

3. ONTOLOGIAS

Neste capítulo serão abordados aspectos relacionados com a semântica do conteúdo presente nos cursos de Educação a Distância. Esse conceito será abordado na descrição da chamada Web Semântica e do conceito de ontologia. Os conceitos, tipos, critérios e metodologias de construção, linguagens e ambientes de construção de ontologias serão discutidos.

3.1. Introdução

Como observado por Fensel et al (2002), na Web existem servidores que alocam bilhões de documentos, os quais são acessados por milhões de pessoas. Esses documentos são preparados para a leitura humana. Não trazem, em si, nenhum significado para ser interpretado pelo computador (BERNERS-LEE et al, 2002). A busca por um tema pode trazer milhares de referências que não têm significado para o que se está buscando. Por exemplo, uma busca pela palavra “macaco” no Google¹ traz tanto referências sobre o animal quanto sobre grupos, pessoas, horóscopo chinês, músicas etc. Mesmo colocando “macaco animal” ainda surgem referências não relacionadas diretamente com o intuito da busca.

A proposta feita por Tim Berners-Lee para Web Semântica é justamente colocar significados nos documentos para que as máquinas também possam entendê-los. A proposta é poder acessar coleções estruturadas de informação e conjuntos de regras de inferências para conduzir a um raciocínio automatizado.

¹ www.google.com.br

Não se espera que a Web Semântica venha substituir a Web como se conhece hoje. Ela vem somar esforços para oferecimento de serviços na Web de forma mais adequada e eficiente.

A Web Semântica pode ser abordada de várias formas. Uma delas é visualizá-la como uma estrutura inter relacionada de tecnologias (Figura 3.1.).

Na base das tecnologias da Web Semântica está o URI (Uniform Resource Identifier), juntamente com o Unicode. O URI é um conjunto de caracteres para identificação de um recurso físico ou abstrato. Todas as linguagens o usam como identificadores. O Unicode é um sistema de codificação de caracteres projetado para suportar o intercâmbio na web, processar e mostrar textos escritos de diversos idiomas do mundo moderno. Ele define um conjunto universal de caracteres (UNICODE, 2002).

Os Namespaces e a linguagem XML (eXtensible Markup Language) ficam, logicamente, sobre a camada do URI. Como definido pelo W3Consortium em janeiro de 1999 (W3C, 2002a), "Um *namespace* de XML é uma coleção dos nomes, identificada por uma referência de URI que são usados em documentos XML como tipo de elementos e nomes de atributo".

A XML permite aos usuários adicionar uma estrutura arbitrária, contendo a definição de várias *tags* nos seus documentos, sem dizer nada sobre o que essas estruturas significam. Ela pode ser considerada uma representação sintática para as outras linguagens, não traz nenhuma informação semântica.

O XML Schema expressa vocabulários compartilhados, permitindo que máquinas possam realizar referências feitas pelos humanos. O XML Schema fornece meios para definir a estrutura, o índice e a semântica de documentos XML. É um padrão complexo que especifica estruturas e mecanismos para validar o conteúdo dos elementos do XML, especificando uma sofisticada tipagem para cada elemento

(SUN, 2002d). Assim, existem duas tecnologias associadas a XML Schema uma que cuida da estrutura e outra dos tipos de dados.

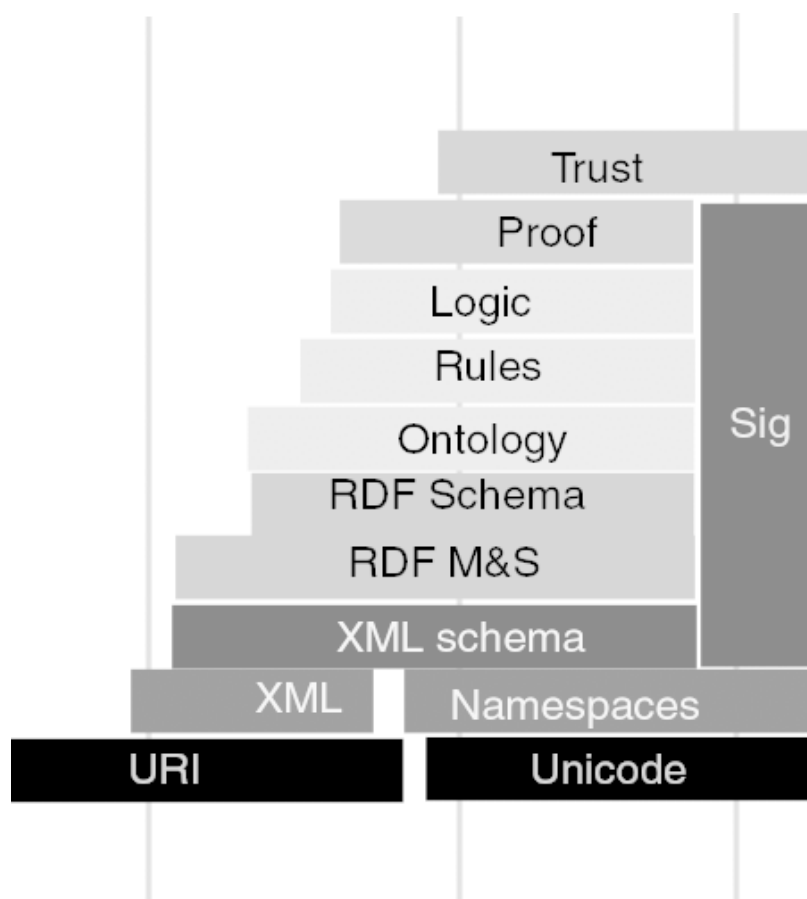


Figura 3.1. Estrutura inter relacionada de tecnologias da Web Semântica.
(Fonte: www.w3.org/2001/Talks/0228-tbl/slide5-0.html)

A RDF (Resource Description Framework) "é uma linguagem de propósito geral para representar informações na Web" (W3C, 2002c). A linguagem RDF expressa o significado, codificando-o em um conjunto de triplas. Cada tripla tem sujeito, verbo e objeto de uma sentença elementar. Essas triplas podem ser escritas em *tags* XML. Assim, a Linguagem RDF descreve relações entre recursos em termos de propriedades e valores.

Já, o RDF Schema define não somente as propriedades dos recursos, mas também os conjuntos de recursos sendo descritos. Com isso, representam-se objetos e classes de objetos.

Na próxima camada, aparecem as ontologias. Como dito em Faria e Girardi (2002), as informações e conceitos que foram definidas em XML e RDF podem ter usado terminologias diferentes, então será necessário existir uma definição da relação entre os conceitos contidos em diferentes documentos. Para isso são utilizadas as ontologias. Ontologias têm um papel fundamental no contexto da Web Semântica. Nesta camada serão construídos os conceitos, termos, relações, axiomas para permitir que as camadas seguintes consigam raciocinar. As ontologias serão descritas com mais detalhes ao longo desse capítulo.

Na camada de regras, é feita a conversão das informações que estão dentro de um documento para outro, criando regras de inferências que serão usadas na próxima camada, a lógica (Berners-Lee, 2002e). Essa camada, em alguns textos (AFONSO, 2002; BERNERS-LEE, 2002a; PALMER, 2002; HAWKE, 2002; SWARTZ, 2002a), nem é citada, fazendo parte da Camada Lógica.

Na camada Lógica, como dito em Berners-Lee (2002e), converte-se o documento em uma linguagem lógica de Turing-Completa, com as inferências e funções necessárias para que quaisquer duas aplicações em RDF sejam conectadas. Essa camada fornece aos agentes regras de inferência para relacionar e processar informações (AFONSO, 2002).

Como no documento existe a representação semântica da informação e essa já passou por várias conversões através das outras camadas, pode-se provar hipóteses a partir dessas informações, ou seja, inferir respostas sobre o documento.

Finalmente, a Assinatura Digital (Sig) é um pequeno código de bits que pode ser usado para verificar a autoria de um documento. Essa assinatura digital é aplicada em várias fases da Web Semântica.

Feita a prova, pode-se agregar à resposta fornecida o grau de confiança naquela informação. Essa é a função da camada Confiança (Trust) na Web Semântica.

Como dito por Afonso (2002), os agentes trabalham acima das camadas (Esquema, Ontologia, Lógica) da Web Semântica, aproveitando todo o conhecimento armazenado. Eles deverão ter a prova de seu raciocínio e verificar a autenticidade das fontes através das assinaturas digitais e daí definir o grau de confiabilidade da informação obtida, podendo variar da rejeição até a completa certeza do resultado.

Faria e Girardi (2002) reafirmam que os agentes terão o poder de raciocinar sobre os termos e os seus significados, que foram definidos na camada de esquema e de raciocinar sobre os relacionamentos entre os conceitos segundo sua definição na camada de ontologias. A idéia é que se tenha agentes interagindo, cooperando e formando cadeias de valor para facilitar a comunicação e a ação humana, podendo até trocar ontologias e adquirirem novas capacidades racionais.

Neste trabalho, utiliza-se a tecnologia de agentes de modo muito simplificado. Os agentes irão apenas acessar a camada de ontologia e identificar os conteúdos pedagógicos de um determinado conceito que deve ser sugerido como reforço a um aluno. Tal funcionamento será mais bem indicado no próximo capítulo.

3.2. Definições de ontologia

Segundo Grubber (1993), "uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização." Conceitualização é um modelo abstrato do mundo que se quer representar e essa representação tem de ser explícita com especificação dos conceitos, propriedades e relações.

Borst (1997) modificou essa definição, afirmando que: "uma ontologia é uma especificação formal de uma conceitualização compartilhada". Assim enfatizou que deve existir um modelo na especificação da ontologia e que a conceitualização deve ser feita de tal maneira a permitir o seu compartilhamento. O conhecimento expresso deve ser do senso comum e não particular a quem está escrevendo.

Studer; Benjamins; Fensel (1998) complementam a definição: "Uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada", retomando o fato da especificação ser explícita.

Uma ontologia pode ser explícita de várias formas: em linguagem natural (extremamente informal), em linguagem natural só que de uma forma estruturada e restrita (semi-informal), em uma linguagem artificial e formalmente definida para a representação (semiformal) ou numa linguagem formal com completude (rigorosamente formal) (USHOLD e GRUNINGER, 1996).

O uso da ontologia traz vários benefícios (NOY e McGUINNESS, 2001; MARIETTO, 2002; FREITAS, 2003). O principal é a possibilidade de comunicação entre pessoas, agentes e sistemas, já que a ontologia permite reuso, mapeamento de formalismos, compartilhamento de conhecimentos, dentre outras finalidades.

Para construir uma ontologia, é necessário decidir o seu tipo, atentar-se aos critérios de construção, usar alguma metodologia para essa construção e definir a linguagem e/ou ambiente a ser usado.

3.3. Classificação e critérios para construção de ontologias

Diferentes tipos de ontologias podem ser definidos, levando-se em consideração o nível de generalidade (GUARINO, 1998): ontologia de nível superior, de domínio, de tarefas e de aplicação.

Uma ontologia de nível superior ou de topo descreve conceitos gerais que são independentes do domínio, representando conceitos de espaço, tempo, eventos, objetos etc.

Uma ontologia de domínio ou de tarefas especializa conceitos da ontologia de topo, descrevendo termos relacionados com um domínio genérico ou tarefas e atividades genéricas. Por exemplo: medicina, informática, meteorologia (ontologias de domínio), diagnóstico, vendas (ontologias de tarefas).

A ontologia de aplicação descreve conceitos de um domínio ou tarefa em particular, especializando-os o máximo possível.

Segundo Gruber (1993a), os critérios a serem observados na construção das ontologias são:

- clareza e objetividade na definição dos termos, provendo inclusive uma documentação em linguagem natural;
- coerência para permitir inferências consistentes com as definições contidas na ontologia;
- extensibilidade para que a ontologia seja capaz de suportar incorporação de novos termos sem ter de revisar conceitos já definidos;
- codificação mínima para não depender de uma tecnologia particular de representação de conhecimento e
- compromisso ontológico mínimo para permitir compartilhamento e reuso da ontologia desenvolvida.

Gómez-Pérez (1999) acrescenta outros critérios:

- identidade - significa que as classes nas ontologias devam ser disjuntas;
- modularidade para facilitar a integração de ontologias;
- padronização de nomes tanto quanto possível e
- os conceitos similares devem ser representados como subclasses.

3.4. Metodologias para construção de ontologias

Não existe consenso sobre como construir uma ontologia. Existem várias propostas na literatura, por exemplo: ENTERPRISE (USCHOLD & KING, 1995); TOVE (GRUNINGER & FOX, 1995); KAKTUS (BERNARAS et al, 1998); METHONTOLOGY (FERNÁNDEZ et al, 1997). Um estudo comparativo pode ser visto em López (1999).

METHONTOLOGY foi desenvolvida pelo Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Politécnica de Madrid (FERNANDEZ et al, 1997). Este método possibilita a construção de ontologias em nível de conhecimento incluindo:

- (1) a identificação do processo de desenvolvimento da ontologia;
- (2) um ciclo de vida que especifica os estágios que a ontologia percorre durante seu tempo de vida e
- (3) a metodologia em si, que determina os passos a serem seguidos em cada atividade, as técnicas usadas, os produtos a serem obtidos e a avaliação. Essa ferramenta é suportada pelo ambiente computacional WebODE (Ontology Design Environment) (VEGA, 2002).

O processo de desenvolvimento da ontologia identifica as tarefas a serem executadas: planejamento, controle, qualidade, especificação, aquisição de conhecimento, conceitualização, integração, formalização, implementação, avaliação, manutenção, documentação e gerenciamento da configuração (FERNÁNDEZ et al. 1997; LÓPEZ, 1999; GOMÉZ-PÉREZ, 1999; BENJAMINS e GÓMEZ-PÉREZ, 2002). O processo está representado na Figura 3.2.

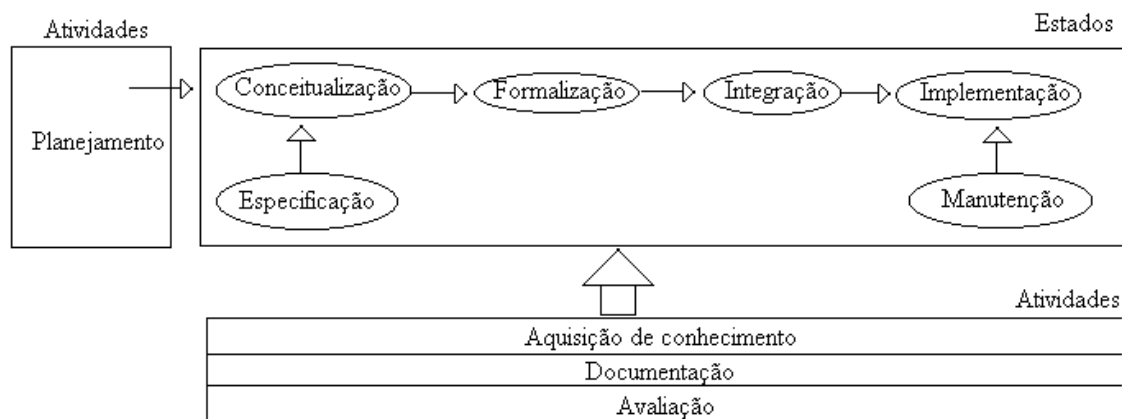


Figura 3.2. METHONTOLOGY
(Fonte: Fernandez et al., 1997)

Na etapa da Especificação deve-se gerar uma descrição da ontologia em Linguagem Natural. O documento deve incluir informações sobre o propósito da ontologia, nível de formalidade da implementação da ontologia e o escopo a ser abrangido.

Na etapa de Conceitualização, são feitas a modelagem conceitual do problema e sua solução. É nessa fase que se constrói o Glossário com todas as representações intermediárias que existem.

Na etapa de Formalização, trabalha-se com as tabelas de axiomas lógicos.

A etapa de Integração exige a procura das chamadas meta-ontologias (ou ontologias gerais) para selecionar termos que possam ser úteis e assim garantir que os conceitos estão alicerçados em termos básicos. A seguir, deve-se procurar por bibliotecas de ontologias para verificar similaridades entre definições. O produto dessa fase é um documento contendo informações sobre os termos da sua conceitualização que foram usados a partir de outras ontologias.

A etapa da Implementação requer o uso de um ambiente (veja próxima seção) que possa gerar a ontologia, se basear e manipular as que foram reusadas. O produto dessa fase é uma ontologia codificada em uma linguagem formal.

A aquisição de conhecimento é feita durante todos os estágios do desenvolvimento da ontologia, sendo que existem várias técnicas para esta atividade (DOMINGUES, 1993).

Uma Documentação é gerada em todas as fases de desenvolvimento da ontologia, traçando o caminho percorrido.

Finalmente, a fase de Avaliação envolve os processos de verificação e validação. A fase de verificação é responsável por observar a corretude da ontologia. O processo de validação verifica se o que foi proposto representa realmente o produto da ontologia.

A escolha pela ferramenta METHONTOLOGY deve-se a vários fatores: é uma indicação da FIPA (FIPA, 2003); a avaliação da ontologia é feita durante do ciclo de vida do desenvolvimento do processo, assegurando a sua eficiência no final; e segundo Fernandez-Lopez (2003) é a mais madura entre as ferramentas disponíveis.

3.5. Linguagens e ambientes para construção de ontologias

São inúmeras as linguagens disponíveis para a construção de ontologias: Ontolingua/KIF (GRUBER, 1993), CycL (LENAT et al., 1990), Loom (MacGREGOR, 1991), Flogic (KIFER et al., 1995), RDF(S) (W3C, 2002c), SHOE (LUKE e HEFLIN, 2002), XOL (KARP et al, 2002), OIL (FENSEL et al, 2002), DAML+OIL (HARMELEN e HORROCKS, 2002), OWL (W3C, 2002h) etc. As linguagens se baseiam em formalismos, tais como: Frames, Lógica de 1^a. Ordem, Lógica Descritiva etc. Veja figura 3.3. para visualizar a relação entre algumas linguagens e seus formalismos.

Já, as ferramentas que auxiliam na construção da ontologia são: Ontolingua Server (FARQUHAR, 1996), Ontosaurus (RUSS, 2004), WebODE (ARPÍREZ et al, 2004), Protegé (NOY e McGUINNESS, 2001), OntoEdit (SURE et al, 2002), Oiled (BECHHOFFER, 2001), WebOnto (ZDRAHAL e DOMINGUE, 1997).

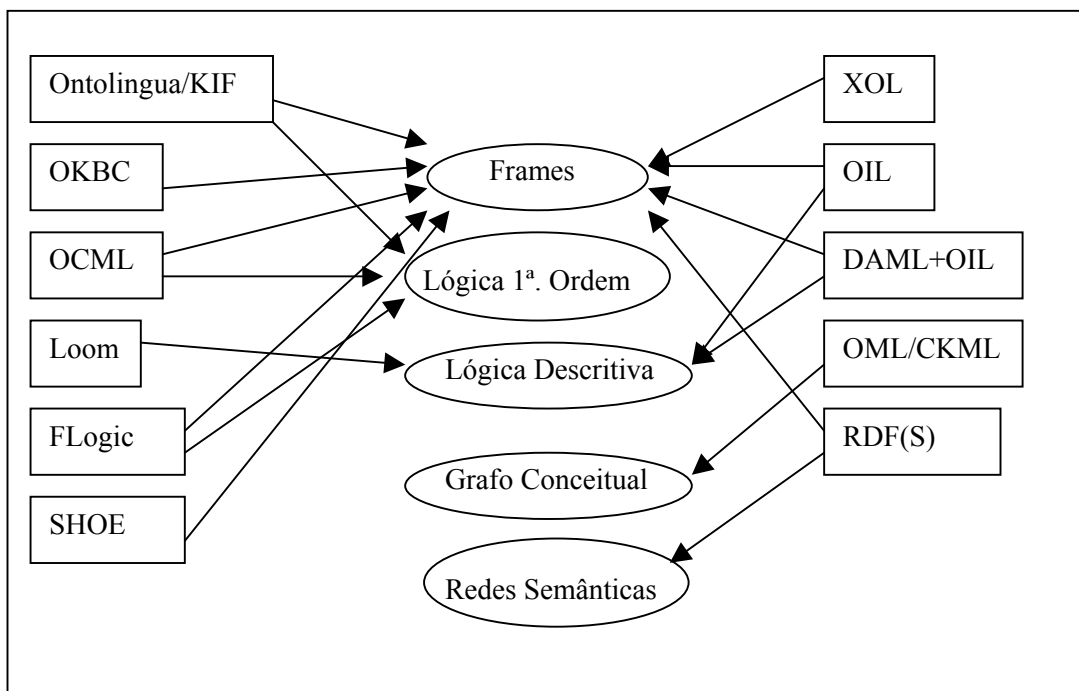


Figura 3.3. Formalismos e Linguagens (Gómez-Pérez et al.2003)

Nos artigos de Gómez-Pérez e Corcho (2002) e Fensel et al (2002) é apresentada uma pirâmide das linguagens de ontologia para Web Semântica. Veja Figura 3.4.

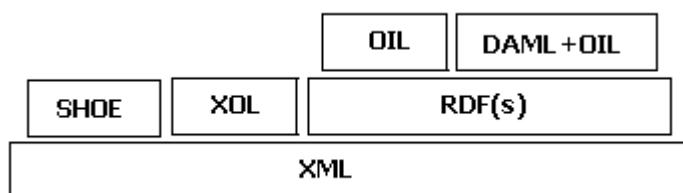


Figura 3.4. As camadas de linguagens de Ontologias.

Na figura 3.4. percebe-se que XML é base do desenvolvimento das linguagens SHOE, XOL e o RDF, enquanto que para o OIL e DAML+OIL, o RDF é a base.

Em fevereiro de 2004, WC3 recomendou a linguagem OWL como uma linguagem para construção de ontologia. O OWL é uma revisão do DAML+OIL e por consequência do RDF, permitindo algumas especificações que não existiam nessas linguagens (W3C, 2002h).

3.5.1. OWL

A OWL (Web Ontology Language) foi recomendada pelo W3C (World Wide Web Consortium) em 10 de fevereiro de 2004. Essa linguagem foi projetada para aplicações que necessitam processar informações. OWL é baseada em XML, RDF e RDF-Schema, oferecendo mecanismos para uma semântica formal. Cabe salientar que a OWL é uma extensão do vocabulário do RDF.

Possui três sublinguagens com aumento de expressividade de semântica. São elas: OWL Lite, OWL DL e OWL Full. OWL Full é a mais expressiva, não sendo considerada uma sublinguagem, mas a própria linguagem OWL sem nenhuma restrição. A OWL DL suporta a Lógica Descritiva e é computável. Traz restrições para assegurar que um procedimento de raciocínio possa existir (W3C, 2004). A OWL Lite é a mais simples, trazendo as restrições da OWL DL e não permitindo algumas operações de conjuntos como união, complemento, disjunção, dentre outros. Ela traz um conjunto mínimo das características da linguagem OWL.

Assim, na OWL Lite aparecem os termos para:

- configurar igualdades: `equivalentClass`, `equivalentProperty` e `sameAs`;
- desigualdades: `differentFrom`, `distinctMembers` e `AllDifferent`;
- características de propriedades: `ObjectProperty`, `DatatypeProperty`, `inverseOf`, `TransitiveProperty`, `SymmetricProperty`, `FunctionalProperty` e `InverseFunctionalProperty`;
- restrições de cardinalidade: `minCardinality`, `maxCardinality`, `cardinality`;
- intersecção de classes: `intersectionOf` etc.

Já para o OWL DL e Full são acrescentados os seguintes termos:

- axiomas: oneOf, disjointWith, equivalentClass;
- expressões booleanas de combinações de classes: unionOf, complementOf e intersectionOf e
- informação: hasValue.

A estrutura do documento em OWL consiste de:

- uma tag inicial <rdf:RDF>;
- um conjunto de XML namespace detalhando os vocabulários que serão usados dentro da ontologia (Quadro 3.1.);

```
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:daml="http://www.daml.org/2001/03/daml+oil#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
  xmlns="http://wwwp.fc.unesp.br/~simonedp/WS/"
  xml:base="http://wwwp.fc.unesp.br/~simonedp/WS">
```

Quadro 3.1. Parte introdutória de um arquivo OWL

- o cabeçalho da ontologia no qual se coloca o comentário, a versão anterior, o rótulo e importação de outras ontologias (Quadro 3.2.);

```
<owl:Ontology rdf:about="">
  <rdfs:comment>Ontologia de instancias do projeto de doutorado</rdfs:comment>
  <rdfs:label>Instancias</rdfs:label>
  <owl:imports rdf:resource="http://wwwp.fc.unesp.br/~simonedp/WS/edowl.owl"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://wwwp.fc.unesp.br/~simonedp/WS/forma.owl"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://wwwp.fc.unesp.br/~simonedp/WS/ada.owl"/>
</owl:Ontology>
```

Quadro 3.2. Cabeçalho da ontologia em OWL

- a ontologia propriamente dita com a criação dos conceitos através das classes, relações etc e

```
<owl:Ontology rdf:about=" ../owl/disc.owl#">
</owl:Ontology>
<owl:Class rdf:ID="Conceito">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Pilha"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Quadro 3.3. Corpo da ontologia em OWL

- termina com a tag </rdf:RDF>.

Os prefixos `rdf:` ou `rdfs:` indicam que os termos já estão presentes nas linguagens RDF e RDF Schema e o prefixo `owl:` indica que os termos foram introduzidos pela linguagem OWL.

Os componentes da ontologia são indivíduos, propriedades e classes. Os indivíduos são as instâncias, representando os objetos que pertencem à ontologia. As propriedades são as relações a serem construídas entre os indivíduos (relação binária) ou para o indivíduo (função, característica). As propriedades podem ser inversas, serem transitivas ou simétricas. As classes podem ser vistas como conjuntos que contêm indivíduos. A classe é a representação concreta de um conceito.

A escolha pela linguagem OWL deve-se aos fatos: é uma recomendação do W3C; uma arquitetura baseada em agente (que é o propósito desse trabalho, veja seção 4.1) necessitam de linguagens baseadas na Web para trocar ontologias; e a OWL possui o formalismo de Lógica Descritiva que ajuda na classificação automática.

3.5.2. Ambiente Protegé

O ambiente Protegé (NOY e McGUINNESS, 2001) é uma ferramenta que permite ao usuário construir uma ontologia de domínio ou uma base de conhecimento, além de ser uma plataforma que pode ser estendida para uso de tabelas, gráficos, diagramas, animações, através de instalações de plugins.

Protegé é um sistema de código aberto, escrito em Java, cuja licença obedece ao Mozilla Public Licence². O sistema é instalado e executado no computador pessoal, diferentemente de outros sistemas para edição de ontologias em que a implementação da ontologia se faz através de uma página na Web.

A tela inicial pode ser visualizada na figura 3.5. Essa tela mostra um arquivo de ontologia. Esse ambiente possui algumas guias para a especificação da ontologia.

A guia Classes permite a criação e manutenção de classes. A guia de propriedades é usada para criação e manutenção das propriedades/slots. A de formas é usada para definir o formato gráfico para entrada de dados. A Indivíduos cria as instâncias das classes. Pode haver outras guias, dependendo da configuração solicitada e plugins instalados no ambiente.

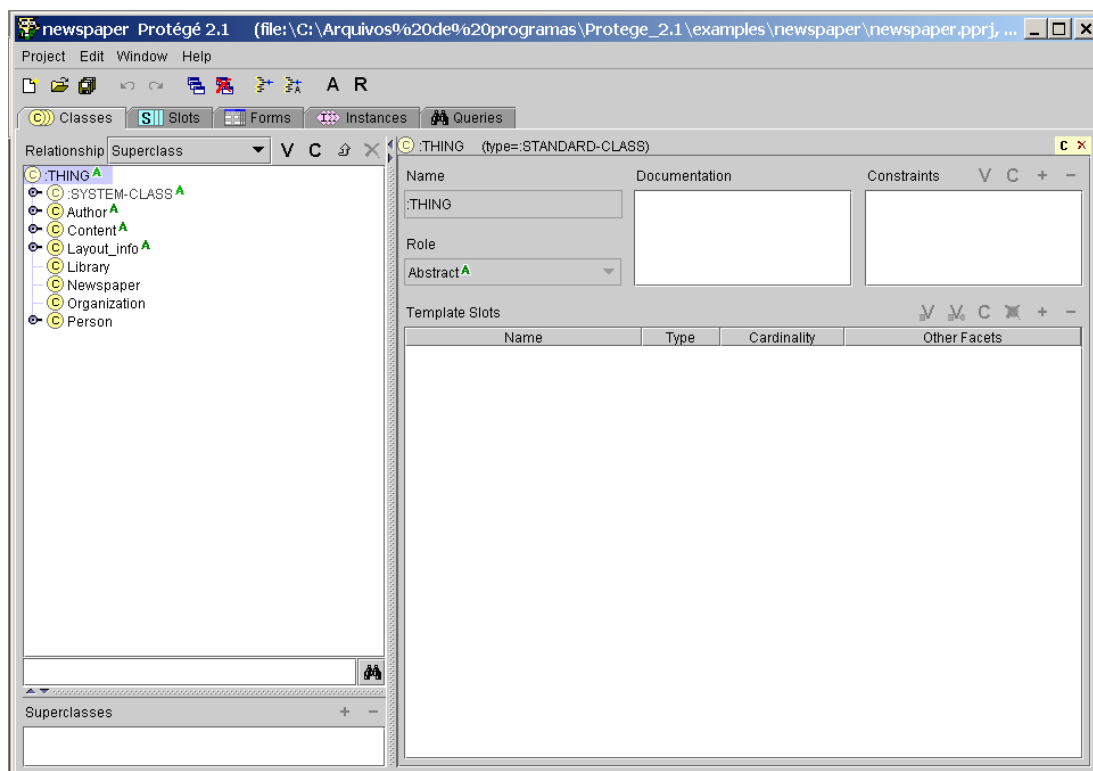


Figura 3.5. Tela inicial do Protegé com uma ontologia

3.6. Ontologia de Materiais de Aprendizagem

O conceito de ontologia já foi aplicado na área de Educação a Distância. Por exemplo, Araújo (2003) propôs uma modelagem ontológica do material de aprendizagem para a plataforma CoL. Foi definido como sendo material de aprendizagem um item do conteúdo programático de um módulo (unidade básica de

² <http://www.mozilla.org/MPL/>

uma disciplina), sendo composto por um ou mais objetos de aprendizagem. Araújo (2003, p.103) define objeto de aprendizagem como sendo: "um tipo de componente dos materiais de aprendizagem, que pode ser independente das mídias utilizadas, entendidas como entidades digitais que podem ser acessadas simultaneamente através da Web, por vários aprendizes". Assim um objeto de aprendizagem pode ser um gráfico, uma tabela, uma fórmula, um exercício, um texto narrativo.

A modelagem visava responder às seguintes questões de competência (ARAÚJO, 2003):

1. Quais são as disciplinas ensinadas pelos professores na plataforma CoL?
2. Quais disciplinas e módulos existem na plataforma CoL?
3. Quem são os responsáveis pela criação de módulos na plataforma CoL?
4. Quais materiais de aprendizagem compõem a plataforma CoL?
5. Quais os pré-requisitos de um determinado material de aprendizagem?
6. Existem materiais de aprendizagem similares entre si na plataforma CoL?
7. Quais os tipos de objetos de aprendizagem que compõem os materiais de aprendizagem da plataforma CoL?
8. Qual o formato dos objetos de aprendizagem que compõem os materiais de aprendizagem?
9. Quais as características dos objetos de aprendizagem que compõem os materiais de aprendizagem?

A modelagem gerou uma base de conhecimento ontológica baseada na linguagem DAML+OIL. Esta ontologia está separada em dois arquivos: um que contém o vocabulário, relacionamentos e atributos e outro arquivo que contém as instâncias geradas durante a validação do trabalho.

Foram definidos os conceitos de: disciplina, módulo, professor, material de aprendizagem e objeto de aprendizagem conforme tabela 3.1. Na tabela são descritos os conceitos, seus atributos e relacionamentos. Os relacionamentos citados na Tabela 3.1 podem ser vistos na Tabela 3.2. que traz seus significados e as classes a que pertencem.

Tabela 3.1. Conceitos da ontologia de Araújo (2003, Anexo A)

Conceito	Definição	Atributos	Relacionamentos
Disciplina	Uma disciplina é composta por um ou mais módulos.	código, descrição, id, link_bibliografia, link_glossário, link_sumário, nome e professor	dis_ensinadaPor
Módulo	Um módulo é formado por uma ou mais páginas HTML ligadas e é a unidade atômica que compõe a disciplina.	descrição, id, nome, professor, url	mol_temDisciplina, mol_criadoPor, mol_temMaterial_Aprendizagem
Material de Aprendizagem	Um conjunto de documentos e/ou objetos indispensáveis ao desempenho das atividades de aprendizagem	código, nome	mat_temModulo, mat_ePreRequisitoDe, mat_eSemelhanteDe, mat_temSemelhancaCom, mat_temPreRequisitoDe, mat_temObjetos
Objetos de aprendizagem	São os tipos de objetos de aprendizagem que compõem um material de aprendizagem.	contexto, data, descrição, dificuldade, formato, interatividade, linguagem, localização, palavra_chave, responsável, restrição, tamanho, título	obj_eParteDeMaterial_Aprendizagem
Professor	É aquele que é responsável por disciplinas, módulos, elaboração de material de aprendizagem e sua disponibilização às turmas	email, id, nome	prof_criaModulo, prof_criaDisciplina

Tabela 3.2. Relações da ontologia de Araújo (2003, Anexo A)

Relação	Entre classes	Significado
mol_temDisciplina	módulo e disciplina	Essa relação indica que os módulos têm uma ou mais disciplinas.
mol_criado_por	modulo e professor	Essa relação indica que o módulo foi criado por um professor
mol_temMaterial_Aprendizagem	modulo e material de aprendizagem	Essa relação indica que os módulos têm um ou mais materiais de aprendizagem
disc_ensinadaPor	disciplina e professor	Essa relação indica que uma disciplina é ensinada por um professor.
prof_criaModulo	professor e módulo	Essa relação indica que um professor cria um ou mais módulo
prof_criaDisciplina	professor e disciplina	Essa relação indica que um professor cria uma ou mais disciplina
mat_temModulo	material de aprendizagem e módulo	Essa relação indica que um material de aprendizagem tem um ou mais módulos
mat_ePreRequisito	material de aprendizagem e material de aprendizagem	Essa relação indica que um material de aprendizagem é pré-requisito para outro(s) material(is) de aprendizagem
mat_eSemelhanteDe	material de aprendizagem e material de aprendizagem	Essa relação indica que um material de aprendizagem é semelhante a outro(s) material(is) de aprendizagem
mat_temSemelhancaCom	material de aprendizagem e material de aprendizagem	Essa relação indica que um material de aprendizagem tem semelhança com outro(s) material(is) de aprendizagem
mat_temPreRequisitoDe	material de aprendizagem e material de aprendizagem	Essa relação indica que um material de aprendizagem tem pré-requisito de outro(s) material(is) de aprendizagem
mat_temObjetos	material de aprendizagem e objeto	Indica que os materiais de aprendizagem têm objetos de aprendizagem
obj_eparteDeMaterial_Aprendizagem	objetos e material de aprendizagem	Relação inversa de mat_temObjetos; indica que os objetos são parte dos materiais de aprendizagem

O modelo proposto por Araújo(2003) foi desenvolvido para permitir recuperação de informações de componentes. A ontologia de materiais de aprendizagem aliada a agentes de pesquisa possibilita aos estudantes e aos professores acessar esses materiais de forma rápida e inteligente.

Neste trabalho, esta ontologia proposta por Araújo (2003) foi parcialmente estendida, e depois utilizada e implementada no sistema VCurso+, como será visto nos capítulos seguintes.

3.7. Conclusões

Neste capítulo foram discutidos conceitos, critérios de construção, metodologias, linguagens e ambientes para a construção de ontologias. As Ontologias fornecem mecanismos para inserção de semântica nos documentos para que os agentes possam raciocinar sobre os mesmos.

A idéia deste trabalho reside na modelagem, em forma de ontologias de domínio, de conceitos ensinados em cursos oferecidos num ambiente de Educação a Distância. Além disso, através do uso da ontologia de materiais de aprendizagem, conforme visto na seção 3.6, agentes de busca poderão determinar o que representa cada material e onde ele se encontra no repositório, permitindo a indicação de reforço para o aluno.

Uma proposta de arquitetura, que leve em conta esta idéia, será apresentada no próximo capítulo.