

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS

CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

PROGRAMA INTERDISCIPLINAR DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
APLICADA

NÍVEL MESTRADO

ANA CAROLINA XAVIER

**AutoEduMat: Ferramenta de Apoio a Autoria de Metadados de Objetos de
Aprendizagem para o Domínio de Ensino de Matemática**

São Leopoldo

31 de Maio, 2010

ANA CAROLINA XAVIER

**AutoEduMat: Ferramenta de Apoio a Autoria de Metadados de Objetos de
Aprendizagem para o Domínio de Ensino de Matemática**

Dissertação apresentada como requisito
parcial para a obtenção título de Mestre, pelo
Programa de Pós-Graduação em Computação
Aplicada da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Gluz

São Leopoldo
2010

X3a Xavier, Ana Carolina

AutoEduMat: ferramenta de apoio a autoria de metadados de objetos de aprendizagem para o domínio de ensino de matemática / por Ana Carolina Xavier. – São Leopoldo, 2010.

90 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, São Leopoldo, RS, 2010.

“Orientação: Prof. Dr. João Carlos Gluz, Ciências Exatas e Tecnológicas”.

1.Computação – Matemática – Estudo e ensino. 2.Computação – Matemática. 3.Objetos de aprendizagem – Plataformas digitais. 4.Metadados. 5.Agentes inteligentes (software) – Matemática – Estudo e ensino. I.Título.

CDU 004:51:371.33

004:51

004.4:51:371.33

Catálogo na publicação:
Bibliotecária Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a memória de minha avó, Celina Nair Delgado Xavier, alguém que doou à vida infinitamente mais do que recebeu.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. João Carlos Gluz pela orientação, motivação e disponibilidade ao longo de todo curso.

A minha família, pelo incentivo e compreensão nos momentos de ausência.

Ao meu amigo e colega de trabalho Thiago Arena Viaro pelas inúmeras e ricas discussões sobre as possibilidades da vida acadêmica e também pelo suporte nos momentos de ausência no trabalho.

“Combati o bom combate, completei a corrida, guardei a fé.”

(II Tm 4:7)

RESUMO

Esta dissertação apresenta uma pesquisa relacionada as ferramentas que dão suporte a utilização de objetos de aprendizagem em plataformas digitais. Mais especificamente, a pesquisa se direciona para as ferramentas de apoio a autoria destes objetos, em particular dos seus metadados. Inicialmente é apresentada a contextualização do problema de pesquisa, sua fundamentação teórica e os trabalhos relacionados ao tema. Em seguida são apresentadas as principais características do sistema proposto, o *AutoEduMat* – Ferramenta de Apoio a Autoria de Metadados de Objetos de Aprendizagem para o Domínio de Ensino de Matemática. A ferramenta *AutoEduMat* dá apoio a autoria de objetos de aprendizagem, oferecendo assistência ao projetista (designer) de objetos na criação e edição de metadados destes objetos. A principal inovação do trabalho é a combinação das tecnologias de Engenharia de Software de Agentes e de Engenharia de Ontologias para construir um sistema multiagente que oferece suporte inteligente para a geração dos metadados dos objetos de aprendizagem, sendo capaz de interagir com o usuário com termos de seu próprio contexto profissional e educacional. No trabalho é proposta a ontologia *Onto-EduMat* que incorpora os conhecimentos sobre o domínio de ensino de matemática, incluindo aspectos pedagógicos, necessários para o auxílio a geração dos metadados. Tanto a ferramenta quanto seu modelo ontológico são validados através de experimentos descritos no final do trabalho.

Palavras-chave: Objetos de Aprendizagem, Ferramenta de Autoria para Metadados, Ontologia de Domínio de Ensino, Engenharia de Software Orientada a Agentes, Engenharia de Ontologias, Padrão de Metadados OBAA

ABSTRACT

This dissertation presents a research related to the tools that support the utilization of learning objects in digital platforms. More precisely, the research is directed to the tools that support the authoring process of these objects, in particular of their metadata. Initially are presented the characterization of the problem, its theoretical foundations and related works. Then are presented the main characteristics of the proposed system, the AutoEduMat – Metadata Authoring Tool for Mathematics Learning Objects. The AutoEduMat system will provide assistance to the object designer in the metadata creation and edition of these objects. The main innovation of this work is the combination of Agent Oriented Software Engineering and Ontology Engineering technologies to built a multiagent system able to offer intelligent support for metadata creation, interacting with users using terms related to their professional and educational context. This work proposes the Onto-EduMat ontology, which incorporates the mathematical and pedagogical knowledge necessary to generate the metadata. The authoring tool and its ontological model are validated through experiments described in the end of the work.

Keywords: Learning Objects, Metadata Authoring Tools, Learning Domain Ontologies, Agent Oriented Software Engineering, Ontology Engineering, OBAA Metadata Standard

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 3.1 - Fases da Metodologia Prometheus..... | 25 |
| Figura 3.2 Arquitetura da plataforma Protègè | 36 |
| Figura 3.3 Gerenciamento das ontologias na OWL API..... | 37 |
| Figura 5.1 Ontologia Onto-EduMat..... | 55 |
| Figura 5.2 Ontologia Onto-EduMat – Nível Item | 56 |
| Figura 5.3 Relações de Agregação na OntoEduMat..... | 57 |
| Figura 5.4 Ontologia OntoPedagógica | 59 |
| Figura 6.1Arquitetura Preliminar AutoEduMat..... | 68 |
| Figura 6.2 Diagrama de Especificação | 69 |
| Figura 6.3 Diagrama Geral do Sistema..... | 70 |
| Figura 6.4 Diagrama Detalhado do Agente InterfaceGrafica | 71 |
| Figura 6.5 Diagrama Detalhado do Agente Gerente_MD | 72 |
| Figura 6.6 Diagrama Detalhado do Agente Wizard_MD | 73 |
| Figura 6.7 Diagrama Detalhado do Agente XML | 73 |
| Figura 6.8 Interface de comunicação entre as tecnologias | 75 |
| Figura 6.9 Interface Web Sistema AutoEduMat..... | 76 |
| Figura 6.10 Seleção dos Metadados OBAA | 76 |
| Figura 6.11 Localização do assunto do objeto de aprendizagem | 77 |
| Figura 6.12 Metadados inferidos - Grupo General | 78 |
| Figura 6.13 Metadados inferidos – Grupo Educational..... | 78 |
| Figura 6.14 Geração Arquivo XML | 79 |

Figura 8.1 Estrutura da Ontologia OntoMapping **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 3.1 Entidades dos diagramas Prometheus | 26 |
| Tabela 4.1 Resumo da Análise Comparativa de Editores de OA | 43 |
| Tabela 4.2 Resumo da Análise Comparativa de Editores de Metadados | 49 |
| Tabela 5.1 Classes, Atributos e Relações da Onto-EduMat | 57 |
| Tabela 5.2 Classes, Atributos e Relações da OntoPedagógica..... | 59 |
| Tabela 5.3 Exemplo de conteúdo - Onto-Pedagógica | 60 |
| Tabela 5.4 Metadados Educacionais OBAA derivados do IEEE-LOM..... | 62 |
| Tabela 5.5 Mapeamento OBAA X Onto-EduMat | 63 |
| Tabela 5.6 Mapeamento OBAA X Onto-Pedagógica..... | 63 |
| Tabela 7.1 Metadados INTERRED | 81 |
| Tabela 7.2 Resultado do Roteiro de Teste | 84 |
| Tabela 7.3 Mapeamento Metadados INTERRED x Padrão OBAA..... | 85 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|----------|--|
| ADL | <i>Advanced Distributed Learning</i> |
| ADTP | <i>Agent Development Tool Plug-In</i> |
| AICC | <i>Aviation Industry CBT Committee</i> |
| AOSE | <i>Agent Oriented Software Engineering</i> |
| DCMI | <i>Dublin Core Metadata Initiative</i> |
| DIF | <i>Directory Interchange Format</i> |
| DL | <i>Description Logic</i> |
| GCMD | <i>Global Change Master Directory</i> |
| HTML | <i>HyperText Markup Language</i> |
| IEEE | <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> |
| IMS | <i>Instructional Management System</i> |
| INTERRED | <i>Aprendizagem Compartilhada em Rede</i> |
| LMS | <i>Learning Management System</i> |
| LOM | <i>Learning Object Metadata</i> |
| LTSC | <i>Learning Technology Standard Committee</i> |
| MEC | Ministério da Educação e Cultura |
| OA | Objeto de Aprendizagem |
| OBAA | Objetos de Aprendizagem suportados por Agentes |
| OWL | <i>Web Ontology Language</i> |
| PCNEM | Plano Curricular Nacional para o Ensino Médio |
| PDT | <i>Prometheus Design Tool</i> |
| RDF | <i>Resource Description Framework</i> |
| SCORM | <i>Sharable Content Object Reference Model</i> |
| SMA | Sistemas Multiagentes |
| TIC | Tecnologias da Informação e da Comunicação |
| W3C | <i>World Wide Web Consortium</i> |
| XML | <i>Extensible Markup Language</i> |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--------------------------------------|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 2 | CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA..... | 18 |
| 2.1 | Problema de Pesquisa | 18 |
| 2.2 | Objetivos | 19 |
| 2.3 | Metodologia | 20 |
| 3 | FUNDAMENTAÇÃO DA PESQUISA..... | 22 |
| 3.1 | Agentes e Sistemas Multiagente | 22 |
| 3.2 | Objetos de Aprendizagem..... | 26 |
| 3.2.1 | Padrões de Metadados..... | 27 |
| 3.2.2 | A Proposta de Metadados OBAA | 28 |
| 3.3 | Ontologias | 32 |
| 3.3.1 | OWL..... | 33 |
| 3.3.2 | Protègè | 34 |
| 3.3.3 | OWL API | 36 |
| 4 | TRABALHOS RELACIONADOS..... | 38 |
| 4.1 | Autoria de OA..... | 38 |
| 4.1.1 | Critérios de Comparação..... | 40 |
| 4.1.2 | Análise Comparativa..... | 42 |
| 4.2 | Autoria de Metadados | 44 |
| 4.2.1 | Critérios de Comparação..... | 48 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.2.2 | Análise Comparativa..... | 49 |
| 5 | A ONTOLOGIA ONTO-EDUMAT..... | 50 |
| 5.1 | Planos e Estratégias Curriculares..... | 50 |
| 5.2 | Organização da Ontologia Onto-EduMat | 52 |
| 5.2.1 | Ontologia de Conteúdos..... | 52 |
| 5.2.2 | Ontologia de Estratégia Pedagógica | 58 |
| 5.3 | Aplicação da Ontologia | 60 |
| 6 | O SISTEMA AUTOEDUMAT..... | 67 |
| 6.1 | Arquitetura Preliminar do Sistema | 67 |
| 6.2 | Arquitetura do Sistema Multiagente | 68 |
| 6.3 | Desenvolvimento do Protótipo do Sistema..... | 74 |
| 6.4 | Cenário de Aplicação..... | 75 |
| 7 | EXPERIMENTOS | 80 |
| 7.1 | Organização dos Experimentos | 80 |
| 7.2 | Experimento de Controle..... | 81 |
| 7.3 | Testes da Aplicação | 82 |
| 7.4 | Análise dos Resultados | 84 |
| 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 87 |
| 8.1 | Conclusões | 87 |
| 8.2 | Trabalhos Futuros | 88 |

1 INTRODUÇÃO

O Governo Brasileiro, através da Secretaria de Educação a Distância do Ministério da Educação e Cultura (MEC), assumiu a iniciativa de produzir uma variada gama de recursos educacionais multimídia interativos na forma de objetos de aprendizagem. Nesse contexto já foram desenvolvidos e publicados centenas de recursos didáticos para uso no computador, para uso público. Estes recursos foram produzidos por diversas equipes de professores e alunos de instituições de ensino superior, tendo sido disponibilizados em repositórios do MEC e de outros projetos. Via de regra estes materiais são construídos visando a plataforma Web de disponibilização de conteúdos digitais, podendo ser acessados em repositórios como o BIOE (BIOE,2010).

Entretanto, com o surgimento de outras possíveis plataformas digitais para a disponibilização destes conteúdos, em particular as plataformas de TV Digital e dispositivos móveis, surgiram diversos questionamentos quanto a possibilidade de reutilização dos conteúdos, tanto de um contexto educacional para outro quanto de uma plataforma para outra. Estas questões, aliadas aos problemas de interoperabilidade de conteúdos digitais, dada a existência de vários padrões para estes tipos de conteúdos, levaram o MEC (atuando em conjunto com os Ministérios das Comunicações e da Ciência e Tecnologia) a financiar projetos de pesquisa que visavam atender a necessidade de haver uma especificação padronizada para os requisitos técnicos e funcionais de uma plataforma de produção, edição e distribuição de conteúdos digitais interativos, em particular Objetos de Aprendizagem (OA) (DOWNES,2001), a ser utilizada em aplicações de educação a distância, que permitisse a interoperabilidade do conteúdo em ambientes Web e Televisão Digital terrestre.

Este é o contexto maior onde se insere a presente dissertação. Ela surgiu dentro do projeto OBAA – OBjetos de Aprendizagem suportados por Agentes – desenvolvido em parceria da UNISINOS com a UFRGS (VICCARI et al., 2010). O objetivo principal do projeto OBAA (VICCARI et al., 2010) foi atender as necessidades de reutilização e interoperabilidade com a TV Digital e dispositivos móveis, levando em conta também os

requisitos educacionais/pedagógicos brasileiros e os requisitos de acessibilidade especial. Estes objetivos serão atingidos através de pontos de convergência entre a tecnologia de agentes, sistemas multiagente, objetos de aprendizagem e computação ubíqua, que possibilitaram a especificação de padrões para OA que permitam a autoria, armazenamento e recuperação de OAs em contextos diversos e através de diferentes plataformas de acesso. Um resultado inicial do projeto foi a definição de padrões, requisitos, especificações e arquiteturas que darão suporte ao gerenciamento, transmissão, armazenamento, busca, edição e consumo de OAs. O principal diferencial é que os objetos de aprendizagem devem ser distribuídos e consumidos de forma integrada nas plataformas Web, de dispositivos móveis e da TV-Digital.

Um ponto fundamental na continuidade desta pesquisa é a criação de ferramentas que tornem operacional a utilização do padrão. Um tipo de ferramenta de particular importância para atingir este objetivo são as ferramentas de autoria (editores) de objetos de aprendizagem. Os editores de objetos de aprendizagem são peças fundamentais das plataformas para OAs, oferecendo um ambiente para a criação (autoria) de conteúdos digitais padronizados. Nesse sentido, seu objetivo é oferecer o maior número de recursos possíveis, em uma única ferramenta, a fim de facilitar essa tarefa. Recursos como a conversão e junção de arquivos de áudio, vídeo e texto são exemplos de algumas capacidades disponíveis nesses aplicativos.

Outra característica dos editores de OA é a geração de objetos em conformidade com padrões de metadados, visando facilitar o seu compartilhamento, descoberta e reuso. A abrangência dessas ferramentas é bastante grande, variando entre as que apresentam recursos simples para apenas uma das características apresentadas acima, até as que auxiliam o projetista na criação, empacotamento e publicação do objeto de aprendizagem, oferecendo grande quantidade de recursos e possibilidade de conformidade com diversos de padrões existentes.

Um estudo comparativo entre os vários editores de OA disponíveis no mercado (ver seções 4.1 e 4.2) mostra que ainda existem diversas deficiências nestes editores. Assim, o objetivo principal desse trabalho é projetar e desenvolver um sistema de apoio a autoria de OAs, baseado em agentes e ontologias, que dê assistência ao projetista de objetos na criação e edição de metadados de OAs em domínios específicos de ensino.

Levando em conta o estudo de classificação das ferramentas de edição de OA atuais, o projeto da nova ferramenta fará uso intensivo de tecnologia de agentes e ontologias para

reaproveitar a ferramenta que melhor se adapta aos critérios do projeto OBAA (VICCARI et al., 2010) e utilizá-las como base para o novo desenvolvimento, aproveitando-se assim dos recursos já desenvolvidos e focando-se apenas nas funcionalidades ausentes.

A principal razão da nova ferramenta de autoria ser baseada extensivamente no uso de agentes e ontologias está diretamente relacionada com a complexidade crescente dos padrões para OAs e conteúdos multimídia. Por conta da necessidade contínua de abranger mais aplicações e domínios, os padrões de metadados estão se tornando cada vez mais complexos e extensos. A premissa básica de projeto da nova ferramenta é que ela seja capaz de incorporar o conhecimento de **como** gerar conteúdos e especificar seus metadados de forma a suportar requisitos educacionais e multiplataforma. Os usuários desta ferramenta devem apenas dizer **o que** deve ser feito com os OAs e não entrar em detalhes de como isto será feito.

O uso de agentes na concepção de sistemas educacionais também traz vantagens, tais como: o conhecimento pode ser distribuído entre vários agentes pedagógicos; essa distribuição cria maiores oportunidades de variar técnicas pedagógicas; o aprendiz interage com um agente tutor de forma mais flexível; o aprendiz pode passar conhecimentos ao tutor que serão repassados a outros aprendizes. Além de tornar mais fácil a adição de novos agentes ao sistema, pois cada agente é um módulo único e independente do outro. Ambientes de ensino baseados em arquiteturas multiagentes possibilitam suportar o desenvolvimento de sistemas de forma mais robusta, mais rápida e com menores custos.

No contexto da presente dissertação as ontologias, além de especificar as propriedades (semântica) e formatos (sintaxe) dos metadados de OAs, permitem definir a classificação e organização de domínios de ensino e as propriedades específicas de aplicações educacionais. Nesse mesmo contexto os agentes implementam as funcionalidades de autoria de metadados e conteúdos de OAs.

A dissertação está organizada da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta informações sobre as principais características do problema. No capítulo 3 encontra-se a fundamentação teórica utilizada como base para a estruturação e elaboração da dissertação. O capítulo 4 apresenta os trabalhos relacionados. No capítulo 5 são apresentados detalhes de implementação da ontologia para o domínio escolhido. A implementação do sistema proposto é detalhada no capítulo 6. Os experimentos de validação são cobertos pelo capítulo 7 e finalmente o capítulo 8 apresenta as considerações finais.

2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este capítulo é composto de seções que apresentam as questões que motivaram esta pesquisa, os objetivos a serem alcançados, bem como a metodologia a ser utilizada para a solução do problema.

2.1 Problema de Pesquisa

O contexto geral de pesquisa desta dissertação está relacionado com os mecanismos e ferramentas que viabilizam a utilização de objetos de aprendizagem em plataformas digitais. Mais especificamente, a pesquisa se direciona para as ferramentas de apoio a autoria destes objetos, em particular dos seus metadados, centradas na construção de objetos de aprendizagem compatíveis com as especificações geradas pelo projeto OBAA (VICCARI et al., 2010).

Nesse contexto, serão buscadas formas de se apoiar a autoria dos OAs através de tecnologias de agentes e de ontologias que visam permitir aos seus usuários especificar apenas informações educacionais e pedagógicas do OA, além dos requisitos de uso deste OA em várias plataformas digitais, sem entrar em detalhes técnicos de como isto será feito. Tendo em vista que as informações e requisitos fornecidos pelos usuários são fortemente dependentes do domínio particular de ensino e de aplicação educacional pretendido para o objeto, o processo de apoio a autoria será centrado em uma área de ensino em particular (a área de ensino médio de matemática), visando apoiar a construção de OAs com suporte multiplataforma (em particular Web e TV Digital) para esta área.

Resumindo, a pesquisa proposta neste trabalho se caracteriza como de natureza tecnológica buscando resolver a seguinte questão:

É possível construir uma ferramenta de autoria de objetos de aprendizagem, baseada nas tecnologias de agentes e ontologias, que suportem a criação dos

metadados destes objetos, com suporte para múltiplas plataformas digitais em um domínio específico de ensino.

2.2 Objetivos

O preenchimento de metadados de objetos de aprendizagem é uma tarefa que requer muito tempo e esforço por parte dos seus projetistas. Além disso, as informações tendem a ser inconsistentes, devido a possíveis diferenças de interpretação quanto ao significado do metadado. Estes problemas se intensificam quando este processo ocorre de forma puramente manual.

A fim de minimizar os problemas descritos, um dos objetivos desta proposta é o desenvolvimento de uma ferramenta que apóie o processo de autoria de objetos de aprendizagem em relação ao preenchimento de metadados. Para tanto serão oferecidos mecanismos de sugestão automática de valores, utilizando técnicas de inferências sobre ontologias.

Sendo assim, os objetivos desta proposta são:

- Minimizar tempo e esforço despendido com o preenchimento de padrões de metadados;
- Definir de uma arquitetura multiagente que apóie o processo de autoria de objetos de aprendizagem em relação a criação e edição de metadados;
- Implementar uma arquitetura através de uma ferramenta de apoio a autoria de objetos de aprendizagem em relação a criação e edição de metadados;
- Testar e validar funcionalmente a operação da ferramenta;

2.3 Metodologia

A premissa básica de projeto da ferramenta de autoria é que ela incorpore o conhecimento de como gerar conteúdos e especificar seus metadados de forma a suportar requisitos de acessibilidade, de educação, multimídia e multiplataforma. Os usuários deste sistema devem apenas dizer os requisitos de domínio de ensino e de uso do OA e não entrar em detalhes de como isto será feito.

A base desta solução é considerar que os OAs são formas de representação de conhecimentos aptas a serem distribuídas em sistemas de aprendizagem. Isto implica que é necessário considerar desde o início técnicas e tecnologias capazes de tratar os OAs como representações de conhecimento.

Atualmente já existe uma solução tecnológica apropriada para tratar deste tipo de situação. Esta solução é dada pela combinação de duas tecnologias recentes:

Engenharia de Ontologias (GÓMEZ-PÉREZ et al.,2004): permite especificar de forma rigorosa e padronizada as propriedades do domínio, mas não oferecem ou implementam os elementos ativos de um sistema. Ontologias são formas padronizadas de se especificar conhecimentos compartilhados.

Engenharia de Agentes (AOSE – *Agent Oriented Software Engineering*) (HENDERSON-SELLERS & GIORGINI, 2005): permite projetar e desenvolver sistemas baseados em agentes que implementam aplicações concretas baseadas nas ontologias. Agentes de software inteligentes suportam mecanismos de inferência capazes de manipular diferentes tipos de representações de conhecimento.

A opção por uma modelagem orientada a agentes está ligada a questões de modularidade da aplicação. Sendo cada agente um módulo único e independente, torna-se mais fácil a adição de novas funcionalidades ao sistema, através de novos agentes. Além disso, aplicações baseadas em arquiteturas multiagente podem suportar o desenvolvimento de sistemas de forma mais robusta, mais rápida e com menores custos.

Em termos de Engenharia de Agentes se fará uso da metodologia Prometheus (PADGHAM & WINIKOFF, 2002, 2004) para a modelagem da aplicação, incluindo o

projeto do sistema multiagente e de seus agentes individuais. No caso da Engenharia de Ontologias pretende-se fazer uso extensivo da ferramenta Protegé, seguindo os preceitos de projeto de ontologias delineados em (GÓMEZ-PÉREZ et al.,2004).

3 FUNDAMENTAÇÃO DA PESQUISA

Neste capítulo serão apresentados de forma resumida as tecnologias e conceitos que fundamentaram o processo de pesquisa desenvolvido nesta dissertação. As tecnologias chave para atingir os objetivos da dissertação foram: agentes, sistemas multiagente, objetos de aprendizagem e ontologias. Tais tecnologias são revistas nas próximas seções.

3.1 Agentes e Sistemas Multiagente

No contexto desta dissertação de pesquisa, um agente é conceituado (BRADSHAW, 1997) (WOOLDRIDGE e JENNINGS, 1995) como uma entidade de software que funciona de forma contínua e autônoma em um ambiente em particular, geralmente habitado por outros agentes, e que seja capaz de intervir no seu ambiente, de forma flexível e inteligente, sem requerer intervenção ou orientação humana constante. De um modo ideal, um agente que funcione, continuamente, por longos períodos de tempo, deve ser capaz de aprender com a experiência e, se ele habita um ambiente com outros agentes, seja capaz de comunicar-se e cooperar com eles, e ainda mover-se de um local para outro.

Uma sociedade de agentes divide um mundo comum, e cada um dos membros desta sociedade possui objetivos e pontos de vista diferentes, gerando muitas vezes alguns conflitos. Esses conflitos devem ser negociados e resolvidos entre os agentes, e devem estar comprometidos com um plano conjunto. Este plano é um conjunto de compromissos de ações e de crenças em diferentes níveis de abstrações (WEISS, 1999). Um agente pode, portanto, possuir, em maior ou menor grau, os seguintes atributos:

- *Reatividade*: A habilidade de perceber o ambiente de modo seletivo e manifestar um comportamento como resposta a um estímulo externo;
- *Autonomia*: Comportamento dirigido a objetivos, pró-ativo e auto-iniciado;

- *Comportamento cooperativo*: Trabalhar com outros agentes para atingir um objetivo comum;
- *Habilidade de comunicação ao nível de conhecimento*: Capacidade de comunicar-se com pessoas ou outros agentes em uma linguagem de mais alto nível que um simples protocolo de comunicação programa a programa;
- *Capacidade de inferência*: Capacidade de agir a partir de especificações abstratas de tarefas, usando conhecimentos prévios;
- *Continuidade temporal*: Persistência de identidade por longos períodos de tempo;
- *Personalidade*: Capacidade de demonstrar atributos de um personagem;
- *Adaptabilidade*: Habilidade de aprender com a experiência;
- *Mobilidade*: Habilidade de migrar de uma plataforma para outra.

Sob o ponto de vista da constituição de uma Sociedade de Agentes, a fundamentação dos sistemas compostos de vários agentes é baseada na interação social de indivíduos que convivem entre si e interagem mutuamente para alcançar objetivos comuns e individuais. Para tal, um agente é concebido como um indivíduo autônomo, com capacidades que lhe são inerentes para o desempenho de suas funções e o alcance dos seus objetivos. Entretanto, segundo) (WEISS, 1999), para que seja possível atingir os objetivos comuns de uma sociedade de agentes, esta sociedade deve ser constituída de agentes com as seguintes capacidades sociais e individuais:

- Cooperação;
- Resolução de conflitos;
- Negociação;
- Comprometimentos;
- Interação;
- Comunicação.

Dessa forma, agentes com as capacidades delineadas acima formam efetivamente um Sistema Multi-Agente (SMA), que é essencialmente uma sociedade de agentes onde os agentes são capazes de trabalhar em conjunto para definir e atingir objetivos comuns. A área de pesquisa de SMA é bastante influenciada pela Sociologia e, portanto, tem vislumbrado uma concepção de sistema com propriedades que somente sociedades possuíam. Seu estudo se baseia na coletividade e não num único indivíduo, sendo assim, as iniciativas de compreender e simular o comportamento humano isoladamente, seja mental ou neural deixam de ter atenção, passando o foco da atenção para a forma de interação entre as entidades que formam o sistema (chamadas de agentes) e sua organização.

Os SMA são formados por quatro aspectos: os agentes, a interação entre eles, o ambiente e sua organização. A definição de cada um destes aspectos é dada a seguir: agente é um processo computacional situado num ambiente, projetado para atingir um propósito neste ambiente através de um comportamento autônomo e flexível; ambiente é o domínio de aplicação onde o agente trabalha para atingir seus propósitos; interação ocorre de um agente com o ambiente através de suas ações e percepções e, por fim, a organização possui um propósito principal nos sistemas que é fazer com que sua finalidade seja facilmente mantida (HUBNER & SICHMAN, 2003).

Dentre estes aspectos abordados acima, a autonomia dos agentes e sua organização são fundamentais para os SMA (BRIOT & DEMAZEAU, 2002). Autônomo significa o fato de que um agente tem sua existência independente dos demais e mesmo do problema sendo solucionado (WEIß, 1999). O agente não precisa de outros agentes, mesmo que para alcançar seus objetivos ele eventualmente precisará da ajuda de outros, trata-se de uma autonomia de existência. Por outro lado, a organização estabeleça restrições aos comportamentos dos agentes procurando estabelecer um comportamento grupal coeso. Muitas das propriedades desejadas nos SMA advêm do equilíbrio destes dois opostos, portanto, compreender como estas duas propriedades interagem é uma questão importante no contexto dos SMA.

Dentre as várias metodologias de engenharia de *software* orientadas para o projeto e desenvolvimento de agentes e sistemas multiagente (HENDERSON-SELLERS & GIORGINI, 2005), neste trabalho optamos pela utilização da metodologia *Prometheus* (PADGHAM & WINIKOFF, 2002, 2004) para analisar e modelar a aplicação de autoria de OA. Esta decisão justifica-se pelas principais características da metodologia que, além de prover um suporte completo e detalhado a todas as fases do processo de projeto e

desenvolvimento de uma aplicação multiagente (incluindo especificação, design, implementação e teste/depuração), também apresenta mecanismos de estruturação hierárquica que permitem que a modelagem dos sistemas seja feita em vários níveis de abstração.

A existência de mecanismos de verificação e consistência entre os modelos gerados facilita a manutenção da consistência do projeto. Dessa forma, cada mudança feita nos diagramas ocasiona uma verificação sobre os demais modelos, a fim de garantir a integridade da modelagem como um todo. A metodologia *Prometheus* (PADGHAM & WINIKOFF, 2002, 2004) é composta por três fases de desenvolvimento, onde os artefatos são produzidos e utilizados tanto na produção de código básico, como para ações de monitoração (*trace*) e teste do sistema. A figura 3.1 apresenta uma visão geral das fases da metodologia *Prometheus* (PADGHAM & WINIKOFF, 2002, 2004).

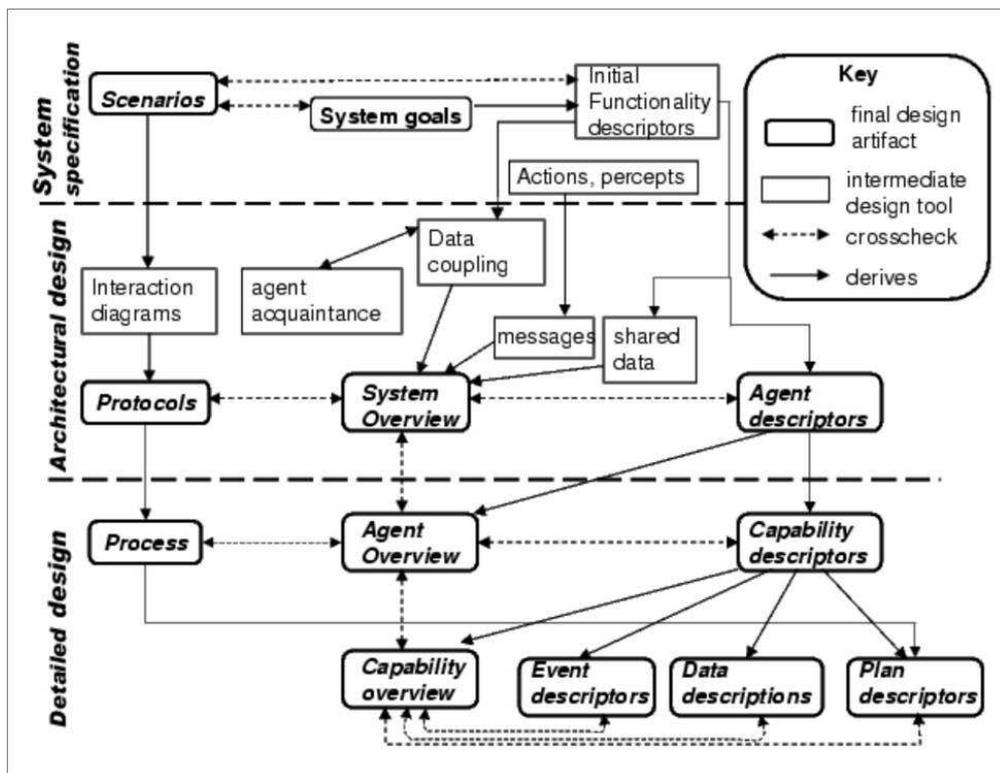


Figura 3.1 - Fases da Metodologia Prometheus (PADGHAM & WINIKOFF, 2002)

A fase de *Especificação do Sistema* consiste da identificação dos objetivos e das funcionalidades do sistema, seguida pelo desenvolvimento de cenários de casos de uso e da preparação de esquemas para as funcionalidades e para os objetivos.

A fase de *Projeto Arquitetural* utiliza os resultados da fase anterior e determina quais agentes deverão existir e como eles irão interagir. Nesta fase, primeiro são as funcionalidades

são agrupadas para determinar os tipos de agentes, logo a seguir são definidos os tipos e os descritores de agentes, que são combinados em um diagrama da visão geral da estrutura do sistema. Por fim, a partir dos casos de uso são desenvolvidos protocolos de interação entre os agentes.

A fase de *Projeto Detalhado* define os detalhes de cada agente bem como de que forma eles irão resolver as tarefas a eles designadas no sistema. Nesta fase, cada agente pode ser refinado em termos de capacidades, eventos internos, planos e estruturas de dados.

A metodologia *Prometheus* (PADGHAM & WINIKOFF, 2002, 2004) utiliza uma série de diagramas para as distintas fases de projeto. Neste trabalho foram usados o diagrama de funcionalidades, o diagrama geral do sistema e o diagrama detalhado dos agentes, cujas principais entidades são apresentadas na figura 3.1:

Tabela 3.1 Entidades dos diagramas Prometheus

| Diagrama de Funcionalidades | | Diagrama Geral do Sistema | | Diagrama Detalhado dos Agentes | |
|---|-----------------|---|------------|--|-----------------------------|
|  | Funcionalidades |  | Agente |  | Ações |
|  | Objetivos |  | Ações |  | Capacidades/ Habilidades |
|  | Ações |  | Dados |  | Dados |
|  | Entradas |  | Mensagem |  | Mensagem |
|  | Conexões |  | Entradas |  | Planos |
| | |  | Protocolos |  | Entradas |
| | |  | Conexão |  | Conexão |

3.2 Objetos de Aprendizagem

Segundo o IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) (IEEE LTSC, 2002), o objeto de aprendizagem é definido como qualquer entidade, que pode ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o aprendizado apoiado por computador. O mesmo pode

conter elementos simples como um texto ou um vídeo. Ou ainda, ele pode ser um hipertexto, um curso ou até mesmo uma animação com áudio e recursos mais complexos.

WILEY (2000) utiliza a metáfora de um átomo para explicar o objeto de aprendizagem. Segundo este autor um átomo é um elemento pequeno que pode ser combinado e recombinado com outros elementos pequenos formando algo maior. Ou seja, cada objeto de aprendizagem pode constituir-se em um módulo com um conteúdo auto-explicativo, de sentido complementar. Este também pode ser direcionado a outros módulos para formar um curso mais abrangente. O autor acrescenta, também, que um átomo não pode ser recombinado com qualquer outro tipo de átomo. Estes têm que estar dentro do mesmo contexto, isto é, conter conteúdos que se relacionam entre si. WILEY (2000) entende que os objetos de aprendizagem devem ter as seguintes características: serem auto-explicativos, modulares, agregáveis, digitais, interoperáveis e reutilizáveis.

3.2.1 Padrões de Metadados

Para facilitar a adoção dos objetos de aprendizagem, a *Learning Technology Standards Committee* (LTSC) do IEEE, em 1996, forneceu padrões instrutivos da tecnologia (IEEE LTSC, 2000). Segundo a IEEE/LTSC o padrão LOM (*Learning Object Metadata*) focaliza o mínimo de *metadados* (atributos) necessários para permitir que um objeto de aprendizagem seja gerenciado, localizado e avaliado. Entende-se por metadados, as informações estruturadas a respeito desses objetos, cuja finalidade é descrever as características de uma entidade digital, tornando-a localizável, utilizável ou gerenciável. Os metadados permitem a catalogação e a codificação do objeto de aprendizagem, tornando-o compreensível para as diversas plataformas. São informações inteligíveis por máquinas. Dois esquemas de metadados: Dublin Core (KUNZE & BAKER, 2007) e IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002) são importantes no contexto educacional.

O padrão para metadados da *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI) (KUNZE & BAKER, 2007) possui 15 elementos que podem ser utilizados na descrição de um recurso eletrônico. Estes elementos estão divididos em duas classes de termos: Elementos (nomes) e qualificadores (adjetivos). Um exemplo de elemento englobado por esse padrão é o *Title*, que

consiste no título do recurso. Os demais elementos são os seguintes: *Creator, Subject, Description, Publisher, Contributor, Date, Type, Format, Identifier, Source, Language, Relation, Coverage e Rights*.

O IEEE-LOM, é um padrão de Metadados especificado pelo IEEE LTSC com o intuito de especificar um conjunto mínimo de atributos necessários para a correta descrição de um recurso eletrônico. Os metadados usados para descrever o objeto de aprendizagem podem incluir informações pedagógicas como forma de ensino, nível de escolaridade e pré-requisitos. Além de informações a respeito do tipo de objeto, autor, proprietário, e formato. Este padrão compreende um conjunto de pouco mais de 70 atributos divididos em nove grandes grupos:

- (1) *General*: que contém informações gerais sobre o OA.
- (2) *Lifecycle*: com as informações sobre o histórico e estado atual do OA.
- (3) *Meta-metadata*: contém as informações sobre os metadados em si.
- (4) *Technical*: contém as características e requisitos técnicos do OA.
- (5) *Educational*: com as características educacionais e pedagógicas do OA.
- (6) *Rights*: contém as informações sobre propriedade intelectual do OA.
- (7) *Relation*: define os relacionamentos entre este OA e outros OAs.
- (8) *Annotation*: comentários sobre o uso educacional do OA.
- (9) *Classification*: posiciona o OA frente a sistemas de classificação.

3.2.2 A Proposta de Metadados OBAA

A definição do padrão de metadados de OAs é um elemento crítico no projeto e implantação de qualquer sistema educacional apoiado por TICs (Tecnologias da Informação e da Comunicação). A definição dos metadados de OAs forma o núcleo dos principais padrões educacionais internacionais impulsionados por organismos como o IEEE, IMS, DCMI e outros. Durante o projeto OBAA (OBjetos de Aprendizagem suportados por Agentes) foi feita

uma análise crítica deste cenário que, além de levar em conta as questões pedagógicas brasileiras, considerou os seguintes critérios (VICCARI et al, 2010):

- **Adaptabilidade e interoperabilidade:** a mesma descrição de um OA pode ser usada de forma inter-operável, adaptando-se às características das plataformas digitais como Web, TV Digital e dispositivos móveis.
- **Compatibilidade:** o padrão de metadados de OA deve ser compatível com o panorama de padrões internacionais.
- **Acessibilidade:** o padrão deve possibilitar o acesso aos OA por todos os cidadãos, inclusive aqueles com necessidades especiais.
- **Independência e flexibilidade tecnológica:** o padrão deve ser flexível e capaz de suportar as inovações tecnológicas, permitindo extensões sem perder a compatibilidade com o conteúdo já desenvolvido.

A proposta de padrão de metadados OBAA (VICCARI et al, 2010) resultante desta análise foi definida de forma aberta e flexível, sendo compatível com o panorama de padrões educacionais e multimídia atuais. Espera-se que o padrão permita a interoperabilidade do OA nas plataformas Web, TV Digital e dispositivos móveis provendo a funcionalidade, para uma ampla gama de aplicações educacionais multimídia e multiplataforma. A independência e flexibilidade tecnológica da proposta OBAA (VICCARI et al, 2010) é assegurada através da definição da sintaxe XML e semântica dos metadados através de uma ontologia OWL, compatível com a Web Semântica.

Os metadados OBAA (VICCARI et al, 2010) foram definidos como uma extensão dos metadados IEEE-LOM (IEEE LTSC, 2000), formada pela adição de novos grupos de metadados:

- **Metadados técnicos multiplataforma:** extensão do grupo 4 de metadados técnicos do IEEE-LOM (IEEE LTSC, 2000).
- **Metadados pedagógicos:** extensão do grupo 5 de metadados educacionais do IEEE-LOM (IEEE LTSC, 2000).

- **Metadados de acessibilidade:** novo grupo 10 de metadados de acessibilidade adaptados do padrão IMS *AccessForAll* (IMS, 2004).
- **Metadados de segmentação multimídia:** novo grupo 11 de metadados com informações de segmentação de conteúdos multimídia, adaptados do padrão MPEG-7 (MPEG-7, 2004).

Os metadados propostos não foram especificados para limitar o desenvolvimento de objetos a determinadas tecnologias, mas sim para especificar uma ampla gama de funcionalidades e aplicações. Uma aplicação não precisa usar todos os metadados especificados no padrão, mas apenas aqueles necessários para seus fins. Através do conceito de perfis de metadados já estão previstas as funcionalidades necessárias para as principais aplicações educacionais, sendo permitida a incorporação de novos perfis de acordo com a evolução do padrão. Perfis de metadados foram definidos para suportar a compatibilidade com padrões de metadados atuais, incluindo compatibilidade com Dublin-Core não-qualificado, IEEE-LOM e IMS-LOM. Perfis também foram definidos para aplicações de ensino que suportam conteúdos multimídia e multiplataforma, requisitos educacionais brasileiros e requisitos de acessibilidade.

Os perfis de metadados também servirão como base para futuras ontologias OWL de domínios e aplicações educacionais. A ontologia OWL já definida para os metadados OBAA (VICCARI et al, 2010) fornece o vocabulário de termos elementares, enquanto que os perfis estabelecem a estruturação inicial para essas ontologias. A linguagem OWL foi escolhida para a definição da semântica e da sintaxe dos metadados OBAA (VICCARI et al, 2010) e para futuras ontologias educacionais por que permite uma grande flexibilidade de utilização além de proporcionar rigor na especificação e independência de hardware ou software por ser baseada em Lógica Descritiva. A linguagem OWL é padronizada pelo W3C (World Wide Web Consortium) e, como consequência, é amplamente adotada pela comunidade científica.

Os metadados e/ou grupos de metadados definidos pelo padrão OBAA (VICCARI et al, 2010) são apresentados a seguir:

Technical

- *SupportedPlatform* – lista de plataformas digitais para as quais o Objeto de Aprendizagem está previsto;

- *PlatformSpecificFeatures* – Conjunto de características técnicas das mídias específicas desenvolvidas para cada plataforma para qual o Objeto de Aprendizagem foi previsto. Para representar essas informações foram criados os seguintes metadados: *PlatformType*, *SpecificFormat*, *SpecificSize*, *SpecificLocation*, *SpecificRequirement(SpecificOrComposite)*, *SpecificInstallationRemarks*, *SpecificOtherPlatformRequirements*;
- *Service* – container para a especificação de serviços relacionados a este objeto. Este grupo é composto pelos seguintes metadados: *Name*, *Type*, *Provides*, *Essentia*, *Protocol*, *Ontology*, *Language*, *Details*;

Educational – descrição das características educacionais do objeto de aprendizagem

- *LearningContentType* – especificação educacional do tipo do conteúdo do objeto de aprendizagem;
- *Interaction* – especifica a interação educacional proposta por este objeto de aprendizagem e seu(s) usuário(s). Este grupo é composto pelos seguintes metadados: *Perception*, *Synchronism*, *CoPresence*, *Reciprocity*;
- *DidacticStrategy* – conjunto de ações planejadas e conduzidas pelo professor a fim de promover o envolvimento e comprometimento dos alunos com um conjunto maior de atividades;

Acessibility – habilidade do ambiente de aprendizagem de se adaptar às necessidades de cada usuário/estudante.

- *hasVisual* – indicação da existência de conteúdos com informação visual, no objeto de aprendizagem;
- *hasAuditory* – indicação da existência de conteúdos com informação audível;
- *hasText* – indicação da existência de conteúdos com informação textual;
- *hasTactile* – indicação da existência de conteúdos com informação tátil;
- *earlStatement* – refere-se a informações a informações na Linguagem para Avaliação e Relato (*Evaluation and Report Language - EARL*) definida pela

W3C como um quadro de referência para expressar e comparar testes e resultados. Este item é subdividido em: *displayTransformability*, *controlFlexibility*;

- *equivalentResource* – aponta para um recurso equivalente (metadados) dos recursos descritos ou parte dos mesmos. Para melhor identificação da informação este metadado foi dividido em: *isSupplementary*, *learnerScaffold*, *alternativesToVisual*, *alternativesToText*, *AlternativesToAuditory*;

SegmentInformationTable – grupo que conterá o conjunto de informações de segmentação dos objetos de aprendizagem e de grupos de segmentos dos objetos de aprendizagem. Este grupo está dividido em:

- *SegmentList*, que apresenta o metadado *SegmentInformation*, com as seguintes informações: *Identifier*, *Title*, *Description*, *Keyword*, *SegmentMediaType*, *Start* e *End*;
- *SegmentGroupList* – conjunto dos grupos de segmento. Está dividido em: *SegmentGroupInformation*, *Identifier*, *GroupType*, *Title*, *Description*, *Keyword*, *Segments*;

3.3 Ontologias

Muitas definições sobre o termo ontologia podem ser encontradas na literatura e na *Web*. Tais definições apresentam pontos de vista diferentes e complementares sobre a mesma realidade. Alguns autores apresentam definições independentes do processo seguido para construção da ontologia e do seu uso em aplicações, enquanto outras definições são fortemente influenciadas pelo seu processo de desenvolvimento.

Segundo Uschold e Jasper (USCHOLD&JASPER,1999), uma ontologia pode tomar formas variadas, mas irá necessariamente incluir um vocabulário de termos e uma especificação sobre os seus significados. Isso inclui definições e uma indicação de como os

conceitos estão inter-relacionados, o que impõem uma estrutura ao domínio e restringe a possibilidade de interpretação dos termos (GÓMEZ-PEREZ,2004).

Apesar da falta de consenso em relação a uma definição única para as ontologias, pode-se dizer que as ontologias visam capturar o conhecimento consensual, de uma forma genérica, bem como serem reusadas e compartilhadas entre aplicações e grupos de pessoas. Em geral as ontologias são construídas cooperativamente por diferentes grupos de pessoas, em diferentes locais (GÓMEZ-PEREZ,2004).

Os principais paradigmas de modelagem de ontologia utilizados atualmente são baseados nas noções de *Frames* e na semântica das Lógicas Descritivas (DL – *Description Logics*) (GÓMEZ-PEREZ,2004). Os dois paradigmas apresentam semelhanças no seu modelo de construção: ambos são construídos sobre a noção de classes, representando conceitos do discurso do domínio; classes possuem instâncias; propriedades (*slots*) descrevem atributos dessas classes e relacionamentos entre elas; restrições e facetas expressam restrições sobre os valores das propriedades/*slots*. Existem, entretanto, muitas diferenças na semântica dessas construções e na forma como elas são utilizadas para a inferência de novos fatos a partir da ontologia, ou para determinar se a ontologia é consistente. Como resultado, a forma como o modelo de construção é utilizado nos dois paradigmas e as implicações das definições são diferentes. Neste trabalho será adotado o paradigma de ontologia com semântica baseada em DL. Este é o paradigma mais atual, sendo empregado para definir a semântica da linguagem OWL (*Web Ontology Language*) definida como o padrão para especificação de ontologias pelo W3C (*World Wide Web Consortium*) (W3C, 2007).

3.3.1 OWL

Neste trabalho optou-se pela modelagem de ontologias utilizando a linguagem OWL (W3C, 2007). Esta escolha deve-se a flexibilidade de utilização e ampla adoção pela comunidade científica. Além disso, a linguagem OWL é uma recomendação da W3C para a especificação de ontologias de acordo com a iniciativa da Web Semântica. Desta forma, busca-se lidar com a heterogeneidade das representações de conhecimento através de uma linguagem padronizada para desenvolvê-la. A linguagem OWL foi originalmente baseada na

sintaxe oferecida pela linguagem RDF (*Resource Definition Format*) definida originalmente pelo W3C para a especificação de classes XML. Diferente de RDF, a semântica de OWL é rigorosamente formal, sendo baseada nas Lógicas Descritivas (BAADER, et al., 2007).

A linguagem OWL é dividida em três versões, que apresentam níveis de expressividade diferentes: *OWL Lite*, *OWL DL* e *OWL Full*.

A versão *OWL Lite* possui as características mais comuns de OWL, sendo utilizada por usuários que apenas precisam criar classes taxonômicas e restrições simples. Um exemplo de limitação desta versão está no suporte a cardinalidade, que só permite valores 0 ou 1.

A sublinguagem *OWL DL* apresenta expressividade equivalente a uma Lógica Descritiva *SHOIN(D)*, que inclui a DL *ALC* transitiva básica (*S*), estendida com hierarquias (*H*), nominais (*O*), relações inversas (*I*) e restrições numéricas (*N*) (BAADER, et al.; 2007). A DL *SHOIN(D)* é a DL com maior poder de expressão, mas que garante a computabilidade e a execução das computações em tempo finito. A versão *OWL Full* apresenta máxima expressividade e liberdade sintática do RDF, porém sem garantias computacionais.

A versão *OWL Full* apresenta máxima expressividade, oferecendo a liberdade sintática da RDF, porém sem garantias computacionais.

A modelagem das ontologias deste trabalho serão implementadas utilizando a versão *OWL DL*, que oferece a expressividade suficiente para o contexto da aplicação.

3.3.2 Protègè

Protègè é uma plataforma gratuita, de código aberto que disponibiliza um conjunto de ferramentas para a construção de modelos de domínios e aplicações baseadas em conhecimento com ontologias (PROTEGE,2010). Esta plataforma permite a modelagem de ontologias através da metodologia Frames e OWL.

Conforme mencionado na seção anterior, as ontologias desenvolvidas neste trabalho foram modeladas em OWL, sendo o editor Protègè-owl utilizado para esse fim. As principais funcionalidades oferecidas pela ferramenta são:

- Criação de novas ontologias em linguagem OWL e RDF;
- Visualização de classes, propriedades e regras SWRL;
- Definição de características lógicas de classe, como expressões OWL;
- Execução de *reasoners* tais como classificadores de lógica de descrição;
- Edição de indivíduos para a marcação de Web Semântica

Além das funcionalidades mencionadas, outra característica importante da ferramenta é a organização arquitetural, que foi desenvolvida visando sua fácil configuração e extensão. Protègè-owl é fortemente integrado a API Jena (API Java para RDF e OWL), mas oferece uma API própria, também desenvolvida em Java, que permite a criação e/ou adaptação de funcionalidades.

A plataforma Protègè foi desenvolvida como uma coleção de *plug-ins*, que podem ser alterados para a adaptação do comportamento da plataforma. Como pode ser observado na figura 3.2, a arquitetura é composta pela API Protègè, que permite acesso as funcionalidades básicas do Protègè e as bases de conhecimento baseadas em *Frames* (como as criadas utilizando-se o editor Protègè-Frames). A API Protege-OWL, estende a API Protègè para oferecer acesso as ontologias OWL.

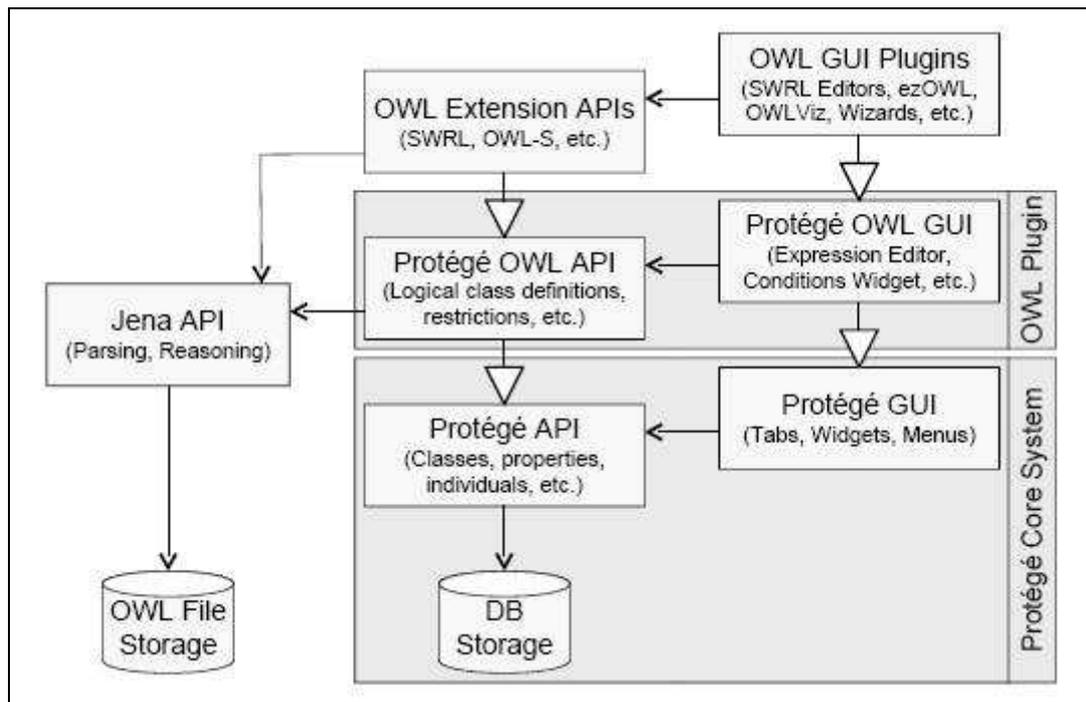


Figura 3.2 Arquitetura da plataforma Protégé

3.3.3 OWL API

Nas versões mais recentes da plataforma Protégé (a partir da versão 4) a API Protege-OWL foi substituída pela OWL-API, que também é uma biblioteca Java de código aberto para OWL e RDF, porém permite o acesso a ontologias desenvolvidas tanto em OWL 1.0 quanto na nova versão OWL 2 sendo definida pelo W3C. Essa biblioteca disponibiliza classes e métodos para acesso e criação de arquivos OWL. Também suporta consulta e manipulação de modelos de dados e execução de raciocínio baseado em lógica de descrição. Através dessa API é possível acessar todas as informações disponibilizadas pelo editor Protégé-owl, sem a execução da própria ferramenta.

O mecanismo de acesso a uma ontologia inicia na interface *OWL ontology Manager*, que oferece um ponto central para a criação, acesso e modificação de ontologias, que são por sua vez, são instâncias da interface *OWL ontology*. Cada ontologia é criada ou acessada por um gerente de ontologias. Cada instância de ontologia é única para cada gerente e cada alteração feita em uma ontologia é aplicada através do seu próprio gerente.

A partir da interface *OWLOntology* é possível acessar os axiomas e anotações contidos em cada ontologia. A figura 3.3 apresenta o esquema de gerenciamento das ontologias na biblioteca OWL API.

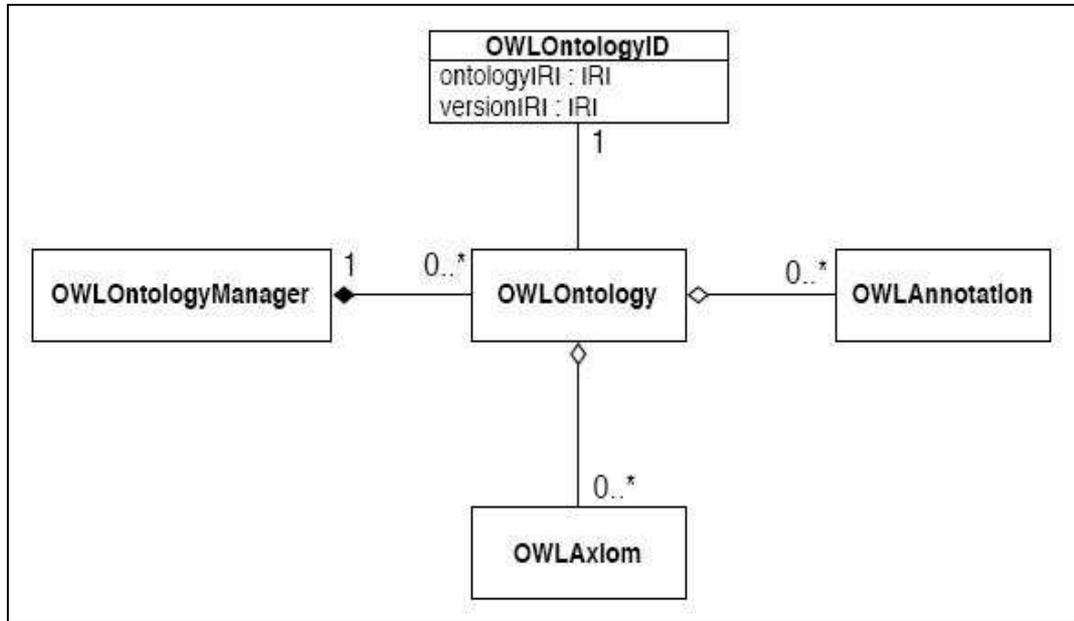


Figura 3.3 Gerenciamento das ontologias na OWL API

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são apresentados e analisados trabalhos relacionados ao tema da dissertação. Em termos gerais, o tema de pesquisa da dissertação está inserido no contexto das ferramentas de autoria de OA. Assim na primeira subseção são apresentadas e analisadas as principais ferramentas de autoria de OA existentes atualmente. O objetivo específico da dissertação está relacionado aos sistemas e ferramentas de suporte ao preenchimento dos metadados dos OA. A segunda subseção apresenta e analisa os trabalhos sobre mecanismos de apoio a autoria de metadados encontrados na literatura recente.

4.1 Autoria de OA

Existe um grande número de ferramentas de autoria para metadados, referentes as mais diversas áreas. De um total de 20 ferramentas pesquisadas, apenas 8 foram efetivamente utilizadas na comparação. As demais apresentaram problemas de instalação como endereços inválidos para download, erros no processo de instalação, ou erros durante o uso da ferramenta.

Ardora¹ – ferramenta que auxilia na criação de conteúdos para objetos de aprendizagem, permitindo a sua execução através de applets java. Possui versões para os sistemas operacionais Windows e Linux e necessita do plug-in Java instalado no browser. Permite a geração dos objetos no padrão SCORM 1.2 (ADL, 2001).

CourseLab² – esta ferramenta oferece ambiente para o desenvolvimento de conteúdo para objetos de aprendizagem semelhante ao PowerPoint. Ela permite a inclusão de questionários, vídeos, botões de ação, textos, imagens, agentes animados, além de importar

¹ Disponível em: http://www.webardora.net/descarga_ing.htm

² Disponível em: http://www.courselab.com/db/cle/root_id/download/doc.html

recursos criados externamente. Os objetos podem ser gerados no padrão SCORM 1.2, 1.3 (ADL, 2001) e AICC³.

eXe Learning⁴ – A eXe Learning é uma ferramenta de código-aberto desenvolvido em Python, com recursos do FireFox. Considerada como ferramenta de autoria, possui facilidades na construção dos objetos de aprendizagem, onde se podem agregar textos, questões de diversos tipos, além de componentes externos (applets e animações Flash). Ela permite a exportação de objetos de aprendizagem nas especificações IMS Content Package⁵ e SCORM 1.2 (ADL, 2001), além de trabalhar com metadados Dublin Core (KUNZE, 2007).

FreeLoms⁶ – ferramenta de código-aberto desenvolvida em JSP, embora não disponibilizado no site, faz parte de um projeto chamado SLOOP. Suas funcionalidades incluem: buscar recursos, carregar recursos, criar pacotes SCORM (ADL, 2001), criar objetos de aprendizagem a partir de um arquivo de PowerPoint, e criar um objeto de aprendizagem a partir de um website. Ainda, possui um conceito de modelos de metadados, que podem ser criados e compartilhados.

LomPad⁷ - O LOMPad é um editor código-aberto de metadados Normetic,⁸ Cancore⁹ e SCORM (ADL, 2001). Ela é compatível com os sistemas operacionais Windows, Mac OS e Linux, e sua interface é disponibilizada em inglês e francês.

Paloma¹⁰ - A ferramenta PALOMA é uma extensão da ferramenta LomPad. A extensão ocorre quanto ao gerenciamento dos objetos de aprendizagem em diferentes repositórios e busca federada. Possui suporte às especificações IEEE-LOM (IEEE LTSC,

³ Disponível em: <http://www.aicc.org/>

⁴ Disponível em: <http://exelearning.org/Download>.

⁵ Disponível em: <http://www.imsglobal.org>

⁶ Disponível em: <http://www.freeloms.org>

⁷ Disponível em: <http://helios.licef.ca:8080/LomPad/en/index.htm>

⁸ Disponível em: <http://www.normetic.org/-English-.html?lang=en>

⁹ Disponível em: <http://www.cancore.ca/guidelines/drd/>

¹⁰ Disponível em: <http://helios.licef.teluq.quebec.ca:8080/Paloma/?id=demo>

2002), Cancore⁹, Normetic⁸ e SCORM (ADL, 2001). Ela está integrada ao projeto EduSource e sua interface é multi-idiomas.

Reload¹¹ - O RELOAD é um editor de metadados, empacotador de conteúdos e executa objetos de aprendizagem SCORM. Ela é resultado de um projeto para facilitar o uso de especificações de interoperabilidade em tecnologias de aprendizagem emergentes produzidas por entidades como ADL e IMS. Provê suporte as especificações IMS Metadata (IMS, 2004), IEEE LOM (IEEE LTSC, 2002), IMS Content Packaging 1.1.4 (IMS, 2004), SCORM 1.2 (ADL, 2001), e SCORM 2004 (ADL, 2004). O software e seu código-fonte são distribuídos gratuitamente.

Xerte¹² - A ferramenta Xerte está incorporada em um projeto que visa o desenvolvimento de conteúdos ricos de aprendizagem através do uso de recursos tecnológicos da plataforma Flash. Para isto, oferece um editor XML e uma ferramenta de execução que facilita a criação de objetos de aprendizagem interativos e em conformidade a especificação SCORM (ADL, 2001).

4.1.1 Critérios de Comparação

A interoperabilidade de OAs, no contexto da utilização destes objetos nas plataformas de TV Digital, Web e dispositivos móveis, é o principal critério adotado pelo projeto OBAA (VICCARI et al, 2010) para a análise dos padrões e tecnologias atuais de OAs e para a especificação de novos padrões. No projeto estamos considerando não apenas uma definição genérica de interoperabilidade, mas uma definição que garanta a adaptabilidade de um dado OA, de forma a possibilitar que a mesma descrição de um recurso seja utilizada de forma interoperável, adaptando-se às características de cada plataforma, ou seja, conforme o dispositivo, o sistema apresenta a interface de uma forma diferenciada. Por exemplo, na televisão, um programa é apresentado com fundo escuro e cores de texto claras. Na Web, o mesmo programa é apresentado como fundo claro e texto escuro. Compatibilidade com

¹¹ Disponível em: [http:// www.reload.ac.uk/](http://www.reload.ac.uk/)

¹² Disponível em: [http:// www.nottingham.ac.uk/xerte/index.htm](http://www.nottingham.ac.uk/xerte/index.htm)

versões anteriores e atuais de padrões de OAs também é considerado um requisito importante, assegurando que o padrão a ser definido deve ser flexível o suficiente para suportar as inovações tecnológicas futuras, permitindo extensões em sua arquitetura sem perder a compatibilidade com o já existente.

Estas diretrizes, que servem tanto para a análise de padrões de OAs quanto de tecnologias ou ferramentas específicas para trabalhar com estes OAs, orientaram a definição dos critérios de comparação de editores de OAs, que são listados a seguir:

- **Abrangência** – indica a abrangência do aplicativo em termos dos padrões de metadados, ou seja, se este possui recursos voltados para criação de conteúdo do OA e empacotamento em um dos padrões de metadados. Na tabela de comparação são apresentados os nomes dos padrões de metadados cobertos;
- **Auxílio Edição** – este critério pretende identificar se os editores apresentam alguma capacidade de auxílio no preenchimento dos metadados, ou se estes devem ser informados em sua totalidade pelo usuário. Através de um mecanismo de auxílio inteligente ao projetista de OA, o processo de padronização dos objetos será otimizado em tempo, quantidade e qualidade das informações, o que por sua vez, facilita a busca, compartilhamento, e reuso dos mesmos. Os valores utilizados na tabela de comparação são:
 - Edição Estruturada (edição de arquivo XML) – 0
 - Dialog Box sem agrupamento – 1
 - Dialog Box agrupados por nível de afinidade – 2
 - Wizard de apoio ao processo de criação – 3
- **Código Fonte/Biblioteca de Extensão** – este item visa identificar a disponibilidade do código fonte, para futuras extensões do editor, ou a existência de alguma interface que permita a reutilização da funcionalidade de edição em um novo aplicativo. Os valores utilizados na tabela de comparação são: S – Sim e N – Não;

- **Integração com LMS** – avalia se os objetos de aprendizagem gerados pela ferramenta são diretamente integrados em algum LMS (*Learning Management System*). Os valores utilizados na tabela de comparação são: S – Sim e N – Não;
- **Adaptabilidade** – este critério indicará a existência de informações que permitam a utilização do objeto de aprendizagem em outras plataformas além da Web, tais como dispositivos móveis e/ou TV Digital. Cada uma dessas plataformas apresenta requisitos específicos para a veiculação de informação. Para que os objetos de aprendizagem possam ser acessados nesses diferentes ambientes é necessário que essas informações sejam definidas no momento da sua criação. Os valores utilizados na tabela de comparação são: S – Sim e N – Não;
- **Manual/Tutorial** – este item levará em conta a existência de documentação para a ferramenta de autoria analisada. Este critério está diretamente relacionado aos critérios de facilidade de instalação e disponibilidade de código fonte. Uma vez que se pretende estender uma ferramenta já existente, torna-se importante a existência de fonte de informação sobre as funcionalidades já existentes. Os valores utilizados na tabela de comparação são: S – Sim e N – Não
- **Ontologias de Metadados** – a utilização de ontologias permite inferências sobre os domínios por elas representados e dessa forma é possível oferecer inteligência ao processo de autoria dos objetos de aprendizagem. Os valores utilizados na tabela de comparação são: S – Sim e N – Não
- **Enfoque Pedagógico** – para as ferramentas que auxiliam na criação de conteúdo dos OA, esse critério identificará se existe alguma orientação ou facilidade para a criação de conteúdo levando-se em consideração o enfoque pedagógico do objeto, ou seja, o seu objetivo educacional. Os valores utilizados na tabela de comparação são: S – Sim e N – Não

4.1.2 Análise Comparativa

O processo comparativo foi feito com base nos critérios apontados na seção 4.1.1. Para fins de tabulação de resultado, os critérios foram abreviados. Os valores de comparação também foram sintetizados e têm seu significado descrito juntamente com a descrição do critério (seção 4.1.1).

Tabela 4.1 Resumo da Análise Comparativa de Editores de OA

| Editor | Abrangência | Auxílio Edição | Cod. Fonte | Integr. LMS | Adapt. | Manual | Ontol. Metad. | Enfoq. Pedag. |
|-------------|---|----------------|------------|-------------|--------|--------|---------------|---------------|
| Ardora | CC Scorm 1.2 | 2 | S | N | N | N | N | N |
| CourseLab | CC Scorm1.2 Scorm2004 AICC | 2 | S | N | N | N | N | N |
| eXeLearning | CC Scorm1.2 IMS CP metadados Dublin Core | 2 | S | S | N | N | N | N |
| FreeLoms | LOM Scorm 1.2 | 2 | N | N | N | N | N | N |
| LOMPad | IEEE LOM, CanCore, Scorm 1.2, Normetic | 2 | N | S | N | N | N | N |
| PALOMA | IEEE LOM, CanCore, Scorm 1.2, Normetic | 2 | N | N | N | N | N | N |
| RELOAD | IMS Metadata, IEEE LOM, Scorm 1.2, Scorm 1.3 | 2 | S | S | N | N | N | N |
| Xerte | Scorm1.2, Scorm1.3 | 2 | S | S | N | N | N | N |

Analisando a tabela comparativa acima percebe-se que 62% das ferramentas (5 entre as 8 analisadas) apresenta um grande número de facilidades em relação a criação de conteúdo, sendo os aspectos relativos a padronização dos objetos uma funcionalidade opcional. No entanto, conforme se observa pelo critério “Enfoque Pedagógico”, nenhum dos editores oferece recursos que facilitem a criação de conteúdo conforme o enfoque pedagógico que o OA apresentará, mas apenas em relação a inclusão de recursos em formatos específicos como *Flash*, *Power Point* e *Applets Java*, entre outros.

Em relação aos recursos oferecidos para empacotamento dos objetos conforme os padrões de metadados, se observa um comportamento bastante homogêneo nas ferramentas de

autoria. Todas as informações para os metadados devem ser fornecidas pelo usuário, que, por sua vez, deve possuir um bom conhecimento do padrão, já que pouca, ou nenhuma informação é fornecida a respeito do significado de cada “tag” dos metadados.

A maioria das ferramentas analisadas são resultado de projetos de pesquisa. Dessa forma, a descontinuidade dos projetos provoca a desatualização das mesmas, principalmente em relação aos padrões de metadados suportados. Um exemplo é o padrão SCORM, que se encontra na versão 1.3. Como se pode observar na tabela de comparação, vários editores suportam apenas a versão anterior do padrão, ou seja, SCORM 1.2 (ADL, 2001).

Outro aspecto evidenciado na análise é a ausência de informações que permitam a interoperabilidade dos objetos de aprendizagem desenvolvidos e/ou padronizados. Com o crescimento e a popularização de dispositivos móveis com capacidades de acesso a Web e a implantação da TV digital, esses meios passam a ser também importantes veículos para a disseminação dos objetos de aprendizagem.

Resumindo, existe uma grande variedade de ferramentas de autoria para objetos de aprendizagem. Esses aplicativos visam auxiliar na criação dos OAs, tanto em relação a criação de conteúdo quanto na padronização dos mesmos, visando o seu reaproveitamento. Apesar disso, ainda existe espaço para a melhoria e extensão das funcionalidades oferecidas.

A inclusão de mecanismos que auxiliem o preenchimento dos metadados dos padrões de forma inteligente, ou seja, sem que o autor/projetista tenha que informar todos os dados explicitamente, é um tópico que claramente deve ser melhorado. Além disso, a inclusão de informações que permitam a interoperabilidade dos objetos e a utilização de ontologias para a representação dos padrões, são extensões importantes que permitirão maior alcance dos OAs em relação ao seu público alvo.

4.2 Autoria de Metadados

O desenvolvimento e utilização de ferramentas de autoria de metadados visa facilitar a descrição dos conteúdos a serem compartilhados. Quanto mais rica, em quantidade e qualidade de informação, for esta descrição, mais apropriada será a catalogação do AO, mais

fácil será a sua identificação por meio de mecanismos de busca e, conseqüentemente, a sua reutilização.

Sendo assim, este tópico tem sido objeto de estudo de vários grupos, que propuseram uma série de sistemas e/ou arquiteturas a fim de minimizar ou resolver esta questão. Os trabalhos descritos a seguir são resultados destas pesquisas.

MPEG-7 Metadata Authoring Tool (RYU, 2002)

Este sistema disponibiliza ao usuário uma interface gráfica de autoria para a geração de metadados conforme a especificação MPEG-7 (MPEG-7, 2004), que é um padrão relacionado a conteúdos multimídia.

O principal objetivo desta ferramenta é facilitar o preenchimento dos metadados do padrão MPEG-7 (MPEG-7, 2004). Este objetivo é alcançado através de uma interface gráfica que permite a visualização dos conteúdos múltimídia submetidos (um vídeo, por exemplo) e relaciona este conteúdo com os metadados que devem ser preenchidos.

Embora o *MPEG-7 Metadata Authoring Tool* auxilie no processo de autoria, todas as informações deverão ser preenchidas pelo autor do conteúdo multimídia, não havendo, portanto, nenhum mecanismo de sugestão de valores.

CoTeia (PANSANATO, 2005)

A ferramenta *Coteia* é uma ferramenta para criação de páginas web que possuía, inicialmente, um pequeno conjunto de metadados: título, autor e palavras-chave. Com a possibilidade de geração automática de metadados, este conjunto foi estendido para suportar o padrão LOM (IEEE LTSC, 2002). As técnicas utilizadas para geração automática e semi-automática de metadados nesta ferramenta são: análise do conteúdo do objeto, contexto em que o objeto é utilizado, associação a templates e regras que permitem a identificação de relacionamentos entre os metadados do objeto.

A técnica de geração automática baseada na análise de conteúdo utiliza mecanismos como classificação da linguagem, sumarização automática e extração de palavras chave. O metadado *General.Language* é obtido através de classificação de linguagem, baseada em *thesaurus*.

A segunda estratégia utiliza o contexto no qual o recurso é utilizado, obtendo informações através do sistema de arquivos, estrutura das páginas HTML e gerência de usuários. Um exemplo de aplicação desta técnica é a geração do metadado *Technical.Size*, que obtém, via sistema de arquivo, o tamanho em *bytes* da página HTML.

A técnica de associação a *templates* é considerada como semi-automática, pois requer a intervenção do usuário. Nesta modalidade as páginas HTML são associadas a um dos três *templates* pré-definidos e toda a informação pertencente a um mesmo *template* receberá os mesmos valores de metadados, previamente associados a cada *template*. O grupo de metadados sobre direitos autorais do objeto (*Rights*) é preenchido através desta estratégia.

Apesar da utilização de várias estratégias que facilitam a criação dos metadados, a solução proposta aplica-se apenas para objetos no formato HTML, restringindo-se à plataforma *Web*.

MD Creation Tool (HATALA, 2005)

O objetivo desta ferramenta é facilitar o processo de autoria de objetos de aprendizagem através da sugestão de valores de metadados para OAs estruturados e que estejam localizados em repositórios. Por OAs estruturados entende-se objetos organizados seguindo algum tipo de estrutura, como por exemplo, uma estrutura hierárquica ou uma estrutura baseada em IMS (IMS, 2004).

A ferramenta MD utiliza diversos mecanismos para a geração de valores para metadados, tais como herança, acumulação, semelhança de conteúdo, entre outros.

Apesar de o trabalho mencionar a utilização de ontologias como solução para a sugestão de valores, o foco principal é dado para as técnicas que tem como pré-requisito a existência de um repositório e/ou a existência de objetos compostos por outros objetos, que se unem para formar uma aplicação e, sendo assim, compartilham vários elementos de metadados.

MATT – Metadata Authoring tool¹³

¹³

Disponível em: <http://196.21.45.131:8080/metadata/mattindex.html>

A ferramenta MATT oferece facilidades para o geração dos metadados armazenados no repositório GCMD (*Global Change Master Directory*) da NASA. O objetivo desse diretório é armazenar informações sobre as ciências da Terra, serviços relacionados a alterações globais e pesquisas na área de ciências da Terra.

O padrão DIF (*Directory Interchange Format*) é utilizado por este repositório e, conseqüentemente, é o padrão de metadados coberto pela ferramenta MATT.

As principais características desta ferramenta de autoria são:

- Interface *on-line* e *standalone* para edição dos metadados;
- Geração dos metadados em formato XML;
- Relação de palavras-chave para os metadados;

O objetivo desta ferramenta é facilitar o mecanismo de busca das informações armazenadas no repositório GCMD, através do preenchimento dos metadados do padrão DIF, via interface gráfica.

A ferramenta não apresenta mecanismos de sugestão, cabendo ao autor do objeto a ser armazenado no repositório GCMD toda a responsabilidade sobre a informação armazenada nos metadados.

TV-Anytime Authoring Tool (YANG, 2007)

A ferramenta *TV-Anytime Authoring Tool* apresenta aos usuários um ambiente visual e intuitivo para autoria de conteúdo dos metadados do padrão *TV-Anytime* (TVA, 2003). As principais funcionalidades oferecidas são:

- **Importação de metadados:** os metadados existentes são importados para o sistema, após análise e validação e validação dos dados;
- **Visualização:** visualização dos conteúdos dos metadados e suporte a edição dos valores via interface gráfica;
- **Auditoria:** auditoria das interações do usuário em tempo real;
- **Geração de arquivo XML:** os resultados são armazenados num arquivo XML.

Embora os recursos oferecidos pela interface gráfica e as validações tornem o processo de autoria mais suave, o conteúdo dos metadados ainda é preenchidos manualmente, exigindo tempo e conhecimento técnico da parte dos usuários.

4.2.1 Critérios de Comparação

Os critérios de comparação utilizados para as ferramentas de autoria de metadados estão voltados para as facilidades que essas ferramentas podem oferecer em relação ao processo de autoria. Os critérios utilizados são apresentados a seguir:

- **Interface** – este critério avalia o mecanismo de acesso a ferramenta, ou seja, se é uma ferramenta *Web* ou *standalone*. Os valores utilizados na tabela de comparação são: W (*Web*) e S (*Standalone*);
- **Geração Automática de Metadados** – este critério avalia a existência na ferramenta de qualquer recurso que venha a gerar valores automáticos para os metadados. Os valores utilizados na tabela de comparação são: S (Sim) e N (Não);
- **Utilização de Ontologias para Inferência de Metadados** – a utilização de ontologias permite inferências e utilização de um vocabulário próximo dos domínios por elas representados, e dessa forma é possível oferecer inteligência ao processo de autoria dos objetos de aprendizagem. Os valores utilizados na tabela de comparação são: S (Sim) e N (Não)
- **Importação de Metadados** – a importação de metadados oferece uma flexibilidade à ferramenta de autoria, permitindo o reaproveitamento de informações já cadastradas. Além disso, a utilização dessas informações pode facilitar os possíveis mecanismos de inferência, sem a intervenção do usuário, uma vez que oferece mais subsídios a esse processo. Os valores utilizados na tabela de comparação são: S (Sim) e N (Não);

- **Geração de Metadados em formato XML** – a geração de metadados em formato XML confere certa independência aos objetos de aprendizagem. Todos os repositórios compatíveis com o padrão de metadados representado pelo arquivo XML e que oferecerem um mecanismo de busca baseado nesse formato serão capazes de cadastrar esse objeto em suas bases de forma facilitada. Os valores utilizados na tabela de comparação são: S (Sim) e N (Não).

4.2.2 Análise Comparativa

A análise comparativa foi feita com base nos critérios definidos na seção anterior.

Tabela 4.2 Resumo da Análise Comparativa de Editores de Metadados

| Editor | Interface | Ger. Aut.MD | Inferência via Ontologia | Imp. de MD | Geração XML |
|-------------|-----------|-------------|--------------------------|------------|-------------|
| MPEG-7 | S | N | N | N | N |
| CoTeia | W | S | N | N | N |
| MD Creation | W | S | S | N | N |
| MATT | W | N | N | N | S |
| TV-Anytime | S | N | N | S | S |

Analisando a tabela comparativa acima se percebe que existem ferramentas que são apenas uma interface para o preenchimento dos dados, não oferecendo nenhuma facilidade além da interface gráfica. Esse é o caso, por exemplo, das ferramentas MPEG- 7 e MATT.

De uma forma geral, as ferramentas analisadas apresentam pelo menos uma das características avaliadas pelos critérios definidos. Isso indica a existência de espaço para o desenvolvimento de novas ferramentas que, pela implementação de características avaliadas pelos critérios, facilite o processo de geração de metadados.

5 A ONTOLOGIA ONTO-EDUMAT

Este capítulo apresenta os detalhes de implementação das ontologias propostas. Inicialmente é apresentado o embasamento teórico que deu origem as suas estruturas e em seguida são apresentadas as suas organizações, através do detalhamento de classes e relacionamento criados. Na sequência são mostrados os conteúdos armazenados nas ontologias e finalmente a sua aplicação no processo de inferência dos metadados.

5.1 Planos e Estratégias Curriculares

Os planos curriculares de ensino são orientações educacionais que visam contribuir para a implementação das reformas educacionais, definidas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e regulamentadas por Diretrizes do Conselho Nacional de Educação. Um de seus objetivos principais é facilitar a organização do trabalho na escola, em termos de área de conhecimento. Para tanto, apresenta um conjunto de práticas educativas e de organização dos currículos, estabelecendo temas estruturadores do ensino disciplinar na área.

O PCNEM+ (Plano Curricular Nacional para o Ensino Médio) Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+, 2002) é um dos planos curriculares utilizados como base para a elaboração da ontologia de domínio sobre matemática, utilizada nesta proposta. Este currículo apresenta elementos de utilidade para os professores da disciplina em relação a definição de conteúdos e adoção de opções metodológicas. Também apresenta formas de articulação das disciplinas para organizar, conduzir e avaliar o aprendizado.

O Padrão Referencial de Currículo para o ensino médio do estado do Rio Grande do Sul (Matemática e Física) segue as mesmas orientações do plano curricular nacional, porém apresenta um quadro referencial com os focos específicos da disciplina de matemática no ensino médio, bem como os principais objetivos a serem atingidos pelo aluno, ao longo do aprendizado destes focos.

A partir das definições do PCNEM+ Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias em conjunto com o Padrão Referencial de Currículo para o ensino médio do Rio Grande do Sul (PRCRS, 1998) e livros didáticos de matemática foi desenvolvida a ontologia *Onto-EduMat*, sobre o conteúdo de matemática no ensino médio.

Além da definição dos conteúdos a serem ensinados, as propostas de referencial curricular elaboradas pelos Estados, apresentam, nos últimos anos, exemplos de como o referencial curricular pode ser implementado em aula. Seguindo essa tendência, o estado do Rio Grande do Sul desenvolveu o documento Lições do Rio Grande (PCRS,2009), com os seguintes objetivos:

- apresentar às escolas a proposta de referencial curricular indicando um norte para os seus planos de estudo e propostas pedagógicas;
- oferecer ao professor estratégias de intervenção pedagógica que favoreçam a construção de aprendizagens a partir das competências de leitura, produção de texto e resolução de problemas.

O referencial curricular do estado do Rio Grande do Sul é composto por três documentos: o referencial curricular, caderno do professor e caderno do aluno. O referencial curricular apresenta os conteúdos mínimos que devem ser trabalhados ao longo dos três anos do ensino médio, o caderno do professor apresenta sugestões de como os conteúdos do referencial curricular podem ser abordados e o caderno do aluno apresenta algumas sugestões de atividades a serem desenvolvidas em sala de aula. O referencial curricular foi a base para a definição de uma ontologia de conteúdos que representa os elementos do domínio de ensino de matemática.

Por outro lado, o caderno do professor foi utilizado como base para o desenvolvimento de uma ontologia de estratégias pedagógicas que define, através dos exemplos apresentados, uma estrutura para a representação de estratégias pedagógicas.

A combinação da ontologia de conteúdos com a ontologia de estratégias pedagógicas forma a *Onto-EduMat* que será usada como base para o desenvolvimento do mecanismo de sugestão de valores para os metadados, que é um dos principais objetivos deste trabalho.

5.2 Organização da Ontologia Onto-EduMat

A ontologia *Onto-EduMat* está organizada na forma de duas ontologias que representam domínios distintos de conhecimento: uma ontologia de conteúdos de domínio de ensino e uma ontologia de estratégias pedagógicas. Apesar de tratar de aspectos complementares, ambas as ontologias podem ser definidas de forma independente, uma vez que seus relacionamentos são restritos aos conteúdos e ações que podem ser representados pelos metadados do objeto de aprendizagem. No caso, aos metadados da proposta de padrão OBAA (VICARI et al, 2010). Sendo assim, a seguir é apresentada a organização de cada uma dessas ontologias.

5.2.1 Ontologia de Conteúdos

Seguindo as orientações do PCNEm, os conteúdos educacionais são estruturados em quatro níveis distintos:

- **Área de Conhecimento:** grupo de disciplinas com características comuns. A área de conhecimento Ciências da Natureza e Matemática, por exemplo, é composta pelas disciplinas de Biologia, Física, Química e Matemática. Estas ciências apresentam em comum a investigação da natureza e dos desenvolvimentos tecnológicos, compartilham linguagens para a representação e sistematização de fenômenos ou processos naturais e tecnológicos.
- **Disciplina:** forma de organização do conhecimento e de competências, também conhecida como matéria, no âmbito escolar. Biologia, Física, Química e Matemática são exemplo de disciplinas.
- **Tema Estruturador:** conjunto de conhecimentos formado por tópicos disciplinares, competências e habilidades, que tem como objetivo facilitar a organização do aprendizado conforme a ambição formativa desejada.

- **Unidade Temática:** parcelas autônomas de conhecimento específico que podem ser organizadas dentro do projeto pedagógico de cada professor ou escola, em função das características dos alunos e dos tempos e espaços para sua realização.

As orientações do PCNEm tem por objetivo orientar a organização curricular das instituições de ensino médio, oferecendo diretrizes e sugestões de melhores práticas para essa elaboração. No entanto, a organização dos conteúdos a serem abordados é de responsabilidade das escolas. Sendo assim, a listagem dos conteúdos a serem abordados não faz parte das orientações do PCNEm, mas pode ser obtida junto as secretarias de educação dos estados, através de documentos como, por exemplo: Padrão Referencial de Currículo para o ensino médio do Rio Grande do Sul (PRCRS, 1998) e Proposta Curricular do Estado de São Paulo (PCSP,2008).

O item a seguir foi obtido através dos padrões referenciais de currículo e proposta curricular dos estados:

- **Conteúdo:** subdivisão das unidades temáticas em módulos, que deverão agrupar os itens específicos a serem ensinados, em cada disciplina.

A fim de se chegar a um nível que pudesse identificar os conteúdos dos objetos de aprendizagem, foi necessário especializar ainda mais a estrutura da ontologia. Dessa forma, buscou-se a subdivisão da estrutura “Conteúdos”. A fonte para cada um dos “Itens”, que compõem os diversos “Conteúdos”, foram livros didáticos do ensino médio, sugeridos pelas referências dos padrões e propostas curriculares dos estados.

- **Item (de ensino):** unidade atômica da disciplina, representando os focos específicos a serem ensinados.

Com base nesta estruturação os conteúdos de ensino de matemática estão organizados de acordo com o Quadro 5.1.

| |
|---|
| <p>Ciências da Natureza e Matemática (Área de Conhecimento)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disciplina: Matemática <ul style="list-style-type: none"> ○ Tema Estruturador: Álgebra <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unidade Temática: Variação de Grandeza <ul style="list-style-type: none"> • Conteúdos <ul style="list-style-type: none"> ○ Teoria dos Conjuntos, Conjunto dos Números Reais, Relações, CoFunção, Função de 1º Grau, Função Quadrática ou Polinomial de 2º grau, Função Modular, Função Exponencial, Função |
|---|

| | |
|--|--|
| | Logarítmica, Função Sequencial, Matrizes, Determinantes, Sistemas Lineares, Binômio de Newton, Números Complexos, Polinômios, Equações Polinomiais |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unidade Temática: Trigonometria <ul style="list-style-type: none"> • Conteúdos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Arcos e Ângulos, Ciclo Trigonométrico, Funções Trigonométricas, Funções Trigonométricas Inversas, Relações Fundamentais e relações derivadas, Identidades Trigonométricas, Arcos Notáveis e redução ao 1º quadrante, Operações com arcos, Equações Trigonométricas, Resolução de Triângulos ○ Tema Estruturador: Geometria e Medidas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unidade Temática: Geometria Plana <ul style="list-style-type: none"> • Conteúdos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Área das figuras Planas, Polígonos regulares inscritos e circunscritos na circunferência, Triângulo Retângulo – Teorema de Pitágoras ▪ Unidade Temática: Geometria Espacial <ul style="list-style-type: none"> • Conteúdos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Poliedros Convexos – Teorema de Euler, Prismas, Cubo, Pirâmide, Cilindro, Cone, Esfera ▪ Unidade Temática: Geometria Analítica <ul style="list-style-type: none"> • Conteúdos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Distância entre dois pontos, Estudo da Reta, Circunferência ○ Tema Estruturador: Análise de Dados <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unidade Temática: Análise Combinatória <ul style="list-style-type: none"> • Conteúdos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Princípio Fundamental da Contagem, Fatorial, Arranjos Simples, Permutação Simples e com elementos repetidos, Combinações Simples ▪ Unidade Temática: Probabilidade e Estatística <ul style="list-style-type: none"> • Conteúdos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Teoria da Probabilidade, Operações e Análises de Tabela, Gráficos das Distribuições de Frequência, Média, mediana e moda, Variáveis contínuas e discretas | |

Quadro 5.1 Estrutura de Conteúdos das Ciências da Natureza e Matemática (fonte PCNEm+,2002)

A estrutura de conteúdos definida pelo PCNEm foi usada como base para a Ontologia de Conteúdos Educacionais de Matemática (*Onto-EduMat*) proposta neste trabalho. As classes definidas na ontologia são apresentadas na Figura 5.1.

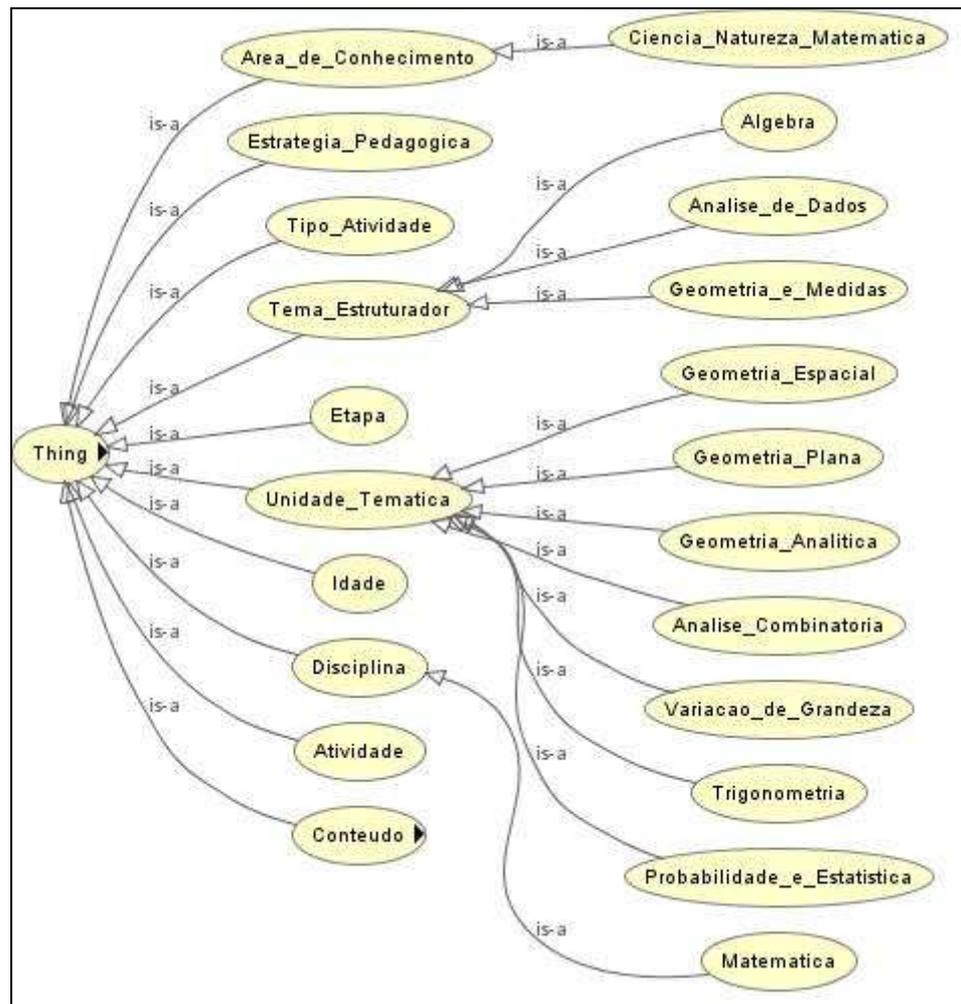


Figura 5.1 Ontologia *Onto-EduMat*

A figura 5.2 representa, parcialmente, a expansão da classe “Conteúdo” para o item “Estudo da Reta”.

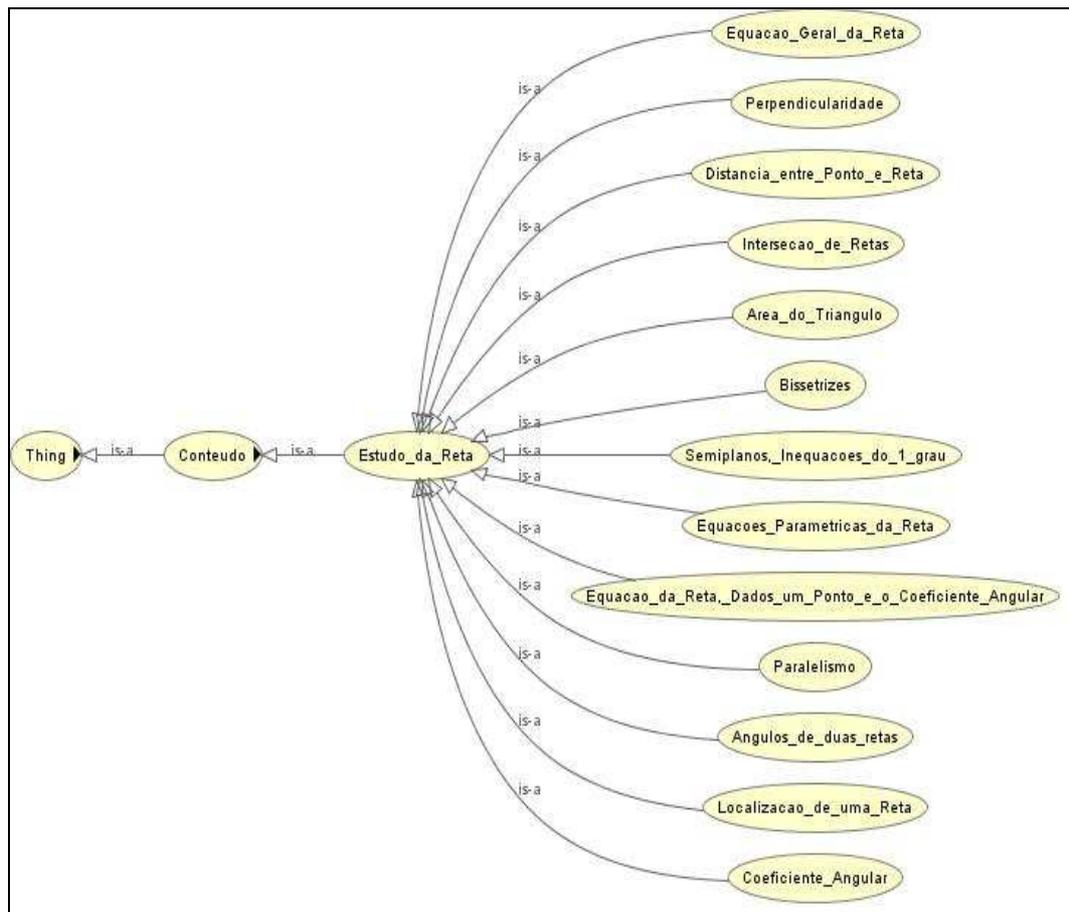


Figura 5.2 Ontologia *Onto-EduMat* – Nível Item

O pressuposto básico para a definição da ontologia *Onto-EduMat* é que cada um dos níveis de estruturação previstos pelo PCNEm corresponde a uma classe geral da ontologia, sem haver uma hierarquia de classificação entre estas entidades. Há, entretanto, uma relação clara de agregação entre estas entidades, na medida em que, por exemplo, as áreas de conhecimento são compostas de disciplinas, que, por sua vez, são compostas de temas estruturadores e assim por diante, até os itens de ensino. A figura 5.3 mostra as relações de agregação entre as diversas classes da *Onto-EduMat*.

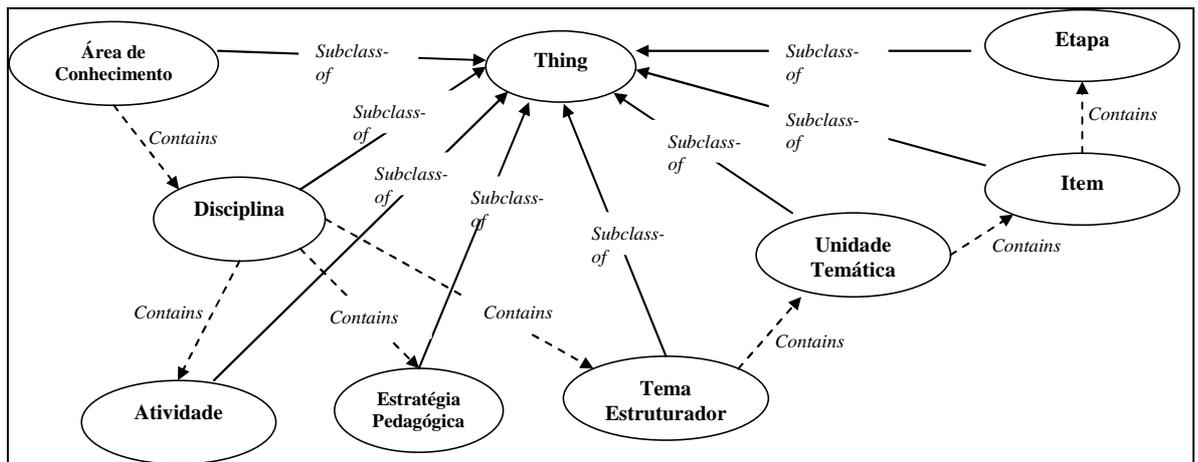


Figura 5.3 Relações de Agregação na Onto-EduMat

As classes “Atividade”, “Etapa” e “Estratégia Pedagógica” não estão relacionadas a estruturação dos conteúdos. Essas classes correspondem, respectivamente, a sugestões sobre que tipos de atividades podem ser desenvolvidas em uma dada disciplina, em que etapa cada assunto (item de ensino) deve ser abordado e quais estratégias pedagógicas podem ser seguidas em uma disciplina.

Seguindo a terminologia usual de OWL para as relações de agregação, que usa a partícula “has” (em Português “tem”) para indicar uma relação deste tipo, foram definidos, para cada classe, os atributos e possíveis relações existentes com outras classes, conforme ilustra a tabela 5.1.

Tabela 5.1 Classes, Atributos e Relações da Onto-EduMat

| Classe | Atributos | Relações <ClasseAlvo> n..m |
|---------------------------|---|--|
| <i>AreaDeConhecimento</i> | <i>Nome</i> | <i>temDisciplinas</i> < <i>Disciplina</i> > 1..n |
| <i>Disciplina</i> | <i>Nome</i> | <i>temTemas</i> < <i>TemaEstruturador</i> > 1..n <i>temEstrategias</i> < <i>EstrategiaPedagogica</i> > 1..n |
| <i>TemaEstruturador</i> | <i>Nome</i> | <i>temUnidades</i> < <i>UnidadeTematica</i> > |
| <i>UnidadeTematica</i> | <i>Nome</i> <i>Assunto</i> | <i>temItens</i> < <i>Item</i> >1..n |
| <i>Conteudo</i> | <i>Nome</i> <i>Sumula</i> | <i>ocorreEmEtapas</i> < <i>Etapa</i> > 1..n |
| <i>Etapa</i> | <i>Nome</i> <i>FaixaEtaria</i> <i>Serie</i> <i>Ciclo</i> | |
| <i>Atividade</i> | <i>Nome</i> <i>Descricao</i> <i>Tipo</i> | |
| <i>Estrategia</i> | <i>Descricao</i> | |

5.2.2 Ontologia de Estratégia Pedagógica

Seguindo a estruturação das estratégias pedagógicas apresentadas na proposta curricular Lições do Rio Grande (PCRS,2009), a ontologia foi estruturada da seguinte forma:

- **Objetivo:** objetivos que a estratégia pedagógica pretende alcançar;
- **Habilidade:** habilidades que serão desenvolvidas pela aplicação da estratégia pedagógica;
- **Conteúdo Disciplinar:** conteúdo(s) ao qual a estratégia se refere;
- **Atividade:** sequência de práticas que descrevem como o(s) conteúdo(s) deve(m) ser abordado(s);
- **Perspectiva_Metodológica:** classificação da estratégia pedagógica;
- **Avaliação:** forma como o conteúdo disciplinar abordado pela estratégia didática deve ser avaliado;

As classes definidas na ontologia são apresentadas na figura 5.4

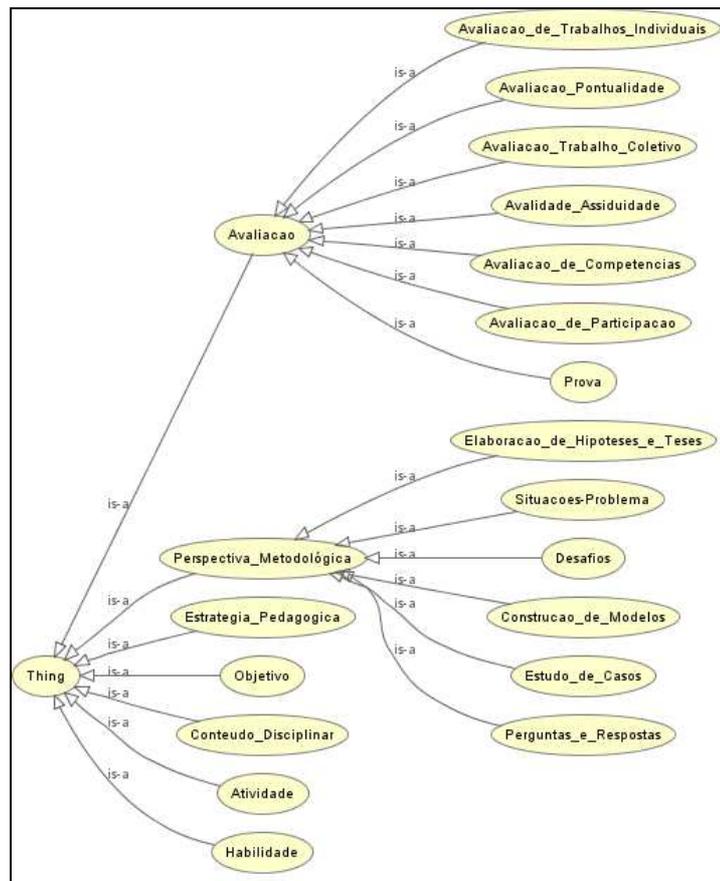


Figura 5.4 Ontologia OntoPedagógica

A classe Estratégia_Pedagógica apresenta propriedades e relações com as demais classes que, em conjunto, definem o conceito de estratégia pedagógica. A tabela 5.2 apresenta os atributos e as relações definidas para a ontologia.

Tabela 5.2 Classes, Atributos e Relações da OntoPedagógica

| Classe | Atributos | Relações <ClasseAlvo> n..m |
|------------------------------|--|--|
| <i>Estrategia_Pedagogica</i> | <i>Id</i> <i>TipoInteratividade</i> | <i>temAtividades</i> <Disciplina> 1..n <i>temAvaliação</i> <Avaliacao> 1..n <i>temConteudoDisciplinar</i> <Conteudo_Disciplinar> 1..n <i>temHabilidades</i> <Habilidades> 1..n <i>temObjetivo</i> <Objetivo> 1..n <i>temPerspectivaMetodologica</i> <Perspectiva_Metodologica> 1..n |
| <i>Avaliacao</i> | | |
| <i>Atividade</i> | <i>Duracao</i> <i>TipoOA</i> <i>NivelInteratividade</i> <i>DensidadeSemantica</i> | |

| | | |
|---------------------------------|------------------|--|
| <i>Conteúdo_Disciplinar</i> | | |
| <i>Habilidade</i> | <i>Descricao</i> | |
| <i>Objetivo</i> | <i>Descricao</i> | |
| <i>Perspectiva_Metodologica</i> | | |

Diferentemente da ontologia *Onto-EduMat*, a ontologia de estratégias pedagógicas não apresenta um conteúdo pré-determinado, mas sim uma estrutura que define os elementos constituintes de uma estratégia pedagógica. O exemplo a seguir apresenta uma possível estratégia pedagógica que pode ser representada pela ontologia *Onto-Pedagógica*.

Tabela 5.3 Exemplo de conteúdo - Onto-Pedagógica

| Classe | Conteúdo |
|--------------------------|--|
| Objetivos | - Desenvolver estratégias que favoreçam a conceituação de Progreções Aritméticas; - Calcular os termos de uma progressão aritmética sem o uso da fórmula geral |
| Habilidade | - Reconhecer a fórmula do termo geral de uma PA como generalização - Perceber cada termo de uma progressão aritmética como sendo o termo anterior mais sua razão |
| Conteúdo_Disciplinar | - Progressão Aritmética |
| Atividade | - Leitura do texto: “País vai sequenciar genoma do bacilo da tuberculose”; - Discussão sobre a importância da identificação de padrões e da identificação de sequências nas diferentes áreas de conhecimento; - Identificar no texto lido a presença de um padrão e de uma sequência; - Desafiar os alunos a encontrar a fórmula geral da progressão aritmética |
| Avaliacao | Avaliação de Participação |
| Perspectiva_Metodologica | Construção de Modelos Desafios |

5.3 Aplicação da Ontologia

A aplicação inicial prevista para a *Onto-EduMat* tem o objetivo de auxiliar no processo de autoria de Objetos de Aprendizagem (OA), através da sugestão e preenchimento automático dos metadados do OA. Esta aplicação é direcionada ao ensino de matemática, apoiando a autoria de OA conformes a proposta de padrão de metadados definida no projeto OBAA – OBjetos de Aprendizagem suportados por Agentes (VICCARI, et al., 2010). Conforme pode ser visto na seção 3.2.2 a proposta de metadados OBAA (VICCARI et al.,

2010) define várias extensões para o padrão IEEE-LOM (IEEE LTSC, 2002), formadas pela adição de novos grupos de metadados:

- Metadados técnicos multiplataforma: extensão do grupo 4 de metadados técnicos do IEEE-LOM.
- Metadados educacionais brasileiros: extensão do grupo 5 de metadados educacionais do IEEE-LOM.
- Metadados de acessibilidade: novo grupo 10 de metadados de acessibilidade adaptados do padrão IMS *AccessForAll* (IMS, 2004).
- Metadados de segmentação multimídia: novo grupo 11 de metadados com informações de segmentação de conteúdos multimídia, adaptados do padrão MPEG-7 (MPEG-7, 2004).

Nesta dissertação serão considerados apenas os metadados educacionais e gerais, que no caso do OBAA (VICCARI, et al., 2010) foram estendidos para suportar os requisitos pedagógicos brasileiros.

Outro fator importante para uso dos metadados OBAA (VICCARI, et al., 2010) na presente proposta de dissertação é a forma como foram definidas a semântica e sintaxe destes metadados, inteiramente baseada na linguagem OWL. Isto permitirá estabelecer relações formais e precisas entre os metadados OBAA (VICCARI, et al., 2010) e as entidades e elementos da *Onto-EduMat*, em um nível conceitual abstrato, sem a necessidade de entrar em detalhes de implementação da aplicação. Estes relacionamentos podem ser definidos através da especificação dos vínculos semânticos e sintáticos entre ambas as ontologias. A idéia principal é que a ontologia OWL definida para os metadados OBAA (VICCARI, et al., 2010) forneça o vocabulário de termos elementares para as ontologias específicas de domínios de ensino ou de aplicações educacionais.

No caso da presente aplicação a correlação entre ambas as ontologias se dá pelo estabelecimento de correlações entre os identificadores (nomes) atribuídos as entidades da *Onto-EduMat* com os metadados OBAA (VICCARI, et al., 2010).

Para fins de exemplo, o domínio considerado abrangerá tópicos de matemática referentes ao ensino médio, seguindo os padrões curriculares propostos pelo MEC. A

ontologia descrita anteriormente representa parte deste domínio específico. O exemplo inicial de aplicação levará em conta apenas os metadados do grupo *Educacional*, contidos no padrão original IEEE-LOM (IEEE LTSC, 2002). A Tabela 5.4 apresenta um resumo destes metadados.

Tabela 5.4 Metadados Educacionais OBAA derivados do IEEE-LOM

| Metadado | Descrição | Valores Possíveis (Tradução) |
|-----------------------------|--|---|
| <i>InteractivityType</i> | Modo predominante de aprendizado oferecido pelo objeto de aprendizagem. | <i>active</i> (Ativo) <i>expositive</i> (Expositivo) <i>mixed</i> (Ambos) |
| <i>LearningResourceType</i> | Tipo específico do objeto de aprendizagem | <i>exercise</i> (exercício) <i>simulation</i> (simulação) <i>questionnaire</i> (questionário) <i>diagram</i> (diagrama) <i>figure</i> (figura) <i>graph</i> (gráfico/gráfo) <i>index</i> (índice) <i>slide</i> (apresentação) <i>table</i> (tabela) <i>narrative text</i> (texto narrativo) <i>exam</i> (exame/prova) <i>experiment</i> (experimento) <i>problem statement</i> (formulação de problema) <i>self assessment</i> (auto-avaliação) <i>lecture</i> (palestra) |
| <i>InteractivityLevel</i> | Grau de interatividade permitido pelo objeto de aprendizagem. Interatividade, neste contexto, refere-se a forma como o aprendiz pode influenciar os aspectos ou forma de aprendizado | <i>very low</i> (muito baixo) <i>low</i> (baixo) <i>medium</i> (médio) <i>high</i> (alto) <i>very high</i> (muito alto) |
| <i>SemanticDensity</i> | Grau de concisão do objeto de aprendizagem. Este aspecto pode ser medido em termos do tamanho, duração | <i>very low</i> (muito baixo) <i>low</i> (baixo) <i>medium</i> (médio) <i>high</i> (alto) <i>very high</i> (muito alto) |
| <i>IntendedEndUserRole</i> | Público alvo para o qual o objeto de aprendizagem foi desenvolvido | <i>teacher</i> (professor) <i>author</i> (autor) <i>learner</i> (aprendiz/aluno) <i>manager</i> (diretor/gerente) |
| <i>Context</i> | Principal ambiente no qual se pretende que o aprendizado ocorra e/ou o objeto de aprendizagem seja utilizado | <i>school</i> (ensino fundamental/escola) <i>higher education</i> (educação superior/universidade/faculdade) <i>training</i> (treinamento) <i>other</i> (outro) |
| <i>TypicalAge</i> | Idade típica dos usuários finais | Formato: <idade mínima, idade máxima, descrição> |
| <i>Difficulty</i> | Grau de dificuldade em relação ao uso do objeto de aprendizagem considerando o público alvo | <i>very easy</i> (muito fácil) <i>easy</i> (fácil) <i>medium</i> (médio) <i>difficult</i> (difícil) |

| | | |
|--------------------|---|---------------------------------------|
| | | <i>very difficult</i> (muito difícil) |
| <i>Description</i> | Comentários a cerca de como o objeto deve ser utilizado | Texto em português |
| <i>Language</i> | “PT” | |

O apoio a autoria de metadados de OA se dá inicialmente através de um processo de interação com o usuário (tipicamente professores ou designers de conteúdos educacionais), guiado pela ontologia *Onto-EduMat*, onde são identificadas as grandes áreas de catalogação do OA: qual a disciplina, tema estruturador e unidade temática estão relacionados com o OA. Para fins de exemplo estamos considerando a autoria de um OA sobre funções trigonométricas.

Para que este processo tenha sucesso é necessário que haja um mapeamento entre os campos dos metadados e as informações representadas pelas ontologias. Este mapeamento pode ser definido através de uma ontologia OWL que defina as relações entre os termos (metadado) definidos pelo OBAA (VICCARI, et al., 2010) e os identificadores (nomes) de entidades da *Onto-EduMat*. As tabelas 5.5 e 5.6 apresentam um exemplo de mapeamento possível, definido de maneira informal.

Tabela 5.5 Mapeamento OBAA X Onto-EduMat

| Metadado OBAA | Ontologia <i>Onto-EduMat</i> |
|--|--|
| <i>General.Keyword</i> | <Disciplina.nome>; <TemaEstruturador.nome>; <UnidadeTematica.nome>; <Item.nome> |
| <i>General.Language</i> | PT |
| <i>General.Description</i> | <Item.Súmula> |
| <i>General.Title</i> | “Um estudo sobre” + <Item.nome>+ “em” + <Conteudo.nome> |
| <i>Educational.IntendedEndUserRole</i> | <Nível.Nome> |
| <i>Educational.TypicalAgeRange</i> | <Nível.Faixa_Etária> |
| <i>Educational.Context</i> | “Escolas de ensino médio” |

Tabela 5.6 Mapeamento OBAA X Onto-Pedagógica

| Metadado OBAA | Ontologia Onto-Pedagógica |
|---|----------------------------------|
| <i>Educational.InteractivityType</i> | <Atividade.TipoInteracao> |
| <i>Educational.LearningResourceType</i> | <Atividade.TipoOA> |
| <i>Educational.SemanticDensity</i> | <Atividade.DensidadeSemantica> |

| | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| | |
| <i>Educational.DidacticStrategy</i> | Perspectiva_Metodologica |

Após a seleção das grandes áreas de catalogação, o processo de apoio a autoria de OA continua através de três formas distintas de interação que apresentam sugestões possíveis para os valores dos metadados do OA:

- Sugestão direta: o valor do metadado está representado nas ontologias disponíveis, podendo ser inferido de forma precisa;
- Sugestão de um conjunto possível de valores: o valor do metadado está representado nas ontologias, porém é composto por um vocabulário específico, ou seja, um conjunto de opções que será apresentado ao projetista do objeto de aprendizagem, afim de que este indique o valor que mais se adéqua para o metadado;
- Questionamento ao usuário: neste caso não é possível realizar a inferência com os dados representados pela ontologia. Torna-se necessária a participação do projetista, que será questionado em relação a alguma informação necessária para que se possa inferir o valor, ou simplesmente será feita uma solicitação direta para o preenchimento manual do metadado.

É importante salientar que o processo de interação continua sendo guiado pela ontologia de conteúdos matemáticos, ou seja, continua ocorrendo em um nível de diálogo mais próximo dos usuários do sistema de autoria (professores e designers de conteúdo educacional). Assim, considerando um OA sobre funções trigonométricas, então o mapeamento definido acima, em conjunto com as ontologias sobre conteúdos matemáticos e sobre metadados, permitiria inferir os seguintes valores para os metadados educacionais:

- *General.Keyword*: Matemática, Geometria e Medidas, Trigonometria, Funções Trigonométricas;
- *General.Language*: PT
- *General.Description*: Trigonometria do triângulo retângulo; do triângulo qualquer; da primeira volta. Funções trigonométricas circulares: expressão;

construção e interpretação de gráficos; periodicidade; valores das funções nos arcos básicos

- *Educational.IntendedEndUserRole*: 2ª série
- *Educational.TypicalAgeRange*: [15-17] anos
- *Educational.Context*: Ensino Médio - 2ª série
- *Educational.DidacticStrategy*: Resolução de Problemas

Os metadados descritos a seguir são obtidos através da ontologia pedagógica, que apresentará uma lista de atividades pedagógicas para a o conteúdo disciplinar e perspectiva metodológica obtidos na ontologia Onto-EduMat. Se o conteúdo do objeto de aprendizagem estiver relacionado às atividades pedagógicas propostas, os valores abaixo serão obtidos das informações armazenadas na atividade, caso contrário o usuário poderá informá-los a partir das listas de opção apresentadas abaixo. No caso de lista de opções os valores serão sugeridos na tradução para Português, definida pela ontologia OBAA (VICCARI, et al., 2010), mas registrados no OA de acordo com o vocabulário padrão, em inglês:

- *Educational.InteractivityType*: Expositivo | Ativo | Ambos
- *Educational.LearningResourceType*: para este metadado a lista de opções varia conforme o tipo de atividade.

1. **Resolução de Problema**: Exercício | Experimento | Formulação de Problemas

2. **Desenvolvimento de Projetos**: Experimento | Simulação | Formulação de Problemas

3. **Avaliação**: Exame | Exercício | Questionário

- *Educational.LearningContentType*: Factualis | Procedimentais | Conceitual
- *InteractivityLevel*: Muito baixo | Baixo | Médio | Alto | Muito alto
- *SemanticDensity*: Muito baixo | Baixo | Médio | Alto | Muito alto

Alguns metadados são muito subjetivos e dependem de como o objeto de aprendizagem foi organizado na abordagem de determinado assunto. O metadado educacional *Difficulty* ilustra esse caso e portanto será apresentado ao usuário para a informação direta de seus valores. Entretanto, visando facilitar o entendimento do tipo de informação que deve ser fornecida, o questionamento será feito mediante apresentação da definição do metadado, bem como de vocabulário específico, para os casos em que este está disponível.

6 O SISTEMA AUTOEDUMAT

Este capítulo apresenta detalhes da implementação do sistema, mostrando informações sobre a arquitetura desenvolvida, as ferramentas e tecnologias utilizadas e a visão geral do sistema. Para uma melhor compreensão do processo de execução do sistema, será apresentado um cenário de aplicação.

6.1 Arquitetura Preliminar do Sistema

O principal cenário de aplicação da ferramenta *AutoEduMat* é apoiar as atividades de criação e edição dos metadados educacionais de OAs para um domínio específico de ensino. Neste contexto, os requisitos funcionais mais gerais que podem ser elencados para o sistema são os seguintes:

- Compatibilidade com a proposta de metadados OBAA (VICCARI, et al., 2010);
- Disponibilização de uma interface de edição *Web* para os metadados;
- Definição de mecanismos de sugestão e validação para os conteúdos dos metadados baseado em ontologias de domínio de ensino específico;
- Saída dos metadados do OA em formato XML RDF compatível com a proposta OBAA (VICCARI, et al., 2010), contendo os valores dos metadados gerados.

Os requisitos não-funcionais são listados a seguir:

- Interface com o usuário próxima do domínio de ensino e de aplicação educacional;
- As interações do subsistema com seus usuários devem ser em tempo real.

A fim de atender os requisitos mencionados, propôs-se uma arquitetura organizada em três camadas: as ontologias, os agentes e a interface com o usuário. As ontologias funcionam como um repositório dos dados para o processo de inferência, estruturando os metadados do padrão OBAA (VICCARI, et al., 2010) e o domínio escolhido para os objetos de

aprendizagem: matemática no ensino médio. Os agentes são entidades autônomas de softwares que se comunicam entre si, visando a inferência do maior número de metadados possível. A interface com o usuário, por sua vez, é responsável por apresentar um mecanismo de entrada e saída de informações de fácil utilização por parte do usuário da ferramenta. A figura abaixo ilustra a arquitetura preliminar do sistema.

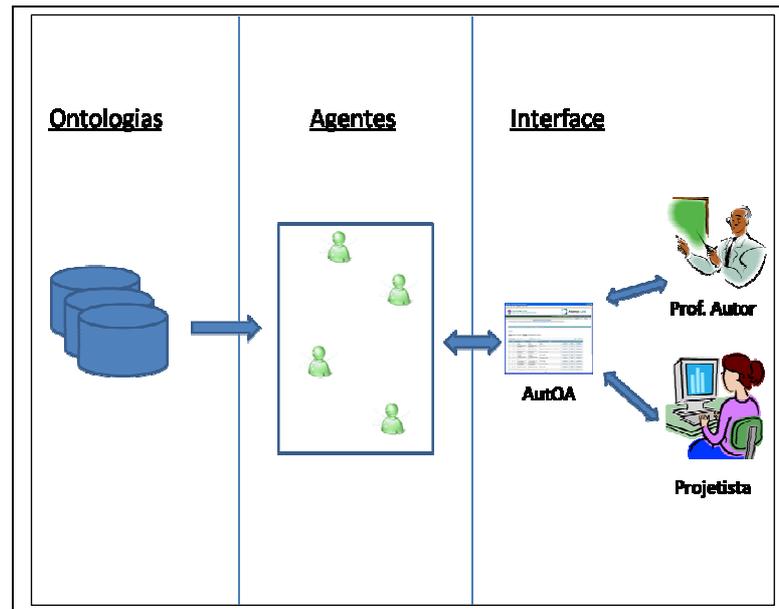


Figura 6.1Arquitetura Preliminar AutoEduMat

6.2 Arquitetura do Sistema Multiagente

A arquitetura do sistema multiagente desenvolvida baseou-se na metodologia Prometheus (PADGHAM et al., 2002). Seguindo essa abordagem, são apresentadas três etapas que cobrem, desde a especificação do sistema, até o detalhamento dos principais agentes.

Na primeira etapa (*System Specification*) são identificados os principais atores, suas interações com a aplicação, bem como objetivos e principais cenários. O diagrama da figura 6.2 representa esta fase:

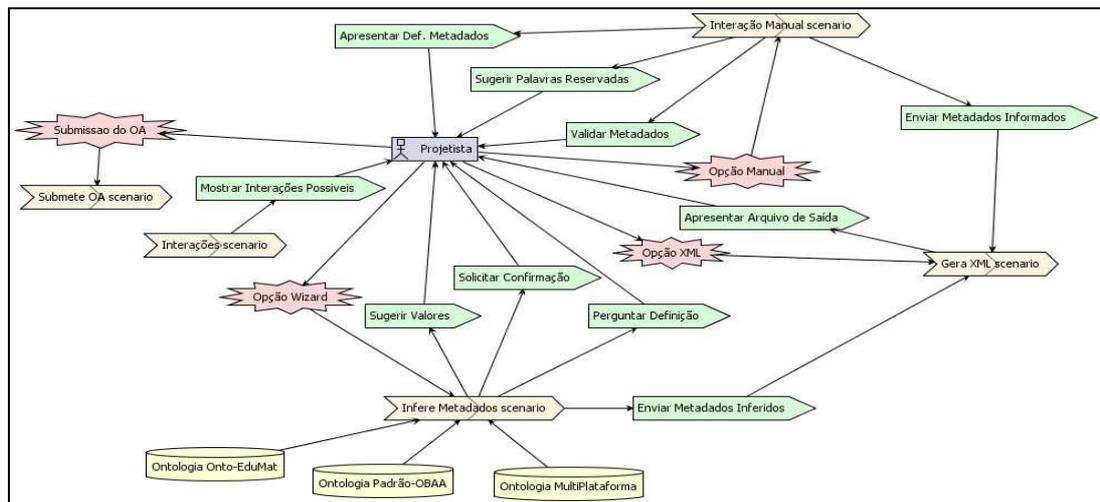


Figura 6.2 Diagrama de Especificação

Conforme ilustrado pelo diagrama de especificação, existe apenas um ator relevante na ferramenta modelada, o “Projetista”, que pode ser um professor ou um designer especializado em conteúdos educacionais digitais. As interações de entrada e saída da aplicação tem este ator como sua origem e destino.

O ator inicia o processo informando qual o mecanismo de geração dos metadados deve ser utilizado. As opções de escolha são: geração via *wizard*, geração manual e preenchimento direto do arquivo XML. O ator deve também indicar se a geração dos metadados será feita para um novo objeto de aprendizagem, ou se o objeto já está em conformidade com o padrão OBAA (VICCARI, et al., 2010). Nesse último caso, deve ser feita a submissão dos metadados já existentes, via arquivo XML. As ações descritas correspondem as percepções do ator e são indicadas pelas figuras em forma de estrela, no diagrama de especificação.

Cada ação do projetista está associada a um cenário, que utiliza esta interação como ponto de partida para a execução de ações que, ao final do processo, atenderão um ou mais requisitos da aplicação. Os cenários identificados são: **Submete OA**, relacionado ao processamento do arquivo XML submetido; **Interações**, responsável por apresentar as três possibilidades de geração dos metadados; **Gera XML**, este cenário engloba todos os passos necessários para a geração do arquivo final, com todos os metadados inferidos, no formato XML; **Interação Manual**, ocupa-se das atividades de validação dos conteúdos informados, apresentação das definições dos metadados e exemplos de possíveis valores; **Inferir Metadados**, responsável pela inferência dos valores dos metadados através das informações

estruturadas nas ontologias. Os cenários são identificados pelas figuras em forma de seta, na cor bege, no diagrama de especificação.

Os demais itens representados no diagrama de especificação são as ações do sistema (setas verdes), ou seja, as interações do sistema com o projetista.

A segunda etapa da metodologia Prometheus (*High-level design*) prevê a definição dos agentes e sua comunicação, através de mensagens e protocolos. O diagrama geral do sistema representa esta informação e é mostrado na figura 6.3.

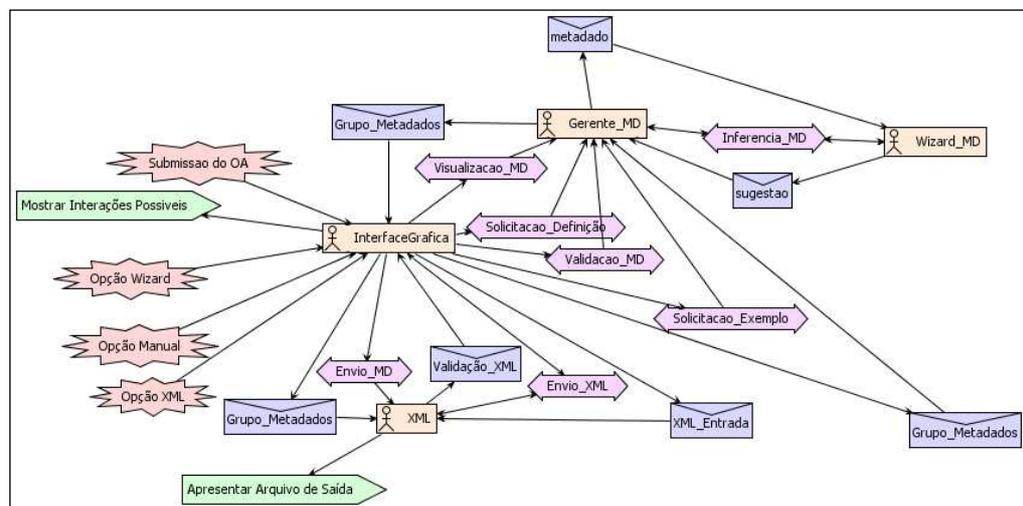


Figura 6.3 Diagrama Geral do Sistema

Os agentes definidos serão responsáveis por um ou mais cenários identificados no diagrama de especificação do sistema. A organização dos agentes foi estruturada da seguinte forma:

O agente *InterfaceGrafica* é o responsável por toda interação com o usuário. A cada solicitação ou resposta do projetista, este agente acionará os demais agentes, para que as tarefas solicitadas sejam atendidas.

O agente *Gerente_MD* centraliza toda a informação a respeito dos metadados cujos valores devem ser preenchidos. Inicialmente, este agente informa quais grupos de metadados devem ser considerados no processo de autoria. As informações sobre definição dos metadados, validação de valores preenchidos manualmente e solicitação de exemplos de possíveis valores serão solicitadas a este agente, através dos protocolos definidos.

O agente *Wizard_MD* é o responsável pela inferência dos valores dos metadados a partir das ontologias definidas.

O agente *XML* é o responsável pela geração do arquivo XML de saída, com os metadados gerados, e também pela validação do arquivo XML submetido pelo projetista no início do processo.

As mensagens trocadas entre os agentes são, principalmente, os próprios conjuntos de metadados considerados no processo de autoria. Para o mecanismo de inferência existe a troca de mensagem referente ao valor específico do metadado sugerido pelo agente.

A terceira etapa da metodologia Prometheus (*Detailed Design*), descreve os detalhes dos agentes, ou seja, suas capacidade, planos de execução, eventos e dados necessários para a execução das principais tarefas. Os diagramas a seguir apresentam os agentes e suas principais capacidades.

Agente InterfaceGrafica

A principal função do agente *InterfaceGrafica* é administrar as interações entre o projetista e o sistema. Para tanto foram identificadas três capacidades, conforme ilustra a figura 6.4.

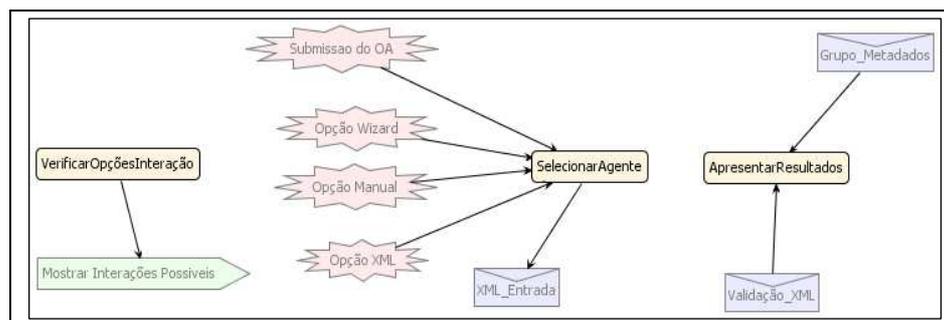


Figura 6.4 Diagrama Detalhado do Agente InterfaceGrafica

Inicialmente o agente deve disponibilizar as opções de interação para o projetista, ou seja, as interfaces gráficas através das quais serão informados os dados do objeto de aprendizagem e a forma como os metadados devem ser preenchidos. A capacidade **VerificarOpçõesInteração** é responsável por esta atividade.

A cada interação do projetista, o sistema deve prover uma resposta, que será processada por um determinado agente. A escolha do agente apropriado e o envio de dados

que este agente necessitará para executar suas tarefas também é responsabilidade do agente InterfaceGrafica e será executada pela capacidade **SelecionarAgente**.

Ao longo do processo de autoria dos metadados, as informações serão geradas pelos agentes e devem ser disponibilizadas para o projetista, afim de que este possa confirmá-las ou complementá-las. A capacidade **ApresentarResultados** executará esta funcionalidade.

Agente GerenteMD

O agente *Gerente_MD* é responsável por toda a informação referente aos metadados. Portanto todas as atividade relacionadas a obtenção de informação sobre um metadado, com exceção da inferência de valores, será direcionada a este agente. A capacidade **LerMetadados** informará todos os metadados disponíveis para o início do processo de autoria.

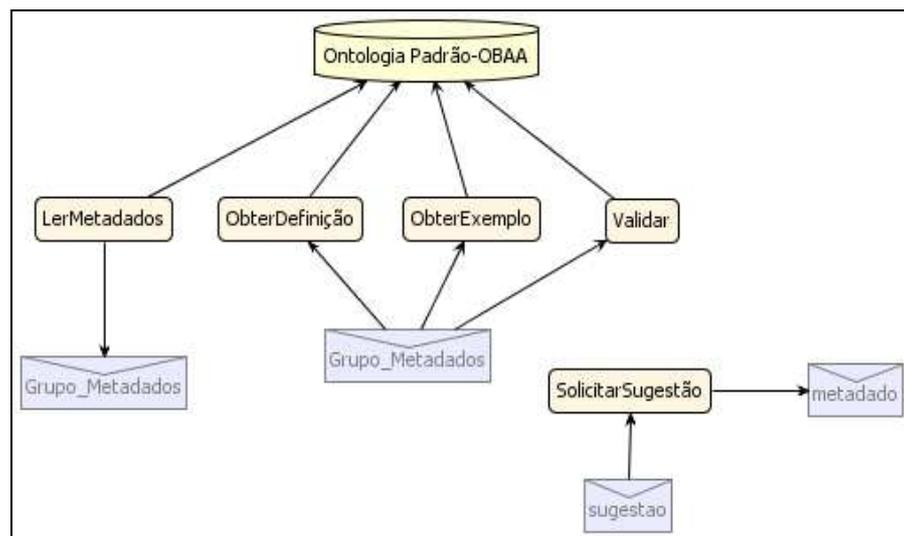


Figura 6.5 Diagrama Detalhado do Agente Gerente_MD

As capacidades **ObterDefinição**, **ObterExemplo** e **Validar** estão relacionadas a opção de preenchimento manual dos metadados, através de interface gráfica. Nesta opção o principal papel da ferramenta de autoria é fornecer recursos que facilitem esta tarefa, tais como apresentação da definição e de casos de uso para os metadados e também a validação dos valores atribuídos manualmente pelo projetista.

Embora a inferência de valores não seja responsabilidade deste agente, o início deste processo será disparado pela capacidade **SolicitarSugestão**. Sendo assim, esta capacidade envia o metadado para o qual deve ser feita a inferência e recebe uma sugestão de valor.

As capacidades do agente *Gerente_MD* podem ser visualizadas na figura 6.5.

Agente Wizard_MD

O agente *Wizard_MD* executará a inferência dos valores dos metadados através das ontologias de domínio *Onto-EduMat*. Estas ontologias foram criadas especialmente para dar suporte aos objetos de aprendizagem cujo domínio é o ensino de matemática no ensino médio, e que também devem estar disponíveis em diversas plataformas (web, dispositivos móveis e TV digital).

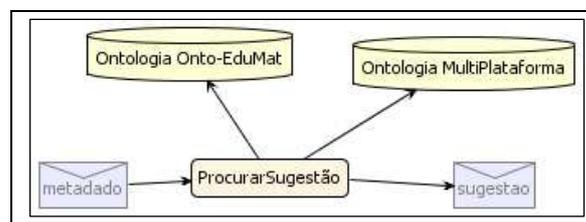


Figura 6.6 Diagrama Detalhado do Agente Wizard_MD

Conforme ilustrado na figura 6.6, a única capacidade deste agente será **ProcurarSugestão**. O resultado desta inferência será enviado ao agente *Gerente_MD*, que por sua vez encaminhará a informação para o agente *InterfaceGrafica*, para que a mesma seja disponibilizada ao usuário do sistema.

Agente XML

O agente *XML* deve administrar todas as atividades relativas a validação e geração de arquivos XML. A validação ocorrerá sobre os dados de entrada, submetidos no formato XML, e a geração de um novo arquivo será o produto final do processo de autoria.

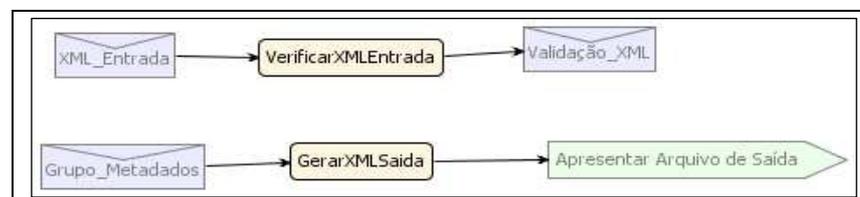


Figura 6.7 Diagrama Detalhado do Agente XML

As capacidades **VerificarXMLEntrada** e **GerarXMLSaida** foram criadas para este fim. A figura 6.7 ilustra as capacidades e suas respectivas mensagens.

6.3 Desenvolvimento do Protótipo do Sistema

O desenvolvimento de cada camada descrita na seção 6.1 envolveu a utilização de vários recursos tecnológicos.

Neste trabalho, o desenvolvimento da ontologia foi dividido em duas partes: a criação e o acesso e/ou inferência dos dados. Para a criação da estrutura da ontologia e adição de valores e indivíduos foi utilizada a ferramenta Protégè (PROTEGE, 2010). Em relação aos mecanismos de acesso e inferência de valores, utilizou-se OWL-API, uma biblioteca Java de código aberto para OWL e RDF, que permite o acesso a ontologias desenvolvidas em OWL 2 (HORRIDGE e BECHHOFFER,2009).

A ferramenta *AutoEduMat* foi desenvolvida como um sistema multiagente, através de classes, utilizando a linguagem de programação Java (SUN, 2010). Essa linguagem foi escolhida devido a facilidade de acesso a ontologias, através do uso de bibliotecas desenvolvidas para esse fim. Além disso, a linguagem de programação Java é distribuída gratuitamente e possui grande aceitação, tanto pela comunidade acadêmica, quanto pela indústria.

A interface *Web* foi desenvolvida utilizando a tecnologia AdobeFlex, que é uma plataforma de desenvolvimento de aplicações RIA (*Rich Internet Applications*) (MCCUNE e SUBRAMANIAN, 2008) e BlazeDS, tecnologia que permite o acesso da camada de aplicação AdobeFlex com as classes Java, em um servidor Web Java TomCat (KORE,2009). A tecnologia AdobeFlex foi utilizada no desenvolvimento da interface gráfica. A interface de acesso entre as classes Java (agentes) foi feita via BlazeDS. A figura 6.8 ilustra a interface de comunicação entre cada tecnologia.

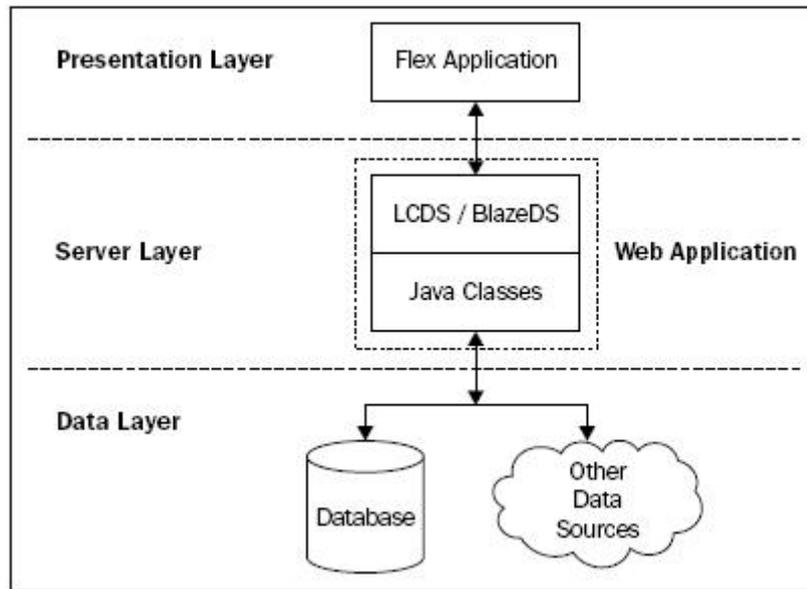


Figura 6.8 Interface de comunicação entre as tecnologias

6.4 Cenário de Aplicação

No cenário de aplicação escolhido, um professor deseja disponibilizar um novo objeto de aprendizagem em um repositório que utiliza o padrão OBAA (VICCARI et al., 2010) para a catalogação de seus objetos. O objeto de aprendizagem aborda o assunto: “Domínio e Imagem em Funções do 1º grau” e o professor autor será o responsável pelo preenchimento dos metadados a fim de que o objeto possa ser cadastrado no repositório. Devido a falta de conhecimento em relação ao padrão OBAA (VICCARI et al., 2010), o professor opta pela utilização da ferramenta de geração automática de metadados *AutoEduMat*, disponibilizada no portal *Web* que dá acesso ao repositório. A figura 6.9 apresenta a interface do sistema *AutoEduMat*.

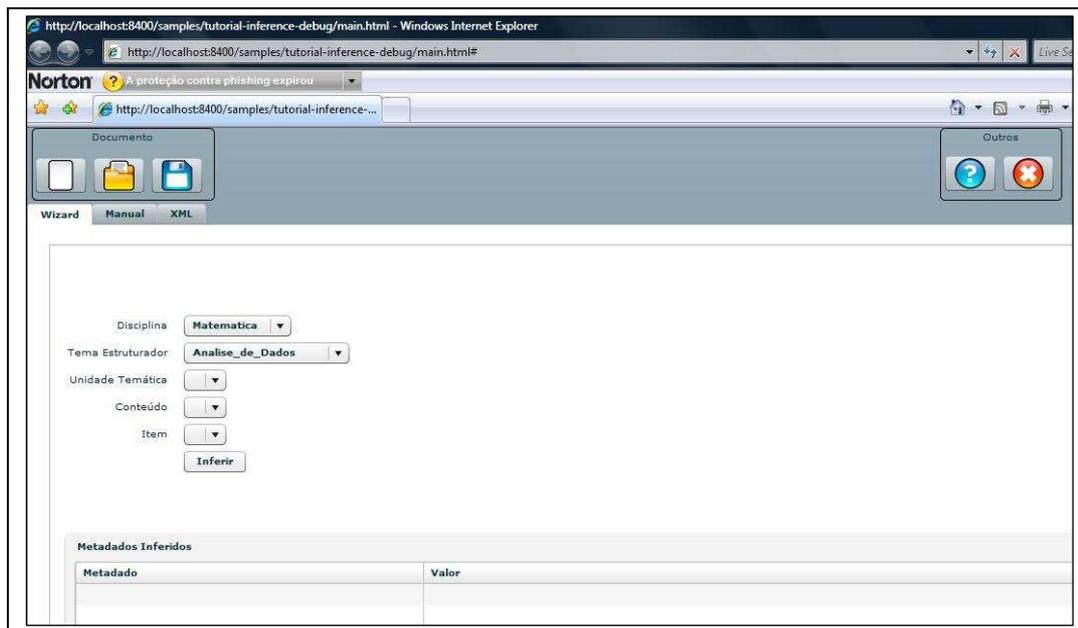


Figura 6.9 Interface Web Sistema AutoEduMat

Quando o sistema é acessado, o agente *InterfaceGrafica* é acionado, apresentando ao usuário as opções de interação. As opções disponíveis são representadas pelas abas existentes na interface *Web* da aplicação – figura 6.9.

O próximo passo corresponde a escolha dos metadados que serão gerados para o novo objeto de aprendizagem. Nesta etapa o agente *GerenteMD* obtém os grupos de metadados do padrão OBAA (VICCARI et al., 2010), através do acesso a essa ontologia. No entanto, somente os grupos de metadados que possuem uma ontologia de domínio ou de aplicação associada estarão habilitados para a inferência. A figura 6.10 ilustra a saída do agente



Figura 6.10 Seleção dos Metadados OBAA

A seguir, o assunto do objeto de aprendizagem deve ser identificado através dos parâmetros de entrada: “Disciplina”, “Tema Estruturador”, “Unidade Temática”, “Conteúdo”

e “Item”. Conforme apresentado no capítulo 5, esses campos correspondem a uma parte da estrutura da ontologia *Onto-EduMat*. A figura 6.11 apresenta a localização do objeto de aprendizagem do cenário proposto, entre as opções oferecidas pela ontologia.

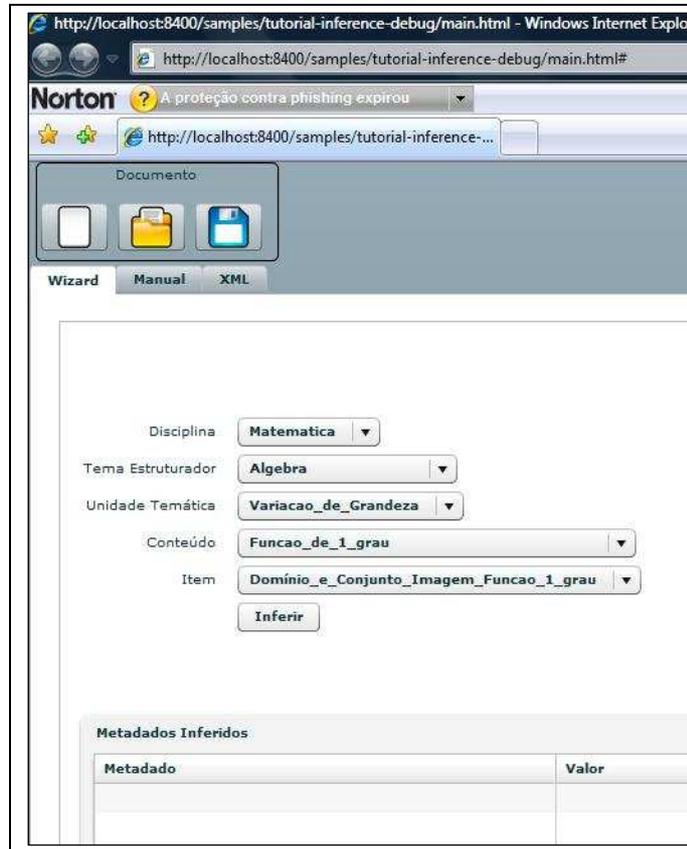


Figura 6.11 Localização do assunto do objeto de aprendizagem

O processo de inferência é disparado quando o usuário seleciona o botão “Inferir”. Neste momento o agente *Wizard_MD* começa o processo de inferência a partir dos grupos de metadados que já foram previamente selecionados. Com essas informações é possível percorrer a ontologia *Onto-EduMat* em busca dos valores de metadados mapeados, conforme apresentado na tabela 5.3 da seção 5.3. Os metadados inferidos para o grupo *General* são apresentado na figura 6.12.

| Metadados Inferidos | |
|---------------------|--|
| Metadado | Valor |
| General.Identifier | |
| General.Title | Um estudo sobre:Domínio_e_Conjunto_Imagem_Funcao_1_graue Funcao_de_1_grau |
| General.Language | PT |
| General.Description | Definição de domínio e conjunto em funções polinomiais do primeiro grau |
| General.Keyword | Matematica/Algebra/Variacao_de_Grandeza/Funcao_de_1_grau/Domínio_e_Conjunto_Imagem_Funcao_1_grau |
| General.Coverage | |

Figura 6.12 Metadados inferidos - Grupo General

A figura 6.13 apresenta alguns dos metadados inferidos para o grupo *Educational*.

| Metadados Inferidos | |
|------------------------------------|-------------------------|
| Metadado | Valor |
| Educational.Interactivity Type | Misto |
| Educational.Learning Resource Type | Slide |
| Educational.Interactivity Level | Médio |
| Educational.Semantic Densitiy | |
| Educational.Intended End User Role | Alunos 1_serie_/_2_grau |
| Educational.Didactic Strategy | Construção de Modelos |

Figura 6.13 Metadados inferidos – Grupo Educational

A última etapa desse processo é a geração do arquivo XML que será anexado ao objeto de aprendizagem. A visualização do arquivo é apresentada na aba XML da interface gráfica. Um exemplo de arquivo XML gerado pela ferramenta é apresentado na figura 6.14.

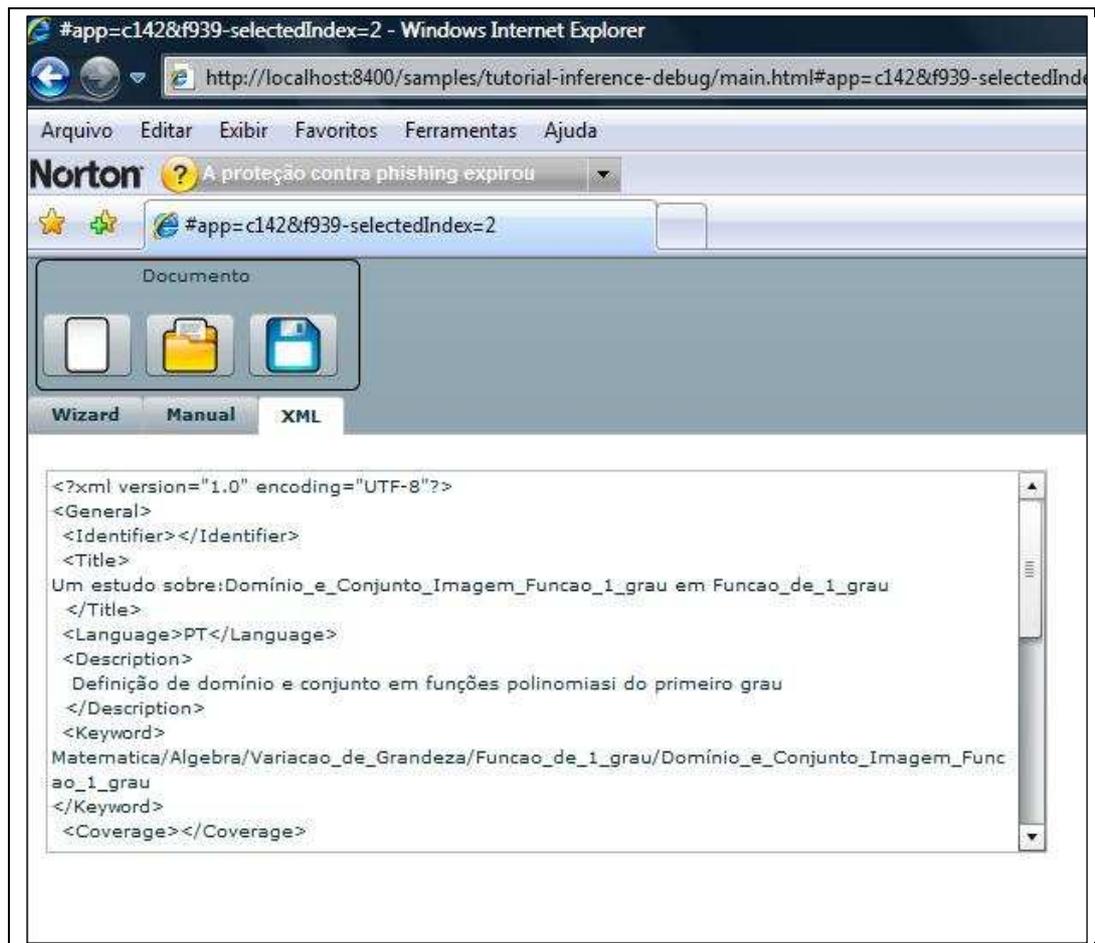


Figura 6.14 Geração Arquivo XML

7 EXPERIMENTOS

Este capítulo apresenta os experimentos realizados para a validação da aplicação desenvolvida. Os aspectos a serem validados são o funcionamento do sistema e as capacidades da ontologia *Onto-EduMat*. A ontologia *Onto-EduMat* define um modelo de conhecimentos a respeito da criação de OAs no domínio da Educação Matemática para o Ensino Médio, assim, na validação da ontologia deve-se avaliar a qualidade da informação gerada pelo modelo e os possíveis ganhos obtidos pela sua utilização.

7.1 Organização dos Experimentos

A validação do funcionamento do sistema foi feita através da verificação se as funcionalidades pré-estabelecidas foram atendidas. Já para a validação da qualidade da informação gerada e do possível ganho obtido é necessário que se faça uma comparação entre os dados gerados pela ferramenta e os dados gerados manualmente por um especialista. Sendo assim, a técnica utilizada para a validação do modelo de conhecimento é uma variação do plano experimental clássico, conhecida como “Projeto Antes-Depois com Grupo de Controle” (LAKATOS&MARCONI, 1991).

Essa metodologia pressupõe a utilização de dois grupos semelhantes. O grupo onde se aplica a variável experimental denomina-se grupo experimental e o outro grupo, que não é submetido a nenhuma influência externa, recebe a denominação de grupo de controle. A validação se dá através da comparação entre os resultados obtidos nos dois grupos, sendo as diferenças atribuídas a variável experimental.

O cenário de testes empregado para validar o modelo foi composto das seguintes etapas:

- Geração de um experimento de controle, onde os metadados de um objeto de aprendizagem da área de matemática do ensino médio foram cadastrados por um especialista (professor autor ou projetista do objeto).

- Utilização da ferramenta *AutoEduMat* para o mesmo objeto de aprendizagem;
- Comparação dos resultados obtidos entre as duas etapas, bem como análise de possíveis ganhos gerados pela ferramenta.

7.2 Experimento de Controle

O experimento de controle foi conduzido por uma professora com formação universitária no Ensino de Matemática, com mais de 5 anos de prática de ensino, e que foi autora de mais de 10 objetos de aprendizagem voltados ao ensino de matemática no ensino médio, todos publicados em repositórios públicos de OA.

Para fins de teste, escolheu-se o objeto de aprendizagem relativo ao estudo do coeficiente da função polinomial do primeiro grau. Em seguida procedeu-se ao cadastro desse objeto no repositório INTERRED (www.interred.cefetce.br/interred) – repositório do ministério da educação que tem por objetivo disponibilizar conteúdos digitais para a educação profissional e tecnológica, tanto presencial quanto à distância interligando bases de conteúdos educacionais de diversas instituições.

O repositório INTERRED disponibiliza 20 metadados para a descrição do objeto de aprendizagem a ser cadastrado. A tabela 7.1 descreve os metadados do Interred, bem como os valores atribuídos para o objeto escolhido:

Tabela 7.1 Metadados INTERRED

| Metadado | Valor |
|------------------------|--|
| Título | Paty e Lili – estudo dos coeficientes |
| Autor(es) | Arilise Lopes, Thiago Rodrigues |
| Instituição do Autor | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense |
| Descritivo do Material | Este OA destina-se ao estudo de coeficientes da função polinomial do 1º grau |
| Idioma | Português |
| Estado do Material | Em elaboração |
| URL | |
| Nível de Ensino | Nível Médio |
| Tempo de Aprendizagem | 1 hora/aula |

| | |
|--------------------------------|---|
| Responsável | Arilise Lopes |
| Palavras Chaves | Coefficientes: angular e linear; matemática |
| Observações | |
| Contexto de uso didático | |
| Pre-requisito | |
| Público-alvo | |
| Objetivos pedagógicos e | |
| Ferramentas de desenvolvimento | |
| Composição | |
| Dependência de Software | |

O tempo utilizado para o cadastro dos metadados foi de aproximadamente 20 minutos.

7.3 Testes da Aplicação

Assim como o experimento de controle, também os testes foram executados pela professora autora do objeto de aprendizagem. Com o objetivo de registrar os resultados e a percepção do especialista sobre a ferramenta, foi criado um roteiro de testes, composto pelos passos principais para a utilização da aplicação e por perguntas a serem respondidas após cada etapa concluída.

Os testes executados consistiram no fornecimento de informações de entrada, observação do comportamento do sistema durante o processamento e análise das informações de saída, seguindo a estratégia de caixa preta. O roteiro seguido é descrito abaixo:

1. Informações de Entrada – nessa etapa deve ser informado o assunto sobre o qual trata o objeto de aprendizagem, o grupo de metadados a ser inferido e a forma de interação do usuário com o sistema;
2. Observação do comportamento do sistema – essa etapa está diretamente relacionada a validação das funcionalidades do sistema, ou seja, se as opções para a geração dos metadados estão disponíveis e se apresentam ao funcionamento esperado;

3. Análise das informações de saída – nesse passo são observadas as informações diretamente relacionadas aos metadados, principalmente em relação a qualidade e conseqüentemente do aproveitamento do seu conteúdo.

As perguntas apresentadas para cada etapa do roteiro são listadas a seguir:

1. Informações de entrada:

- A) O assunto abordado pelo objeto de aprendizagem foi encontrado entre as opções de assunto disponíveis no sistema?
- B) A subdivisão dos conteúdos de matemática nas subáreas: “Tema Estruturador”, “Unidade Temática”, “Conteúdo” e “Item” facilitou a localização do assunto trabalhado no objeto de aprendizagem?

2. Observação do comportamento do sistema:

- A) Considerando a opção para a geração automática de valores para os metadados (Wizard), o sistema gerou valores para o grupo de metadados selecionado?
- B) Considerando a opção de preenchimento manual dos metadados. As informações adicionais aos metadados, tais como definição, apresentação do vocabulário permitido, bem como de exemplos de possíveis valores, facilitou e/ou acelerou o processo de preenchimento dos metadados?
- C) Após a geração/preenchimento dos metadados, foi gerado um arquivo XML com esses valores?
- D) Foi possível editar os valores diretamente no arquivo XML?

3. Análise das informações de saída:

- A) Considerando a opção para a geração automática de valores para os metadados (Wizard), quantos metadados gerados poderiam ser usados diretamente no sistema Interred?

- o Considerando a opção para a geração automática de valores para os metadados (Wizard), quantos metadados gerados poderiam ser usados no sistema Interred mediante pequena alteração (adição ou substituição de uma palavra)?

Os resultados obtidos são descritos na tabela 7.2.

Tabela 7.2 Resultado do Roteiro de Teste

| Etapa | Pergunta | Resposta | Observação do especialista |
|--------------|-----------------|-----------------|---|
| 1 | A | Sim | A subdivisão “Item” pode ser ainda mais detalhada |
| 1 | B | Sim | A subdivisão “Unidade Temática” Variação de Grandeza engloba muitos assuntos e pode gerar dúvida no momento da identificação do assunto do AO |
| 2 | A | Sim | |
| 2 | B | Sim | A existência de definição e exemplos facilita o preenchimento dos metadados que não são conhecidos de quem está cadastrando o AO |
| 2 | C | Sim | |
| 2 | D | Sim | |
| 3 | A | 7 | Metadados usados diretamente: Título, Descritivo do Material, Idioma, Nível de Ensino, Palavras Chaves, Contexto e Público Alvo |
| 3 | B | 1 | Metadados modificados: Objetivo Pedagógico |

7.4 Análise dos Resultados

As observações obtidas na etapa 1 demonstram que a utilização do PCNEM para a organização dos conteúdos de matemática é de fácil entendimento para os professores, porém a grande concentração de assuntos em uma mesma área pode tornar confusa a localização de um determinado tópico. Além disso, quando se chega ao nível mais elementar da informação, ou seja, o tópico ao qual realmente o objeto de aprendizagem se refere, nem sempre é possível identificar precisamente o assunto procurado. Nesses casos, o assunto do objeto de aprendizagem orbita entre dois ou mais tópicos disponíveis na aplicação.

A validação dos requisitos da aplicação foi feita através das perguntas apresentadas na etapa 2. Dada a necessidade de se avaliar a qualidade dos metadados sugeridos pelo modelo, foi dado maior enfoque para as funcionalidades oferecidas na geração automática dos metadados, do que a opção manual. Dessa forma, a possibilidade de gerar os dados

manualmente e o preenchimento direto do arquivo XML foi verificado apenas pela questão D, mas não houve maiores observações em relação a esse tópico.

Para analisar o conteúdo gerado automaticamente pela ferramenta *AutoEduMat* é importante se fazer uma relação entre os metadados do padrão OBAA (General e Educational) gerados e os metadados do repositório INTERRED. A tabela 7.3 ilustra essa relação:

Tabela 7.3 Mapeamento Metadados INTERRED x Padrão OBAA

| Metadados INTERRED | Metadados OBAA | Valor gerado |
|-----------------------------------|---------------------------------|---|
| Título | General.Title | Um estudo sobre função de 1º grau |
| Autores | | |
| Instituição do Autor | | |
| Área de conhecimento | | |
| Descritivo do Material | General.Description | Este objeto de aprendizagem destina-se ao estudo de: Coeficientes |
| Idioma | General.Language | PT |
| Estado do Material | | |
| URL | | |
| Nível de Ensino | Educational.Context | Escolas de Ensino Médio |
| Tempo de Aprendizagem | | |
| Responsável | | |
| Palavras Chave | General.Keyword | Matematica/Algebra/Variacao_de_Grandeza/Funcao_de_1_grau/Coeficientes |
| Observações | | |
| Contexto de uso didático | | |
| Pré-requisito | | |
| Público-alvo | Educational.IntendedEndUserRole | Alunos da 1ª série do ensino médio |
| Objetivos pedagógicos e didáticos | Educationa.DidaticStrategy | Resolução de problemas |
| Ferramentas de Desenvolvimento | | |
| Composição | | |
| Dependência de Software | | |

Comparando-se os dados da tabela acima com os dados do experimento de controle conclui-se que os valores gerados poderiam substituir os valores informados manualmente

sem perda de conteúdo. Além disso, mediante a análise dos valores gerados a especialista chegou as seguintes conclusões:

- o título fornecido ao objeto de aprendizagem no experimento de controle não era apropriado;
- para o metadado “palavras chave” os valores gerados pela ferramenta foram mais completos do que os gerados no experimento de controle;
- o metadado “Público Alvo”, raramente preenchido no repositório INTERRED, teve seu valor gerado corretamente pela ferramenta;
- apesar de haver relação entre o metadado “Objetivos pedagógicos e didáticos” e o metadado “Educational.DidacticStrategy”, o valor gerado pela ferramenta não contempla toda a informação esperada para esse metadado no repositório INTERRED.

Sendo assim, dos vinte metadados apresentados pelo Interred, dez são comumente preenchidos. Destes, cinco valores poderiam ser diretamente gerados pela ferramenta *AutoEduMat*, considerando o domínio de matemática no ensino médio. Além disso, mais dois metadados, que não são geralmente preenchidos, também poderiam ser aproveitados. Dessa forma, o menor ganho obtido estaria em torno de cinquenta por cento em relação ao tempo de preenchimento e qualidade da informação.

É importante ressaltar que alguns metadados como, por exemplo: “Área de conhecimento”, “Contexto de uso didático” e “Pré-requisitos”, seriam facilmente inferidos da ontologia *OntoEduMat*, no entanto, por não constarem dos metadados do padrão OBAA (VICCARI et al., 2010), sua geração ficou de fora do escopo da ferramenta.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem por objetivo apresentar as conclusões finais sobre o trabalho desenvolvido. Para tanto, os objetivos traçados inicialmente são recapitulados, as etapas desenvolvidas até a obtenção dos resultados finais são brevemente apresentadas e, por fim, são listadas as principais contribuições alcançadas pelo trabalho. Além disso, a seção trabalhos futuros apresenta sugestões de tópicos a serem desenvolvidos visando a melhoria deste trabalho, bem como a sua integração a outros temas de pesquisa.

8.1 Conclusões

Essa dissertação apresentou as principais características da ferramenta *AutoEduMat*, aplicação proposta como cumprimento ao objetivo geral da dissertação. Como objetivos específicos a serem alcançados durante o desenvolvimento do sistema estavam: (a) buscar minimizar o tempo e esforço despendido com o preenchimento de metadados; (b) definir uma arquitetura multiagente que apóie o processo de autoria de objetos de aprendizagem em relação a criação e edição de metadados; (c) implementar uma arquitetura através de uma ferramenta de apoio a autoria de objetos de aprendizagem em relação a criação e edição de metadados; (d) testar e validar funcionalmente a operação da ferramenta.

O objetivo de minimizar o tempo e esforço utilizados para o preenchimento de metadados foi alcançado pela definição da ontologia *Onto-EduMat* que, através de suas estruturas e conteúdos, formaram a base para a inferência dos valores dos metadados do padrão LOM (IEEE LTSC, 2002) e OBAA (VICCARI et al., 2010) utilizada no sistema *AutoEduMat*. A *Onto-EduMat* representa os conteúdos e estratégias pedagógicas do domínio de ensino de matemática para o ensino médio, tal como definidos pelo PCNEM (PCRS, 1998).

A ferramenta *AutoEduMat* foi desenvolvida como um sistema multiagente, com uma interface *Web*, capaz de apoiar as atividades de criação e edição dos metadados de OAs para o

domínio de ensino definido pela *Onto-EduMat*. A organização das camadas da aplicação foi feita da seguinte forma: na interface com o usuário foi utilizada a tecnologia *AdobeFlex*, o acesso às ontologias foi feito através de agentes desenvolvidos em Java, e por fim as ontologias foram criadas em OWL, utilizando a ferramenta Protègè.

Os testes e validações da ferramenta e do modelo ontológico foram conduzidos por uma professora, especialista no desenvolvimento de objetos de aprendizagem para a área de matemática do ensino médio. Os testes foram feitos por meio de experimentos de edição submetidos à especialista, com e sem o uso da ferramenta. Durante os testes foi feita a coleta das observações das suas percepções, seguida de uma análise comparativa dos resultados.

Sendo assim, os objetivos propostos inicialmente foram atingidos e acredita-se que a principal contribuição desse trabalho foi o desenvolvimento de uma arquitetura que suporta o processo de autoria de metadados. Através dessa arquitetura foi possível a criação de uma ferramenta que torna operacional a utilização de padrões de metadados, como o OBAA (VICCARI et al., 2010).

8.2 Trabalhos Futuros

Durante a fase de experimentos, percebeu-se a necessidade de modificação das informações disponibilizados na ontologia *OntoEduMat*, principalmente na classe “Item”, que representa o tópico específico abordado pelo objeto de aprendizagem. Segundo a professora que executou os testes na ferramenta *AutoEduMat*, a variação de assuntos nessa categoria é muito grande, não havendo consenso, nem mesmo, entre os autores de livros de didáticos.

Diante deste cenário e visando permitir uma identificação mais precisa do assunto que trata o objeto de aprendizagem, surge a necessidade de uma interface que permita ao próprio usuário inserir novos elementos ao domínio estruturado pela ontologia. Atualmente, essa atualização pode ser feita através da ferramenta Protègè. No entanto, houve dificuldades por parte da professora na utilização dessa ferramenta, devido a grande quantidade de opções e informações disponibilizadas pela mesma. Além disso, a utilização da ferramenta Protègè permitiria a alteração da estrutura da ontologia, o que acarretaria alteração nas inferências obtidas pela ferramenta *AutoEduMat*.

Um dos diferenciais do padrão OBAA (VICCARI et al., 2010) foi a criação de metadados que suportam a interoperabilidade nos objetos de aprendizagem nas plataformas *Web* e *TV Digital*. Sendo assim, a criação de uma ontologia que apoiasse o processo de preenchimento desses valores para OAs multiplataforma estava prevista para o protótipo desenvolvido. No entanto, essa questão em particular não se apresentou durante o decorrer do desenvolvimento do modelo ontológico para os conteúdos educacionais e para as estratégias pedagógicas. Os metadados gerados por este modelo ontológico, estão totalmente fora do escopo dos metadados técnicos multiplataforma definidos pelo OBAA (VICCARI, et al., 2010) para lidar com a interoperabilidade entre as distintas plataformas digitais (VICCARI et al., 2010). Como os temas relacionados a geração automática de metadados para conteúdos educacionais e estratégias pedagógicas se mostraram bastante complexos, sugere-se que as questões multiplataforma sejam tratadas por novos trabalhos acadêmicos específicos para estes temas.

Por outro lado, a análise dos planos curriculares brasileiros para a definição da *Onto-EduMat* permitiu a identificação de possíveis melhorias na própria proposta OBAA (VICCARI, et al., 2010). Conforme já mencionado ao longo desse trabalho, uma característica existente nos padrões de metadados é a sua contínua evolução visando contemplar cada vez mais aplicações e domínios. Assim uma evolução do OBAA (VICCARI, et al., 2010) permitiria a incorporação das informações de natureza pedagógica como a habilidade, perspectiva metodológica ou avaliação, presentes nos planos curriculares e representadas na *Onto-EduMat*, mas não representados como metadados do OBAA (VICCARI, et al., 2010).

Considerando esse cenário, outro aspecto que traria uma melhoria bastante grande a ferramenta *AutoEduMat*, em termos de abrangência, é a criação de uma interface para adição de novas ontologias. A base para essa interface seria a utilização da ontologia já existente para o padrão de metadados OBAA (VICCARI, et al., 2010) em conjunto com uma ontologia de mapeamento que faria o mapeamento entre os metadados do padrão OBAA (VICCARI, et al., 2010) e uma nova ontologia de domínio de ensino ou de aplicação educacional. A ontologia de mapeamento permitiria o registro de diferentes mapeamentos. Para cada novo mapeamento criado seriam informados os atributos de origem envolvidos (atributos da nova ontologia de domínio/aplicação), os metadados de destino (metadados do padrão OBAA) e a regra de inferência que faz a ligação entre os metadados OBAA (VICCARI, et al., 2010) com os atributos da ontologia de domínio/aplicação de ensino.

REFERÊNCIAS

- ADL. (2001) Advanced Distributed Learning Initiative. **Sharable Content Object Reference Model (SCORM) Version 1.3: The SCORM Overview**. Alexandria: ADLnet. Disponível em: <http://www.adlnet.org>. Acesso em: out/2008.
- BAADER, F.; HORROCKS, I.; SATTLER, U. Chapter 3: Description Logics, In: HARMELEN F.; LIFSCHITZ, V.; PORTER, B. (eds). **Handbook of Knowledge Representation**. Elsevier, 2007.
- BELLIFEMINE, F.; CAIRE, G.; GREENWOOD, D. (2007) **Developing Multi-Agent Systems with JADE**/ John Wiley & Sons, Ltd.
- BIOE (2010) Banco Internacional de Objetos Educacionais. Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/> Acesso em: maio/2010
- BORDINI, R.H., et al. (2005) **JASON and the golden fleece of agent-oriented programming**. In Bordini, R.H., et al. (Org.) **Multi-Agent Programming: Languages, Platforms and Applications**, Berlin: Springer, v. 15, pp.3–37.
- BRADSHAW, J. (1997). **Software Agents**. MIT Press.
- BRIOT J. P. E DEMAZEAU, Y. (2002) **Principes et architecture des systems multi-agents**.
- GÓMEZ-PEREZ, et. al. (2004). **Ontological Engineering**, Madrid: Springer, pp. 3-45.
- DOWNES, S. **Learning objects**. International Review of Research in Open and Distance Learning 2(1).2001. Disponível em: <http://www.irrodl.org/index.php/article/view/32> Acesso em: maio/2010.
- HATALA, M. et al. (2003) **Value-added Metatagging: Ontology and Rule based**. Berlin: Springer, pp.65–80.
- HENDERSON-SELLERS, B.; GIORGINI, P. (2005) **Agent Oriented Methodologies**. Idea Group Publishing.
- HORRIDGE, M.; BECHHOFER, S.(2009) The OWL API: A Java API for working with OWL2 Ontologies. OWLED 2009, 6th OWL Experienced and Directions Workshop, Chantilly, Virginia
- HÜBNER J. F. E SICHMAN, J. S. (2003) **Organização de sistemas multiagentes**. v. 8, p. 247–296, 2003. III Jornada de Mini-Cursos de Inteligência Artificial (JAIA'03).
- IEEE LTSC. (2000) Learning Technology Standards Committee website [On-line]. Disponível: <http://www.ieeeltsc.org/> Acesso em: dez/2008.
- IEEE LTSC. (2002) Learning Technology Standards Committee. **Draft Standard for Learning Object Metadata, IEEE Standard 1484.12.1**, New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers. Disponível em: http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf, Acesso em: dez/ 2008.

- IMS. (2004) **AccessForAll Meta-Data Information Model v1.0**, A.Jackl, IMS Global Learning Consortium, Inc..
- JASPER, R., USHOLD, M., (1999) **Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications**.
- KUNZE, J.; BAKER, T. **The Dublin Core Metadata Element Set: RFC 5013**. California: IETF, 2007.
- LAKATOS, E; MARCONI, M. (1991). **Metodologia Científica**, São Paulo, Atlas
- MPEG-7. (2004) **MPEG-7 Overview (ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N6828)**. Disponível em: <http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>. Acesso em junho de 2008.
- PADGHAM, L. WINIKOFF, M. (2004) **Developing intelligent agent systems: a practical guide**. John Wiley & Sons.
- PADGHAM, L.; WINIKOFF, M. (2002) **A Methodology for Developing Intelligent Agents**. Proceedings of AOSE 2002.
- PANSANATO, L et al. (2005). **Strategies for filling out LOM metadata fields in a Web-based CSCL tool**. In Proceedings of the Third Latin American Web Congress (LA-WEB'05), IEEE.
- PCN+, (2002) - **Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. MEC-SEMTEC.
- PCRS (2009) – Proposta Curricular do Estado do Rio Grande do Sul – Lições do Rio Grande. Disponível em: http://www.seduc.rs.gov.br/pse/html/refer_curric.jsp?ACAO=acao1 Acesso em maio/2010
- PCSP (2008) – Proposta Curricular do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/spfe2009/MATERIALDAESCOLA/PROPOSTACURRICULAR/ENSINOFUNDAMENTALCICLOIIIEENSINOMÉDIO/tabid/1252/Default.aspx> Acesso em: maio/2010
- PRCRS (1998). **Padrão Referencial de Currículo para o ensino médio do Rio Grande do Sul**, Secretaria de Educação do Estado do Rio Grande do Sul.
- PROTEGE (2010). Protègè. Disponível em: <http://protege.stanford.edu/> Acesso em Maio/2010
- RAO, A. S.; GEORGEFF, M. P. (1991) **Modeling rational agents within a BDI-architecture**. In Procs of KR&R-91, San Mateo: Morgan Kaufmann pp. 473-484.
- RYU, J et al (2002). **MPEG-7 Metadata Authoring Tool**. In proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia.
- SAMPSON, D., KARAMPIPERIS, P., **Reusable Learning Resources: Building a Metadata Management System Supporting Interoperable Learning Object**

Repositories. In Rory McGreal (Editor), **Online Education Using Learning Objects**, Taylor & Francis Book Ltd, 2004.

- TVA. (2003) TV-Anytime Forum. **S3 metadata (normative) v1.2.** TV-Anytime Specification.
- VICCARI, R.; GLUZ, J.; PASSERINO, L. M.; SANTOS, E.; PRIMO, T.; ROSSI, L.; BORDIGNON, A.; BEHAR, P.; FILHO, R.; ROESLER, V. (2010) **The OBAA Proposal for Learning Objects Supported by Agents.** Proceedings of MASEIE Workshop – AAMAS 2010, Toronto, Canada.
- W3C (2007) Web Ontology Language (OWL) – Disponível em: <http://www.w3.org/2004/OWL/> Acesso em: maio/2010
- W3C (2008) **Authoring Tool Accessibility Guidelines 2.0 – Working Draft.** Disponível em: <http://www.w3.org/TR/ATAG20/> Acesso em: dez/2008.
- WEBOPEDIA. (2008) **Webopedia – Dicionário on-line e motor de busca.** Disponível em: http://www.webopedia.com/TERM/A/authoring_tool.html Acesso em: dez/2008.
- WEIß, G (1999). **Multiagent systems: A modern approach to distributed artificial intelligence.** p. 548. MIT Press.
- WEISS, G.(1999). **Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence.** MIT Press.
- WILEY, D. A. (2000). **Learning object design and sequencing theory.** Tese de Doutorado, Brigham Young University. Disponível em: <http://davidwiley.com/papers/dissertation/dissertation.pdf> Acesso em: dez/2008.
- WOOLDRIDGE M. J.; JENNING, N. R. e. K. D. A. (1995) **Methodology for agent-oriented analysis and design.** p. 69–76, 1999. Proceedings of the Third International Conference on Autonomous Agents.
- YANG, S. et al. (2007). TV-Anytime Metadata Authoring Tool for Personalized Broadcasting Services. In IEEE International Symposium on Consumer Electronics.