

Interoperabilidade de Informações Geográficas Baseada em Ontologias

Wagner Barp Meyer

ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Programa de Pós-Graduação em Aplicações Operacionais - PPGAO
São José dos Campos, São Paulo, Brasil
wbmeyer@terra.com.br

1. Introdução

Atualmente existe um grande volume de dados obtidos sobre a Terra, não somente de novos sistemas de informações espaciais, mas também de novas e mais sofisticadas tecnologias de coleta de dados. E através das modernas e velozes redes de computadores, a troca de informações ganhou um caráter muito mais dinâmico.

As Ontologias são muito úteis para solucionar problemas de interoperabilidade em várias áreas da computação. Com a necessidade de interoperar informações geográficas no nível semântico, as Ontologias funcionam com uma “ponte” entre vários Sistemas de Informação Geográfica, provendo um modelo conceitual único e rico para troca de informações geográficas.

Nesse trabalho procurou-se conhecer as pesquisas em desenvolvimento atualmente sobre a interoperabilidade de Informações Geográficas com o uso de Ontologias, não apenas com relação ao conteúdo, mas também com relação a sua própria natureza.

O restante desse artigo é organizado da seguinte maneira: a seção 2 faz uma explicação sobre conceitos utilizados no artigo, como Sistema de Informação Geográfica, Web Semântica, Ontologia e Interoperabilidade; a seção 3 faz uma revisão da literatura sobre uso de ontologias em Sistemas de Informação Geográfica afim de facilitar a interoperação; a seção 4 mostra o posicionamento do autor; a seção 5 apresenta conclusão deste trabalho.

2. Conceitos Importantes

2.1. Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Dados geográficos são aqueles que possuem uma dimensão espacial, ou uma localização, diretamente ligada ao mundo geográfico real como as imagens de satélites de sensoriamento remoto, os dados de inventários cadastrais, os dados ambientais coletados em campo e os modelos numéricos de terreno. Segundo Worboys & Duckham (2004 apud VINHAS, 2006), “os SIG são sistemas computacionais capazes de capturar, modelar, armazenar, recuperar, manipular, analisar e apresentar dados geográficos.”

Para Santos (2003 apud MANHÃES, 2006) SIG é um “conjunto de tecnologias de coleta e tratamento das informações espaciais e de desenvolvimento e uso de sistemas que as utilizam.”

Para Câmara et al (1996), Sistemas de Informação Geográfica são “sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a

localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la.”

Câmara (et al, 1996) destaca duas importantes características de SIGs:

- Possibilitam a integração, numa única base de dados, de informações geográficas provenientes de fontes diversas tais como dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite e modelos numéricos de terreno;
- Oferecem mecanismos para recuperar, manipular e visualizar estes dados, através de algoritmos de manipulação e análise.

A principal diferença de um SIG para um sistema de informação convencional é sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos. (CASANOVA et al., 2005 apud GAZOLA & FURTADO, 2007)

Considerando modelos de representação conceitual dos dados geográficos, dois são aceitos (VINHAS, 2006):

- Modelo de Geo-campos, trata o espaço geográfico como uma superfície contínua sobre a qual variam os fenômenos a serem observados;
- Modelo de Geo-objetos, representa o espaço geográfico como uma coleção de entidades distintas e identificáveis, onde cada entidade é definida por uma fronteira fechada.

A componente espacial de um SIG representada sob a forma de geo-objetos normalmente se especializa nos seguintes tipos elementares da geometria plana (GAZOLA & FURTADO, 2007):

- Ponto;
- Linha;
- Polígono

A componente espacial de um SIG representada sob a forma de geo-campos são usualmente classificadas nos seguintes tipos (VINHAS, 2006):

- Grades regulares (ou raster): o geo-campo é representado por um conjunto de células retangulares onde um único valor é atribuído a cada célula, representando o valor do geo-campo na extensão da célula;
- Pontos amostrais: o geo-campo é representado apenas em localizações pontuais conhecidas;
- Isolinhas: o geo-campo é representado por linhas ao longo das quais o valor do geo-campo é constante;
- Subdivisões planares: o geo-campo é normalmente representado por um conjunto de áreas que não se interceptam e que recobrem todo o domínio do geo-campo;

- Malhas triangulares: representam o geo-campo por um conjunto de triângulos que não se sobrepõem e cobrem totalmente a área do geo-campo.

A utilização dos SIGs tem sido a principal forma de visualizar espacialmente dados e informações geográficas acerca de uma determinada região. Com isso, existem várias soluções de SIGs no mercado, com suas próprias bases de dados, assim como seus próprios algoritmos de manipulação e análise. Desta forma, reunir informações geográficas acerca de uma região geralmente resulta na utilização de soluções SIG que suportem um determinado formato ou então possa utilizá-lo em conjunto com outro formato. Ainda, estas informações geralmente não possuem nenhum padrão quanto ao seu conteúdo e forma, já que as diversas instituições que a fornecem utilizam o seu próprio modelo de informação e muitas vezes não divulgam metadados importantes acerca destas informações.

2.2. Web Semântica e Ontologia

Web Semântica é uma iniciativa promovida pelo World Wide Web Consortium (W3C). O W3C é uma entidade que tem como missão desenvolver tecnologias interoperáveis que potencializem ao máximo a Web.

A Web Semântica objetiva uma estrutura para dar significado ao conteúdo das páginas Web criando um ambiente onde tarefas complexas possam ser automatizadas. É uma extensão da web atual, na qual é dado à informação um significado bem definido, possibilitando que computadores e pessoas trabalhem em cooperação. (BERNERS-LEE et al, 2001)

A definição de Ontologia encontrada mais freqüentemente na literatura é a proposta por Gruber:

“Ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada.” (GRUBER apud BREITMAN, 2005)

O W3C define ontologia como a definição dos termos utilizados na descrição e na representação de uma área do conhecimento. W3C coloca que ontologias devem prover descrições para os seguintes tipos de conceito:

- Classes nos vários domínios de interesse;
- Relacionamentos entre essas classes;
- Propriedades ou atributos que essas classes devem possuir.

Segundo Novello (2002), os relacionamentos mais utilizados para representar conhecimento através de ontologias são:

- Taxonomia: representam a maneira como se organiza classes e subclasses dentro de uma ontologia (“é um”, “tipo de”);
- Partonomia: ligação semântica de como conceitos podem ser organizados (“parte de”);
- Mereologia: consiste em estabelecer uma estrutura completa com entendimento de todas as possíveis relações “parte-todo”;
- Cronológica: implica em uma relação de precedência entre os conceitos relacionados;
- Topologia: define a teoria das conexões entre objetos da ontologia.

Nicola Guarino propôs a classificação de ontologias que utiliza a generalidade como critério principal, figura 1.

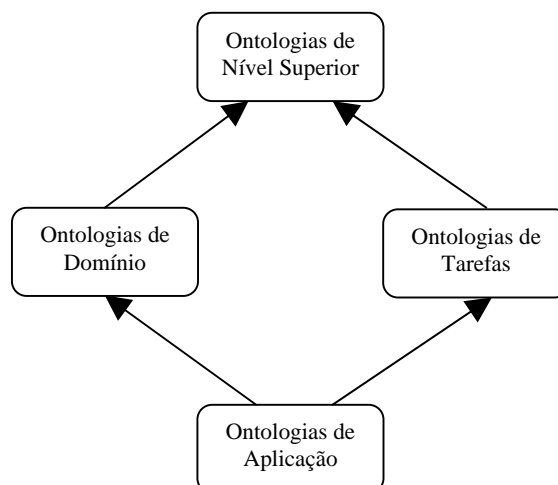


Figura 1 – Classificação de Ontologias proposta por Guarino. As setas representam relação de especialização. (Adaptado de Guarino, 1998)

Nesse sistema o autor identifica:

- Ontologias de Nível Superior: descrevem conceitos muito genéricos, tais como tempo, espaço e eventos. Esses conceitos são geralmente independentes de um domínio e poderiam ser reutilizados na construção de novas ontologias;
- Ontologias de Domínio: descrevem o vocabulário relacionado a um domínio específico, por meio da especialização de conceitos apresentados nas ontologias de alto-nível;
- Ontologias de Tarefas: descrevem o vocabulário relacionado a uma tarefa genérica ou atividade, por meio da especialização de conceitos apresentados nas ontologias de alto-nível;
- Ontologias de Aplicação: são as ontologias mais específicas por serem utilizadas dentro das aplicações.

Existem vários benefícios advindos da utilização de ontologias em sistemas de computação. Breitman (2005) enumera os seguintes:

- Ontologias fornecem um vocabulário comum e formal para a representação do conhecimento, ou seja, interpretações ambíguas são evitadas;
- Ontologias permitem o compartilhamento do conhecimento. Pessoas que desenvolvam ontologias para um determinado domínio de aplicação podem disponibilizar suas ontologias para que estas sejam reaproveitadas por outras pessoas que estejam desenvolvendo aplicações no mesmo domínio;
- Em muitos casos, é possível estender o uso de uma ontologia genérica de maneira a adequá-la a um domínio específico. Isso traz mais flexibilidade para a construção de novas ontologias.

E Taisa Novello cita as vantagens da utilização de ontologias:

- Colaboração: possibilitar o compartilhamento do conhecimento entre os membros interdisciplinares de uma equipe;
- Interoperação: facilitar a integração da informação, especialmente em aplicações distribuídas;
- Informação: ser usada como fonte consulta e de referência do domínio;

- Modelagem: ser representadas por blocos estruturados que podem ser reusáveis na modelagem de sistemas no nível de conhecimento;
- Reuso: permitir que domínios de conhecimento sejam reutilizados.

Particularmente em cartografia, a associação de significado bem definido a objetos de mapas permite que usuários e programas interpretem adequadamente o que cada objeto representa. O significado de cada objeto pode então ser relacionado com o de outros objetos, possibilitando uma navegação dirigida por conhecimento. (VENANCIO et al, 2003)

2.3. Interoperabilidade de SIGs

O grande volume de informações geográficas espalhado pela Internet torna bastante complexa a tarefa dos sistemas de informação geográfica, que estão bastante atrasados com relação à interoperabilidade. Heterogeneidade em SIG associada à complexidade e riqueza dos dados geográficos e a dificuldade de sua representação em sistemas de computação trazem problemas específicos para interoperabilidade em SIG (FONSECA & EGENHOFER, 1999).

A interoperabilidade pode ser definida como “a capacidade de compartilhar e trocar informações e processos entre ambientes computacionais heterogêneos, autônomos e distribuídos” (YUAN, 1998 apud LIMA, 2002).

A interoperabilidade pode ser analisada sob dois aspectos:

- Sintático: refere-se ao esquema próprio que cada sistema apresenta para armazenar e documentar seus dados.
- Semântico: está relacionado ao significado do dado para cada sistema.

Os SIGs têm sido caracterizados pela preponderância de formatos de dados proprietários, dificultando a interoperabilidade e a própria usabilidade desses sistemas. Esses problemas resultam não apenas de diferenças sintáticas e estruturais na representação dos dados, mas também da utilização de conceitualizações distintas e raramente explicitadas do conhecimento, em diferentes sistemas. Isso acarreta perda da definição de atributos e do georreferenciamento, dificuldades e distorções na interpretação de dados e comprometimento da qualidade da informação.

Uma iniciativa proeminente para o intercâmbio de dados geográficos está sendo empreendida pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC), o qual é formado por um amplo conjunto de companhias, agências governamentais e universidades com o propósito de criar e promover o desenvolvimento de tecnologias que facilitem a interoperabilidade entre sistemas que processam dados geográficos. O OGC publica seus resultados como especificações e padrões para intercâmbio de dados.

Como proposta do OGC para criação de um padrão de intercâmbio de informações geográficas está a GML (*Geographic Markup Language*). A GML foi especificada para o transporte e armazenamento de informação geográfica, incluindo propriedades espaciais e não espaciais das feições geográficas. O objetivo é oferecer um conjunto de regras com as quais um usuário pode definir sua própria linguagem para descrever seus dados. Para tanto a GML é baseada em Esquema XML (*eXtensible Markup Language Schema*). O Esquema XML define os elementos usados em um

documento que descreve os dados. Atualmente a linguagem está em sua versão 3.2.1 de agosto de 2007.

No Brasil, a Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) homologou a 2ª versão da especificação técnica para estruturação de dados geoespaciais vetoriais da Mapoteca Nacional Digital (MND), conforme Resolução CONCAR 001/2007.

Essa especificação foi elaborada pelo Comitê de Estruturação da Mapoteca Nacional Digital/CONCAR para subsidiar entre outros a ampliação e a racionalização da geração de informações geoespaciais de interesse da administração pública. A referida especificação, construída sobre base conceitual em evolução, afeta ao Mapeamento Sistemático Brasileiro, visa facilitar o entendimento a respeito da necessidade de compartilhamento e interoperabilidade de dados geoespaciais, bem como para desenvolver a componente normatizadora da Infra-estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

Apesar de existirem iniciativas como a do OGC e da CONCAR, apenas o uso de padrões para resolver o problema da interoperabilidade de dados geográficos não é suficiente, visto que a heterogeneidade aparece naturalmente num universo livre de regulamentações oficiais. A utilização de tradutores semânticos é uma abordagem mais promissora do que as abordagens atuais baseadas em padrões. (FONSECA et al, 2002)

A complexa questão do significado dos dados e sua descrição é apresentada por Bishr (1998 apud Fonseca & Egenhofer, 1999) onde são apresentados três tipos de heterogeneidade:

- Heterogeneidade semântica, onde um fato pode ter mais de uma descrição;
- Heterogeneidade esquemática, onde um objeto do mundo real é representado por diferentes conceitos em um banco de dados;
- Heterogeneidade sintática, onde os bancos de dados usam diferentes paradigmas.

2.4. SIGs baseados em Ontologias

As ontologias podem ser utilizadas para tentar resolver problemas de interoperabilidade semântica entre sistemas de informação geográfica.

O uso de ontologias explícitas no desenvolvimento e uso de sistemas de informação leva ao que são chamados de Sistemas de Informação baseados em ontologias (GUARINO, 1998 apud FONSECA et al, 2002). No caso específico para SIG, chama-se de SIGs baseados em Ontologias (SIG-O) (FONSECA & EGENHOFER, 1999), que são criados usando componentes de software derivados de várias ontologias. Esses componentes de software são classes que podem ser usadas para desenvolver novas aplicações. Sendo baseado em ontologia, essas classes encapsulam conhecimento extraído das ontologias. (FONSECA et al, 2002)

O resultado do processo inicial de uso de um SIG baseado em ontologias é um conjunto de ontologias especificadas formalmente e um conjunto de classes. Fonseca et al (2000) chama este processo inicial de Geração de Conhecimento (Figura 2). As ontologias são administradas por um servidor de ontologias. Este servidor permite o folheamento de ontologias, assim, colocando à disposição de usuários, os metadados referentes às informações disponíveis. O servidor de ontologias também contém apontadores para sistemas de

informação geográficos. A comunicação entre o servidor de ontologias e os SIGs é feita através de mediadores. Estes mediadores são responsáveis por extrair as informações dos SIGs e criar as instâncias das classes. Estas classes vão conter as informações extraídas dos SIGs e o conhecimento extraído das ontologias.

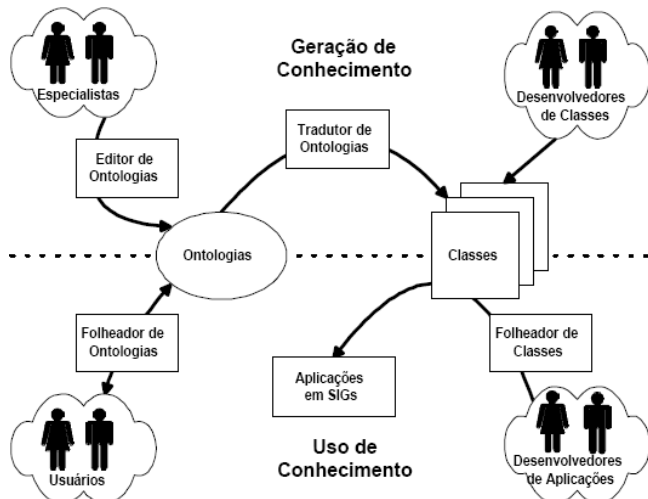


Figura 2 – Esquema de um SIG baseado em Ontologias proposto por Fonseca et al (2000) (Fonte: Fonseca et al, 2000)

Fonseca et al (2002) utiliza ontologias para definir classes para o desenvolvimento de aplicações geográficas, visando promover a interoperabilidade delas. As aplicações construídas segundo esta abordagem utilizam um servidor de ontologias e mediadores para acessar suas fontes de dados. Isso permite, por exemplo, carregar instâncias de dados a partir de fontes heterogêneas, de acordo com um esquema definido pela ontologia.

3. Revisão da Literatura

Venancio et al (2003) descreve o OntoCarta, sistema de navegação em mapas dirigida por ontologia, desenvolvido no Laboratório de Sistemas de Informação (LIS) do Instituto de Computação (IC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). “Na navegação tradicional, quando o usuário executa um *zoom in* em um mapa, freqüentemente ele perde a noção de contexto. A navegação dirigida por ontologia visa solucionar esse problema. Uma ontologia relacionando os conceitos e objetos relativos ao território permite localizar o objeto em foco numa base de conhecimento.” (VENANCIO et al, 2003).

Manhães et al (2006) descreve uma proposta de ontologia para aplicação no zoneamento da cidade de Macaé, favorecendo a interoperabilidade semântica e auxiliando no Cadastro Técnico Municipal.

Problema parecido é descrito por Pinho & Goltz (2003), que constrói uma ontologia para representar unicamente o objeto geográfico lote que contemple as várias dimensões deste conceito: legal, cadastral, tributária e jurídica. No contexto de compatibilização de diferentes bancos de dados, Pinho & Goltz propõem a utilização de ontologia para promover a interoperabilidade dos dados no nível semântico.

Souza Júnior (2007) propõe uma Ontologia baseada em bases de dados heterogêneas para interoperar informações geográficas no Estado do Pará. Para tal propósito utiliza GML e seus serviços como mecanismo de representação da informação geográfica.

Lima (2002) propõe o GeoBR, um esquema único, com elementos pré-definidos, que faz com que um arquivo GeoBR seja facilmente acessado por uma única interface de programação. Em conjunto com o arquivo GeoBR, outro arquivo descreve de forma genérica com o uso de *DARPA Agent Markup Language* (DAML), as entidades e relacionamentos presentes no arquivo GeoBR, tornando seu conteúdo mais rico e promovendo a interoperabilidade em nível semântico.

4. Posicionamento

Verificou-se com grande sucesso que existem muitos interessados desenvolvendo pesquisas e projetos sobre Interoperabilidade de Informações Geográficas, tanto na área sintática quanto na área semântica, haja vista que para correta interoperabilidade do dado geográfico, as aplicações devem concordar em ambas as áreas do dado.

Na área sintática, o uso de padrões para resolver o problema de interoperabilidade de dados geográficos não demonstra ser promissor, visto que a heterogeneidade aparece naturalmente num universo livre de regulamentações oficiais. Fato que pode ser observado até mesmo na Mapoteca Nacional Digital, onde os dados seguem um padrão de criação, porém o órgão criador pode inserir mais metadados de seu interesse para resolver problemas pessoais que sobrecarregam o dado e podem não ser utilizados por outros órgãos.

Já na área semântica, o sucesso é visto mais próximo. Existem inúmeras frentes de trabalho. Alguns pesquisam a integração dos dados geográficos, como o projeto GeoBR de Lima (2002), outros estudam a interoperabilidade dos Sistemas de Informação Geográfica, como mostra o trabalho de Fonseca et al (2002), e outros trabalham sobre as informações geográficas em bancos de dados geográficos, como Manhães et al (2006). O ponto em comum nas pesquisas é que todos buscam a interoperabilidade semântica através da ontologia.

A ontologia mostrou-se muito útil para facilitar a representação do conhecimento, auxiliando assim a solucionar os efeitos da interoperabilidade semântica das informações geográficas. A importância crescente das ontologias advém do fato destas permitirem:

- A modelagem formal de domínios de aplicação;
- A compreensão do conteúdo de bases de dados;
- A interoperabilidade de dados, essencial para a comunicação entre sistemas de vários tipos, como os de informação geográfica ou os motores de busca espaciais;
- A colaboração e o reuso do conhecimento.

5. Conclusão

Atualmente existe um grande volume de dados geográficos e através das modernas e velozes redes de computadores, a troca de informações ganhou um caráter muito mais dinâmico. Porém cada proprietário do dado cria-o para uso próprio, não se preocupando com a troca da

informação e também não disponibilizando os metadados para entendimento do dado criado. O que ocorre são sistemas sendo criados com a capacidade de interpretar alguns dados, mas provavelmente não entende completamente os metadados e não interpreta todos os dados do mercado. Outro ponto importante é a perda de informações gerada nas conversões necessárias para a interoperação de diferentes tipos de dados.

O avanço da tecnologia em Computação inclui soluções aplicáveis ao problema da interoperabilidade entre SIGs, que vêm aprimorar ou suprir as iniciativas existentes. O estudo mostra que para acontecer um alto grau de interoperabilidade é preciso atuar nos níveis sintático e semântico.

Com o crescente estudo sobre o assunto em pauta, espera-se que em breve soluções mais concretas possam ser oferecidas e desenvolvidas para a melhor utilização dos dados geográficos por todos os usuários, desde o mais experiente até o mais leigo, sem perda de informação.

Através de uma análise das pesquisas sobre ontologia para dados geográficos apresentados nesse trabalho, observa-se que as soluções podem ser utilizadas em outros sistemas, visando facilitar a interoperação e o uso dos sistemas computacionais.

REFERÊNCIAS

- BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. **The Semantic Web**. Scientific American Magazine, 17 maio 2001. Disponível em: <http://www.sciam.com/article.cfm?id=the-semantic-web>. Acessado em: 01 julho 2008.
- BREITMAN, K. K. **Web Semântica: O Futuro da Internet**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2005.
- BREITMAN, K. K.; CASANOVA, M. A.; TRUSZKOWSKI, W. **Semantic Web: Concepts, Technologies and Applications - NASA Monographs in Systems and Software Engineering Series**. 1. ed. London: Springer Verlag London, 2007. cap. 14.
- CÂMARA, et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 1996. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.13.36/doc/anatomia.pdf>. Acessado em: 30 junho 2008.
- Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Digitais Vetoriais**. Norma Cartográfica Brasileira, Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR). Disponível em: <http://www.concar.ibge.gov.br/MND2007/>. Acessado em: 02 julho 2008.
- FONSECA, F.; EGENHOFER, M.; BORGES, K. **Ontologias e Interoperabilidade Semântica entre SIGs**. GeoInfo 2000, II Workshop Brasileiro de GeoInformática, São Paulo, 2000. Disponível em: <http://www.spatial.maine.edu/~max/GeoInfo2000.pdf>. Acessado em: 01 julho 2008.
- FONSECA, F.; EGENHOFER, M.; AGOURIS, P.; CÂMARA, G. **Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems**. Transactions in GIS, Volume 6, Número 3, 2002. Disponível em: <http://www.spatial.maine.edu/~max/UsingOntologies.pdf>. Acessado em: 01 julho 2008.
- GAZOLA, A.; FURTADO, A. L. **Bancos de Dados Geográficos Inteligentes**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. ISSN 0103-9741. Disponível em: ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/07_04_gazola.pdf. Acessado em: 30 junho 2008.
- Geographic Markup Language (GML)**. Open Geospatial Consortium, Inc (OGC). Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/standards/gml>. Acessado em: 02 julho 2008.
- GUARINO, N. **Formal Ontology and Information System**. National Research Council, Padova, Itália. In: International Conference On Formal Ontology In Information Systems (FOIS), 6 a 8 junho 1998, Trento, Itália. Proceedings of FOIS'98, Trento, Itália, 1998. Disponível em: <http://www.loa-cnr.it/Papers/FOIS98.pdf>. Acessado em: 30 junho 2008.
- LIMA, P. **Intercâmbio de Dados Espaciais: Modelos, Formatos e Conversores**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 2002. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/teses/lima/dissertacao_lima.pdf. Acessado em: 02 julho 2008.
- MANHÃES, A.; SANTOS, N.; FARIAS, O. **Ontologias Aplicadas ao Desenvolvimento de SIGs: Estudo de Caso sobre Zoneamento Municipal**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, COBRAC 2006 - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, Santa Catarina, 2006.
- NOVELLO, T. C. **Ontologias, Sistemas Baseados em Conhecimento e Modelos de Banco de Dados**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: http://www.inf.ufrgs.br/~clesio/cmp151/cmp15120021/artigo_taisa.pdf. Acessado em: 02 julho 2008.
- Open Geospatial Consortium, Inc (OGC)**. Disponível em: <http://www.opengeospatial.org/>. Acessado em: 02 julho 2008.
- PINHO, C.; GOLTZ, E. **Construção de Ontologias Espaciais: O Lote Urbano**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser303/lote.pdf>. Acessado em: 01 julho 2008.
- Resolução CONCAR 001/2007**. Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR). Disponível em: http://www.concar.ibge.gov.br/ARQUIVOS/RESOLUCAO_CONCAR_001-2007.DOC. Acessado em: 02 julho 2008.
- SOUZA Jr, P. F. P. de. **Uma Proposta de Ontologia para Interoperabilidade de Informações Geográficas no Estado do Pará**. Universidade Federal do Pará. II Seminário de Andamento do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Belém, Pará, 2007. Disponível em: http://www2.ufpa.br/ppgcc/ppgcc/files/File/Seminario_Andamento/Paulo_Fernando_Pimenta.pdf. Acessado em: 02 julho 2008.
- The World Wide Web Consortium (W3C). **W3C Semantic Web Activity**. Disponível em: <http://www.w3.org/2001/sw/>. Acessado em: 30 junho 2008.
- VENANCIO, L. R.; FILETO, R.; MEDEIROS, C. B. **Aplicando Ontologias de Objetos Geográficos para facilitar Navegação em GIS**. GeoInfo 2003, V Brazilian Symposium on GeoInformatics, 2003. Disponível em: <http://www.geoinfo.info/geoinfo2003/papers/geoinfo2003-45.pdf>. Acessado em: 30 junho 2008.
- VINHAS, L. **Um Subsistema Extensível para o Armazenamento de Geocampos em Bancos de Dados Geográficos**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~lubia/TeseLubia.pdf>. Acessado em: 01 julho 2008.