usuário navegue e examine todas as informações do modelo (figura 6).

O browser utilizado para visualização do arquivo VRML é o *cosmoplayer* da Silicon Graphics.

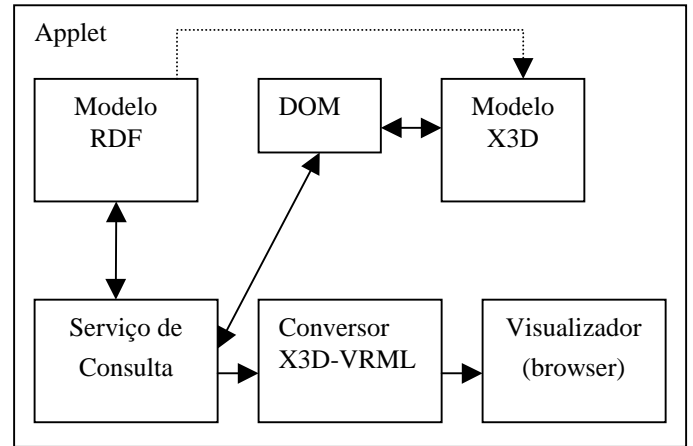


Figura 5 Esquema interno da interface GIS.

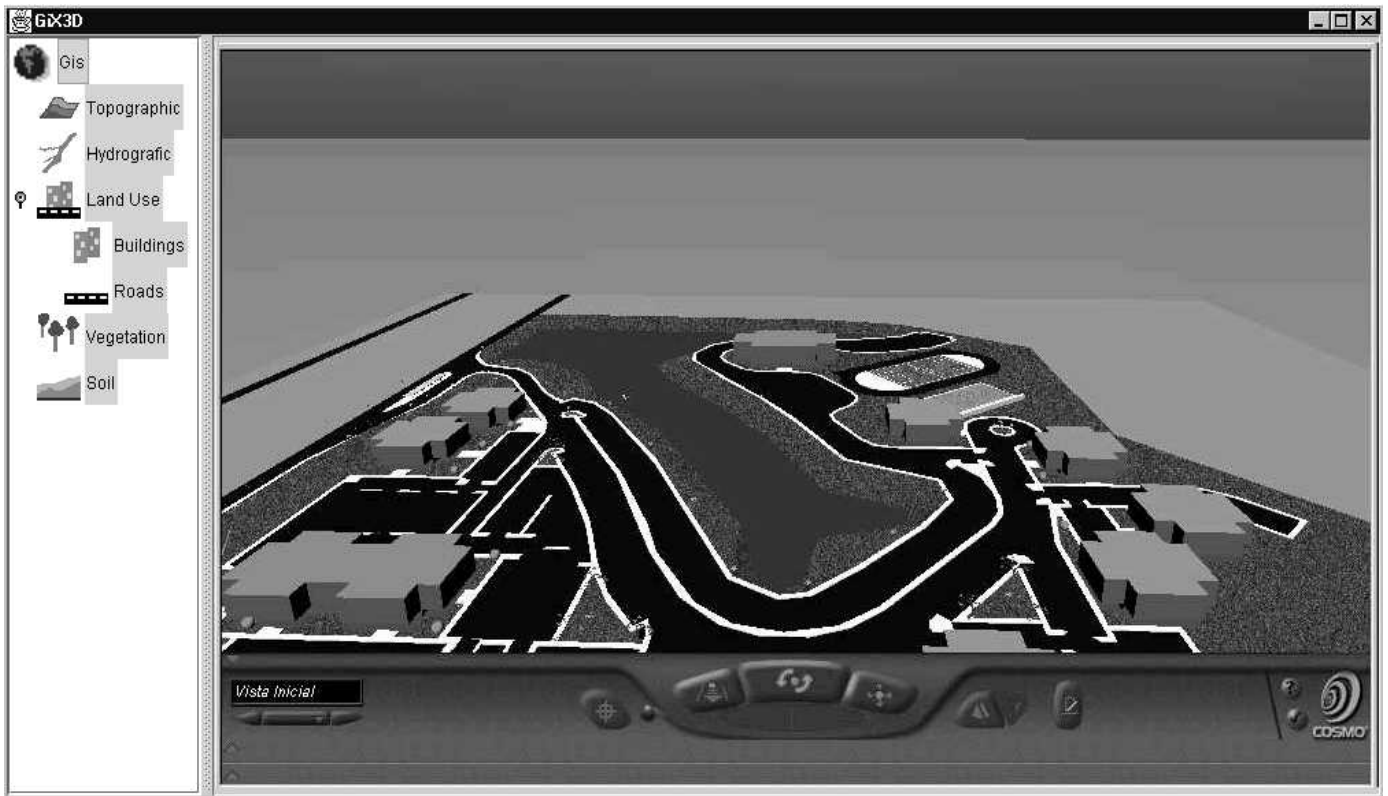


Figura 6 Navegação no modelo geral.

A qualquer instante o usuário pode submeter ao serviço de consulta uma nova solicitação.

Esta solicitação é feita através da seleção das classes na árvore que representa o *schema*. A árvore na aplicação permite a seleção múltipla de seus nós, possibilitando ao usuário inúmeras combinações.

Uma vez selecionadas as classes que representam os elementos a serem mantidos na visualização (instâncias da classe), o módulo de consulta solicita ao modelo RDF os elementos que atendem a definição do usuário.

O modelo RDF percorre a tabela com as triplas e identifica todas as tuplas solicitadas, devolvendo ao serviço de consulta os identificadores dos elementos descritos no documento X3D que atendem a solicitação.

Uma vez identificado os elementos, o serviço de consulta, utilizando a API do DOM, extrai a descrição dos referidos elementos do documento X3D e os envia para o conversor X3D-VRML, que os traduz para o formato VRML.

Finalmente, o novo arquivo VRML é carregado pelo browser, permitindo que o usuário navegue pela informações por ele configuradas.

No exemplo da figura 7 o usuário solicitou que fossem representados somente os elementos das classes topográficas, hidrográficas e do sistema viário, inibindo a representação dos demais elementos. A definição de atributos no esquema permitiria ao usuário realizar uma consulta baseada no valor do atributo e não no tipo do recurso que está sendo descrito, como apresentado no presente exemplo.

Esta funcionalidade não foi apresentada aqui somente por questões de simplicidade.

6 Conclusões e futuros trabalhos

O modelo apresentado neste artigo para a incorporação de semântica em objetos de realidade virtual representa uma solução estendível, não proprietária e adequada para o desenvolvimento de projetos sistemas de informações geográficas baseados na Web.

A utilização de um formato independente, facilita a distribuição das informações e permite a divisão da carga de processamento entre clientes e servidores com um mínimo de tráfego de informações na rede.

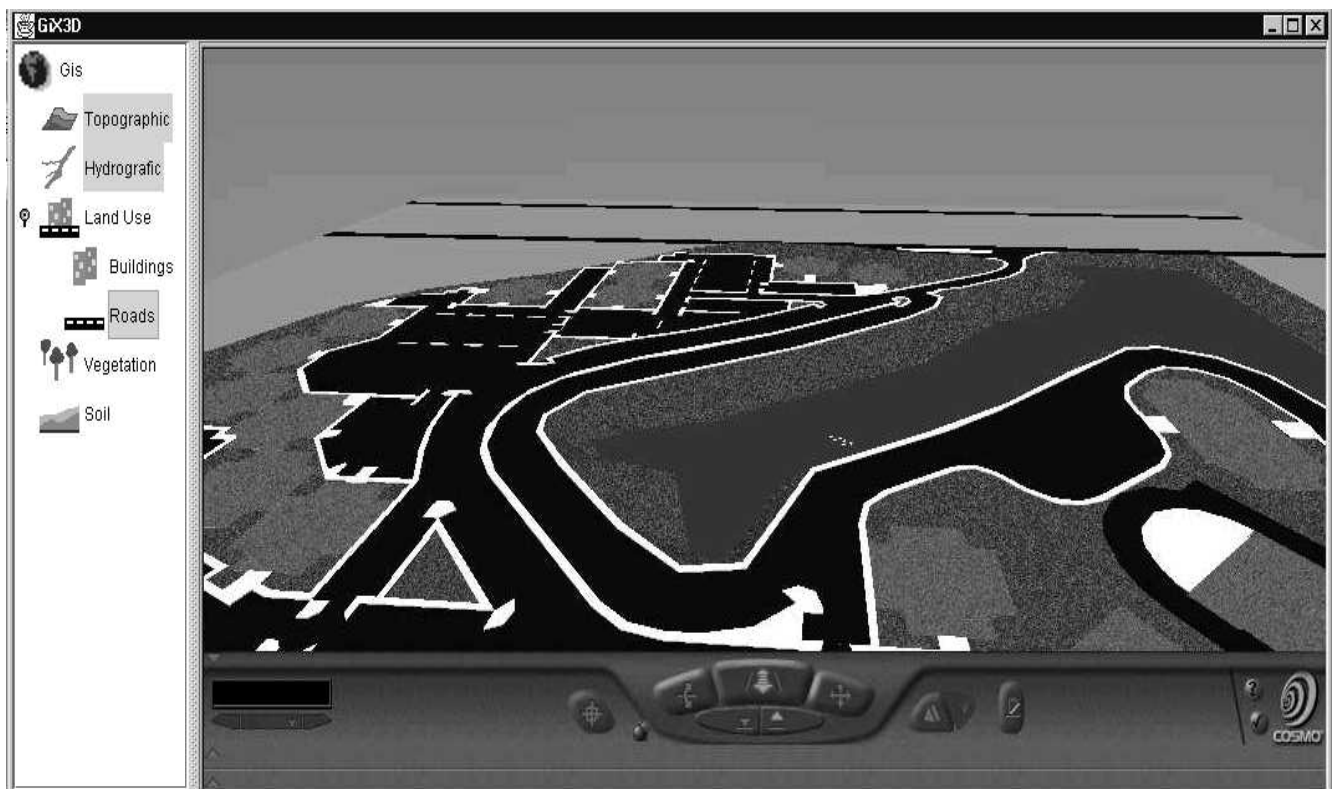


Figura 7 Navegação nas informações solicitadas pelo usuário.

Como pôde ser observado a interface apresentada atende as quatro características mais relevantes citadas pelos especialistas na área de sistemas de informações geográficas.

Encontra-se em desenvolvimento um browser, baseado na API tridimensional da linguagem Java, para a visualização de modelos codificados na linguagem X3D.

Este browser irá eliminar o módulo de conversão X3D-VRML da interface, permitindo um melhor rendimento da aplicação e a possibilidade de incorporar funcionalidades específicas das aplicações de sistemas de informações geográficas.

É importante salientar que a presente proposta é genérica e pode ser utilizada por qualquer comunidade que utilize a representação tridimensional como principal meio de comunicação, sendo facilmente estendível e aberta à integração com vocabulários voltados a outros aspectos, ou que agregam uma semântica específica da comunidade.

References

- [1] M. Abernathy, "Integrating Geographic Information in VRML Models, III Symposium on the Virtual Reality Modeling Language, Monterey, California, 1998.
- [2] D. Ames, D. Nadeau and J. Moreland., VRML 2.0, Sourcebook, 2nd. Edition, Wiley John & Sons, Inc., 1997.
- [3] T. Bray, D. Hollander and A. Dayman, Name Spaces in XML - World Wide Web Consortium Note 19-January-1998, W3C - World Wide Web Consortium, [Online] <http://www.w3.org/TR/1998/NOTE-xml-names-0119>.
- [4] D. Brickley and R.V. Guha., Resource Description Framework (RDF) Schema Specification - W3C Proposed Recommendation 03 March 1999, W3C - World Wide Web Consortium, [Online] <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-schema/>.
- [5] CGI - Common Gateway Interface, [Online] <http://www.w3.org/cgi>
- [6] V. Coors and V. Jung, "Using VRML as na Interface to the 3D Data Warehouse, III Symposium on the Virtual Reality Modeling Language, Monterey, California, 1998.
- [7] T. Elvins and R. Jain, "Engineering a Human Factor-Based Geographic User Interface", IEEE Computer Graphics & Applications, Vol. 18, No. 3, 1998, pp. 66-77.
- [8] ISO (International Organization for Standardization). *ISO 8879:1986(E). Information processing -- Text and Office Systems -- Standard Generalized Markup Language (SGML)*. First edition -- 1986-10-15. [Geneva]: International Organization for Standardization, 1986.
- [9] M. Jern, 3D Date Visualization on the Web, Proceedings of the 1998 Mulmedia Modeling, Lausanne, Switzerland, October 12-15, 1998.
- [11] O. Lassila, and R.R. Swick., Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification - W3C Recommendation 22 February 1999, W3C - World Wide Web Consortium, [Online] <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>.
- [12] D. Raggett., HTML 3.2 Reference Specification - W3C Recommendation 14-Jan-1997, W3C - World Wide Web Consortium, [Online] <http://www.w3.org/TR/REC-html32.html>.
- [13] M. Reddy et al., "Terravision II: Visualizing Massive Terrain Databases in VRML", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 19, No. 2, 1999, pp. 30-38.
- [14] The Dublin Core: A Simple Content Description Model for Electronic Resources, [Online] http://purl.oclc.org/metadata/dublin_core
- [15] VRML97 - Virtual Reality Modeling Language Specification, ISO/IEC 14772-1:1997, [Online] <http://www.vrml.org/specification/vrml97>
- [16] W3C XML Working Group, Extensible Markup Language (XML) 1.0 - W3C Recommendation 10-February-1998, W3C - World Wide Web Consortium, [Online] <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210>.
- [17] W3C - World Wide Web Consortium, [Online] <http://www.w3.org>.
- [18] N. Walsh, A guide to XML, World Wide Web Journal, winter 1997, vol. 2, num.4, pp. 97 - 108.
- [19] L. Wood, Document Object Model (DOM) Level 1 Specification Version 1.0 - W3C Recommendation 1 October, 1998, W3C - World Wide Web Consortium, [Online] <http://www.w3.org/TR/REC-DOM-Level-1/>.
- [20] F. Wang and S. Jusoh, "Integrating Multiple Web-based Geographic Information Systems", IEEE MultiMedia, Vol. 3, No. 2, pp.59-65.
- [21] WEB3D - Virtual Reality Modeling Language Consortium [Online] <http://www.web3d.org>.