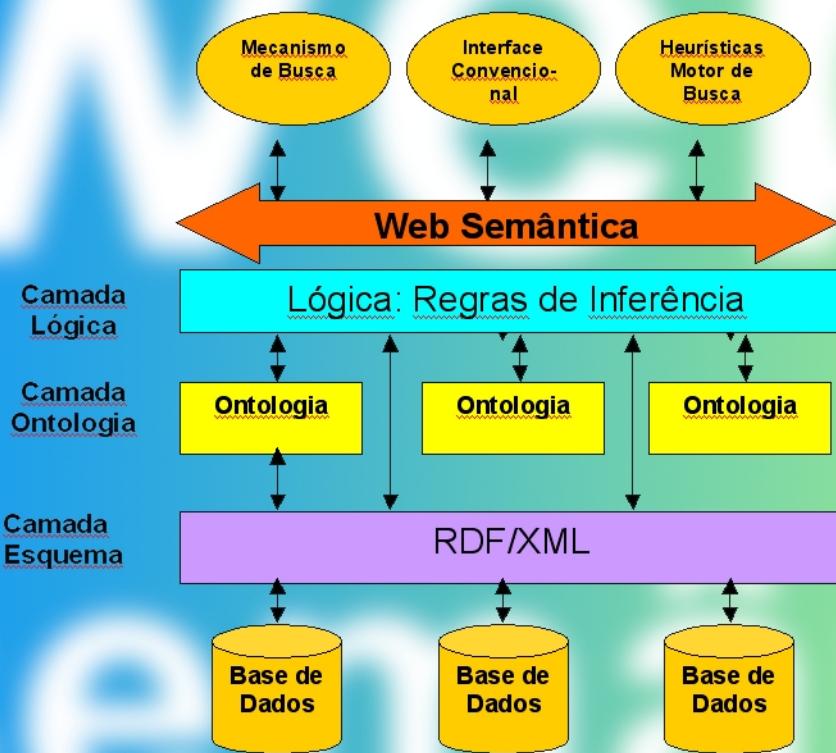


ISSN 1677-9274

## Web Semântica: Estudo Preliminar



## **República Federativa do Brasil**

*Fernando Henrique Cardoso*  
Presidente

## **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Marcus Vinicius Pratini de Moraes*  
Ministro

## **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa**

### **Conselho de Administração**

*Márcio Fortes de Almeida*  
Presidente

*Alberto Duque Portugal*  
Vice-Presidente

*Dietrich Gerhard Quast*  
*José Honório Accarini*  
*Sérgio Fausto*  
*Urbano Campos Ribeiral*  
Membros

### **Diretoria Executiva da Embrapa**

*Alberto Duque Portugal*  
Diretor-Presidente

*Bonifácio Hideyuki Nakasu*  
*Dante Daniel Giacomelli Scolari*  
*José Roberto Rodrigues Peres*  
Diretores-Executivos

## **Embrapa Informática Agropecuária**

*José Gilberto Jardine*  
Chefe-Geral

*Tércia Zavaglia Torres*  
Chefe-Adjunto de Administração

*Kleber Xavier Sampaio de Souza*  
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

*Álvaro Seixas Neto*  
Supervisor da Área de Comunicação e Negócios

# **Documentos 18**

## **Web Semântica: Estudo Preliminar**

Luiz Manoel Silva Cunha

Campinas, SP  
2002

**Embrapa Informática Agropecuária**  
**Área de Comunicação e Negócios (ACN)**  
Av. André Tosello, 209  
Cidade Universitária "Zeferino Vaz" – Barão Geraldo  
Caixa Postal 6041  
13083-970 – Campinas, SP  
Telefone: (19) 3789-5743 - Fax (19) 3289-9594  
URL: <http://www.cnptia.embrapa.br>  
e-mail: sac@cnptia.embrapa.br

### **Comitê de Publicações**

*Amarindo Fausto Soares*  
*Ivanilde Dispato*  
*José Ruy Porto de Carvalho (Presidente)*  
*Luciana Alvim Santos Romani*  
*Marcia Izabel Fugisawa Souza*  
*Suzilei Almeida Carneiro*

### **Suplentes**

*Adriana Delfino dos Santos*  
*Fábio Cesar da Silva*  
*João Francisco Gonçalves Antunes*  
*Maria Angélica de Andrade Leite*  
*Moacir Pedroso Júnior*

Supervisor editorial: *Ivanilde Dispato*  
Normalização bibliográfica: *Marcia Izabel Fugisawa Souza*  
Capa: *Intermídia Produções Gráficas*  
Editoração eletrônica: *Intermídia Produções Gráficas*

**1<sup>a</sup>. edição**  
on-line - 2002

### **Todos os direitos reservados**

---

Cunha, Luiz Manoel Silva.

Web semântica: estudo preliminar / Luiz Manoel Silva Cunha. –  
Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2002.  
22 p. : il. – (Documentos / Embrapa Informática Agropecuária ; 18)

ISSN 1677-9274

1. Web semântica. 2. Ontologia. 3. Representação do conhecimento. 4.  
Agente inteligente. 5. Metadado. 6. Linguagem de marcação. I. Título. II.  
Série.

CDD – 21<sup>st</sup> ed.  
004.678

---

# Autor

## **Luiz Manoel Silva Cunha**

M.Sc. em Ciência da Computação e Matemática Computacional, Técnico de Nível Superior III, Embrapa Informática Agropecuária, Caixa 6041, Barão Geraldo – 13083-970 – Campinas, SP.

Telefone (19) 3789-5748 – e-mail: luizm@cnptia.embrapa.br



# **Apresentação**

A World Wide Web (Web) foi criada com a visão de que seria um espaço onde a informação teria um significado bem definido, facilitando a cooperação e a comunicação entre as pessoas e os agentes computacionais. No entanto, o que se vê hoje é uma Web voltada mais para a comunicação entre os humanos.

A Web Semântica é uma evolução da Web atual, onde busca-se incluir mecanismos que capturem o significado das páginas, criando um ambiente no qual os computadores possam processar e relacionar conteúdos provenientes de várias fontes. Dentro deste contexto, estão sendo desenvolvidos projetos com objetivo de definir uma linguagem para descrever informações/conteúdos e um conjunto de regras de inferências que os agentes computacionais possam utilizar para processá-los, o que requer à associação de um conjunto de tecnologias de informações e conhecimentos.

O objetivo deste documento é mostrar o resultado de um estudo preliminar que buscou conhecer um conjunto de tecnologias de informação, que está sendo considerada como a base para o desenvolvimento de aplicações para a Web Semântica, segundo a literatura abordada.

Dessa forma, acredita-se estar contribuindo para que a Embrapa Informática Agropecuária possa atender, da melhor forma possível, as demandas de desenvolvimento de Sistema de Informação para Web.

*José Gilberto Jardine*  
Chefe-Geral



# Sumário

<b>Introdução .....</b>	9
<b>Web x Web Semântica .....</b>	10
<b>Representação do Conhecimento .....</b>	13
<b>Ontologia .....</b>	14
<b>Agentes Inteligentes .....</b>	15
<b>Metadados .....</b>	15
<b>Arquitetura de Descrição de Recursos.....</b>	16
<b>Tipos de Linguagens para a Construção da Web Semântica .....</b>	17
<b>Considerações Finais .....</b>	19
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	21



# **Web Semântica: Estudo Preliminar**

---

*Luiz Manoel Silva Cunha*

## **Introdução**

A World Wide Web (Web) é hoje considerada como a maior fonte de disseminação de informações, abrangendo, praticamente, todas as áreas do conhecimento. Devido a sua extensão há dificuldades para localização, acesso, apresentação e manutenção da informação. Estas estimulam pesquisas e integração de várias áreas do conhecimento visando solucionar as dificuldades mencionadas.

A Web Semântica propõe-se a estruturar e dar semântica aos dados, o que facilitará a construção de aplicações visando diminuir ou eliminar as dificuldades relacionadas. Com isso o acesso a informação se tornará mais eficiente e preciso.

Este trabalho tem por objetivos reunir informações e conceitos sobre Web Semântica; abordar alguns aspectos relevantes para construção de aplicações envolvendo questões semânticas na Web; identificar o nível de conhecimento requerido para o desenvolvimento de aplicações para esta nova Web; e iniciar estudos na área. Por se tratar de um primeiro trabalho, não tivemos a pretensão de esgotar o assunto e discuti-lo profundamente.

Inicialmente, apresenta-se uma breve introdução sobre a Web, o que venha ser Web Semântica e a arquitetura que está sendo proposta. Em seguida, alguns aspectos importantes para a construção de aplicações

para a Web Semântica serão abordados, são eles: formas de representar o conhecimento; ontologia, o que é e a sua importância para este contexto; agentes inteligentes, para que servem; metadados, como e para que são utilizados; Arquitetura de Descrição de Recursos e alguns tipos de linguagem de programação utilizadas. Considerações finais serão apresentadas, assim como, áreas de pesquisa da Embrapa Informática Agropecuária interessantes para utilização da Web Semântica.

## Web x Web Semântica

A Web é uma ampla fonte de disseminação de informações nas principais áreas de conhecimento e fornecedora de diversos serviços, tais como: buscas de informação e de notícias, comércio eletrônico e diversão.

Conforme Moura (2002) e Bonifácio & Heuser (2002) a Web apresenta problemas de localização, acesso, apresentação e manutenção da informação por parte dos usuários. Eles são oriundos de vários fatores: compartilhamento de recursos distribuídos, autônomos, heterogêneos, a falta de um padrão mínimo para exibição da informação, estruturação do conteúdo dos documentos e ferramentas mais eficientes de ajuda à navegação sobre os dados.

Dado a importância da Web para os diversos ramos da ciência, tem levado pesquisadores a buscar soluções de integração, intercâmbio e entendimento semântico sobre informações que circulam nela. Tais soluções buscam por intermédio da criação de padrões, arquiteturas de metadados, serviços de inferências e ontologias, dentre outras, a melhor forma de tornar a informação também comprehensível pela máquina (Moura, 2002).

Um outro ponto que tem demandado um grande esforço em pesquisas é o de indexação de informação. Segundo Rubens Queiroz, do Centro de Computação da Unicamp, “as tags da linguagem *HyperText Markup Language* (HTML) são limitadas não permitindo atribuir significado à informação. Elas apenas descrevem como a página deve ser exibida e não oferecem nenhuma descrição dos dados” (Macedo, 2002).

A Web Semântica ou Inteligente está sendo considerada uma extensão da Web com uma estrutura que possibilitará a compreensão e o

gerenciamento dos conteúdos armazenados na Web independente da forma em que estes se apresentam, seja texto, som, imagem e gráfico a partir da valoração semântica desses conteúdos, e através de agentes que são programas coletores de conteúdos advindos de fontes diversas capazes de processar as informações e permutar resultados com programas (Berners-Lee et al., 2001; Moura, 2002).

Segundo Farias & Rosário (2002), “um dos desafios da Web Semântica é criar uma linguagem que seja capaz de expressar ao mesmo tempo o significado dos dados e definir regras para raciocinar sobre os mesmos, de forma a deduzir novos dados e regras e, permitir que regras existentes em sistemas de conhecimento possam ser exportadas para Web”.

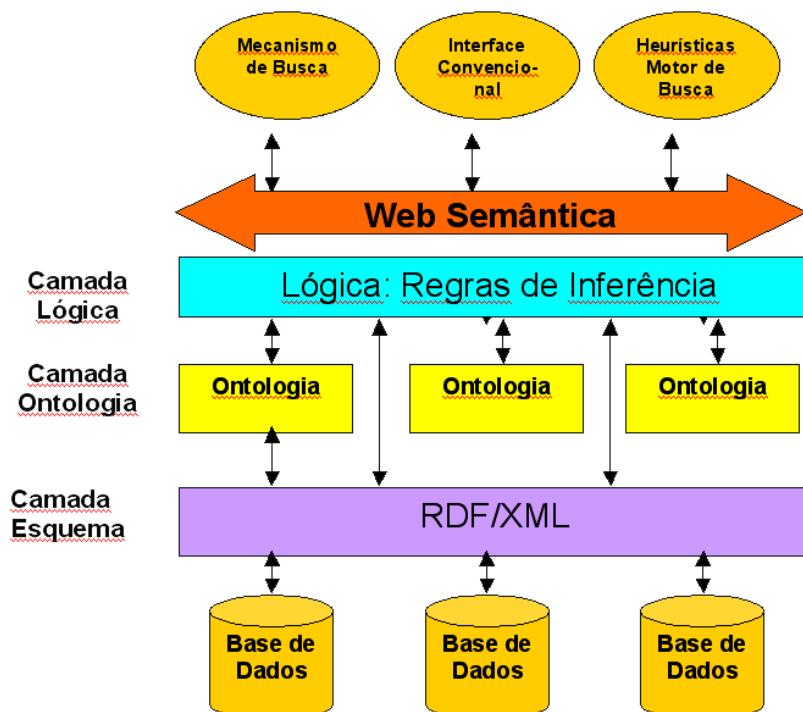
Berners-Lee et al. (2001) afirma que “o desenvolvimento da Web Semântica, se dará a partir do uso intensivo de metadados, visando fornecer acesso automatizado à informação com base no processamento de dados e heurísticas feito por máquinas. A integração das tecnologias *eXtensible Markup Language* (XML), *Resource Description Framework* (RDF), padrões de metadados, ontologia e entre outras permitirá o fornecimento de serviços Web com maior qualidade e, também, a possibilidade de inferir novos conhecimentos”.

Os aspectos tais como: interoperabilidade e cooperação entre múltiplas fontes de informações, retratando diferenças sintáticas, semânticas e estruturais entre sistemas são também importantes para a Web Semântica e geradores de várias pesquisas. Segundo Moura (2002) eles têm sido apontados como problemas para o contexto da Web Semântica, mas os softwares Mediadores e *Middlewares* (Marino, 2001) têm sido utilizados como proposta de solução.

A utilização das arquiteturas de metadados é importante para as aplicações que trocam dados estruturados na Web, pois fornecem suporte à codificação, transporte e a interoperabilidade semântica, sintática e estrutural a uma variedade de metadados desenvolvidos de forma independente (Moura, 2002). Para a implementação destes tipos de interoperabilidade é necessário a utilização de tecnologias, tais como: arquitetura RDF (Hayes, 2002), linguagem de marcação XML (Duarte & Furtado Júnior, 2002) e o emprego de padrões de metadados (Deng, 2002). Elas visam atender à trilogia da interoperabilidade, conforme os níveis mais elevados de abstração.

Conforme descrito em Afonso (2001), a arquitetura mostrada na Fig. 1 é sugerida para a Web Semântica. Esta é composta de três camadas:

- Camada Esquema - responsável por estruturar os dados e definir seu significado para que possa elaborar um raciocínio lógico. Esta camada é o primeiro passo em direção a Web Semântica.
- Camada Ontologia - responsável por definir relações entre os dados. Neste momento, se dá um entendimento comum e compartilhado de um domínio.
- Camada Lógica - responsável por definir mecanismos para fazer inferência sobre os dados. Composta por um conjunto de regras de inferência que os agentes poderão utilizar para relacionar e processar informações.



**Fig. 1.** Arquitetura da Web Semântica.

## Representação do Conhecimento

Para a Web Semântica funcionar, os computadores devem ter acesso às coleções de informações estruturadas e, a um conjunto de regras de inferência que podem ser utilizadas para levar ao raciocínio automatizado. Os investigadores da área de Inteligência Artificial (IA) começaram estudar tais sistemas antes mesmo da criação da Web (Lira & Fantinato, 2002; Oliveira, 2002).

A manifestação inteligente pressupõe aquisição, armazenamento e inferência de conhecimento. Para que o conhecimento possa ser armazenado é essencial que se possa representá-lo. Grande parte do esforço em IA tem se concentrado em buscar ou aperfeiçoar formalismo para a representação do conhecimento.

Os estudos sobre Representação do Conhecimento (RC) estão, em boa parte, ligados à hipótese da representação do conhecimento de que qualquer processo inteligente realizado por uma máquina que, deve conter uma estrutura que permita uma descrição proposicional do conhecimento exibido pelo processo, e que, independentemente de uma semântica, tenha um papel formal, causal e essencial na geração do comportamento que manifesta tal conhecimento.

As Redes Semânticas, as Árvores de Decisão entre outros paradigmas ou técnicas estão sendo utilizados como instrumentos de RC (Lira & Fantinato, 2002). Além destes, é possível, também, a utilização de linguagens que permitem agentes de software<sup>1</sup> trocarem conhecimentos, bases de conhecimento, máquinas de aprendizado e redes neurais. A utilização de base probabilística (Oliveira, 2002) e frames também são outros instrumentos utilizados para representar o conhecimento.

---

<sup>1</sup> Agentes de software – funcionam sem necessidade de controle direto ou supervisão permanente para cumprir demandas estabelecidas por um usuário.

## Ontologia

Ontologia fornece um entendimento comum e compartilhado de um domínio, que pode ser comunicado através de pessoas e sistemas de aplicação, tornando-se fator chave para o desenvolvimento da Web Semântica (Berners-Lee et al., 2001; Bonifácio & Heuser, 2002).

A ontologia tem um papel crucial no sentido que permite o acesso, a interoperação e a comunicação baseados em conteúdo, fornecendo à Web um nível de serviço qualitativamente novo, que consideramos na Web Semântica. Ela une em rede incríveis porções do conhecimento humano, complementando-as com capacidade de processamento de máquina.

A utilização das ontologias vêm sendo aplicadas no gerenciamento de dados semi-estruturados como um suporte semântico para acesso de determinadas informações de interesses presentes em um conjunto de fontes semi-estruturada. Segundo Moura (2002), a utilização de ontologias permite lidar com conceitos, representando-os formalmente, e de se livrar de problemas inerentes ao vocabulário da linguagem natural tais como homônima<sup>2</sup>, sinônima<sup>3</sup>, metonímia etc.; reutilização do conhecimento; formular consultas que levam em conta a semântica do domínio; que a intenção de consulta do usuário esteja concentrada nos conceitos do domínio e seus relacionamentos e não nas estruturas lógicas de representação de dados semi-estruturados.

Segundo Jasper & Uschold (2002), facilidades de documentação, manutenção e confiabilidade também são características importantes das ontologias assim como as propriedades compartilhamento e filtragem. Conforme Moura (2002), ambas, por definição, levam em consideração somente a parte da realidade, e a vantagem de utilização está na habilidade de deixar de lado muitas características indesejáveis. Staab & Maedche (2002) afirmam que “ontologia permite acesso inteligente aos documentos na Web e infere ou deduz o conhecimento implícito das regras e fatos declarados explicitamente na ontologia”.

---

<sup>2</sup> Homônima - propriedade de quem é homônimo (mesmo nome).

<sup>3</sup> Sinônima - qualidade ou caráter de sinônimo.

## Agentes Inteligentes

Os Agentes Inteligentes são sistemas automatizados (hardware ou software), contendo mecanismos de IA, capazes de tomar decisões e auto-melhorar seu desempenho (Moura, 2002; Berners-Lee et al., 2001). O objetivo é permitir que a inteligência seja distribuída remotamente ou que indivíduos possam tomar decisões de forma autônoma, aumentando assim a eficiência de sistemas computacionais. Os Agentes Inteligentes devem possuir as seguintes características:

- autonomia: trabalhar sem intervenção humana;
- habilidade social: saber interagir com humanos ou outros agentes;
- reatividade: poder receber estímulos do ambiente e responder em tempo hábil;
- pró-atividade: ter comportamento direcionado a um objetivo, tomando a iniciativa da ação sem precisar esperar estímulos;
- mobilidade: locomover-se para outros ambientes; e
- continuidade temporal: funcionar continuamente.

Na Internet, os agentes inteligentes são chamados de *Intelligent Web Agents* e servem principalmente para explorar serviços na Web e entender regularidades geradas pela Web. Quando existem vários Agentes Inteligentes atuando de forma integrada e cooperativa, o sistema é chamado de Multi-Agentes. Geralmente, cada agente inteligente possui conhecimentos próprios e diferentes. Este indivíduos interagem entre si, compartilhando informações e conhecimento para soluções de problemas mais complexos, os quais dificilmente seriam resolvidos por qualquer um dos indivíduos de maneira isolada.

## Metadados

Os Metadados são considerados como sendo “dados sobre dados”, ou dados sobre os sistemas que operam com estes dados. A finalidade principal é documentar e organizar de forma estruturada os dados com objetivo de minimizar duplicação de esforços e facilitar a manutenção dos dados.

Eles podem ser incorporados em qualquer arquivo cujo o dado básico necessita de informação adicional. Dessa forma, os metadados são utilizados para descrever as características do recurso e seus relacionamentos.

Uma das aplicações dos metadados é na formação de dicionários de informações. Nestes são descritas informações que dizem respeito à origem dos dados, do formato dos dados, do fluxo dos dados, das regras de transformações entre outros aspectos.

O uso de metadados é recomendado quando o dado primário vai ser compartilhado por muitos usuários e parte destes não terão acesso aos metadados, a menos que esteja junto com o dado primário. Além disso, os metadados facilitam na orientação, no desenvolvimento e descrição de documentos eletrônicos. Segundo Moura (2002), três aspectos são importantes no desenvolvimento de metadados: descrição dos recursos, produção e uso de metadados.

## Arquitetura de Descrição de Recursos

O principal objetivo de uma arquitetura de metadados é representar e dar suporte ao transporte de uma grande variedade de esquemas de metadados num ambiente distribuído permitindo a interoperabilidade nos níveis sintático, estrutural e semântico.

Várias arquiteturas tem sido propostas e desenvolvidas no últimos anos, todas visando possibilitar a interoperabilidade entre provedores, catálogos e indexadores de modo permitir maior eficiência na descoberta de recursos de informação na Web. Dentre as arquiteturas propostas e já desenvolvidas, a *Resource Description Framework* (RDF) é a que se destaca, por se tratar de uma iniciativa do consórcio *World Wide Web Consortium* (W3C) e por ter se tornado a plataforma de desenvolvimento de aplicações na Web.

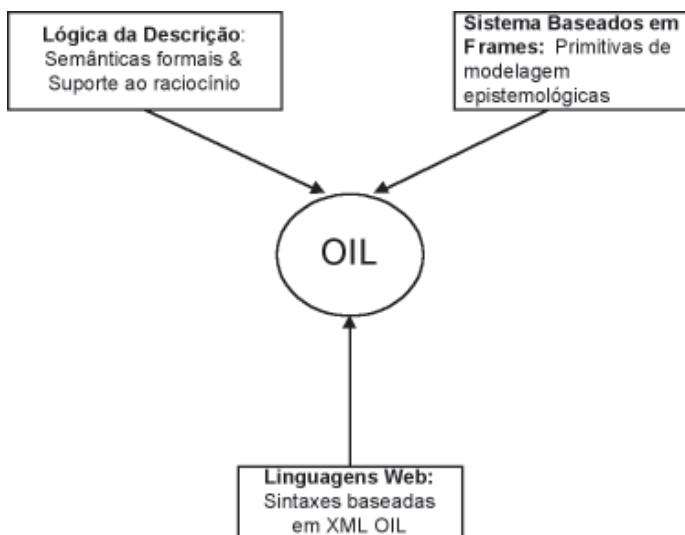
O objetivo principal da arquitetura RDF é definir um mecanismo para descrever recursos não vinculados a um domínio específico de aplicação. RDF facilita o intercâmbio de informações, que podem ser interpretadas por máquinas, entre aplicativos via Web, permite adicionar semântica formal para a Web e, também, o compartilhamento de conhecimento.

## Tipos de Linguagens para Construção da Web Semântica

A XML é linguagem de marcação de dados (*meta-markup language*) utilizada para descrever dados estruturados. Como facilidades XML oferece: meios para declaração de conteúdos de forma mais precisas; mecanismos de recuperação de dados em múltiplas plataformas; regras de formatação de documentos muito mais rígidas do que as oferecidas em HTML; e condições para criar um número infinito de tags para dados estruturados (Duarte & Furtado Júnior, 2002). Outra característica importante da XML é a permissão para analisar se a estrutura do documento está bem formada, isto é possível através da utilização do mecanismo *Document Type Definitions* (DTD). Em XML os documentos são arquivos do tipo texto, o que facilita a depuração das aplicações.

A linguagem *XML-based Ontology Exchange Layer* (XOL) fornece um formato que permite o intercâmbio de definições contidas em um conjunto de ontologias que se relacionam (Karp et al., 1999). Estas definições são utilizadas para codificar as informações do esquema (metadados), como as definições das classes dos objetos das bases de dados bem como as informações que não fazem parte do esquema, como as definições dos objetos a partir dos objetos das bases de dados. A sintaxe da XOL baseia-se em XML (<http://www.w3.org/TR/REC-xml>), por ser razoavelmente simples de ser validada. Já as semânticas da XOL, baseiam-se em *Open Knowledge Base Connectivity*(OKBC)-Lite (<http://www.ai.sri.com/~okbc/>), um modelo de conhecimento simplificado.

A *Ontology Inference Layer* (OIL) é uma linguagem para a representação de ontologias que: fornece a maior parte das primitivas de modelagem utilizadas em ontologias baseadas em *frames*; possui semânticas simples, claras e bem definidas, baseadas na lógica de descrição (*Description Logic* – DL); e apresenta suporte para dedução automática (Horrocks et al., 2002). Embora as linguagens XOL e OIL apresentem muitas semelhanças elas diferem em termos de suporte computacional, característica na qual OIL leva vantagem. A linguagem OIL estende a XOL, fornecendo uma série de construções comuns em ontologias definidas em lógica de descrição, e que não são possíveis de se expressar em XOL. Além disso, OIL possui ferramentas de suporte que facilitam a edição e validação de ontologias. A Fig. 2 apresenta os blocos que compõe a linguagem OIL.



**Fig. 2.** Linguagem OIL.

Segundo Luke & Heflin (2002), *Simple HTML Ontology Extensions* (SHOE) “é uma linguagem que estende a linguagem HTML com tags orientadas a conhecimento. Conceitos e regras de inferência disponíveis em ontologias são referidos em SHOE e habilitam a descoberta de conhecimento implícito em documentos da Web. Esta linguagem faz parte de um ambiente cuja arquitetura é composta por ontologias, uma ferramenta de marcação que produz novos documentos, um browser chamado *Exposé* e uma base de conhecimento chamada *Parka*. Os conhecimentos expressados em SHOE são descobertos em documentos através do *Exposé* e adicionado à *Parka*”.

A linguagem DAML (Moura, 2002) foi desenvolvida como uma extensão para XML e RDF. A última versão da linguagem (DAML+OIL) fornece um rico conjunto de construções com o objetivo de criar ontologias e marcar informações de forma que seja compreendido e legível por máquina. A DAML possui uma infra-estrutura básica que permite às máquinas realizarem a mesma classificação de inferências que os seres humanos fazem. A DAML+OIL está sendo proposta como padrão para representação de ontologias e metadados pela W3C.

## Considerações Finais

Durante a fase de levantamento de documentos foram encontrados vários artigos publicados por pesquisadores brasileiros e estrangeiros referentes aos assuntos abordados neste documento, significando que este é um tema relevante para diversas áreas da ciência. No exterior vários eventos estão sendo realizados visando a disseminação do conhecimento e troca de experiência sobre o assunto. No Brasil, mesmo com um grupo bastante significativo de pesquisadores trabalhando em Web Semântica, percebe-se que o assunto ainda está restrito a esfera acadêmica, muitos estudos e poucos são os produtos acabados.

Para desenvolver aplicações para Web Semântica é requerido do desenvolvedor um conjunto de habilidades, competências e conhecimentos que nem sempre o mesmo possui. A formação de grupos multidisciplinares é uma solução bastante interessante, não só pela interação e integração de profissionais das várias áreas do conhecimento como também pela oportunidade de desenvolverem novas competências para este novo desafio.

Com relação a linguagem de programação XML a mesma tem sido bastante utilizada no desenvolvimento de aplicações para Web Semântica devido às facilidades apresentadas.

O desenvolvimento de ontologias tem sido considerado como um dos componentes principais. Segundo pesquisadores envolvidos no desenvolvimento de sistemas de informação para Web Semântica, a integração de ontologias contribuirá muito para a criação de ambientes, sistemas e arquiteturas mais sólidas e, também, para o desenvolvimento e a consolidação de várias atividades na Web, tais como: mecanismos de buscas mais precisos; prover a interoperabilidade entre serviços e aplicações, além do entrelaçamento semântico entre os conteúdos das páginas.

Visando a melhoria do padrão de qualidade dos sistemas de recuperação de informação para Web, gerados pela Embrapa Informática Agropecuária, entende-se que a adoção, cada vez maior, de padrões e tecnologias de processar e compartilhar dados será de fundamental importância para que estes possam vir a ser utilizados na Web do Futuro (Macedo, 2002).

Estes padrões e tecnologias permitirão aos interessados recuperarem o que realmente eles desejam e não o que o sistema oferece, o que hoje acontece na maioria das vezes. Um outro aspecto importante é que como o domínio destas tecnologias a equipe técnica da Unidade estará melhor capacitada para atender demandas de desenvolvimento de aplicações para as seguintes áreas de pesquisa: Gestão de Conhecimento, BioInformática, Sistema de Informação Geográfica e Agricultura de Precisão.

## Referências Bibliográficas

AFONSO, M. M. R. **Semantic web.** Porto: Universidade do Porto, 2001. 9 p. Disponível em: <<http://www.fe.up.pt/~mgi00014/ari/SW.doc>>. Acesso em: 01 nov. 2002.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web – a new form of the Web content that is meaningful to computer will unleash a revolution of new possibilities. **Scientific American**, May 17, 2001. Disponível em:

[http://www.sciam.com/print\\_version.cfm?articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21](http://www.sciam.com/print_version.cfm?articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21). Acesso em: 05 jul. 2002.

BONIFÁCIO, A. S.; HEUSER, C. A. **Ontologias e consultas semânticas:** uma aplicação ao caso Lattes. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/ailton/Trabalhos/SemanaAcad-2002%20-%20Ailton%20-%20Final.htm>>. Acesso em: 14 ago. 2002.

DENG, Y. The metadata architecture for data management in web-based choropleth maps. Disponível em: <<http://www.cs.umd.edu/projects/hcil/census/JavaProto/metadata.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2002.

DUARTE, O. C. M. B.; FURTADO JUNIOR, M. B. **Tutorial XML.** Disponível em: <[http://www.gta.ufrj.br/grad/00\\_1/miguel/](http://www.gta.ufrj.br/grad/00_1/miguel/)>. Acesso em: 13 ago. 2002.

FARIAS, C. G. de; ROSÁRIO, G. **Uma análise da web semântica e suas implicações no acesso à informação.** Disponível em: <<http://maae.deinf.ufma.br/Ensino/IA/Uma%20An%C3%A1lise%20da%20Web%20Sem%C3%A2ntica%20e%20suas%20Implica%C3%A7%C3%A7%C3%B5es%20no%20Acesso%20%C3%A0%20Informa%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2002.

HAYES, P. J. **RDF semantics.** Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/rdf-mt/>>. Acesso em: 12 set. 2002.

LUKE, S.; HEFLIN, J. **SHOE 1.01:** proposed specification. Disponível em: <<http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/spec.html>>. Acesso em: 24 ago. 2002.

- HORROCKS, I.; FENSEL, D.; BROESKSTRA, J.; DECKER, S.; ERDMANN, M.; GOBLE, C.; VAN HARMELEN, F.; KEIN, M.; STAAB, S.; STUDER, R.; MOTTA, E. **The ontology layer oil.** Disponível em:  
<http://www.ontoknowledge.org/oil/TR/oil.long.html>. Acesso em: 12 set. 2002.
- JASPER, R.; USCHOLD, M. **A framework for understanding and classifying ontology applications.** Disponível em:  
<http://sern.ucalgary.ca/KSI/KAW/KAW99/papers/Uschold2/final-ont-apn-fmk.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2002.
- KARP, P. D.; CHAUDHRI, V. K.; THOMERE, J. **XOL:** an XML-based ontology exchange language, version 0.4, 1999. Disponível em:  
<http://www.ai.sri.com/pkarp/xol/xol.html>. Acesso em: 20 ago. 2002.
- LIRA, G. da S. de; FANTINATO, M. **Engenharia e representação do conhecimento.** Disponível em:  
<http://www.din.uem.br/~ia/conhecimento/index.htm>. Acesso em: 20 ago. 2002.
- MACEDO, M. O futuro da Internet: qual o sentido da web. **ComCiência – Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**, n. 31, abr. 2002. Disponível em <http://www.comciencia.br/reportagens/framereport.htm>. Acesso em: 10 ago. 2002.
- MARINO, M. T. **Integração de informações em ambientes científicos na web: uma abordagem baseada na arquitetura RDF.** 2001. 197 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Matemática - Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MOURA, A. M. de C. **A web semântica:** fundamentos e tecnologias. Rio de Janeiro: IME, 2002. Disponível em:  
<http://ipanema.ime.eb.br/~anamoura/publicacoes.html>. Acesso em: 10 jul. 2002.
- OLIVEIRA, R. M. V. B. **Web semântica:** novo desafio para os profissionais da informação. Campinas: Puccamp, 2002. 16 p. No prelo.
- STAAB, S.; MAEDCHE, A. **Knowledge portals – ontologies at work.** Disponível em:  
[http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/Publ/2001/KP-OaW\\_sstama\\_2001.pdf](http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/Publ/2001/KP-OaW_sstama_2001.pdf). Acesso em: 24 out. 2002.



---

*Informática Agropecuária*