

SISTEMA PARA EDUCAÇÃO DESENVOLVIDO A PARTIR DOS CONCEITOS DA WEB SEMÂNTICA

RESUMO

Em meio a tantos termos que surgem para definir o século XXI, dois deles se destacam: “era digital” e “sociedade do conhecimento”. Tais termos procuram, de certa forma, relacionar o tempo atual a fenômenos que delinearão este século, ou seja, o aumento gigantesco do acesso à rede mundial de computadores, a virtualização de diversas atividades e a necessidade de uma aprendizagem constante. A educação, especialmente, teve seus processos e métodos questionados ou revistos a partir desses fenômenos. Em um primeiro momento, procurou-se reproduzir ações em sistemas Web da mesma forma que eram realizadas em sala de aula. Como o meio é diferente, tal solução não se revelou muito adequada. A proposta deste trabalho é introduzir os conceitos da Web Semântica aos sistemas destinados a aprendizagem via Web, ou seja, sistemas que permitem o processo de educação a distância por intermédio do uso de computadores e da Internet. Para tanto, foi desenvolvido um sistema com a utilização de ontologias (parte fundamental da Web Semântica), de forma a relacionar os dados referentes a materiais didáticos, disciplinas e cursos a contextos criados por professores.

Palavras-Chave: Web Semântica, Educação, Ontologia.

1 Introdução

O desenvolvimento de sistemas voltados para Educação no ambiente Web (World Wide Web) tem apresentado algumas peculiaridades, que vão desde a apresentação didática do conteúdo para o aluno até o armazenamento “inteligente” das informações. Um dos objetivos do desenvolvimento de sistemas educacionais para Web é apresentar de forma organizada, para um maior número de usuários, os conteúdos que compõem as diversas disciplinas, especialmente, quando se trata de disponibilizar conteúdos de forma gratuita e em sistemas abertos.

“A Web é um grande repositório de dados e se tornou a maior fonte de disseminação de informações do mundo, assim apresenta características particulares no que se refere a meios de acesso e estrutura. Isso porque seus dados não possuem uma estrutura previamente definida” (MELLO, 2000). A importância da Web, dada a sua expansão e sua forma de comunicação instantânea e interativa, originou e solidificou diversos campos de pesquisa.

Uma dessas vertentes de pesquisa está embasada no conceito da Web semântica, ou seja, uma Web que tem não apenas uma estrutura e uma organização hierárquica dos dados, mas dados relacionados a contextos. Berners-Lee (2001) imaginou o desenvolvimento da Web Semântica como a “segunda geração da Web”. Assim, a partir do uso intensivo de metadados (dados que descrevem dados) e com a possibilidade do conhecimento ser inserido no próprio domínio (conjunto de dados que compõe um contexto), a máquina poderá transformar o dado numa informação, o que resulta em buscas mais eficientes e bases de dados mais organizadas. No desenvolvimento de sistemas Web para a educação, a adaptação do ambiente a determinados contextos, a organização dos dados e a definição de caminhos para o usuário são fatores determinantes para o alcance da eficácia. Assim, quanto mais organizado for o domínio, mais interativo e eficiente o sistema se apresentará ao usuário.

Para a organização dos dados na Web Semântica, usa-se o conceito de ontologia. Pois, a partir de tal conceito, é realizada a modelagem de domínios complexos, já que as ontologias possuem características que visam desde a interoperabilidade, a contextualização de informação e a criação de universos inteligíveis, até a definição de axiomas. Por universo inteligível é conferida a idéia de que há, em um determinado domínio, a possibilidade de compreender seus elementos e, a partir disso, extrair informações. Isto é possível pela capacidade que as ontologias têm de representar as diferentes relações existentes entre os elementos que participam do domínio, além de permitir detalhar cada elemento através de suas características e atribuições.

Esse trabalho tem como objetivo a apresentação das etapas de desenvolvimento de um sistema educacional para a Web a partir da inter-relação desses conceitos, ou seja, um sistema que tenha como foco a organização do material didático do professor, de modo a oferecer ao usuário buscas mais eficientes e um ambiente didaticamente coerente. O presente artigo está organizado de forma a fornecer noções gerais sobre os conceitos utilizados, bem como a apresentação dos resultados alcançados.

2 Web Semântica e Ontologias

A Web Semântica vislumbrada por Berners-Lee (2001) é definida a partir de uma arquitetura (Figura 1) que serve como suporte para a troca de informação e conhecimento entre as páginas da Web e os diversos sistemas que as agregam. Tal estrutura possibilitará a compreensão e o gerenciamento dos conteúdos independente da forma que estes estão dispostos (texto, som, imagem etc). Isso será alcançado a partir da valoração semântica dos dados, ou seja, da definição de metadados e relacionamentos que proporcionem uma relação do dado com um contexto.

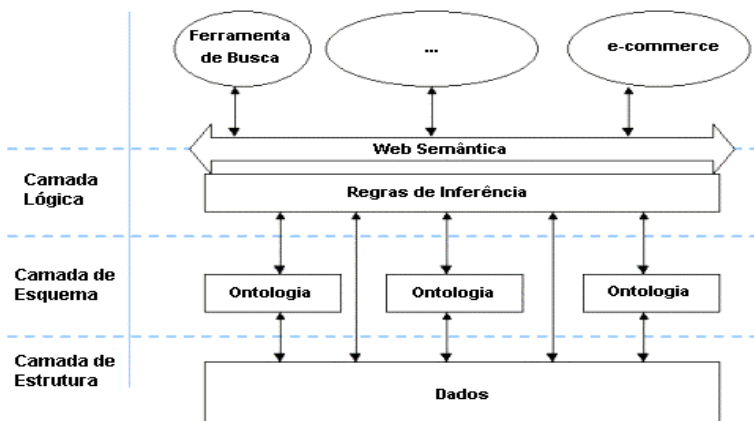


Figura 1. Arquitetura proposta para a Web Semântica (BERNERS-LEE, 2001)

Conforme a arquitetura apresentada na figura 1, a Web Semântica é estruturada em três camadas. Na camada de estrutura são armazenados os dados, que em sua maior parte são instâncias das ontologias apresentadas na camada de esquema. As ontologias são os esquemas necessários para a contextualização dos dados, pois a partir delas as regras de inferência, da camada lógica, poderão atuar. O conhecimento gerado a partir da inter-relação das ontologias e das regras de inferência forma o alicerce da Web semântica.

2.1 Ontologia: a base da Web semântica

Uma ontologia fornece a descrição de um domínio, a partir de especificações e relacionamentos, de forma que este possa conter algumas verdades sobre o determinado contexto. Para Grubber (1999), ontologia pode ser definida como “uma hierarquia estruturada de um conjunto de termos para descrever um domínio que possa ser usado como estrutura de uma base de conhecimento. Ela fornece os meios para descrever explicitamente a conceitualização do conhecimento representado em uma base de conhecimento”. No entanto, para Freitas (2005), “uma ontologia não pode ser tratada apenas como uma hierarquia de conceitos, mas também como um conjunto de relações, restrições, axiomas, instâncias e vocabulário”.

O principal papel das ontologias é, portanto, fornecer uma forma de representação de um domínio para que o conhecimento representado não se restrinja a quem a criou, além de permitir que o conteúdo mantenha-se reutilizável. Contudo, é preciso obter a noção da forma pela qual as ontologias são compostas, a fim de compreender de que maneira obter a representação de um domínio.

Park e Hunting (2003) cita que uma ontologia inclui os seguintes componentes: Entidades e suas Propriedades, além de Funções, Processos, Restrições e Regras, que atuam sobre estas entidades e que compõem a representação do domínio. O autor complementa que, em uma ontologia mais complexa, podem ocorrer também elementos denominados Axiomas. Tais conceitos são explicados a seguir:

Entidades (“coisas”): são a representação das coisas que existem em um mundo, como pessoas, cursos, conceitos etc;

Relacionamentos entre estas entidades: representam as diferentes formas de ligação que existem entre os objetos no mundo representado. Como formas de ligação, podem ser citadas: a orientação de um aluno por um professor, a relação de posse de um livro com suas folhas, a abordagem de uma disciplina sobre um determinado assunto, a especialização de um funcionário que consista em um gerente etc.

Propriedades (e valores de propriedades) destas entidades: atribuem um nome e um valor a uma determinada característica de uma entidade, representando que um conceito pode conter mais do que sua própria denominação ou seus relacionamentos, mas também podem manter um conjunto de qualidades ou predicados que auxiliem na caracterização das diferentes entidades. Estas propriedades podem ter, como exemplo: uma entidade disciplina que contém uma propriedade código e um valor para o mesmo; uma entidade pessoa pode ter a ‘cor do cabelo’ como uma propriedade e ‘castanho’ como valor desta propriedade.

Restrições e regras sobre estas entidades: são as imposições, ou formas de regular as entidades de um domínio sob diferentes aspectos, como impor que uma determinada entidade, para existir, deve ser formada por uma outra, ou apresentar uma determinada característica. Por exemplo, em um domínio de “Iniciação Científica”, para a existência de um artigo, é preciso que exista um professor orientador para o trabalho.

Axiomas: “fornecem as informações factuais básicas a partir das quais podem ser derivadas conclusões úteis” (RUSSEL, S. J. e NORVING, 2004). As informações fornecidas formam uma afirmação que, dentro do domínio, é tida como uma verdade absoluta. Por exemplo, ao dizer que o membro de uma banca da disciplina de Estágio Supervisionado em Sistemas de Informação deve ser um professor e possuir uma graduação é um axioma dentro de um domínio de uma “Instituição de Ensino Superior”.

Ao elaborar uma forma de representação que habilite que algoritmos, empregados em computadores, possam trabalhar com conceitos, relacionamentos, restrições, axiomas, instâncias e vocabulários, é conferida a estes computadores a possibilidade de também explorar os conhecimentos que se tem deste domínio. Isto pode resultar em uma participação mais autônoma dos computadores em processos que exigiriam intermédio de pessoas para caracterizar o contexto de utilização ou na descoberta de características que podem ser utilizadas para melhor satisfazer os resultados de suas ações.

Os espaço de aplicações de ontologias é explorado por McGuinness (2003), que apresenta diferentes formas destas aplicações, fazendo uma separação entre ontologias constituídas de forma estruturalmente simples, caracterizadas como taxonomias, e de ontologias com estruturas mais complexas. Adiante são apresentadas algumas das aplicações possíveis através de ontologias estruturalmente simples (MCGUINNESS, 2003):

Fornecer um vocabulário controlado para um domínio: permite que um conjunto de termos seja compartilhado entre usuários, desenvolvedores, aplicação, banco de dados etc.

Organização e navegação: a estrutura pode ser exibida no formato de uma árvore, em que seus itens podem ser expandidos ou contraídos, para facilitar a leitura, além de poder oferecer um acesso direto aos recursos por meio de URLs (*Uniform Resource Locator*).

Definição de hierarquia: a definição de uma hierarquia de forma que seus elementos sejam corretamente enquadrados pode ser utilizada como um padrão para consulta por diferentes aplicações.

Suporte à busca: através de palavras-chave, é possível encontrar termos que estejam relacionados hierarquicamente e que, portanto, podem ser retornados por estarem relacionados de alguma forma que não seja apenas sintática.

Auxílio ao processo de eliminação de ambigüidade: ao perceber que um termo ocorre em mais de um lugar dentro da hierarquia de uma taxonomia, é possível elevar este termo dentro dessa estrutura, que passa a ser mais concisa;

Os recursos oferecidos por uma ontologia estruturalmente simples sugerem apenas a definição de uma classe e suas subclasses, seguindo a estrutura de uma taxonomia. As aplicações empregam a hierarquia dos conceitos para formar apresentações em forma de árvore, buscar por conceitos semelhantes ou com maior ou menor generalização.

A construção de taxonomias é relevante inclusive na elaboração de uma ontologia definida com maior complexidade. Isto ocorre como um passo dentro de um processo de desenvolvimento de ontologias, que passa a ser relevante quando é preciso relacionar os conceitos que fazem parte de um domínio, assim como definir, hierarquicamente, a relação destes conceitos com os demais.

Após delinear o escopo tratado do domínio, definindo suas classes e, opcionalmente, suas propriedades, a concepção de uma ontologia complexa pode se dar de modo mais natural, ao passo que o responsável por sua criação mantém uma visão melhor dos conceitos envolvidos e possa empregar uma análise mais detalhada para constituir a ontologia mais complexa. De forma análoga, a taxonomia está para uma ontologia estruturalmente complexa assim como um Modelo Conceitual (empregado na Engenharia de *Software* e representado pela UML [*Unified Modeling Language*]) está para o Diagrama de Classes.

As possibilidades de aplicação de ontologias podem aproveitar conceitos, propriedades, restrições, axiomas e dirigir sua aplicação para a verificação de restrições de valores, buscas mais eficientes, abstração de conhecimento e descoberta de conceitos que não estão diretamente ligados. Estas aplicações é que criam a necessidade de que seja utilizada uma linguagem com recursos que permitam uma representação expressiva e bem estruturada de ontologias. Para tanto

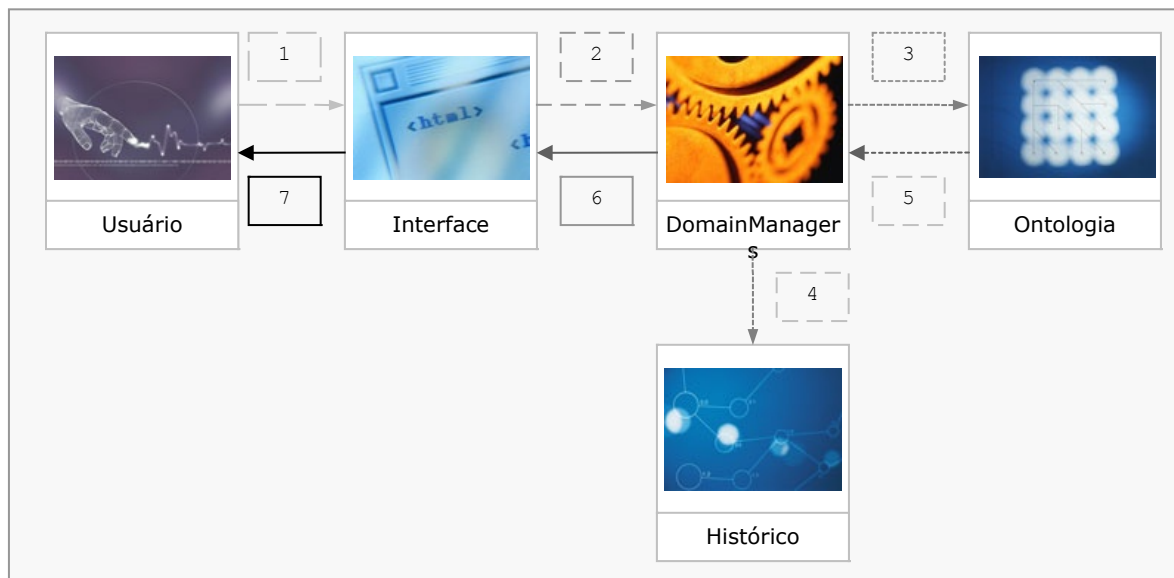
foram criadas ou estão em desenvolvimento linguagens para a representação de ontologias, como: OIL (OIL, 2000), DAML (DARPA, 2000), DAML+OIL (W3C, 2001) e a OWL (W3C, 2004).

3 O Sistema

A aplicação de recursos destinados à manipulação de ontologias e ao processamento de consultas que permitam usufruir parte dos benefícios de sua capacidade de representação de domínios constitui uma tarefa importante no processo de compreensão das técnicas e ferramentas úteis na construção de sistemas web com um domínio de aplicação bem contextualizado. Esta tarefa leva ao entendimento inicial dos recursos que podem auxiliar o desenvolvimento de um sistema que adapte sua apresentação às características de seus usuários e que tenha as informações organizadas de forma coerente e de fácil acesso.

O sistema desenvolvido tem como característica a apresentação de informações através de páginas dinâmicas, que apresentam seu conteúdo de acordo com um conjunto de algoritmos. Os algoritmos empregam uma série de recursos oferecidos pela API Jena¹ como forma de manusear e obter informações de uma ontologia, que são usadas para definir e limitar o escopo do conteúdo do sistema. Dessa forma, todo o conteúdo apresentado é mantido e guiado pelas definições de um domínio que, por consistir numa ontologia e ser representado por uma forma de representação recomendada pelo W3C (*Word Wide Web Consortium*), pode ser reconhecido, empregado e ampliado por diferentes sistemas.

O contexto de aplicação do sistema é o de ensino, do qual fazem parte conceitos como curso, disciplina e materiais didáticos. Sua elaboração foi baseada numa ontologia cuja representação constituísse, pelo menos, parte do domínio “ensino” e que suas instâncias representassem os diferentes indivíduos presentes neste meio. Seu fluxo de trabalho normal é constituído pela interação do usuário com a interface, que gera o conjunto de rotinas para a criação, remoção ou consulta de conceitos presentes na ontologia. A base para a construção destas funcionalidades foi construída pela utilização dos recursos da API Jena. Na Figura 2 é apresentada a organização dos componentes.



¹ Uma API (*Application Programming Interface*) consiste num conjunto de algoritmos, previamente testado e disponível em formato para distribuição, que realizam tarefas comuns dentro de um determinado propósito. A API Jena contém um conjunto de recursos que auxiliam a realização de consultas e manipulações em ontologias.

Figura 2. Fluxo de execução do sistema

Conforme é apresentado na Figura 2, assim que o usuário interage com a interface (1), especificando algum elemento para a busca, ou executa ações para criar ou remover uma instância, a interface utiliza o conjunto de classes implementadas em *DomainManagers* (2) para realizar as ações sobre a ontologia (3). Assim que estas ações são realizadas, o conteúdo da ontologia é novamente recuperado (5), a fim de atualizar as informações, e o conjunto de classes trabalha o resultado de modo a compor uma estrutura conveniente à passagem para a interface (6). Ao receber estas informações, a interface aplica o último conjunto de manipulações para apresentar o conteúdo recebido de uma forma compreensível ao usuário (7).

Caso sejam realizadas ações que alterem o conteúdo da ontologia, como a criação de uma instância ou a remoção de outros elementos, as classes pertencentes ao *DomainManagers* recebem um conjunto de eventos, demonstrando a natureza da ação realizada (inserção ou remoção) e então as registram em um documento (4). Estes registros formam um histórico das ações executadas e podem ser utilizados com a finalidade de conhecer as transformações realizadas em um domínio.

Como pôde ser observado na Figura 2, os módulos envolvidos na construção do sistema incluem:

- uma ontologia para a definição dos conceitos trabalhados no sistema, assim como as diferentes regras, restrições e axiomas que regem estes conceitos;
- um documento de histórico que, de uma forma incipiente, captura as transformações realizadas na ontologia e que poderão servir para processos futuros de análise;
- um conjunto de classes, denominado *DomainsManagers*, que mantém implementações que utilizam os recursos da API Jena para manipular ontologias, capturar as ações realizadas sobre elas, além de realizar consultas que reflitam as solicitações recebidas pelo usuário;
- um conjunto de páginas que resulta na interface do sistema, que serve de intermédio para que os usuários solicitem ou enviem informações, possibilitando que as classes implementadas possam executar os procedimentos necessários ao atendimento destes eventos.

A caracterização das classes dentro de um recurso *DomainsManagers* confere a idéia de que, para o domínio trabalhado, seja mantido um recurso específico para a sua administração, e que possam existir implementações que trabalhem com outros domínios dentro do sistema. Ainda que o desenvolvimento do sistema tenha como aplicação a área do “Ensino”, buscou-se, também, oferecer recursos que atendam diferentes ontologias, sem direcionar a implementação à ontologia empregada inicialmente. Contudo, houve a necessidade de realizar implementações específicas, o que resultou em duas diferentes formas de abordagem.

Os recursos construídos para a consulta e o manuseio da ontologia foram modularizados e produzidos sob duas abordagens: a de permitir a manipulação e realização de consultas genéricas independentes da ontologia fornecida como definição do domínio e emprego das classes com aplicação genérica para que fossem realizadas consultas destinadas à aplicação “ensino”, com o propósito de melhor contextualizar a apresentação aos usuários.

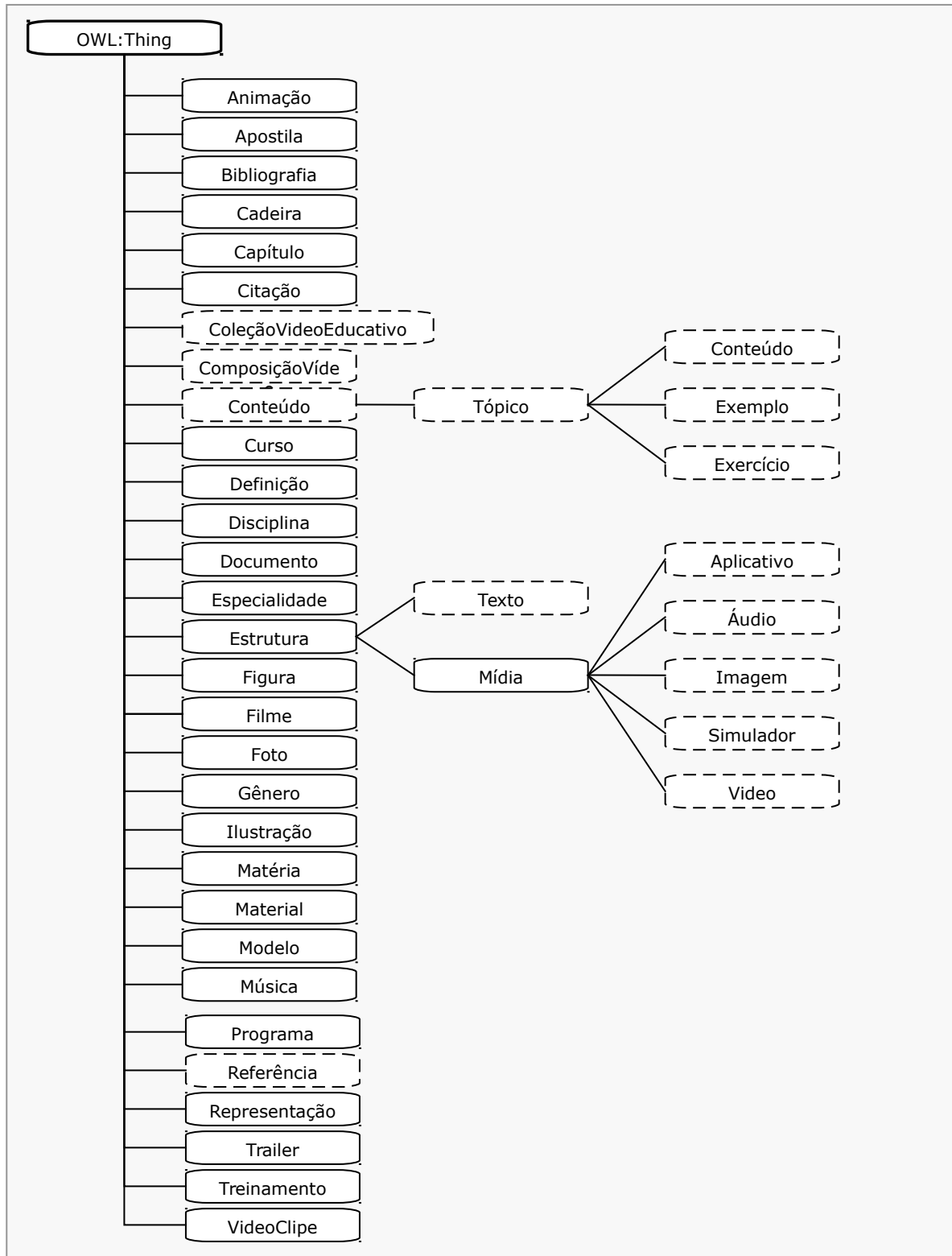
3.1 Ontologia para definição do domínio

A ontologia definida compreende sobretudo os diferentes materiais que podem servir de conteúdo didático, porém, sem deixar de conter os principais conceitos do universo “ensino”, como Curso e Disciplina, e os sub-elementos de um provável conteúdo, como as propriedades contidas pelos

elementos (não especificadas na imagem – Figura 3), como Tópico, Referência etc. As relações que transformam este conjunto de conceitos em uma hierarquia, resultando na idéia de elementos, sub-elementos e coleções, são criadas pelos atributos do tipo *ObjectProperty*, da linguagem que foi utilizada para a implementação da ontologia (OWL), que mantém o domínio (*Domain*) de um

objeto, no caso o item, e seu alcance (*Range*), o sub-item. A hierarquia das classes pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3: Hierarquia das classes



Um ponto importante a ser ressaltado na ontologia são os axiomas criados para que sejam obtidas alternativas à compreensão do domínio. Por exemplo, ao procurar por uma matéria, é possível procurar pelos conceitos de matéria, mas também pelos de disciplina e cadeira, que são termos que, de acordo com a ontologia, representam o mesmo conceito. Estes axiomas, que na Figura 3 aparecem com a linha tracejada, constituem “verdades” dentro do domínio. No exemplo citado a verdade indica que “uma disciplina é equivalente a uma matéria” e que “uma disciplina é equivalente a uma cadeira”. Estas afirmações é que criam a possibilidade de obter novas informações, ainda que não estejam explicitamente demonstradas na estrutura.

O primeiro exemplo citado de um axioma demonstra a equivalência entre termos. Um outro exemplo de axioma pode ser observado por “ColecaoVideoEducativo” que, de acordo com a ontologia especificada, traz a exigência de que, para ser uma coleção de vídeos educativos, é preciso que um vídeo possua, como valor da propriedade “possuiGênero”, um Gênero do tipo “educativo”.

3.2 Interface

Após implementar os recursos destinados à manipulação das ontologias e suas diferentes formas de consultar elementos, foi elaborada a interface do sistema, baseando a divisão de suas funcionalidades em quatro grupos distintos de página, além da inicial, que não apresenta uma funcionalidade em uso. A Figura 4 apresenta o *layout* da interface, assim como as divisões criadas para os grupos de funcionalidades.

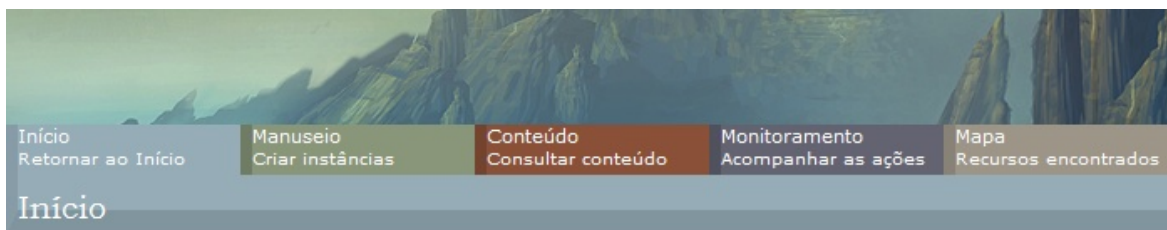


Figura 4. Apresentação da interface com as divisões por grupos de funcionalidades

Conforme apresenta a Figura 4, os grupos de páginas definidos consistem em: *gerenciar*, destinado às inserções de conteúdos nas ontologias; *conteúdo*, que permite a navegação pelos conceitos da ontologia, dado o ponto de partida da seleção de um dos cursos; *monitorar*, que apresenta o histórico dos conceitos manipulados; e *mapa*, que apresenta os conceitos trabalhados na ontologia e permite uma forma alternativa de chegar às instâncias destes conceitos.

1º Grupo de Funcionalidades – Conteúdo

O grupo de funcionalidades existente em *Conteúdo* fornece a possibilidade de navegar pelo conteúdo a partir do seu conceito mais geral, que consiste no “curso”. Assim que a página de apresentação é acessada, são exibidos os cursos registrados na ontologia do domínio, que constituem um *link* para a exibição de suas características e dos conceitos relacionados (Figura 5).

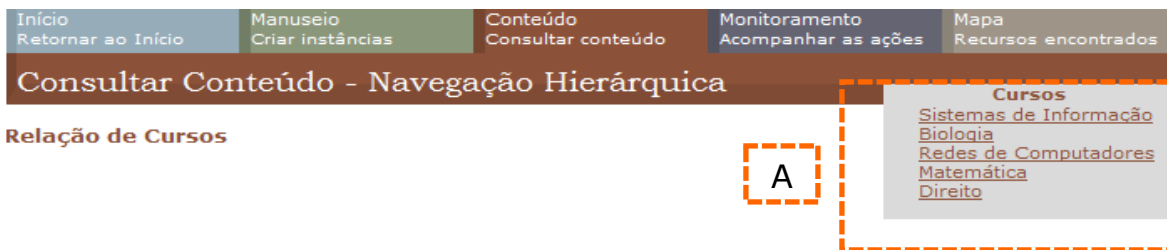


Figura 5. Primeiro passo para o processo de navegação pelos conceitos

Conforme apresenta a Figura 5, no momento em que a página de conteúdo é acessada, é oferecido como ponto de partida a lista dos cursos presentes na ontologia do domínio (A). Isto permite que um dos cursos apresentados seja clicado e que, então, os conceitos aninhados ao curso sejam explorados.

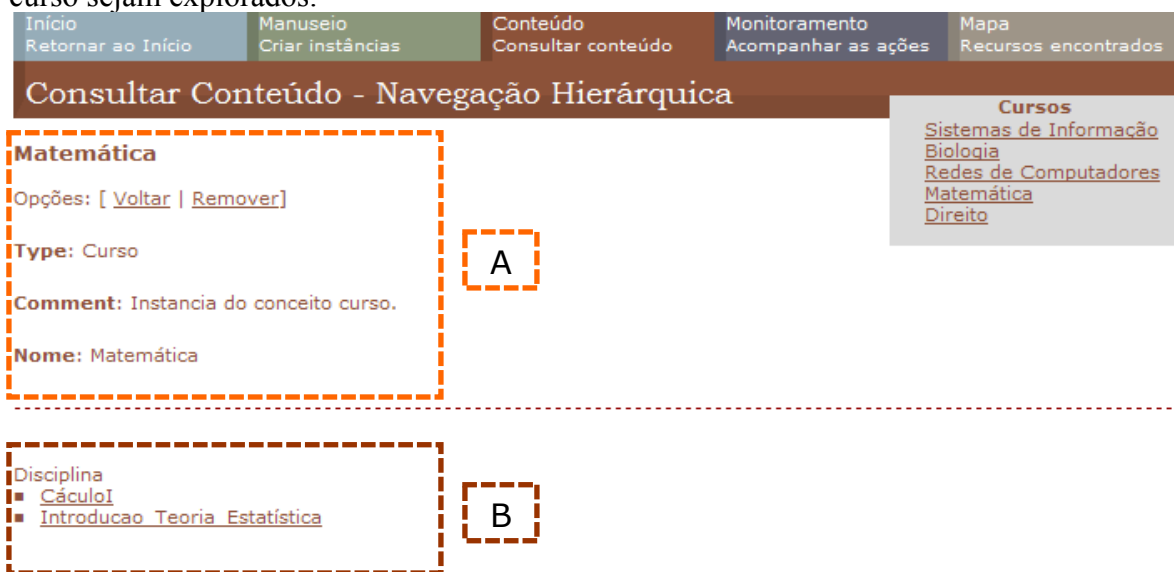


Figura 6. Exploração do conteúdo de um curso

Ao solicitar o detalhamento de um curso, é exibido o conjunto de propriedades e relacionamentos diretamente especificado pela instância (Figura 6 – A) e logo abaixo o conjunto de relacionamentos que partem de outros conceitos para o curso (Figura 6 – B). Ao recurso que é explorado na tela de apresentação, é dada a possibilidade de exclusão, conforme o item “*Remover*”, presente em “*Opções*” (Figura 6 - A). Esta opção foi fornecida para que seja possível realizar a ação de deleção de um item, como forma de explorar os recursos de manipulação de uma ontologia. Contudo, na versão final do sistema esta opção requer um tratamento diferenciado, como a exigência de que o usuário tenha um nível de permissão capaz de modificar o conteúdo definido.

Para um recurso apresentado que constitua mais do que um valor, ou seja, que possua, também, uma ligação entre um curso e um outro elemento, é dada a possibilidade de explorar seu conteúdo. Dessa forma, ao clicar no recurso *CálculoI*, por exemplo, a página é atualizada para que as características dessa disciplina sejam descritas. A Figura 7 exhibe o resultado da apresentação dos recursos da disciplina.

Cálculo I

Opções: [[Voltar](#) | [Remover](#)]

Type: Disciplina

Ementa: Números; conjuntos; funções; derivadas; integrais e aplicações.

Contida Em: [Matemática](#)

Contida Em: [Sistemas de Informação](#)

A

Descrição: O objetivo desta disciplina é enfatizar os aspectos analíticos do cálculo diferencial e integral de funções com valores reais de um variável real, ressaltando a correlação existente entre os tópicos que seguem, complementado com algumas aplicações dos mesmos.

Comment: Instancia do conceito disciplina.

Disciplina

■ [Introducao Teoria Estatística](#)

[Biologia](#)
[Redes de Computadores](#)
[Matemática](#)
[Direito](#)

Figura 7. Exploração dos recursos de uma disciplina

Após solicitar a exploração dos recursos de uma disciplina, a estrutura da página é mantida, porém, são listados os recursos contidos ou relacionados à disciplina selecionada (Figura 7). Um ponto que deve ser observado é a possibilidade de continuar o processo de navegação com o aumento do nível de detalhamento dos recursos ou, ainda, retroceder esta ação, partindo do conceito mais específico para o mais geral. No caso exemplificado da Figura 7 (A), chegou-se a disciplina *Cálculo I* através da seleção do curso de *Matemática* e então a seleção da disciplina mencionada. Ao perceber que a disciplina também está contida no curso de *Sistemas de Informação*, é possível acessar o curso como forma de analisar as características existentes no mesmo. Isto permite que num processo de procura por materiais relacionados a uma disciplina, por exemplo, seja possível encontrar o conteúdo buscado em alternativas diferentes ao curso inicialmente esperado, como em cursos que estejam presentes na área de Ciências Exatas.

2º Grupo de Funcionalidades – Gerenciar

O grupo de funcionalidades referentes ao contexto “Gerenciar” permite que sejam criadas as instâncias de todos os conceitos presentes na ontologia, além de relacioná-las às demais instâncias cujas relações estão previstas. A geração do formulário é o resultado do processo de descoberta dos recursos e criação dos campos, que permite gerar um formulário e posteriormente criar a instância para qualquer ontologia definida para o sistema. A Figura 8 apresenta o formulário de criação das instâncias.

Elemento A Ser Inserido:

Identificador:

Pre Requisito:

Contida Em:

Ementa:

Idioma:

Comentários:

Figura 8. Tela de criação das instâncias dos conceitos presentes na ontologia

O formulário de criação de uma instância tem como primeiro campo uma caixa de seleção para o conceito a ser instanciado (Figura 8 - A). Dessa forma, são listados todos os conceitos disponíveis no domínio, para que um deles seja selecionado e então o formulário correspondente seja gerado. Ao selecionar *Disciplina* como o conceito a ser instanciado, é gerado o formulário especificado na Figura 8 – B. Como consequência são apresentados os campos de texto *Identificador*, *Pré-Requisitos*, *Ementa*, *Idioma* e *Comentários*; além dos campos de seleção *Pré-Requisito* e *Contida Em*.

Uma funcionalidade implementada através de *scripts* contidos na página responsável pela apresentação é a multiplicação dos campos de acordo com as cardinalidades máxima e mínima apresentadas. Isto exigiu que, além da verificação da cardinalidade, fosse dada a possibilidade de atribuir múltiplas vezes uma determinada propriedade, além de permitir ao usuário remover a propriedade ‘duplicada’ caso seja necessário. A forma de realização das múltiplas atribuições de uma propriedade é apresentada na Figura 9.

Figur

Início Retornar ao Início	Manuseio Criar instâncias	Conteúdo Consultar conteúdo	Monitoramento Acompanhar as ações	Mapa Recursos encontrados
------------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------------------	------------------------------

Manusear Documentos – Criar Instâncias

Elemento A Ser Inserido:	<input type="text" value="Disciplina"/>	
Identificador:	<input type="text" value="CálculoII"/>	
Pré Requisito:	<input type="text" value="CálculoI"/>	<input type="button" value="Adicionar"/>
	<input type="text" value="Introducao_Teoria_Estatística"/>	<input type="button" value="Remover"/>
Contida Em:	<input type="text" value="Matemática"/>	<input type="button" value="Adicionar"/>
Ementa:	<input type="text"/>	<input type="button" value="Adicionar"/>
Idioma:	<input type="text"/>	<input type="button" value="Adicionar"/>
Comentários:	<input type="text"/>	

a 9. Duplicação dos campos de um formulário

Ao criar uma instância como a do conceito Disciplina, é possível que sejam atribuídas mais de uma mesma propriedade, com valores distintos, para a sua instância. Assim, para cada campo que tenha uma cardinalidade superior a 1 (uma) ocorrência, é habilitado o botão de Adicionar novo campo para esta propriedade (Figura 9 – A). No momento em que o botão é clicado, o *script* criado para a duplicação dos campos verifica a propriedade relacionada e então adiciona uma nova versão deste campo, assim como um botão que permita removê-lo posteriormente. A possibilidade de duplicação dos campos não resultou em qualquer diferença no processo de captura do formulário e criação das instâncias, que foi realizado de forma genérica. Contudo, isto foi possível mantendo a nomenclatura dos campos no momento de sua ‘clonagem’, porém, com a adição de um valor que não interferisse na decomposição do nome e análise de seus valores.

3º Grupo de Funcionalidades – Ações de Monitoramento

As funcionalidades que permitem realizar o monitoramento do sistema representam, em um caráter experimental, uma forma de visualizar as ações realizadas sobre o modelo da ontologia. O recurso foi trabalhado para fornecer uma visualização simples dos eventos ocorridos, sem que fossem aprimoradas as formas de exibição dos eventos ou que os recursos envolvidos nas ações fossem completamente armazenados em um modelo com função de “limbo”. A Figura 10 permite observar a página de apresentação dos eventos.

Figura 10. Exibição dos últimos eventos ocorridos

A página para o acompanhamento dos últimos eventos ocorridos aplica a consulta por recursos para exibir a lista das últimas ações realizadas sobre a ontologia (Figura 10). O resultado da busca exibe a identificação do evento, a classe que ele representa (*Evento*), e as informações sobre a ação, como o tipo de ação (*Adicionar/Remover*), a hora de realização e o objeto afetado. Cabe ressaltar que a adoção de uma forma de monitoramento com o registro das ações em uma ontologia deve ser condicionada a uma análise de desempenho e ganho de expressividade nas consultas. Dessa forma, devem ser analisadas alternativas, como manter o histórico em um arquivo de texto, como no formato CSV (*Comma Separated Values*), ou em formatos alternativos como XML (*Extensible Markup Language*), OWL ou, ainda, em uma base de dados. Contudo, o uso de um documento OWL pode ser visto como a forma de adicionar um conjunto expressivo de informações sobre as ações do usuário dentro do domínio, assim sua utilização deve ser analisada já considerando essa característica.

4º Grupo de Funcionalidades – Mapa do Sistema

O

Início Retornar ao Início	Manuseio Criar instâncias	Conteúdo Consultar conteúdo	Monitoramento Acompanhar as ações	Mapa Recursos encontrados
------------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------------------	------------------------------

Monitorar Ações na Ontologia

Primeiro Anterior Próximo Último

- -Evento_-706934744
type: Evento
operacao: Adicionar
objeto: DatatypeProperty
hora: 30/10/2005 - 14:41:21:171
- -Evento_-835305417
type: Evento
operacao: Remover
objeto: ConceitoZ
hora: 5/12/2005 - 15:28:53:625

Mapa do sistema realiza uma listagem de todos os conceitos presentes na ontologia do domínio, representada parcialmente na Figura 11. Além de demonstrar o conceito é permitido ao usuário clicar sobre um dos conceitos e então conferir a lista de instâncias existentes para este conceito. O resultado desta ação pode ser acompanhado na Figura 11.



Figura 11. Expansão dos sub-itens do conceito Curso dentro do Mapa do Sistema

Assim que um dos conceitos é clicado, a lista de instâncias deste conceito é apresentada em uma estrutura hierárquica (Figura 11 – A). No caso de um curso, por exemplo, ao clicar sobre seu nome são exibidos os itens “Sistemas de Informação” e “Matemática”, que consistem nas instâncias de *Curso* registradas na ontologia do domínio. Após esta ação é possível retrair a lista e expandir outros conceitos, ou clicar sobre um dos sub-itens e obter os detalhes de suas instâncias, conforme a apresentação gerada no grupo de funcionalidades de Conteúdo.

Com o término do desenvolvimento da primeira versão do sistema, puderam ser estabelecidos recursos que vão desde a criação das instâncias até a consulta de suas informações e ao acompanhamento das ações realizadas sobre a ontologia. Estes recursos conferem ao sistema a autonomia na inserção de seus conteúdos e na sua apresentação, que permitem sua utilização como um *website* funcional.

4 Considerações Finais

O sistema apresentado nesse trabalho foi realizado com a abordagem de construção das funcionalidades com a separação entre classes destinadas à ontologia em questão e aquelas que poderiam ser empregadas para quaisquer ontologias. Esta forma de trabalho resultou na construção de classes genéricas mais complexas, que agregaram a grande maioria das funcionalidades e que obtiveram sucesso na aplicação de diferentes ontologias. As classes criadas com propósito específico apresentaram uma complexidade inferior, dada a utilização dos recursos fornecidos pelas classes genéricas. Assim, obteve-se como resultado a possibilidade de empregar outras ontologias e, para a sua aplicação, fornecer a implementação de uma classe que sirva para informar o ponto de partida das consultas.

As funcionalidades de pesquisa, inserção e remoção foram implementadas de modo independente do domínio fornecido e, dessa forma, há a possibilidade de manter o escopo de um *website* apenas pelo gerenciamento de ontologias. Uma forma reconhecida de permitir uma implementação inteiramente independente da ontologia aplicada pode ser a definição de uma ontologia que represente as características da página, como a URI (*Uniform Resource Identifier*)

empregada para a importação dos elementos, o caminho das ontologias disponíveis, os elementos que servem como base para as consultas iniciais etc.

Um ponto importante na utilização das ontologias é a possibilidade de manter a integridade do modelo mesmo no caso do uso concorrente do sistema e da realização de alterações por diferentes usuários. Isto foi possível pela utilização do recurso que permite especificar uma região crítica de acesso ao modelo para a escrita ou a leitura.

Ao considerar a necessidade que sistemas voltados para educação tem de acompanhar as ações de seus usuários dentro do domínio, foi realizado um acompanhamento inicial das atividades executadas sobre a ontologia. Esta funcionalidade empregou uma segunda ontologia para relacionar a operação realizada, o objeto envolvido e a hora de realização, o que pode permitir uma análise das transformações realizadas no modelo.

O desenvolvimento de sistemas Web mais organizados é de extrema importância para a área da Educação, especialmente com a explosão de cursos via Web que aconteceu nos últimos anos. Nesse contexto, os termos “Web Semântica” e “sociedade do conhecimento” se fundem, ou seja, há uma necessidade pungente de autonomia no processo de ensino-aprendizagem e essa autonomia é difícil de ser concretizada num ambiente caótico. Sistemas educacionais devem buscar também a colaboração, já que a aprendizagem se dá a partir da interação não apenas entre o indivíduo e o sistema, mas entre diversos indivíduos e diversos sistemas. A colaboração advém da possibilidade dos sistemas se autogerirem em alguns aspectos. Assim, a definição de domínios que podem ser usados por diversas aplicações e que tenham conhecimentos pré-definidos é o ponto inicial para a definição de ambientes Web educacionais mais eficientes.

5 Referências Bibliográficas

- (BERNERS-LEE, 2001) Berners-Lee, T., Hendler, J. and Lassila, O. The Semantic Web. *Scientific American* 284, may, 2001 , 34–43.
- (DARPA, 2000) DARPA *The DARPA Agent Markup Language Homepage*. Disponível em: <<http://www.daml.org/>>, Novembro.
- (FREITAS, 2005) FREITAS, Frederico Gonçalves de. *Ontologias e Web Semântica*. Programa de Pós-Graduação em Informática, Universidade Católica de Santos, Santos –SP, 2005. Disponível em: <<http://www.inf.unisinos.br/~renata/cursos/topicosv/ontologias-ws.pdf>>
- (GRUBBER, 1999) GRUBBER, T. “*What is an Ontology?*”. Disponível em: <<http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>>, Novembro.
- (MCGUINNESS, 2003) MCGUINNESS, Deborah L. *Ontologies Come of Age*. In Dieter Fensel, J im Hendler, Henry Lieberman, and Wolfgang Wahlster, editors. *Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to Its Full Potential*. MIT Press, 2002.
- (MELLO, 2000) Mello, Ronaldo dos Santos (2000) *Aplicação de ontologias a bancos de dados semi-estruturados*, Tese (Pós-Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Informática, Porto Alegre-RS, 2000.
- (OIL, 2000) OIL *The Ontology Inference Layer OIL* Disponível em: <<http://www.ontoknowledge.org/oil/TR/oil.long.html>>, Novembro.
- (PARK e HUNTING, 2003) PARK, J. & S. Hunting, *XML topic maps: Creating and using topic maps for the web*. Boston, MA: Addison-Wesley, 2003.

- (RUSSEL e NORVING, 2004) RUSSEL, S. J. & NORVING, P. *Inteligência Artificial*: tradução da 2ª ed. publicada por Prentice Hall. Rio de Janeiro : Elsevier, 2004.
- (W3C, 2001) DAML+OIL. *DAML+OIL (March 2001) Reference Description*. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>>, Novembro.
- (W3C, 2004) OWL. *OWL Web Ontology Language Reference*. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl-ref/>>, Novembro.