

# A Web Semântica e a Educação

Regina C. Cantele<sup>1</sup>, Diana F. Adamatti<sup>2</sup>, Maria Alice G. V. Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>InterLab - Laboratório de Tecnologias Interativas  
Escola Politécnica - Universidade de São Paulo(USP)

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGInf)  
Centro Politécnico - Universidade Católica de Pelotas (UCPel)

**Abstract.** *This paper discusses the construction and the application of ontologies to educational systems in the Web. The Web in our days, with a huge number of sites, must have a significant change in the search models and the content understanding. For that, it is necessary to develop structured sites, where they use interactive and automatic tools (the idea of a machine-machine interaction). In many domains, it can be an important tool, as educational systems. This “new” web is called Semantic Web, and it uses ontologies to have a formal, explicit and sharing specification of concepts.*

**Keywords:** *Semantic Web, Education*

**Resumo.** *Esse artigo discute a construção e aplicação de ontologias para sistemas educacionais baseados na Web. A Web existente hoje com um número exponencial de páginas e de acessos exige uma mudança significativa nos modelos de busca e entendimento dos conteúdos disponibilizados baseado em páginas “estruturadas”, que utilizam ferramentas interativas e automáticas, onde máquinas participam efetivamente interagindo entre si. Diversos domínios do conhecimento poderão fazer uso deste novo recurso, como sistemas educacionais. Esta “nova” web é denominada Web Semântica e utiliza ontologias para obter uma especificação formal, explícita e compartilhada de conceitos.*

**Palavras-chave:** *Semântica Web, Educação*

## 1. Introdução

Desde sua criação, a Web vem chamando atenção, não apenas de programadores de softwares, mas principalmente de usuários “comuns”, visto que há informação para todos os tipos e gostos de pessoas. Isto pode ser comprovado pela estimativa de que existem mais de oito bilhões de páginas publicadas na Web. Contudo, fica a questão: como localizar a informação desejada em todo esse material? É claro que existem mecanismos de busca, como Google ou Yahoo, mas estes ainda necessitam de intervenção humana para encontrar o que realmente procuramos. Quando pesquisas são realizadas nestes mecanismos, muito “joio é trazido junto com o trigo”, pois normalmente os resultados das pesquisas trazem uma quantidade enorme de páginas, e destas, pouquíssimas realmente apresentam correlação com que estamos procurando.

Segundo Kreitman (2006), achar informações na Web não é uma tarefa tão simples quanto gostaríamos.

A Web de hoje apresenta em suas páginas apenas a informação, sem dar a esta informação um conceito semântico, ou seja, um significado. Por exemplo, se fizermos uma pesquisa na Web a partir da palavra “manga”, o que a pesquisa retornaria? Muito provavelmente páginas sobre a fruta manga ou sobre manga de camisetas. A ambigüidade existente entre as palavras dificulta todo o processo de inferência e é necessário definir o contexto utilizado para determinada palavra.

E se fosse possível adicionar às páginas um conhecimento semântico? Todo o processo de decisão ficaria sobre o controle do computador, facilitando muito a busca por informações. Essa é a idéia da Web Semântica, onde as páginas Web são estruturadas de maneira padronizada - anotações semânticas e ontologias -, de forma a interligar significados de palavras e conteúdos publicados na Web. Para isto é necessário que *agentes inteligentes* de software percorram a rede, página a página para executar tarefas consideradas sofisticadas para o usuário. Esses agentes serão capazes de identificar o significado exato de uma palavra e as relações lógicas entre várias palavras. Para os computadores entenderem o conteúdo da Web é necessário que eles consigam ler dados estruturados (páginas HTML, por exemplo) e tenham acesso a conjuntos de regras que o ajudem a conduzir seus raciocínios. As páginas Web possuirão anotações escritas numa linguagem nova e assim serão entendidas por diferentes sistemas.

E se esta idéia fosse aplicada na área da Educação à Distância? Quais seriam as vantagens no processo de aprendizagem?

Esse artigo discute a construção e aplicação de ontologias para sistemas educacionais baseados na Web, e, por conseguinte, na Web Semântica. Ele está dividido da seguinte forma: na seção 2 discute-se com mais detalhes sobre a Web Semântica. Já na seção 3 são apresentadas as metodologias, ambientes e linguagens para a Engenharia de Ontologias. Na seção 4 são apresentados alguns trabalhos que vem sendo realizados na Educação, relacionados à Web Semântica. Finalmente, na seção 5 são apresentadas as conclusões e desafios desta área de pesquisa.

## **2. Web Semântica – Arquiteturas e Iniciativas**

O contínuo crescimento da World-Wide-Web (WWW), ou simplesmente Web, tem desencadeado uma demanda por ferramentas de busca, verificação, recuperação e análise de documentos cada vez mais especializados e cada vez mais independentes da interferência humana [Fridman e Mcguinness, 2001].

Os dois principais pilares que dão suporte à existência da Web, o protocolo HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) e a linguagem HTML (*HyperText Markup Language*), foram projetados tendo como principal intuito assegurar a apresentação e a navegação na rede. Estes pilares possuem capacidade de representar as páginas com análises baseadas apenas no nível léxico.

Na visão do pesquisador britânico Tim Berners-Lee [Berners-Lee *et al.*, 2001], esse tipo de construção, orientada para entendimento humano, leva a limitações e a um tratamento trivial por parte dos computadores, do conteúdo das páginas Web – limita-se a um cabeçalho (*header*), links para outras páginas – mas, em geral, as máquinas não

possuem uma forma confiável de processar o significado, ou seja, o conteúdo semântico das informações contidas em uma página.

Assim, uma nova camada de informações precisa ser disponibilizada na Web, agregando, além de informações que representam suas características sintáticas, outras informações com características semânticas. Para suportar essa nova estrutura, tem-se utilizado o conceito de ontologias.

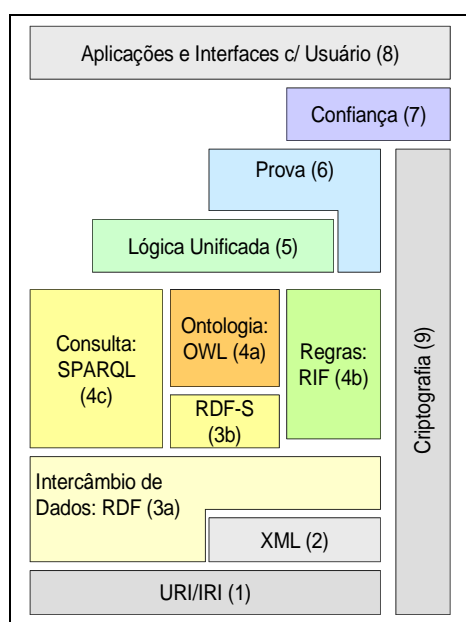
Pesquisas em ontologias têm origem na filosofia com a natureza e organização das coisas. Uma ontologia, segundo Gruber (1995), é uma especificação explícita dos objetos, conceitos e outras entidades existentes numa área de interesse e as relações entre estes conceitos e restrições expressos através de axiomas. Em ciências da computação, o termo ontologia refere-se a um artefato de engenharia, constituído por um vocabulário específico que descreve um modelo particular do mundo, adicionando um conjunto explícito de suposições relacionando o significado das palavras ao vocabulário [Maedche *et al.*, 2002].

As ontologias, entre outras coisas, colaboram no sentido de se obter uma Web onde os recursos disponíveis são acessíveis não somente por seres humanos, mas também por processos automatizados. Esta automação depende da elevação do status da Web de “*machine-readable*” (lida automaticamente) para algo que é chamado de “*machine-understandable*” (entendida automaticamente). Isto denota a visão da Web Semântica.

A Web Semântica marca outro estágio no campo da ontologia. De acordo com Berners-Lee [W3C, 2003], a Web Semântica não é uma Web separada, mas uma extensão da atual, na qual a informação é utilizada com significado bem definido, não-ambíguo, integrada, aumentando a capacidade dos computadores para trabalharem em cooperação com as pessoas. A Web Semântica é coordenada pelo consórcio W3C (*World Wide Web Consortium*) e apoiada pela indústria de software.

Este consórcio propôs uma arquitetura em camadas para construir aplicações que envolvam Web semântica (conforme Figura 1). Esta arquitetura define as tecnologias necessárias para os conteúdos das páginas Web serem compreendidos pelos computadores e está dividida em oito camadas:

- Na primeira camada, o UNICODE (via HTTP) permite que textos e imagens possam ser lidos pelos computadores em qualquer lugar e o URI (*Universal Resource Indicators*) fornece um endereço global único dos recursos disponibilizados na Web. Um recurso da Web pode ser uma página Web, uma aplicação completa, um documento pessoal, etc.
- Na segunda camada, as tecnologias XML, Namespaces e XML Schema permitem que os documentos da Web sejam estruturados em uma hierarquia de árvore, baseada em marcas (tags), criadas pelo usuário.
- Na terceira camada RDF (*Resource Description Framework* – Estrutura de Descrição de Recursos) os dados já têm significado e o RDF Schema propicia representação do conhecimento através de expressões lógicas. É um padrão aberto, adotado pelo W3C, para descrição de recursos Web.



**Figura 1. Arquitetura proposta para a Web Semântica [W3C, 2007].**

- Na quarta camada, Ontologias, tem-se um vocabulário compartilhado, que pode ser usado para modelar um determinado domínio, isto é, o tipo de objetos e/ou conceitos existentes neste domínio, suas propriedades e relações. Isto permite que as máquinas pesquisem (4c) e tomem decisão a respeito do significado dos dados e também possam inferir novos fatos (4b).
- A camada Lógica Unificada tem como objetivo especificar linguagens de lógica de primeira ordem para facilitar a construção de inferências e/ou deduções.
- A camada de Prova contém a especificação de uma linguagem para provar que as informações trocadas entre agentes e máquinas são verdadeiras.
- A camada Confiança é para verificar, através de assinatura digital, se os envolvidos nas transações previstas pelas aplicações são reconhecidos.
- E a última camada é formada pelas Aplicações e Interface com Usuários.
- E a camada Criptografia, que trabalha de forma transversal a diversas camadas da arquitetura, garante a segurança e a privacidade das informações, utilizando algoritmos de criptografia simétrica ou assimétrica.

O futuro da Web Semântica depende da representação ou anotação dos recursos presentes na Web com descrições estruturadas e compressíveis por máquinas de seus conteúdos e relacionamentos, usando vocabulários e artefatos definidos explicita e formalmente no domínio de ontologias [Lu *et al.*, 2002].

Alguns projetos já implementaram os conceitos da Web Semântica como o projeto POPS (*People, Organizations, Projects, Skills*) da NASA<sup>1</sup> (*National Aeronautics and*

<sup>1</sup> <http://xtech06.usefulinc.com/schedule/paper/147>

*Space Administration*), o projeto TAO (*Transitioning Applications to Ontologies*) da Universidade de Sheffield<sup>2</sup>, o projeto Flink<sup>3</sup> realizado na OUNL (*Open Universiteit Nederland* ou Universidade Livre de Amsterdam), as iniciativas Confoto<sup>4</sup> e Swoogle<sup>5</sup> [WARREN, 2006; GOTH, 2007]. O propósito é atender os sistemas baseados em conhecimento de tal forma que eles possam ter um conhecimento generalizado acerca do mundo e fazer inferências úteis, e não apenas inferências específicas, típicas de um sistema especialista onde o trabalho é sobre um domínio restrito.

Ontologias lingüísticas, como o WordNet, contêm sinônimos, adjetivos e verbos relacionados por redes semânticas, e também são bastante referenciadas por sua aplicação em sistemas de processamento de linguagem natural. Elas se propõem a atacar ambigüidades lingüísticas durante o tratamento sintático e semântico de textos.

### **3. Engenharia de Ontologias – Metodologias, Ambientes e Linguagens**

A concepção de ontologias deve ser conduzida como qualquer outro projeto de software, no sentido de serem tomadas decisões de projeto que determinam sua qualidade baseada em critérios como eficiência, legibilidade, portabilidade, extensibilidade, interoperabilidade e reuso. Por isso, deve basear-se em seu futuro emprego, e não em aspectos filosóficos do conhecimento acerca do domínio representado [Uschold e Gruninger, 1996]; [Guarino, 1997]; [López, 1999]; [Schreiber, 1999]; [Staab e Maedche, 2000]. Metodologias dividem o processo de construção da ontologia em vários estágios e propõem várias atividades para cada um. Os estágios geralmente aceitos para construir uma ontologia são especificação, conceitualização, formalização, implementação e manutenção (PINTO; TEMPICH; SURE, 2004).

Os principais métodos existentes para o desenvolvimento de ontologias, segundo López (1999) e Hristozova e Sterling (2003) são: Uschold e Grüninger, Guarino e Welty, Bernaras, Sensus, Enterprise Model Approach de Uschold e King, TOVE (*Toronto Virtual Enterprise*), KBSI, IDEF5, Methontology Framework e Explode.

Como ambientes para edição de ontologias existem dentre outros o Protégé, OntoEdit, WebOnto e OilEd . Protégé e OntoEdit são editores de ontologias que permitem a aquisição de ontologias e conhecimentos a partir de um único usuário. WebOnto foi especificamente projetado para o desenvolvimento conjunto de ontologias via Web. OilEd é um editor simples de ontologias que permite a construção de ontologias usando OIL (*Ontology Inference Layer*) [Denny, 2002].

É relevante mencionar que os editores de ontologias não podem ser considerados como ambientes de manipulação completos, uma vez que podem não abranger aspectos tais como extração de ontologias de diversas fontes, manipulação de ontologias (união, interseção, extração, validação, etc) ou outras operações. Como ambientes para manipulação de ontologias podemos citar o KAON (*Karlsruhe Ontology and Semantic Web Infrastructure*) e o DOME (*Domain Ontology Management Environment*) [Handschuh *et al.*, 2001].

---

<sup>2</sup> <http://www.tao-project.eu/>

<sup>3</sup> <http://flink.semanticWeb.org/>

<sup>4</sup> <http://www.confoto.org/home>

<sup>5</sup> <http://swoogle.umbc.edu/>

Como as ontologias são teorias formais que descrevem um domínio, elas requerem uma linguagem lógica para representá-las. As linguagens para implementação de ontologias são desde linguagens que estendem a atual HTML, como o SHOE (*Simple HTML Extensions*, ou simples extensões de HTML), ou a XML, até padrões como o RDF. Existem outras, que traduzem para definições RDF sobre XML, como a linguagem DAML-O (*DARPA Agent Markup Language*) e a camada ontológica OIL (Fensel, 2000); [Decker *et al.*, 2000]. Na área da Inteligência Artificial tem-se desenvolvido muitas linguagens, algumas baseadas em lógica de predicados de primeira ordem, como KIF (Knowledge Interchange Format) proposta pelo padrão ANSI, e Cycl (linguagem de representação do conhecimento de Cyc), outras baseadas em frames com expressivas primitivas de modelagem, como Ontolingua, e outras tendo como principal objetivo a robustez na inferência, como os sistemas da família de Description Logics (Loom e Classic) [Gómez-Pérez e Corcho, 2000].

Uma nova proposta do consórcio W3C deu origem à linguagem DAML+OIL para servir como ponto de partida para as atividades da Web Semântica quanto à definição da *Ontology Web Language* (OWL) para representação de ontologias e metadados [Chen, 2003] [W3C, 2004].

#### **4. Web Semântica e Educação**

A extraordinária expansão e acessibilidade da Internet e da *World Wide Web* na última década possibilitou a criação de várias ferramentas que ajudam a educação das pessoas no mundo contemporâneo, permitindo a superação dos meios tradicionais de educação a distância. De acordo com Reinhard (2002), estas novas tecnologias estabelecem uma mudança significativa no paradigma educacional, caracterizada pelos seguintes aspectos:

- Processo de facilitação: as aulas expositivas são substituídas por acesso à informação através de redes de computadores;
- Estudante colaborador: o aprendiz passa de espectador a agente, sendo requeridas habilidades de desenvolvimento e simulação;
- Aprendizagem em equipe: o estudante participa de um grupo, através de ferramentas colaborativas (groupware);
- Professor como guia: o estudante, a qualquer momento pode requisitar a assistência do professor ou de outros especialistas;
- Conteúdo de aprendizagem dinâmico: o material didático, residente na Web, pode apresentar propriedades dinâmicas, podendo ser, inclusive, produzido em conjunto com o aluno;
- Diversidade: a dinâmica do ensino exige um conteúdo variado de ferramentas e métodos de ensino.

Estas novas dimensões da educação exigem um apoio substancial dos recursos tecnológicos, entretanto, com as tecnologias atuais, as máquinas não podem compreender e interpretar o significado das informações disponíveis na Web, pois uma

grande parte desta informação é representada em linguagem natural [Ferreira *et al.*, 2006].

Neste universo de aplicações educacionais torna-se necessário a interoperabilidade dos recursos entre as diferentes aplicações educacionais. No mundo da tecnologia, chama-se de recurso o objeto descrito por metadados - dados sobre dados. Metadados são vistos como dados que descrevem propriedades de um recurso para diversos propósitos, como o contexto em que recurso se insere, sua qualidade, suas condições de uso, sua identificação, suas estratégias de preservação etc. Assim um recurso pode ser tanto um simples dado, quanto um documento, uma página da web, ou até mesmo uma pessoa, uma coleção, um sistema, um equipamento ou uma organização. Quando se trata do mundo educacional, metadados são os recursos envolvidos com objetos de aprendizagem, projeto instrucional e modelo de estudante.

Comunidades especializadas em Educação têm definido esquemas próprios de metadados para padronizar a descrição dos recursos educacionais, tais como, IEEE-Learning Technology Standardization Committee (LTSC), Dublin Core, Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe (ARIADNE), Instructional Management System (IMS) Global Learning Consortium, Aviation Industry CBT (Computer-Based Training) Committee (AICC) e US DoD Department of defense com Advanced Distributed Learning (ADL), Open Knowledge Initiative (OKI) entre outros. A Tabela 1 apresenta alguns metadados definidos por estas comunidades.

**Tabela 1. Comunidades e seus metadados.**

<b>Comunidade especializada</b>	<b>Metadado / Padrão</b>
IEEE-LTSC	P1484-12-1: LOM - Learning Object Metadata
	PAPI - Personal and Private Information Standard
ISO/IEC	JTC1 SC36 - Information Technology for Learning, Education, and Training
Dublin Core	DCMI - Dublin Core Metadata
ARIADNE	ARIADNE Educational Metadata Recommendation
IMS	IMS LD - Learning Design
	IMS LIP - Learner Information Package
	IMS QTI - Question & Test Interoperability
	IMS CP - Content Packaging
US-Dod-ADL	SCORM -Sharable Content Object Reference Model
AICC	AGRs – AICC Guidelines and Recommendations
OKI	Application Programs Interfaces (APIs) específicas

Assim, por exemplo, uma formalização de conceitos sobre informações em ambientes de ensino poderia permitir que diversos aplicativos deste domínio compartilhassem um vocabulário comum sobre o assunto.

Na Web Semântica, onde transforma-se uma rede de documentos numa rede de dados na qual toda a informação tem um significado bem definido, podendo ser interpretada e processada por humanos e computadores, as aplicações precisam trocar não somente metadados mas também a semântica inerente a cada um [Berners-Lee *et al.*, 2001]. Das comunidades apresentadas acima, o IEEE já aborda padrão para ontologias na Educação no grupo denominado IEEE *Standard Upper Ontology* (SUO).

Alguns projetos relacionados à educação com uso de ontologias são RichODL - ambiente de aprendizado na Web desenvolvido para treinar estudantes na modelagem e simulação de ambientes dinâmicos [Zdrahal *et al.*, 2000]; Smartrainer - sistema de treinamento automático no domínio do fornecimento de energia [Lu e Jin, 2002]; SchoolOnto Scholarty Ontologies Project - biblioteca digital baseada em ontologias que possibilita interpretar domínios [Shum *et al.*, 2000].

Existem também o Universal Repository, um repositório de ontologias com cerca de 50 ontologias armazenadas para educadores e escolas.

## 5. Conclusões

A Web Semântica está apenas em seu início. Muitas pesquisas vêm sendo realizadas nas áreas de Engenharia de Ontologias (metodologias para desenvolvimento de ontologias), aprendizado de ontologias (ontology learning), ambientes, linguagens e padrões. Muitas áreas, como na Educação, já fazem uso destas tecnologias. Segundo Berners-Lee (2007), até 2010 a Web 3.0, que inclui a Web Semântica, será realidade.

Quando pensa-se que a organização das informações, em diferentes níveis, tanto pessoal quanto profissional, cresce de forma exponencial na Web, pode-se imaginar quão importante é a utilização da Web Semântica: mecanismos de busca, troca de informações gerenciadas entre máquinas e atribuição de significado a todos os conteúdos existentes na Web, envolvendo os conceitos de ontologias e agentes inteligentes.

A utilização de todas estas tecnologias na Web será, muito mais que uma evolução natural, será um desafio para os cientistas de computação, que “não têm apenas responsabilidade técnica sobre suas criações, mas, sobretudo, responsabilidade moral e ética” [Berners-Lee, 2007].

## Referências

- Berners-Lee, T.; Hendler, J.; Lassila, O. (2001) **The Semantic Web**. Scientific American 284 (5): 34-43.
- Berners-Lee, T. (2007) **Tim Berners-Lee: inventor da web pensa no futuro da rede**. IDGNOW!, publicado em 07/07/2007, reportagem de Paulo Rebêlo. Disponível em: [http://idgnow.uol.com.br/10anos/2007/07/07/tim\\_bernens\\_lee/](http://idgnow.uol.com.br/10anos/2007/07/07/tim_bernens_lee/)



- Breitman, K. (2006) **Web Semântica: a Internet do Futuro**. LTC Editora, Rio de Janeiro, 190 páginas.
- Chen, H.; Finin, T.; Joshi, A. (2003) **Using OWL in a pervasive computing broker**. In: International Conference On Autonomous Agents And Multi-Agent Systems, Workshop on Ontologies in Agent Systems, Melbourne, Jul. 2003. Disponível em: <http://www.cs.umbc.edu/~finin/papers/aamas03a.pdf> .
- Decker, S., et.al. (2000) **The Semantic Web: roles of XML and RDF**. IEEE Internet Computing, v.4, n.5, p. 63-73. Disponível em <http://www.ontoknowledge.org/oil/downl/IEEE00.pdf>.
- Denny, M. (2002) **Ontology building: a survey of editing tools**. O'Reilly XML.com, Nov. 2002. Disponível em: <http://www.xml.com/pub/a/2002/11/06/ontologies.html?page=2>.
- Fensel, D. (2000) **The Semantic Web and its languages**. IEEE Intelligent Systems, p. 15-67, Nov./Dez.
- Ferreira, M. A. G. V.; Cantele, R. C., Araujo, M. (2006) **Educação Baseada na Web e Web Semântica: construindo uma nova forma de educação a distância**. In Proceedings of the WCCSETE'2006 - World Congress on Computer Science, Engineering and technology Education, 2006, Itanhaém/Santos, 1:692-696.
- Fridman, N. N.; McGuinness, D. L. (2001) **Ontology development 101: a guide to creating your first ontology**. Stanford Knowledge Systems Laboratory, Technical Report KSL-01-05, mar. 2001. Disponível em: <http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness.pdf> .
- Gómez-Pérez, A., Fernandez-López, M., Corcho, O. (2003) **Ontological Engineering: With Examples from the Areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web**,. Springer-Verlag, Nov.
- Gómez-Pérez, A.; Manzano-Macho, D. (2003) **A survey of ontology learning methods and techniques**. IST Programme of the Commission of the European Communities, Project IST-2000-29243 OntoWeb, mai. 2003. Disponível em: <http://ontoweb.aifb.uni-karlsruhe.de/Members/ruben/Deliverable%201.5> .
- Goth, G. Will the Semantic Web quietly revolutionize Software Engineering? *IEEE Software*, v. 24, p. 100-105, 2007.
- Gruber, T. R. (1995) **Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing**. International Journal of Human-Computer Studies, v. 43, p. 907-928.
- Guarino, N. (1997) **Understanding, building, and using ontologies: a commentary to using explicit ontologies in KBS development**. International Journal of Human and Computer Studies, v. 46, p. 293-310.
- Handschuh, S.; et al. (2003) **KAON — the Karlsruhe Ontology and Semantic Web Infrastructure**. Technical Report, Forschungszentrum Informatik Karlsruhe, 2001. Disponível em: <http://kaon.semanticweb.org/papers>. Acesso em: out. 2003.
- Hristozova, M.; Sterling, L. (2003) **Experiences with ontology development for value-added publishing**. In: International Joint Conference On Autonomous Agents And Multi-Agent Systems, Workshop on Ontologies in Agent Systems, Melbourne, jul. 2003. Disponível em: <http://oas.otago.ac.nz/OAS2003/papers/oas03-hristozova.pdf>

- Lu, S., Dong, M., Fotouhi, F. (2002) **The Semantic Web: Opportunities and challenges for next-generation Web applications**. In: Information Research. Volume 7, Issue 4. Disponível em: <http://informationr.net/ir/7-4/paper134.html>.
- López, F.M. (1999) **Overview of methodologies for building ontologies**. In: International Joint Conference On Artificial Intelligence, Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5), Estocolmo.
- Maedche, A.; *et al.* (2002) **SEAL – Tying up information integration and Web site management by ontologies**. IEEE-CS Data Engineering Bulletin, Mar. 2002.
- Reinhard, A. (1995) **New ways to learn**. Byte. Vol. X. No #., Mar. 1995. pp. Nnnn. Disponível em: <http://www.byte.com/art/9503/sec7/art1.htm>.
- Scheiber, G. (1999) **Knowledge engineering and management**. Cambridge: The IT Press, 1999, 465p.
- Shum, S. B.; Motta, E.; Domingue, J. (2000) **ScholOnto: an ontology-based digital library server for research documents and discourse**. Int. J. on Digital Libraries 3(3): 237-248.
- Staab, S.; Maedche, A. (2000) **Ontology engineering beyond the modeling of concepts and relations**. European Conference On Artificial Intelligence, 14, Workshop on Applications of Ontologies and Problem-Solving Methods, Berlin.
- Uschold, M.; Gruninger, M. (1996) **Ontologies: principles, methods and applications**. Knowledge Engineering Review, v. 11, n. 2.
- Warren, P. (2006) Knowledge management and the Semantic Web: from scenario to technology. *IEEE Intelligent Systems*, v. 21, n. 1, p. 53-59.
- W3C: World Wide Web Consortium (2003). **Semantic Web**. Disponível em: <http://www.w3.org/2001/sw/>.
- W3C: World Wide Web Consortium (2004). **OWL Web Ontology Language Overview**. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- W3C: World Wide Web Consortium (2007). **Semantic Web**. 2007. Disponível em: <http://www.w3.org/2007/03/layerCake.png>
- Zdrahal, Z. Mulholland, P.; Domingue, J.; Hatala, M. (2000) **Sharing Engineering Design Knowledge in a Distributed Environment**. In: Behaviour and Information Technology, 19(3), p. 189-200.