
Ontologia para Construção de Ambientes Interativos de Aprendizagem

Ig Bittencourt¹, Camila Bezerra¹, Camila Nunes¹, Evandro Costa¹,
Marcos Tadeu¹, Rômulo Nunes¹, Marcos Costa², Alan Silva¹

¹Instituto de Computação – Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Campus A. C. Simões, BR 104 - Norte, Km 97, C. Universitária, Maceió, AL – Brasil

²FAL - Faculdade de Alagoas - Rua Pio XII, 70, Jatiúca Maceió/AL - CEP: 57035-560

{ibert,cpbn,cbs,evandro,mts,alan}@tci.ufal.br romulo@dsc.ufcg.edu.br mhelf@hotmail.com

Abstract. *Building Interactive Learning Environment (ILE) can be complex and time-consuming, because several efforts such as environment design until maintenance and test phase. This ILE approach makes the traditional knowledge representation formalism inefficient, being necessary the use of ontologies to solve problems presents at the literature. In this paper an ontology for building Interactive Learning Environment is proposed. This ontology is modeled in OWL-DL, aiming at support aspects like domain modeling, student, collaboration and pedagogical, besides the knowledge sharable and standardized.*

Resumo. *A construção de Ambientes Interativos de Aprendizagem pode ser uma tarefa bastante complexa e lenta, devido aos diversos esforços que vão desde a modelagem do ambiente até a fase de manutenção e testes. Tais abordagens de ambientes de aprendizagem fazem com que o formalismo tradicional de representação de conhecimento torne-se inviável, sendo necessário o uso de ontologias para resolver problemas da literatura. Propõe-se neste artigo uma ontologia para construção de ambientes interativos de aprendizagem. Tal ontologia está modelada em OWL-DL, objetivando atender aos aspectos da modelagem do domínio, estudante, colaboração e pedagógica, além do compartilhamento e padronização do conhecimento.*

1. Introdução

A construção de Ambientes Interativos de Aprendizagem pode ser uma tarefa bastante complexa e lenta, devido aos diversos esforços que vão desde a modelagem do ambiente até a fase de manutenção e testes [Rodrigues et al. 2005]. Um dos grandes problemas associados a construção de tais ambientes ocorre devido ao formalismo de representação do conhecimento, pois utilizam formalismos tradicionais, como banco de dados.

Um número significativo dos atuais ambientes de aprendizagem (a exemplo dos ambientes interativos de aprendizagem) contemplam um processo de aprendizagem centrado no aprendiz, o qual passa, por exemplo, a decidir sobre *o quê, quando e onde* estudar. A complexidade envolvida no desenvolvimento e manutenção destes ambientes faz com que formalismos tradicionais de representação de conhecimento sejam insuficientes. Nesse sentido, a representação de conhecimento através de ontologias constitui-se numa alternativa para resolver os problemas associados à complexidade mencionada no conhecimento tratado nos ambientes de aprendizagem [Mizoguchi and Bourdeau 2000].

Neste artigo é proposta uma ontologia para construção de ambientes interativos de aprendizagem. Tal ontologia foi modelada com o objetivo de atender aos aspectos da modelagem do domínio, estudante, colaboração e pedagógica.

O artigo está organizado da seguinte forma. Os trabalhos relacionados são apresentados na Seção 2. Na Seção 3, descreve-se a ontologia do sistema. Um cenário ilustrativo abordando o uso da ontologia do domínio é apresentado na Seção 4. Finalmente, trabalhos futuros e conclusões são apresentados na Seção 5.

2. Trabalhos Relacionados

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos utilizando ontologias e agentes de *software*, objetivando solucionar diversos tipos de problemas. Alguns deles são citados abaixo.

O ambiente Col [de Araujo 2004] é uma ferramenta para gerenciamento de cursos a distâncias que faz uso de uma modelagem ontológica de materiais de aprendizagem. Apesar de gerenciar materiais de aprendizagem, o mesmo não dá suporte a abordagens pedagógicas mais sofisticadas, como construtivismo ou teoria social.

[Goñi et al. 2002] propôs uma ferramenta baseada em agentes, denominada WebSS, usando a arquitetura da *Web Semântica*, onde através de ontologias é possível recuperar conteúdos educacionais em servidores AulaNet. Apesar de recuperar conteúdo semanticamente, o mesmo não possui toda a sua estrutura baseada em ontologias.

Em [Gasevié and Hatala 2006], é proposto um *framework* baseado no mapeamento de ontologias que permite pesquisa por materiais de aprendizagem utilizando múltiplas ontologias. Este trabalho dá suporte a um mapeamento ontológico, porém, não possui os recursos concernentes a um ambiente de aprendizagem interativa (modelo do domínio, estudante, colaboração e pedagógico).

A fim de explorar as limitações encontradas nos trabalhos citados, é proposto neste artigo uma ontologia para construir ambientes interativos de aprendizagem, tendo como diferencial todas as fases presentes no ambiente, como modelo do domínio, pedagógico, estudante e colaboração. O sistema leva em consideração um formalismo de conhecimento baseado em ontologias OWL (formalismo de ontologias para *Web Semântica*) e, principalmente, foi modelada através de um estudo minucioso de diversos trabalhos renomados na área de AI-ED¹.

3. Ontologia Proposta

As ontologias fornecem um vocabulário para a representação do conhecimento. Sendo assim, caso exista uma ontologia que modele adequadamente certo domínio de conhecimento, essa pode ser compartilhada e usada por pessoas que desenvolvam aplicações dentro desse domínio.

Objetivando construir uma ontologia para ambientes interativos de aprendizagem, propôs-se neste trabalho uma solução utilizando OWL-DL [W3C 1994], na ferramenta protégé [Stanford 2000], onde diversos aspectos foram levados em consideração, dentre os quais podem ser citados: *i) modelo do domínio*: são as informações relevantes ao que está sendo ensinado; *ii) modelo do estudante*: responsável pelo conhecimento sobre quem

¹Os trabalhos que foram considerados para construir a ontologia são descritos ao longo do artigo.

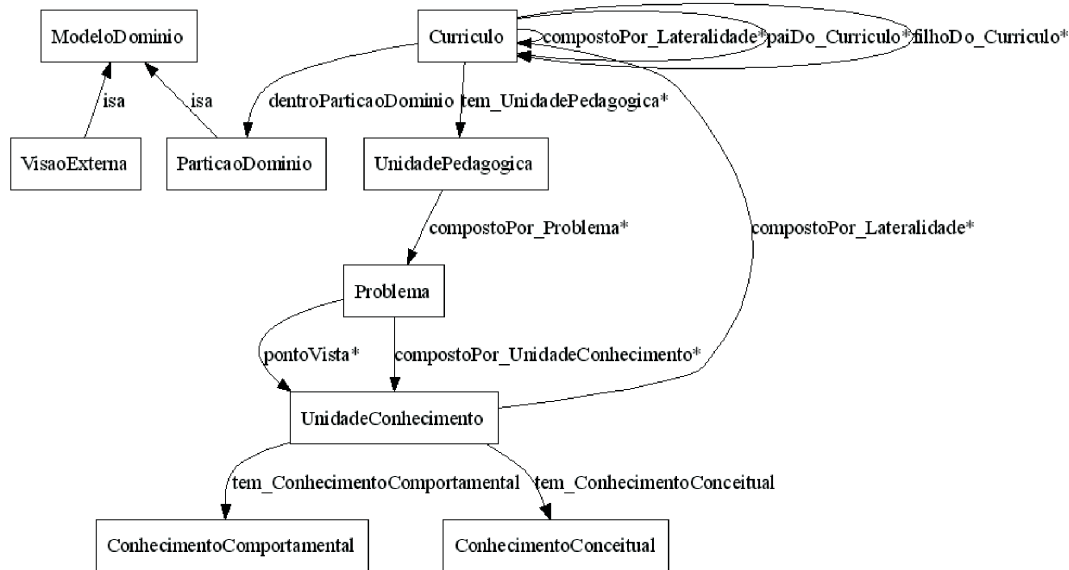


Figura 1. Ontologia do modelo do domínio

será ensinado; *iii) modelo de colaboração*: equivale ao tipo de informação relevante para o aprendizado em grupo, ou seja, como os estudantes irão interagir, objetivando a aprendizagem; *iv) modelo pedagógico*: representa a informação sobre como será conduzida a interação, objetivando o aprendizado do estudante ou de um grupo.

Nas subseções abaixo seguem detalhes referentes aos modelos presentes na ontologia proposta. A correlação entre os modelos seguem a abordagem padrão de ambientes interativos de aprendizagem/sistemas tutores inteligentes.

3.1. Modelo do Domínio

O modelo do domínio de um sistema educacional é responsável pelo conhecimento sobre *o quê ensinar*. Dentre as preocupações referentes ao módulo do domínio, citam-se:

- *Representação do conhecimento do domínio*: é a forma com que o conhecimento alvo do que vai ser ensinado será estruturado e organizado. Nos atuais sistemas educacionais, a idéia de ontologia tem sido aplicada para a representação do conhecimento, além de outras características referentes a ontologia;
- *Resolução de Problemas*: uma característica importante que pode estar presente na construção de sistemas educacionais é a capacidade de resolução de problemas. Para isso, diversas técnicas da Inteligência Artificial podem ser utilizadas, entretanto, a escolha dessas técnicas está diretamente ligada ao tipo de problema que se pretende resolver e ao domínio de ensino contextualizado.

O modelo do domínio foi baseado no modelo MATHEMA [Costa 1997], porém a construção da ontologia, ilustrada na Figura 1 foi feita através da avaliação dos trabalhos [Dillenbourg and Self 1992] [Chen and Mizoguchi 2004a] [Costa 1997]. Além disso, houve a integração da ontologia feita em SATA com SCORM [ADL 2004], para utilização de objetos de aprendizagem.

Com a ontologia do domínio, o sistema educacional é capaz de responder perguntas, como:

1. O que está sendo ensinado?
2. Qual o currículo que está sendo ensinado?
3. Quais são os objetos de aprendizagem presentes no currículo?
4. Quais são os recursos de aprendizagem (textos, lista de termos, exemplos, ...) presentes no currículo?
5. Quais problemas estão presentes em cada currículo?
6. Qual o nível de dificuldade (fácil, médio, difícil) do problema?
7. Qual é o tipo de problema (Objetivo, Subjetivo, Múltipla escolha, ...)?
8. Qual é a solução do problema?
9. Qual é o Conhecimento Conceitual (termos, exemplos, contra-exemplo, problemas similares, ...) envolvido no problema?
10. Qual é o Conhecimento Comportamental (Mecanismo de Resolução do problema, por exemplo, regras) envolvido no problema?
11. Quais são os erros, bugs e faltas de conceituais mais comuns na resolução de um problema?

3.2. Modelo do Estudante

O modelo do estudante é responsável pelo conhecimento sobre *para quem ensinar*, ou seja, esse módulo conterà informações sobre o estudante ou um grupo de estudantes que está sendo ensinado. Dentre as informações relevantes ao modelo do estudante, têm-se:

- **Informações Estáticas:** são as informações do estudante que não mudam de acordo com a interação estudante-sistema e vice-versa, como mostrado na Figura 2. Algumas informações estáticas são, nome, telefone, endereço, login, senha, características de personalidade, estilo de aprendizagem, entre outros;

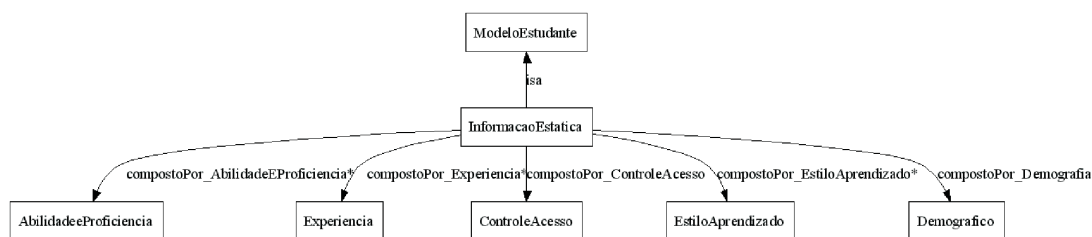


Figura 2. Tipos de Informações estáticas relevantes do estudante

- **Informações Dinâmicas:** são as informações do estudante que mudam durante a interação estudante-sistema. Normalmente, estas informações estão relacionadas com informações do domínio, como o diagnóstico cognitivo do estudante. Porém, podem estar relacionadas com o modelo pedagógico, como o aspecto emocional e afetivo (Triste, alegre, motivado, entre outros) do estudante, como mostrado na Figura 3. Algumas informações dinâmicas são desempenho geral do estudante, nível de conhecimento atual do estudante, variações de estados mentais, etc.

A construção do modelo do estudante (Figuras 2, 3 e 4) foi feita através da avaliação dos trabalhos [Chen and Mizoguchi 2004b, Chepegin]. Com isso, diversas perguntas podem ser feitas, algumas delas são:

1. Qual o nome do estudante?
2. O estudante é do sexo masculino ou feminino?
3. Qual a idade do estudante?
4. Qual a experiência profissional do estudante?
5. Quais habilidades (escrita, leitura, ...) o estudante possui?
6. Qual o estilo de aprendizagem (Orientado a princípios, orientado a exemplo, do geral para o específico, questões de múltipla escolha, ...) preferido do estudante?
7. Qual o nível educacional do estudante?

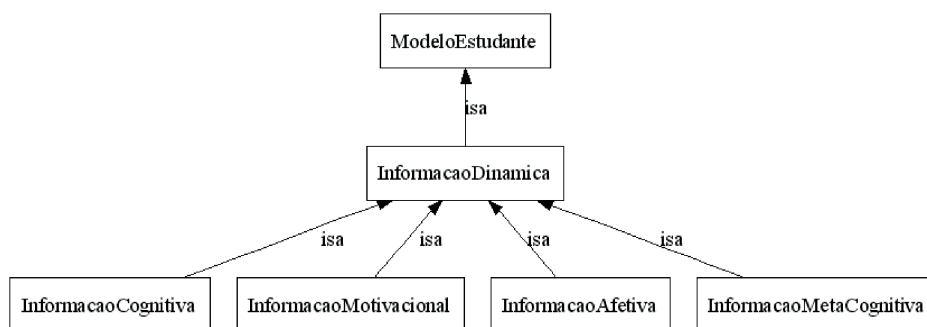


Figura 3. Tipos de Informações dinâmicas relevantes do estudante

8. Quais são as características (curiosidade, cooperação, imaginativo, reservado, criativo, ...) motivacionais e afetivas do estudante?
9. Quais são os estados mentais (depressivo, irritação, pressão de tempo, ...) do estudante?
10. Quais são os estados emocionais (ansioso, confuso, excitado, triste, satisfeito, ...) do estudante?
11. Qual a personalidade (extrovertido, introvertido, sentimental, nervosismo, otimista, pensativo, controlado, ...) do estudante?
12. Qual é o conhecimento comportamental (mecanismo de resolução do problema, por exemplo, regras) envolvido no problema?
13. O que exatamente o estudante quer aprender?
14. Quais unidades o estudante já estudou?
15. Qual a unidade que o estudante está estudando?
16. O que o estudante já sabe?
17. O que o estudante ainda não sabe?
18. Quantas questões o estudante acertou?
19. Quantas questões o estudante errou?
20. Qual o tempo médio de resolução dos problemas?
21. Qual conhecimento conceitual o estudante utilizou na resolução do problema?
22. Qual conhecimento comportamental o estudante utilizou na resolução do problema?

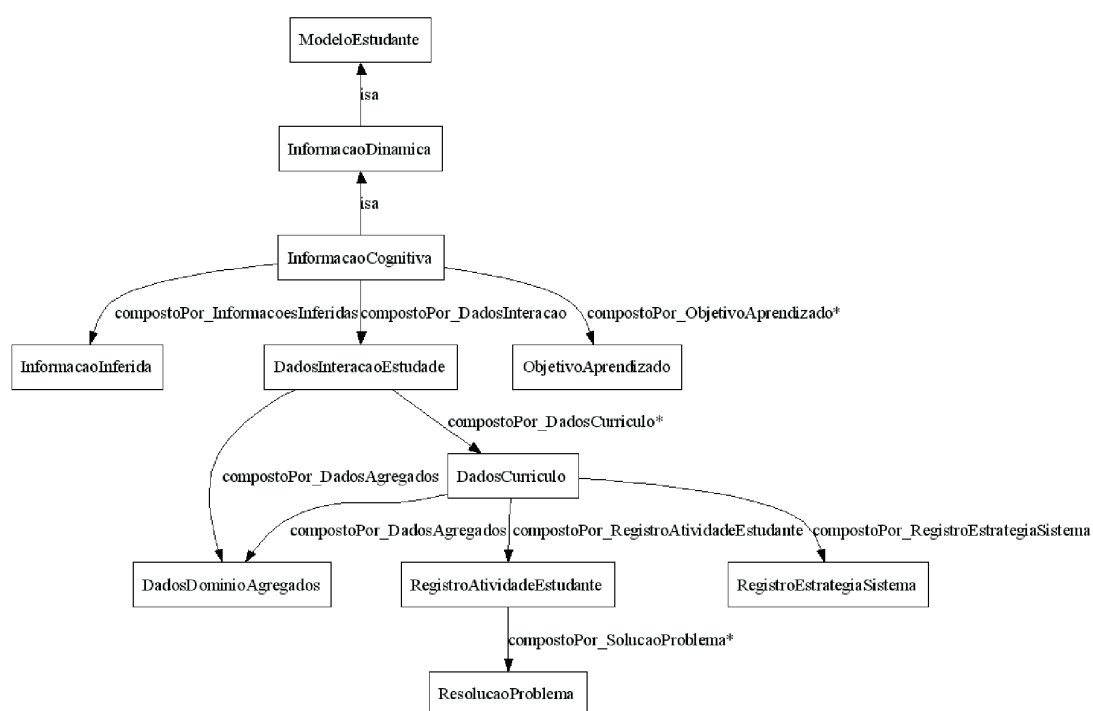


Figura 4. Tipos de Informações dinâmicas relevantes do estudante

As informações estáticas dos estudantes geralmente são adquiridas de forma explícita (sistema solicita informações ao estudante), já as informações dinâmicas de forma implícita (sistema infere sobre o estudante).

3.3. Modelo de Colaboração

O modelo de colaboração se refere às características identificadas no processo de colaboração entre os estudantes do sistema. Atualmente, a abordagem de CSCL é bastante utilizada nos ambientes educacionais vigentes. A construção do modelo de colaboração (Figura 5) foi feita através da avaliação dos trabalhos [Barros et al. 2002, Barros et al. 2001] [ADL 2004].

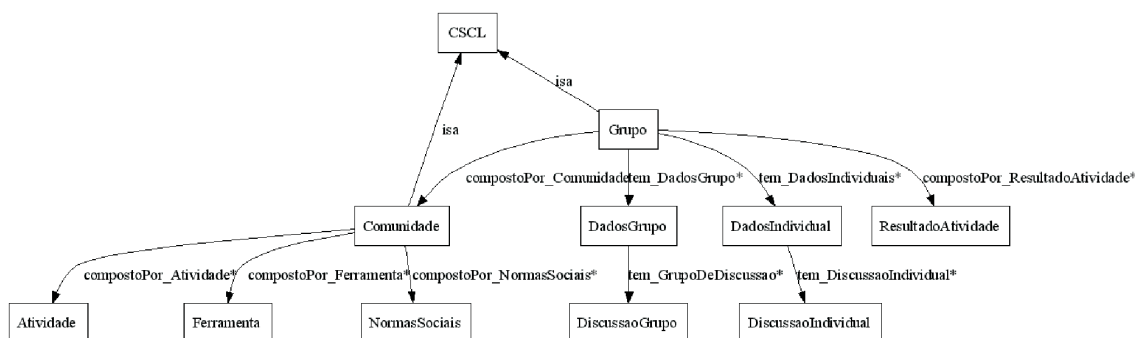


Figura 5. Informações referentes ao modelo de colaboração

Com isso, diversas perguntas podem ser feitas, algumas delas são:

1. Quais são as comunidades presentes?
2. Quais são os grupos de cada comunidade?
3. Quais estudantes estão em determinado grupo?
4. Quais são as normas (responsabilidades do sistema) que regem determinada comunidade?
5. Quais são as ferramentas presentes na comunidade?
6. Quais foram as interações dos alunos?
7. Como está o desempenho do aluno em determinado grupo?
8. Quais os atuais temas de discussão do grupo?

3.4. Modelo Pedagógico

O modelo pedagógico é responsável pelo conhecimento sobre como ensinar, ou seja, como uma interação pode ser desenvolvida. Normalmente, tal modelo realiza esta interação através de um planejamento instrucional, considerando aspectos cognitivos sobre os estudantes. Dentre alguns aspectos cognitivos que são levados em consideração, têm-se os referentes ao conhecimento do estudante sobre pré-requisitos do domínio, conceitos mal entendidos, entre outros.

A literatura tem feito a modelagem pedagógica considerando estratégias e táticas de ensino [Giraffa 1999][Kumar et al. 2004] [du Boulay and Luckin 2001].

3.5. Estratégias e Táticas

Estratégias e táticas equivalem ao modo no qual o ensino será conduzido, porém ainda há uma certa falta de consenso na literatura sobre o que realmente são as estratégias e táticas. Esta subseção objetiva organizar o conhecimento sobre as diversas estratégias e táticas pedagógicas concernentes a um sistema educacional.

Algumas descrições que podem ser citadas para caracterizar estratégias e táticas são:

Estratégias: estratégias Pedagógicas são métodos e técnicas pedagógicas utilizadas pelo professor, objetivando uma maior eficiência no processo de ensino-aprendizagem.

Táticas: contém ações para efetivar a estratégia selecionada.

Com isso, pode-se concluir que as estratégias pedagógicas referem-se ao conhecimento sobre *como ensinar*, através da utilização de métodos e técnicas de ensino, sendo utilizadas para realizar objetivos de ensino-aprendizagem. Enquanto táticas são esquemas do emprego de formas de tutoria, efetivando uma determinada estratégia.

3.6. Estratégias

Fazendo uma avaliação epistemológica de estratégias, pode-se observar que o desenvolvimento de estratégias [du Boulay and Luckin 2001] ocorrem de três formas:

Professores Especialistas Humanos: através da observação de professores humanos. Abaixo seguem algumas estratégias derivadas de professores especialistas humanos:

- Tutoria Socrática: método de ensino no qual o professor não concede nenhuma informação, mas faz uma seqüência de questões;
- Ensino Baseado nos Erros: através de erros do estudante, o tutor é acionado para dar um feedback ao aluno;
- Motivando Estudantes: o professor constrói e mantém o compromisso com os estudantes através de tarefas e suas motivações para aprender.

Teorias de Aprendizagem: através do estudo das teorias de aprendizagem derivam-se teorias de ensino. Abaixo seguem algumas derivações:

- Teoria Social: é focada essencialmente com epistemologias. Consistem de dois processos de interação, o primeiro opera no **nível de domínio** (links, fatos, regras e princípios) e o segundo no **meta-nível**, observando “buracos” e inconsistências do nível do domínio;
- Ensino Contingente: a idéia é manter grupos de estudantes em interações de aprendizagem, provendo apenas assistência em alguns momentos para que eles tenham progressos nas tarefas;
- Construtivismo: considera a construção pelo aluno do seu próprio saber como o aspecto mais importante do processo de ensino-aprendizagem.

Estudos dos Estudantes: através da observação de estudantes humanos ou artificiais, entretanto, é mais focado no estudo de táticas.

- Estudantes Reais: referem-se a como diferentes tipos de estudantes reagem a métodos particulares. O escopo de características abordadas refere-se a gênero, habilidades, estilos de aprendizagem, conhecimento de *background*, reforço e *feedback*, entre outros;
- Estudantes Artificiais: referem-se a como estudantes com diferentes habilidades reagem com tutores artificiais. Esta metodologia constrói modelos computacionais e deriva estratégias ou restrições de comportamentos de estratégias.

Acima foram abordadas apenas algumas estratégias utilizadas pela literatura, porém, uma avaliação mais detalhada deste trabalho identificou em torno de 50 estratégias pedagógicas.

3.7. Táticas

Dando continuidade a avaliação epistemológica, foi feito um mapeamento das diversas táticas existentes, onde algumas delas são:

Definição de termos: utilizado na conceituação de termos. Como exemplo de definição de termos, citam-se descrição, lembretes de chamadas, entre outros;

Demonstração: há uma demonstração, independente da mídia, na qual podem ser explicitadas de forma interativa, através de lembretes, de forma aplicada, entre outros;

Prática: é a forma de abordagem através da prática, podendo ser caracterizada/representada de forma guiada, através de dicas, entre outros;

Apresentando Recursos: forma pela qual recursos são abordados, podendo ser através de revisões, instruções, através de passos/fases, entre outros;

Apresentando Propostas: representa a outra ação que um sistema tutor inteligente pode fazer, na qual esta apresentação pode ocorrer fornecendo um objetivo, através de generalizações, críticas precursoras, entre outros;

Apresentando Justificações: justificativas podem ser abordadas através de casos transparentes, procedimentos equivalentes, verificação de alternativa, entre outros.

A construção do modelo pedagógico (Figura 6) foi feita através da avaliação dos trabalhos [du Boulay and Luckin 2001, Kumar et al. 2004, Major et al. 1997].

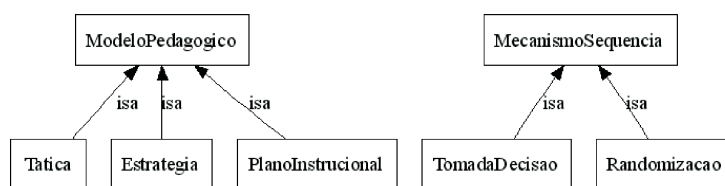


Figura 6. Ontologia do modelo pedagógico

4. Cenário ilustrativo

A ontologia proposta na seção anterior pode ser aplicada em diversos domínios de aprendizagem. Uma das aplicações dessa ontologia foi feita utilizando o domínio de sistemas especialistas.

Na modelagem desse domínio foram considerados alguns conceitos relevantes, como a definição dos componentes de um sistema especialista e a relação entre eles, como mostra a Figura 7.

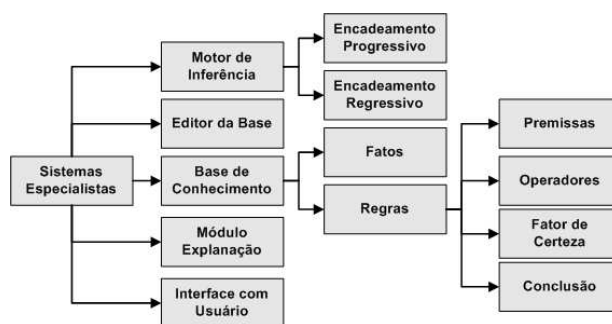


Figura 7. Modelagem do domínio de sistemas especialistas

Tabela 1. Dados do Domínio de Sistemas Especialistas

Classe	Conteúdo	Classe	Conteúdo
DomainModel	Sistemas Especialistas	Currículo 32	Regras
Currículo 1	Motor de Inferência	Unidade Pedagógica 1	Problema ₁
Unidade Pedagógica 1	Problema ₁
Unidade Pedagógica 2	Problema ₂	Currículo 321	Premissas
...
Currículo 11	Encadeamento Progressivo	Currículo 322	Operadores
Unidade Pedagógica 1	Problema ₁
Unidade Pedagógica 2	Problema ₂	Currículo 323	Fator de Certeza
...
Currículo 12	Encadeamento Regressivo	Currículo 324	Conclusão
Unidade Pedagógica 1	Problema ₁
...	...	Currículo 4	Módulo de Explicação
Currículo 2	Editor de Base	Unidade Pedagógica 1	Problema ₁
Unidade Pedagógica 1	Problema ₁	Unidade Pedagógica 2	Problema ₂
...
Currículo 3	Base de Conhecimento	Currículo 5	Interface com o Usuário
Unidade Pedagógica 1	Problema ₁	Unidade Pedagógica 1	Problema ₁
Currículo 31	Fatos	Unidade Pedagógica 2	Problema ₂
Unidade Pedagógica 1	Problema ₁
...	...		

Na Tabela 1, pode-se observar que existem currículos filhos de outros currículos. Esta relação hierárquica pode ser interpretada como pré-requisito. Além disso, cada *curriculum* é composto por unidades pedagógicas (*PedagogicalUnit*), onde cada unidade pedagógica está associada a problemas e seus níveis de dificuldade. Por fim, cada classe presente na ontologia está associada a objetos de aprendizagem armazenados em repositórios.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este artigo descreveu um ontologia para construção de ambientes interativos de aprendizagem. A ontologia foi desenvolvido utilizando a tecnologia *Protégé* e *OWL-DL*. Foram considerados aspectos fundamentais para ambientes interativos de aprendizagem, como modelagem do domínio, estudante, pedagógico e colaboração. Com a ontologia proposta, espera-se ter contribuído para a área de Informática na Educação, em *i*) ambientes interativos de Aprendizagem, pois a ontologia foi modelada levando em consideração os diversos aspectos concernentes a área e *ii*) Inteligência Artificial em educação, pois a solução ocorreu através da ontologia OWL-DL, dando suporte para a *Web Semântica*.

Como trabalho futuro, objetiva-se construir agentes que serão mapeados em cada parte da ontologia. Para que os agentes acessem a ontologia, pretende-se utilizar um *Framework* para *Web semântica*, além de linguagens para consultar a ontologia.

Referências

- ADL (2004). Scorm. <http://www.adlnet.gov/>.
- Barros, B., Verdejo, M. F., and Mizoguchi, R. (2001). A platform for collaboration analysis in cscl. an ontological approach. In *Artificial Intelligence in Education AIED, San Antonio, USA*, pages 530–532. IOS Press.
- Barros, B., Verdejo, M. F., Read, T., and Mizoguchi, R. (2002). Applications of a collaborative learning ontology. *MICAI'2002 Mexican International Conference on Artificial Intelligence*, pages 301–310.

-
- Chen, W. and Mizoguchi, R. (2004a). Learner model ontology and learner model agent. *Cognitive Support for Learning - Imagining the Unknown*, pages 189–200.
- Chen, W. and Mizoguchi, R. (2004b). Learner model ontology and learner model agent. *Cognitive Support for Learning - Imagining the Unknown*, pages 189–200.
- Chepegin, V. Usermodelling. <http://smi-protege.stanford.edu:8080/KnowledgeZone/OntologyMetadata?ontologyid=22>.
- Costa, E. B. (1997). *Um Modelo de Ambiente Interativo de Aprendizagem Baseado numa Arquitetura Multi-Agentes*. Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- de Araujo, M. (2004). *Educação à distância e a Web Semântica : Modelagem Ontológica de Materiais e objetos de aprendizagem para a plataforma COL*. PhD thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Dillenbourg, P. and Self, J. (1992). A framework for learner modelling. *Interactive Learning Environments*, 2:111–137.
- du Boulay, B. and Luckin, R. (2001). Modelling human teaching tactics and strategies for tutoring systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12:235–256.
- Gasevié, D. and Hatala, M. (2006). Ontology mappings to improve learning resource search. *British Journal of Educational Technology*, 3:375–389.
- Giraffa, L. M. M. (1999). *Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Goñi, J. L., Pfeiffer, M., and de Lucena, C. J. P. (2002). E-Learning e a Web Semântica. In *VI Congresso da Rede Ibero-americana de Informática Educativa (RIBIE), IV Simpósio Internacional de Informática Educativa (SIIE), VII Taller Internacional de Software Educativo (TISE), 2002, Vigo, 2002*.
- Kumar, V., Shakya, J., Groeneboer, C., and Chu, S. (2004). Toward an ontology of teaching strategies. In *Proceedings of the ITS'04 Workshop on Modelling Human Teaching Tactics and Strategies, Maceió, 2004*, pages 71–80.
- Major, N., Ainsworth, S., and Wood, D. (1997). Redeem: Exploiting symbiosis between psychology and authoring environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8:317–340.
- Mizoguchi, R. and Bourdeau, J. (2000). Using ontological engineering to overcome common ai-ed problems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11(2):107–121.
- Rodrigues, M., Novais, P., and Santos, M. F. (2005). Future challenges in intelligent tutoring systems - a framework. In *m-ICTE2005 3rd International Conference on Multimedia and Information and Communication Technologies in Education*. FORMATEX.
- Stanford (2000). Protégé ontology editor and knowledge acquisition system. <http://protege.stanford.edu>.
- W3C (1994). World Wide Web Consortium. <http://www.w3.org/2002/ws/>.