



Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em
Computação Aplicada
Mestrado Acadêmico

Helena da Silva Alves

Adaptação de Conteúdos de Objetos de Aprendizagem para a
Televisão Digital

São Leopoldo, 2011

HELENO DA SILVA ALVES

ADAPTAÇÃO DE CONTEÚDOS DE OBJETOS DE
APRENDIZAGEM PARA A TELEVISÃO DIGITAL

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

Orientador: João Carlos Gluz

São Leopoldo
2011

A474a Alves, Heleno da Silva
Adaptação de conteúdos de objetos de aprendizagem para televisão digital / por Heleno da Silva Alves. – São Leopoldo, 2011.

100 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada, São Leopoldo, RS, 2011.

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

1.Televisão digital. 2.Televisão digital – Objetos de aprendizagem.
3.Televisão digital – Brasil. 4.Comunicações digitais – Objetos de aprendizagem. 5.Metadados. I.Gluz, João Carlos. II.Título.

CDU 621.397
621.397:37
621.397(81)

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

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não seria possível sem a ajuda de algumas pessoas e organizações que eu faço questão de agradecer nesta dissertação.

Ao meu orientador João Carlos Gluz que me ajudou durante todo o caminho desta dissertação a organizar minha mente cheia de idéias muitas vezes desconexas e desorganizadas.

Ao MEC pela bolsa CAPES que subsidiou esta dissertação e me deu a oportunidade de desenvolver um bom trabalho e alcançar o objetivo que venho buscando a muito tempo de obter o título de mestre.

A minha companheira e esposa Gina Samoa Neves por me agüentar e me apoiar neste período de muito trabalho e estudos.

A minha mãe Carmem Lucia da Silva Alves e ao meu pai Paulo Marcos Amaral Alves, minha irmã Priscila da Silva Alves e minha sobrinha Mariana Alves da Conceição por serem a base forte da minha vida e entenderem o meu sumiço durante este período onde tive pouco tempo para conviver em família como sempre fiz.

Aos meus amigos de trabalho, do projeto MEC/AGHU (Aplicativos de Gestão Hospitalar Universitário), pelo companheirismo e entendimento das vezes que tinha que me ausentar por motivos do mestrado. Agradeço a dois dos meus chefes, Tiago Vaz e Marcelo Takatsu que investiram no estudo de um profissional de sua equipe, cedendo horas de trabalho para que eu pudesse desenvolver esta dissertação.

Enfim agradeço a todos que de certa forma me ajudaram neste período direta ou indiretamente.

RESUMO

Os objetos de aprendizagem (OAs) têm tomado um papel importante no contexto educacional atual, onde os meios computacionais se tornam cada vez mais presentes em sala de aula impulsionados por instituições governamentais. Dentre as características necessárias para utilização efetiva dos OAs a bibliografia enumera dois pontos principais, o reuso e o compartilhamento. Com o avanço de novos meios computacionais o conceito de reuso tem adquirido novas proporções vislumbrando a utilização do conteúdo educacional disponibilizado pelos OAs em diversos ambientes computacionais. Dentre estes novos ambientes computacionais, os dispositivos móveis e a televisão digital (TVD) estendem o conceito de *e-learning* criando duas novas vertentes, são elas o *m-learning* e *t-learning* respectivamente. Apesar disso, os OAs criados para os ambientes de e-learning dificilmente podem ser reutilizados nos novos ambientes devido às dificuldades de apresentação de conteúdo nos dispositivos móveis e de TVD. Para dar apoio à visualização de OAs nestes novos ambientes o presente trabalho apresenta conceitos relacionados à OAs, a TVD e aos agentes de software para basear a análise do sistema multiagentes desenvolvido. Este sistema tem como principal funcionalidade a adaptação de conteúdo para os ambientes de *t-learning* e *m-learning*. A intenção do presente trabalho é apresentar uma arquitetura, utilizando diagramas da *Agent UML*, que comporte a adaptação de OAs para que possam ser visualizados em múltiplos ambientes e aplicar esta arquitetura a casos de uso voltados à televisão digital. Através do sistema desenvolvido foi possível adaptar múltiplos formatos de conteúdos de OAs para que sejam visualizados nos dispositivos do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD).

Palavras-chave: Objetos de Aprendizagem. Televisão Digital. Agent UML. Sistemas Multiagentes.

ABSTRACT

Learning Objects (LO) are assuming an important role in current educational context, where computational resources are a common presence in the classroom due to government incentives. Among the needed characteristics for right using of LOs by teachers and students, two main aspects are highlighted by the literature, the reusing and sharing. With the advances in the new computing environments the concept of reusing has been taking new proportions viewing the utilization of its educational content in several computing environments. Among these new computing environments, the mobile devices and the digital television (DTV) extends the concept of e-learning creating two new strands, they are the m-learning and t-learning respectively. Nevertheless, the LOs created for e-learning environment hardly can be used in the new environments due to the difficulties of presenting on mobile and DTV devices. To help the presenting of LOs in these new environments this work presents concepts related to LOs, DTV and agents based software aiming the analysis of a multiagent system developed. This system has as your main feature the adaptation of content for t-learning and m-learning environments. The intention of this work is present an architecture, using Agent UML (AUML) diagrams, that supports the LOs adaptation for viewing in multiple environments and apply this architecture to digital television use cases. Through the system developed should be possible to adapt multiple LOs content formats to be viewed on the devices of the Brazilian System of Digital Television (SBTVVD).

Key words: Learning Objects. Digital Television. Agent UML. Multiagents Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Código Fonte Adaptado para TVD (IM et al, 2006)	46
Figura 4.2 - Resultado Visual Adaptado para TVD (IM et al, 2006).....	47
Figura 4.2 - Projeto MILOS – Arquitetura Geral (VICCARI et al, 2010)	52
Figura 4.3 - Projeto MILOS – Arquitetura Geral (GLUZ et al, 2010).....	52
Figura 5.1 - Arquitetura da Ferramenta de Adaptação.....	59
Figura 5.2 - Diagrama de Casos de Uso.....	64
Figura 5.3 - Diagrama de Classes do Modelo de Domínio	66
Figura 5.4 - Diagrama de Estrutura do Agente de Transcodificação	68
Figura 5.5 - Tela de interação com o conteúdo original no componente <i>Swf-Recorder</i>	69
Figura 5.6 - Tela de visualização e envio de vídeo do componente <i>Swf-Recorder</i>	70
Figura 5.7 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Adaptar OA do Agente de Coordenação	71
Figura 5.8 - Diagrama de Atividades da Porta Transcodificar Conteúdo	73
Figura 5.9 - Tela principal de busca de OA do Adapt-A-LO-Web	75
Figura 5.10 - Tela de Exibição do Processo de Adaptação de OA no Adapt-A-LO-Web	76
Figura 6.1 - Simulando Comportamento TV Digital no <i>Content-Viewer</i>	83
Figura 6.2 - Compilação de Resultados OA 1 (PPT)	86
Figura 6.3 - Compilação de Resultados OA 2 (DOC).....	87
Figura 6.4 - Compilação de Resultados OA 3 (PDF).....	88
Figura 6.5 - Compilação de Resultados OA 4 (FLV).....	89
Figura 6.6 - Compilação de Resultados OA 5 (SWF).....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Atos comunicativos da FIPA (FIPA, 2000)	35
Tabela 4.1 - Comparativo de Recursos das Plataformas (OBAA, 2010)	44
Tabela 4.2 - Comparativo de Recomendações Usabilidade das Plataformas (OBAA, 2010).....	45
Tabela 6.1- OAs Selecionados para os Experimentos de Adaptação.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAC	Advanced Audio Coding
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADL	Advanced Distributed Learning
AIFF	Audio Interchange File Format
API	Application Programming Interface
ATSC	Advanced Television Systems Committee
AUML	Agent Unified Modeling Language
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
AVI	Audio Video Interleave
BDI	Belief - Desire - Intention
BIOE	Banco Internacional de Objetos Educacionais
BMP	Bitmap
CC/PP	Composite Capabilities/Preference Profiles
CETIC	Centro de Estudos sobre as Tecnologias da Informação e da Comunicação
CSS	Cascading Style Sheets
DCMI	Dublin Core Metadata Initiative
DIF	Directory Interchange Format
DiTV	Digital Interactive Television
DL	Description Logic
DOC	Word Document
DTV	Digital Television
DVB	Digital Video Broadcasting
ECMA	European Computer Manufacturers Association
FEB	Federação de Repositórios Educa Brasil
FIPA	Foundation for Intelligent Physical Agents
FIPA-ACL	FIPA - Agent Communication Language
FIPA-OS	FIPA - Operating System
FLV	Flash Video File
GCMD	Global Change Master Directory
GIF	Graphics Interchange Format
HAVi	Home Audio Video Interoperability
HTML	Hypertext Markup Language
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMS	Inovation Adoption Learning
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
ISO	International Organization for Standartization
JPEG	Joint Photographic Experts Group
JSP	Java Server Pages
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
LMS	Learning Management System
LO	Learning Object
LOM	Learning Object Metadata
LORI	Learning Object Review Instrument
LTSC	Learning Technology Standards Committee
LWUIT	Lightweight User Interface Toolkit

MEC	Ministério da Educação e Cultura
MERLOT	Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching
MHP	Multimedia Home Platform
MIDI	Musical Instrument Digital Interface
MILOS	Multiagent Infraestructure for Learning Object Support
MOV	QuickTime Video Clip
MPEG	Moving Picture Experts Group
NCL	Nested Context Language
OA	Objeto de Aprendizagem
OBAA	Objetos de Aprendizagem Suportados por Agentes
OGG	Ogg Vorbis Codec Compressed Multimedia File
OWL	Web Ontology Language
PDF	Portable Document Format
PNG	Portable Network Graphics
PPT	PowerPoint Presentation
RDF	Resource Definition Format
SBTVD	Sistema Brasileiro de Televisão Digital
SCORM	Sharable Content Object Reference Model
SQL	Structured Query Language
SVG	Scalable Vector Graphics
SWF	Flash Format File
TV	Televisão
TVD	Televisão Digital
UML	Unified Modeling Language
W3C	World Wide Web Consortium
WAV	Waveform Audio File
XHTML	Extensible Hypertext Markup Language
XML	Extensible Markup Language
XSD	XML Schema Definition

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	QUESTÃO E OBJETIVOS DE PESQUISA	14
3	REFERENCIAL TÉCNICO E TEÓRICO	18
3.1	Objetos de Aprendizagem	18
3.1.1	Dublin Core	20
3.1.2	IEEE-LOM	21
3.1.3	OBAA – Objetos de Aprendizagem baseado em Agentes	22
3.1.4	SCORM – Sharable Content Object Reference Model	24
3.1.5	MPEG-7.....	25
3.2	Consulta a Repositórios de Objetos de Aprendizagem	27
3.3	Avaliação de Objetos de Aprendizagem	28
3.3.1	Avaliação no Repositório MERLOT	29
3.3.2	Ferramenta de Avaliação LORI.....	30
3.4	Agentes e Sistemas Multiagente.....	33
3.4.1	Agentes BDI	33
3.4.2	Sistemas Multiagentes e Comunicação	34
3.4.3	Modelagem de Sistemas Multiagentes	36
3.5	Sistema Brasileiro de Televisão Digital	38
4	TRABALHOS RELACIONADOS	42
4.1	Mecanismos para Criação de Conteúdo Interoperável entre Web, TV Digital e Dispositivos Móveis	42
4.2	Design and Implementation of SCORM Content Conversion for DiTV	45
4.3	Adapting Web Content to Mobile User Agents	48
4.4	An Intelligent Agent for Adapting and Delivering.....	49
4.5	Using ontologies and Web services for content adaptation in Ubiquitous Computing.....	49
4.6	Framework for Content Adaptation in Ubiquitous Computing.....	50
4.7	MILOS: Infraestrutura de Agentes para Suporte a Objetos de Aprendizagem OBAA.....	50
4.8	Análise dos Trabalhos Relacionados.....	53
5	O SISTEMA DE ADAPTAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM	56
5.1	Crítérios de Escolha das Tecnologias.....	57
5.2	Arquitetura da Ferramenta de Adaptação.....	58
5.3	Sistema Multiagente Adapt-A-LO	60
5.4	Subsistema de Interface Adapt-A-LO-Web	74
6	EXPERIMENTOS E VALIDAÇÃO.....	78
6.1	Seleção de OAs e Execução da Adaptação	78
6.2	Avaliação do processo de adaptação	80
6.3	Compilação de Resultados	85
7	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	92
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	95

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o governo brasileiro, através do MEC, vem desenvolvendo ferramentas¹²³ para incentivar a criação e o compartilhamento de conteúdo de aprendizagem entre instituições de ensino. Com a informatização das escolas⁴, o material de ensino tem sido cada vez mais desenvolvido em meios digitais. Segundo a *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) (2002) “qualquer material, digital ou não, desenvolvido para fins de aprendizado pode ser denominado como um Objeto de Aprendizagem (OA)”. A comunidade tem conduzido muitos estudos no intuito de garantir o investimento da distribuição e a utilização deste material por tutores e aprendizes. Dois requisitos importantes na análise da utilização efetiva dos objetos de aprendizagem são o reuso e a adaptabilidade. A capacidade de utilizar os OAs em diferentes ambientes de aprendizagem é muito citada pelos autores (IEEE, 2002) (Wiley, 2001). A capacidade de quebrar os objetos de aprendizagem em partes menores e utilizar em múltiplas plataformas é definida como o reuso (Wiley 2001). Para que um OA possa ser utilizado em outras plataformas Polsani (2003) cita que é de grande importância a análise de suas características de adaptação. Assim a adaptabilidade ao ambiente onde será visualizado pode ser visto com um requisito básico ao reuso.

Os OAs muitas vezes são criados em computadores que, em sua maioria, possuem uma grande variedade de recursos de *hardware* e de *software* para visualização de conteúdos diversos, quando comparados a outros dispositivos computacionais mais limitados. Atualmente este tipo de conteúdo é preparado para visualização em computadores convencionais ligados a *web* pela Internet (aqui denominada simplesmente de “plataforma *web*”) e, devido a limitações de *hardware* e *software* de outros tipos de dispositivos, os OAs normalmente não são apropriados para visualização plataformas ou ambientes digitais diferentes da plataforma *web*. Desta forma, conceitos como o reuso e a adaptabilidade acabam sendo perdidos, pelo menos no contexto de múltiplas plataformas digitais.

¹ RIVED – Rede Internacional Virtual de Educação - <http://rived.mec.gov.br/>

² BIOE – Banco Internacional de Objetos Educacionais - <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>

³ Portal do Professor - <http://portaldoprofessor.mec.gov.br>

⁴ Programa ProInfo - http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&id=244&Itemid=462

Essa limitação no reuso e na falta de adaptabilidade do conteúdo pode gerar a perda de grandes oportunidades de aprendizado, vetando a opção de outras plataformas digitais como aquelas disponibilizadas por dispositivos móveis (celulares) ou pela TV Digital (TVD), que são muito utilizados pela população mundial atualmente. Permitir que estes conteúdos sejam visualizados em outras plataformas de forma adequada impulsionaria os investimentos em educação e levaria a educação a todas as pessoas a qualquer momento.

Apesar da disponibilidade de novos ambientes computacionais oferecidos pela TV Digital, celulares inteligentes (*smart phones*), leitores de livros digitais (*e-readers*) e consoles de jogos, a maioria dos sistemas de *software* e conteúdos multimídia não podem ser utilizados nestes dispositivos ou não possuem um comportamento correto quando analisados em relação à sua qualidade em um computador. Dentre estas possibilidades, a TV digital é um novo ambiente que tem surgido com grande potencial para fazer parte do dia a dia das pessoas. No Brasil, mais especificamente, a plataforma de televisão digital, chamada Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD), entrou em operação em dezembro de 2007. Este novo ambiente tem poucas pesquisas quando o assunto é adaptação e reuso de conteúdos de ensino e objetos de aprendizagem. Mesmo assim, a grande disseminação de aparelhos de televisão leva a crer que ao adicionar poder computacional, mesmo que limitado, a este ambiente, este venha a se tornar o ambiente computacional de maior uso no Brasil, podendo assim se tornar um grande meio de disseminação de conteúdos de aprendizado.

No Brasil, a televisão apresenta experiências relacionadas à educação há muito tempo. Produções televisivas e canais específicos, como o Novo Tele Curso e TV Escola, já estão presentes há alguns anos. Contudo, com as novas possibilidades oriundas da TV Digital Interativa é necessário ter um novo olhar e se deve compreender como ela pode ser explorada educacionalmente (SILVA; VICCARI, 2009).

Com a disponibilidade da TV Digital interativa, espera-se que a utilização de diversas formas de conteúdo em sala de aula possa se tornar mais interessante, incluindo também a possibilidade de auto-estudo, na medida em que a aprendizagem não precise ser organizada como um processo linear, permitindo que os aprendizes possam navegar pelos conteúdos conforme a sua necessidade dentro ou fora da sala de aula.

Em um primeiro momento o reuso de conteúdos educacionais e objetos de aprendizagem, previamente criados para as plataformas já disponíveis no mercado, em particular a plataforma *web*, certamente se tornará uma necessidade primária para permitir a efetiva utilização da TV Digital em um contexto educacional. Nesse contexto, a presente dissertação apresenta a pesquisa e análise das adaptações necessárias para que um OA, criado

no contexto da plataforma *web*, possa ser visualizado no ambiente da televisão digital brasileira.

Assim, o principal tema de pesquisa do presente trabalho está relacionado com a interoperabilidade de conteúdos educacionais digitais, em particular objetos de aprendizagem, entre as plataformas *web* e TV Digital.

Para apresentar os conceitos e trabalhos relacionados à pesquisa que conduziu a esta proposta, no Capítulo 2 é contextualizado o problema específico de pesquisa da dissertação e a partir desta contextualização são definidos os objetivos necessários para resolver tal problema. O Capítulo 3 descreve o referencial técnico e teórico do trabalho, apresentando conceitos relacionados aos objetos de aprendizagem, ao sistema brasileiro de televisão digital e ao projeto de sistemas baseados em agentes. No Capítulo 4 são apresentados trabalhos relacionados ao tema de pesquisa da dissertação, sendo feita uma análise comparativa desses trabalhos com os objetivos da dissertação. O capítulo 5 apresenta a arquitetura do sistema que atenda os requisitos definidos nesta proposta. No capítulo 6 descreve experimentos e validações executadas para avaliar os resultados da pesquisa. O capítulo sete encerra esta dissertação apresentando as conclusões deste trabalho e orientando aspectos para trabalhos futuros.

2 QUESTÃO E OBJETIVOS DE PESQUISA

Atualmente há um aumento crescente da entrada de dispositivos computacionais no dia a dia das pessoas. A utilização destes novos dispositivos para fins educacionais oferece todo um novo conjunto de oportunidades de inclusão digital da população. Dentre estes novos dispositivos se destaca no Brasil o surgimento da TV Digital, na forma do novo Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD), recentemente padronizado pela ABNT (ABNT, 2008).

Apesar destas novas possibilidades de inclusão social, existem muitas dificuldades técnicas no uso da plataforma de TV Digital. Em particular, existem alguns formatos de conteúdo dos OAs preparados para computadores pessoais e compatíveis com a Web, que não podem ser reaproveitados no contexto da TV digital. Dado a existência de uma grande variedade de possíveis materiais e conteúdos, este trabalho opta por considerar apenas conteúdo educacional na forma de OA, e que ainda seja compatível com padrões nacionais e internacionais para este tipo de objeto. Esta opção não acarreta nenhuma perda de generalidade no contexto da pesquisa, dado que as opções, em termos de conteúdos e estruturas de informação definidas pelos padrões de OA (IEEE, 2002; DCMI, 2008; CHANG, SIKORA, PURI, 2001; VICCARI et al, 2009), já oferecem um cenário muito complexo de interoperabilidade em múltiplas plataformas. Uma solução que permita a interoperabilidade de OAs nas plataformas Web e TV digital oferece um excelente ponto de partida para a interoperabilidade com outros tipos de conteúdos e plataformas.

Dessa maneira a questão de pesquisa proposta neste trabalho é descrita da seguinte forma:

Quais as possibilidades técnicas e soluções tecnológicas que tornariam possível a adaptação do conteúdo dos objetos de aprendizagem desenvolvidos para a Web operarem na plataforma de TV digital adotada pelo Brasil?

Para responder esta questão, este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um sistema que seja capaz de adaptar OAs para visualização, de forma satisfatória, de diversos formatos de conteúdos de aprendizagem, em receptores de televisão digital do sistema Brasileiro de Televisão Digital, o SBTVD. Espera-se que o mecanismo de adaptação possa ser executado da forma mais automática possível e que permita visualizar o máximo de

formatos de conteúdo possível com a menor perda de estilos visuais possíveis, ou que permita seguir os estilos visuais ideais para utilização em dispositivos de TV Digital do SBTVD.

A partir desta análise pode-se listar requisitos para o desenvolvimento de um sistema que faça modificações nos formatos de conteúdos e nos metadados de um OA de forma que a ele possa ser reutilizado no ambiente do SBTVD. Devido ao SBTVD ser uma plataforma relativamente nova, existem poucos trabalhos de adaptação de conteúdo já existente na *Web* para o ambiente de televisão digital, e os trabalhos encontrados não se aplicam a todos os tipos de conteúdos ou mesmo ao SBTVD. Dentro deste cenário, este trabalho pretende contribuir definindo formas automatizadas para conversão de diversos formatos de conteúdos educacionais, os OAs, disponíveis na *Web* (*PDF, Word, Power Point, Open Office*, entre outros), para que sejam possíveis de serem visualizados na televisão digital brasileira.

O sistema de adaptação desenvolvido neste trabalho é baseado extensivamente no uso de agentes de *software*, devido à complexidade crescente dos padrões para OAs e conteúdos multimídia. Esta complexidade deverá ser encapsulada em agentes de *software* que deverão utilizar uma base de conhecimento sobre as especificidades de cada tipo de conteúdo a ser adaptado. Através da arquitetura orientada a agentes esta integração se torna mais simples devido a este projeto utilizar protocolos de comunicação entre agentes. Mais detalhes sobre a sistemas multiagentes e a arquitetura do sistema desenvolvido serão desenvolvidos nos capítulos 3.4 e 5 respectivamente.

Outro requisito importante para o sistema é a sua integração com o padrão de metadados OBAA (VICCARI et al., 2009) e com a infra-estrutura de agentes MILOS, que oferecerá suporte ao ciclo de vida dos objetos OBAA (GLUZ e VICCARI, 2010). Este é um importante requisito, porque alinha a presente dissertação com a iniciativa de disseminação e adoção do padrão OBAA, que está sendo proposto como o novo padrão de metadados de OA a ser adotado no Brasil.

Resumindo, os requisitos para o mecanismo de adaptação de OAs que será desenvolvido nesse trabalho são os seguintes:

1. Ter a capacidade de adaptar tipos de formatos de conteúdos específicos disponíveis atualmente em ambiente web (Por Exemplo: *PDF, Word, Power Point*, entre outros.);

2. Ter a capacidade de adaptar os conteúdos de forma automática, se possível sem precisar de intervenção humana pra adaptar conteúdo de forma satisfatória;
3. Estar integrado a uma arquitetura que ofereça as demais funcionalidades relacionadas à criação, a busca e ao gerenciamento de OAs, tais como: autoria, publicação e armazenamento.

Em conjunto com a meta principal, os requisitos acima podem ser desdobrados em uma série de objetivos mais específicos:

- Análise do estado da arte em termos de objetos de aprendizagem, agentes de software, plataforma de TV Digital e demais temas de pesquisa que fundamentam o trabalho;
- Análise de trabalhos relacionados de conversão e adaptação de conteúdos educacionais digitais;
- Projeto e desenvolvimento de um sistema de *software* para adaptação de objetos de aprendizagem para o sistema de televisão digital brasileiro;
 - Implementação de protótipo que adapte os principais tipos de formatos de conteúdos específicos disponíveis atualmente em ambiente *web* (Ex.: *Portable Document Format - PDF*, *Word - DOC*, *Power Point - PPT*, entre outros);
 - Implementação de mecanismos de adaptação automáticos ou semi-automáticos que precise do mínimo possível de intervenção humana para adaptar conteúdo de forma satisfatória;
 - Projetar e desenvolver os principais componentes de uma arquitetura que possa ser integrada com outras funcionalidades relacionadas à busca e ao gerenciamento de OAs, tais como: autoria, publicação e armazenamento;
- Validar o sistema resultante sobre um repositório público de OAs;
- Visualizar OAs em receptores de televisão digital ou máquinas virtuais que simulem os mesmos.

O objetivo de integração do sistema desenvolvido tem como foco principal permitir a este projeto ser um dos sistemas multiagentes que compõem a infra-estrutura do projeto

MILOS. O projeto MILOS é descrito em maiores detalhes na Seção 4.7 e a integração proposta com este projeto é analisada na Seção 4.8.

É importante também salientar que uma adaptação satisfatória, conforme citado nos objetivos específicos, compreende uma avaliação comparativa entre os objetos de aprendizagem original e sua versão adaptada. Ao comparar o conteúdo adaptado pretende-se conseguir um objeto que possa ser semelhante ao conteúdo original nos quesitos de avaliação de qualidade de um OA. Os quesitos de avaliação de qualidade de um objeto de aprendizagem são descritos no referencial técnico. A avaliação comparativa, que conduz ao índice de satisfação com o objeto adaptado, é apresentada no Capítulo 6, experimentos e validação.

A pesquisa de sistemas de adaptação de conteúdos para a televisão digital brasileira ainda possui poucas referências, como apresentado na seção três. As pesquisas encontradas de adaptação de conteúdo para televisão digital trabalham somente com conteúdo HTML, e somente um dos trabalhos encontrados foca a utilização para o SBTVD. O trabalho proposto pretende contribuir com a adaptação de outros formatos que não só o HTML, além disso, outra contribuição pretendida é a inexistência de interação humana no processo de adaptação com a intenção de minimizar o conhecimento necessário para se desenvolver OAs reutilizáveis em múltiplos ambientes. Estas características são vistas como inovação principalmente pela inexistência de trabalhos que agreguem estas em um único sistema.

Através destes objetivos pretende-se permitir a visualização, nos dispositivos homologados pelo Sistema Brasileiro de Televisão Digital, de conteúdo educacional, os OAs, disponível atualmente na *Web* e entregar uma opção mais rica para o aprendizado em uma plataforma altamente difundida.

3 REFERENCIAL TÉCNICO E TEÓRICO

Este capítulo apresenta os principais conceitos e tecnologias que serão utilizadas para desenvolver a dissertação. Dentro deste capítulo serão apresentados tópicos a respeito de objetos de aprendizagem, incluindo conteúdos multimídia, será apresentado um resumo das características do Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD), além de uma introdução a agentes de *software* e sistemas multiagentes.

3.1 Objetos de Aprendizagem

A criação e a disponibilização de conteúdos para fins educacionais são dois temas muito pesquisados na literatura. Estes conteúdos são chamados de Objetos de Aprendizagem (OA). Os objetos de aprendizagem representam componentes educacionais que facilitam o projeto, desenvolvimento e entrega de material de aprendizado para cursos e disciplinas. Os OAs são definidos pela IEEE (2002), como qualquer entidade digital ou não, que pode ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o aprendizado apoiado por computador. Também podemos reduzir o escopo do conceito para abranger somente objetos digitais, com o intuito de facilitar o entendimento Wiley (2001) definiu os OAs como “qualquer recurso digital que pode ser reusado para suportar aprendizagem”.

Todas as definições estudadas se concentram no requisito da reusabilidade, fazendo deste um dos principais focos de trabalho e pesquisa atualmente. No entanto a comunidade de OAs também tem se concentrado no estudo de outros requisitos de grande importância como a acessibilidade e a interoperabilidade. Conforme Polsani (2003),

Através da reusabilidade um conteúdo deve poder ser utilizado novamente em múltiplos contextos de ensino. O requisito de acessibilidade define que os OAs devem ser armazenados e referenciados através de informações que o descrevam. Já para ter interoperabilidade é necessário que estes objetos sejam independentes do seu formato de visualização e dos sistemas de gerenciamento de conhecimento que os contém.

Estes requisitos são importantes para permitir as entidades que promovem o ensino resguardar seus investimentos na produção de material educacional e compartilhar materiais de boa qualidade.

Com essa intenção de atender aos requisitos dos OAs diversos grupos de pesquisa tem conduzido pesquisas para promover padrões de empacotamento e descrição de conteúdo. Nestes padrões um objeto de aprendizagem é visto em dois níveis distintos de abstração:

- Nível dos Metadados: os metadados descrevem as características do conteúdo de forma não relacionada a formatos de conteúdo ou sistemas de gerenciamento de conteúdo;
- Nível do Conteúdo: o conteúdo do OA é o material de aprendizado em si, o qual o aprendiz irá visualizar e interagir para atingir determinado objetivo de uma lição.

Com a evolução dos padrões de metadados é possível desacoplar o conteúdo de sua descrição maximizando assim as possibilidades de reuso, acessibilidade e interoperabilidade. O reuso de OAs pelos diversos Ambientes Virtuais de Aprendizado (AVA) disponíveis hoje se deve principalmente a existência de padrões de metadados e empacotamento. Estes padrões garantem uma forma unificada de busca, compartilhamento e manipulação destes objetos. Através destes padrões é possível a criação de bibliotecas para busca e seleção do OA que se enquadram nas necessidades de cada aprendiz ou tutor.

Como citado, anteriormente, um dos pontos mais importantes para a utilização de conteúdos de aprendizagem esta relacionada à forma como estes são combinados. Para que agentes de computadores e pessoas possam buscar, localizar e apresentar corretamente um conteúdo de aprendizagem, várias formas de catalogar conteúdos multimídia foram desenvolvidas. Estes catálogos de conteúdo foram desenvolvidos com a definição de padrões de metadados. Isto é possível através de informações contextuais junto ao conteúdo. Estas informações de catalogo são formadas como metadados para conteúdo multimídia. “Assim como em uma biblioteca os livros possuem uma descrição de suas características, os OAs devem ser catalogados com suas descrições para facilitar sua busca” (Wiley, 2001). Outra vantagem a ser considerada da descrição de um conteúdo multimídia é a possibilidade de selecionar o melhor *software* para apresentar o conteúdo ao usuário.

O desenvolvimento de uma série de metadados para conteúdos multimídia e objetos de aprendizagem tornou a descrição destes objetos uma atividade complexa e dependente de um vasto conhecimento sobre os padrões existentes. A grande quantidade de padrões dificulta a comunicação entre sistemas diferentes e faz com que a criação de objetos de aprendizagem adaptáveis a múltiplas plataformas e formatos seja uma atividade humanamente inviável. Neste cenário, a criação de objetos de aprendizagem se torna um processo de escopo limitado, onde cada OA é desenvolvido de forma diferente, fazendo que o reuso do conteúdo disponível

em um ambiente como televisão digital seja um objetivo distante para os objetos de aprendizagem e cheio de retrabalho, resultando em mais investimento financeiro e de tempo.

Nos próximos itens serão apresentados alguns padrões relevantes para a pesquisa de objetos de aprendizagem. Dentre os padrões apresentados podemos encontrar três padrões referentes ao conceito de metadados (*Dublin Core*, IEEE-LOM e OBAA) e um padrão de encapsulamento de conteúdo e metadados (SCORM). Todos estes padrões são utilizados atualmente e o conhecimento de todos estes padrões é importante para maximização do reuso entre AVAs.

3.1.1 Dublin Core

O padrão *Dublin Core* foi desenvolvido pela *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI). Esta é uma organização dedicada a promover a adoção de padrões de interoperabilidade de metadados e desenvolver vocabulários especializados para descrever fontes que tornem mais inteligentes sistemas de descobrimento de informações.

As atividades da DCMI incluem trabalhos no que tange arquitetura e modelagem no padrão referido como *Dublin Core*. Operando como um fórum aberto, a DCMI convida pesquisadores e utilizadores de conteúdo interessados em contribuir. O padrão *Dublin Core* foi desenvolvido pela DCMI inicialmente para facilitar a pesquisa e a recuperação de recursos na *web*. Em 2003 este padrão foi aprovado como uma norma da *International Standard Organization* (ISO) e atualmente mantém a versão corrente 1.1 com 15 metadados bem definidos, são eles (DCMI, 2008):

- *Title*: título do objeto;
- *Creator*: identificação do criador do objeto;
- *Subject*: assunto sobre o qual o objeto se refere;
- *Description*: texto com uma descrição das características do objeto;
- *Publisher*: identificação do publicador;
- *Contributor*: identificação do contribuidor;
- *Date*: data de criação do objeto;
- *Type*: tipo do objeto;

- *Format*: formato do conteúdo;
- *Identifier*: identificador único para o objeto;
- *Source*: recurso de onde este originou;
- *Language*: idioma em que o conteúdo está escrito;
- *Relation*: relações com outros objetos;
- *Coverage*: abrangência do objeto, assuntos ou tópicos tratados pelo objeto;
- *Rights*: direitos autorais (ou outros) referentes ao objeto e seu conteúdo.

Este padrão é aplicado na busca de recursos digitais para muitos assuntos, e da suporte a catalogação em locais como museus, bibliotecas, instituições de pesquisa e *softwares* diversos, em diversas organizações.

Os metadados deste padrão são opcionais e podem ser repetidos dentro de uma mesma descrição garantindo assim uma alta flexibilidade.

Este padrão começou com um subconjunto de metadados básicos, hoje chamado de *Dublin Core Simples*. Com o seu desenvolvimento ele ganhou extensões que são chamadas *Dublin Core Qualificado*. Com um esquema simplificado o conjunto de metadados tem um aprendizado mais simplificado podendo ser estendido para um tipo qualificado sob demanda.

3.1.2 IEEE-LOM

Nascido em junho de 2002 o padrão *Learn Object Metadata* (LOM) é promovido pela IEEE. Ao contrario do padrão de metadados *Dublin Core*, o IEEE-LOM possui uma estrutura mais voltada aos conteúdos relativos aos objetos de aprendizagem. Este padrão define mais de 70 atributos que são agrupados em nove categorias, são elas (IEEE, 2002):

- *General*: que contém informações gerais sobre o OA;
- *Lifecycle*: possui as informações sobre o histórico e estado atual do OA;
- *Meta-metadata*: contém as informações sobre os metadados em si;
- *Technical*: contém as características e requisitos técnicos do OA;
- *Educational*: possui as características educacionais e pedagógicas do OA;
- *Rights*: contém as informações sobre propriedade intelectual do OA;

- *Relation*: define os relacionamentos entre este OA e outros OAs;
- *Annotation*: comentários sobre o uso educacional do OA;
- *Classification*: posiciona o OA frente a sistemas de classificação.

Este padrão de metadados possui partes opcionais fazendo a descrição bem flexível em cada caso. Alguns metadados descritos pelo IEEE-LOM possuem uma lista de termos permitidos, facilitando assim a automatização e a validação do processo de descrição. Por exemplo, o campo *purpose*, que indica o tipo de classificação do OA pode conter até dez valores diferentes: educacional, objetivo, acessibilidades, restrições, nível educacional, nível de habilidade, nível de segurança e competência.

Apesar de ser altamente documentado e esta documentação ser de fácil acesso, a quantidade de metadados pode ser um desafio aos iniciantes devido à curva de aprendizado desta documentação (MCCLELLAND, 2003). Para facilitar o processo de criação de objetos de aprendizagem muitas ferramentas de autoria de objetos de aprendizagem apóiam a edição destes metadados também.

3.1.3 OBAA – Objetos de Aprendizagem baseado em Agentes

A proposta de metadados Objetos de Aprendizagem baseado em Agentes (OBAA) tem como objetivo buscar pontos de convergência entre as tecnologias de Objetos de Aprendizagem e Sistemas Multiagentes. Como resultado foi definido um padrão de metadados interoperável e aberto que é compatível com os padrões de metadados existentes no mercado atualmente: IEEE-LOM, Dublin Core e MPEG-7 (VICCARI et al., 2009).

Os principais requisitos da proposta de metadados OBAA são os seguintes:

- (1) Padrão aberto e flexível;
- (2) Compatibilidade com o cenário atual de padrões de metadados de OAs, em particular com IEEE-LOM e *Dublin Core*;
- (3) Suporte as questões educacionais brasileiras;
- (4) Suporte a interoperabilidade com plataformas *Web*, TV Digital (SBTVD) e dispositivos móveis;
- (5) Suporte a requisitos de acessibilidade digital.

O padrão OBAA especifica um conjunto de metadados que permitem a catalogação de OAs, estes metadados propostos não foram especificados para limitar o desenvolvimento de objetos às determinadas tecnologias, mas sim para especificar uma ampla gama de funcionalidades possibilitando a interoperabilidade.

Os metadados OBAA foram definidos como uma extensão dos metadados IEEE-LOM, formada pela adição de novos grupos de metadados:

- Metadados técnicos multiplataforma: extensão do grupo quatro de metadados técnicos do IEEE-LOM;
- Metadados pedagógicos: extensão do grupo cinco de metadados educacionais do IEEE-LOM;
- Metadados de acessibilidade: novo grupo 10 de metadados de acessibilidade, para descrever requisitos de pessoas com necessidades especiais, adaptados do padrão IMS *AccessForAll*;
- Metadados de segmentação multimídia: novo grupo 11 de metadados com informações de segmentação de conteúdos multimídia, compatíveis com o padrão MPEG-7.

Uma aplicação não precisa usar todos os metadados especificados no padrão, mas apenas aqueles necessários para seus fins, isto é obtido, através da utilização de perfis que englobam as principais aplicações para os objetos.

Para atingir a compatibilidade ao mesmo tempo manter características fortes dos principais padrões de metadados, um grande estudo foi desenvolvido (VICCARI et al., 2009). Neste estudo se levou em consideração características como a abrangência para maximizar o reuso e a adaptabilidade para as plataformas desejadas. A abrangência em conteúdos educacionais do padrão IEEE-LOM é muito grande, quando comparado ao padrão *Dublin Core*, por isso este padrão é base para o desenvolvimento das especificações descritivas. Quando a abrangência é analisada em relação às características de interoperabilidade entre plataformas, o padrão MPEG-7 é muito mais utilizado para conteúdos multimídia que o IEEE-LOM. É importante salientar a falta de cobertura em todos os padrões existentes sobre questões de acessibilidade e outras específicas do contexto educacional brasileiro.

Desta forma podemos visualizar o padrão de metadados OBAA como uma escolha ideal para maximizar os requisitos descritos para os objetos de aprendizagem (reuso, acesso e

interoperabilidade) e ao mesmo tempo absorver novas necessidades não atendidas pelos padrões atuais.

3.1.4 SCORM – Sharable Content Object Reference Model

O SCORM é um modelo de conteúdos de aprendizagem reutilizáveis para aprendizagem apoiada por computador e pela Web. Ele surgiu foi desenvolvido como um guia para atender os requisitos de alto nível do Departamento de Defesa Norte Americano em questões relativas a conteúdo e sistemas de aprendizado baseado na Web. Este modelo de referencia é composto por especificações técnicas e guias baseados no trabalho de várias especificações e normas para *e-learning*. Este modelo foi desenvolvido sobre as normas da Web, permitindo aos desenvolvedores se concentrar em estratégias eficazes de aprendizagem. O SCORM é composto por um conjunto de "livros técnicos" que se referem: ao conteúdo (bens, objetos compartilháveis), descrição do conteúdo e seus metadados, o seqüenciamento de conteúdo e navegação (árvore de atividade, seqüenciamento regras), agregação de conteúdos (de empacotamento) e o ambiente de execução (processo de inicialização, comunicação padronizada entre o conteúdo e softwares de aprendizagem e elementos padronizados utilizados para a passagem de informações relevantes para o aluno) (BOHL, SCHELLHASE, SENGLER, WINANAD, 2002).

O SCORM tem como objetivos:

- Padronizar o modo como os conteúdos se relacionam com os sistemas que os suportam (sejam eles plataformas de e-learning ou repositórios de conteúdos);
- Reutilizar os objetos de aprendizagem, permitindo ao autor do conteúdo utilizá-lo em contextos diferentes. Isto é, o mesmo conteúdo pode ser incorporado em vários contextos e ter várias utilizações (em diferentes disciplinas/módulos);
- Flexibilizar a aprendizagem uma vez que podem ser construídos vários percursos de aprendizagem e estes disponibilizados a diferentes alunos;
- Portabilidade/migração ao permitir que os arquivos de transferência de encapsulamento de conteúdos sejam independentes da plataforma de e-learning ou do repositório utilizados. Os objetos de aprendizagem podem assim migrar entre ambientes de e-learning de diferentes instituições.

Através da aplicação deste modelo é possível aumentar a capacidade de reuso dos objetos de aprendizagem. Uma característica da norma que pode ser aplicado diretamente para facilitar o processamento de um objeto de aprendizado na web é a compactação de conteúdos e metadados em um arquivo de transferência.

Para permitir a reutilização dos objetos e principalmente a sua busca de uma forma padrão o SCORM, utiliza o padrão IEEE-LOM para descrição de seus metadados. Esta descrição está contida dentro de um arquivo chamado manifesto que é inserido no arquivo de transferência (BOHL, SCHELLHASE, SENGLER, WINANAD, 2002).

3.1.5 MPEG-7

A utilização de conteúdo baseado em vídeo é uma grande fonte de material para aprendizado e entretenimento. O padrão MPEG-7 assim como os demais padrões de metadados de conteúdo multimídia é utilizado para catalogar o conteúdo de vídeos para permitir sua localização e recuperação de forma simples (CHANG, SIKORA, PURI, 2001).

O padrão MPEG-7 foi projetado com o intuito de prover funcionalidades complementares aos padrões MPEG existentes atualmente através da representação de informações sobre o conteúdo. Esta funcionalidade é obtida através da padronização da forma de descrição do conteúdo. Este padrão pode ser vinculado com diferentes tipos de conteúdos como vídeo, som ou imagem e também com diferentes formatos.

Dentre os objetivos deste padrão estão (CHANG, SIKORA, PURI, 2001):

- (1) Prover buscas, filtragem e identificação rápida e eficiente;
- (2) Descrever os pontos principais sobre o conteúdo;
- (3) Indexar um grande número de aplicações;
- (4) Abranger informações audiovisuais sobre: áudio, voz, vídeo, imagem, gráficos e modelos 3D;
- (5) Informar como os objetos são combinados em uma cena;
- (6) Independência entre a descrição e o objeto.

Este padrão é conhecido como a norma ISO-15938 que é dividida em doze partes que descrevem todos os aspectos de como utilizar o padrão MPEG-7. Estas partes são divididas da seguinte forma (MARTÍNEZ, 2004):

- *Systems* (Sistemas) – descreve pontos sobre as funcionalidades do conteúdo em nível de sistema. Apresenta pontos como forma de armazenamento eficiente, sincronização de conteúdo e descrição e decodificadores compatíveis;
- *Description definition language* (Linguagem de definição de descrição) – apresenta como devem ser descritos os dados, basicamente apresentado o esquema *Extensible Markup Language* (XML) utilizado pelo padrão e como este deve ser utilizado e estendido;
- *Visual* – Descreve questões relativas ao vídeo em si, como cores, texturas, formas e movimento;
- *Audio* – esta parte da norma apresenta como descrever características de som definindo, por exemplo, que categoria de som o conteúdo se enquadra assim como trilha sonora, silêncio, fala, efeitos sonoros entre outros;
- *Multimedia description schemes* (Esquemas de descrição de multimídia) – apresenta como descrever questões de alto nível de todos os tipos de mídia, como som, vídeo e texto. Contém pontos de baixo nível que facilitam a sincronização assim como informações de autoria, publicação, uso e outros;
- *Reference software* (*Software* de referencia) – este item descreve *softwares* que dão apoio a criação dos esquemas de descrição;
- *Conformance testing* (Teste de conformidade) – apresenta formas de validação dos conteúdos gerados e dos *softwares* geradores para garantir a compatibilidade com o modelo;
- *Extraction and use of MPEG-7 descriptions* (Extração e uso das descrições MPEG-7) – inclui material informativo sobre a extração e o uso de algumas descrições dando uma visão de como desenvolver *softwares* de referencia;
- *Profiles and Levels* (Perfis e Níveis) – define alguns níveis e perfis para utilização do metadados definidos pelo padrão MPEG-7;
- *Schema definition* (Definição do esquema) – apresenta o esquema completo do MPEG-7;
- *MPEG-7 profile schemas* (Esquemas de perfis MPEG-7) – contém os esquemas descritos de acordo com o perfil em formato *XML Schema Definition* (XSD);

- *Query format* (Formato de consulta) – descreve como deve ser feita uma consulta as descrições MPEG-7 e como formatar o resultado de retorno.

Assim, como os demais padrões de metadados analisados, devido à grande quantidade de metadados, a curva de aprendizado é grande para o MPEG-7, por isso, além da criação de ferramentas de autoria é importante também salientar a parte nove do padrão MPEG-7. Esta parte do padrão define três perfis de descrição que restringem o conjunto de metadados por aplicação deste, são eles (ISO IEC, 2005):

1. *Simple Metadata Profile* (Perfil Simples de Metadados) – descreve metadados para instâncias únicas e simples de clipes multimídia. Este perfil é indicado para casos como músicas, imagens e aplicações móveis, dentre outros casos simples;
2. *User Description Profile* (Perfil de Descrição de Usuário) – descreve preferências pessoais e padrões de uso. Com este conjunto é possível descobrir, selecionar e recomendar conteúdos de forma automatizada;
3. *Core Description Profile* (Perfil de Descrição Principal) – descreve conteúdos multimídia em geral como imagens, vídeos, áudio e coleções. Este perfil pode ser utilizado para descrever conteúdos relacionados e é indicado para aplicações como criação, consumo e distribuição de conteúdo para televisões e material educacional.

3.2 Consulta a Repositórios de Objetos de Aprendizagem

A criação de um catálogo para facilitar a busca de OAs é um requisito importantíssimo para a disseminação de objetos de aprendizagem (Wiley, 2001). Atualmente muitas instituições mantêm repositórios onde é possível pesquisar os objetos de aprendizagem. Apesar da existência de diversos repositórios, estes catálogos estão estruturalmente isolados entre si, o que gera um esforço significativo do usuário para localizar o material desejado.

Atualmente não há infra-estrutura padrão que dá suporte a uma pesquisa unificada e recuperação dos recursos educativos (BARCELOS, GLUZ, VICARI 2010). Sem um sistema de pesquisa, que permita a consulta unificada em repositórios de objetos de aprendizagem, as

opções de conteúdo para ensino se tornam mais restritas e muitos conteúdos públicos deixam de ser utilizados em situações onde poderiam aperfeiçoar a experiência de aprendizado.

Tentando corrigir esta situação o projeto AgCAT propôs a criação de um catálogo federado de objetos de aprendizagem baseado em agentes. O projeto AgCAT prove uma infra-estrutura de catálogos de objetos de aprendizagem federados que facilita a busca e a recuperação de recursos educacionais distribuídos em repositórios distribuídos (BARCELOS, GLUZ, VICARI 2010).

Atualmente existe uma implementação disponível deste repositório federado chamada FEB⁵ (Federação de Repositórios Educa Brasil). As consultas executadas no FEB são baseadas no protocolo LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*), otimizando o processo de pesquisa e facilitando o processo de gerencia de infra-estruturas separadas, como é a natureza dos repositórios integrados. O FEB é uma extensão do projeto OBAA, descrito anteriormente, e armazena os metadados de um objeto de aprendizagem utilizando os metadados desenvolvidos neste projeto. Através de uma pesquisa no FEB é possível encontrar nos metadados uma referência para o conteúdo visual e obter este material.

O usuário que executa uma pesquisa no FEB esta submetendo suas consultas a diversos repositórios, dentre eles:

- Biblioteca Nacional (Ministério da Cultura);
- BIOE (Ministério da Educação) (NASCIMENTO, 2010);
- CESTA;
- LUME.

3.3 Avaliação de Objetos de Aprendizagem

O surgimento de uma grande quantidade de repositórios de objetos de aprendizagem permite compartilhar objetos de aprendizagem de alta qualidade pela internet. A existência destes repositórios aumenta o custo benefício destes recursos, diminuindo os custos de criação de materiais para educação assistida por tecnologia (MUNKITTRICK, 2000).

⁵ FEB – Federação de Repositórios Educa Brasil - <http://feb.ufrgs.br/>

Apesar disso, os repositórios existentes nem sempre se preocupam com a garantia da qualidade e muitas vezes utilizam padrões de avaliação distintos. Este cenário, em conjunto com a existência de um grande número de repositórios de objetos de aprendizagem dificulta aos educadores saber a qualidade dos conteúdos disponíveis e saber se estes objetos de aprendizagem podem preencher completamente as necessidades educacionais.

Para aumentar a efetividade do reuso de objetos de aprendizagem é importante a definição de um modelo de avaliação de qualidade e de aderência aos objetivos de aprendizagem para os repositórios de OAs. A avaliação de objetos de aprendizagem é um problema relativamente novo com suas raízes e sobreposição com um conjunto substancial de trabalhos anteriores sobre a avaliação de materiais didáticos e cursos (REISER, KEGLEMANN, 1994).

Dentre os modelos de avaliação existentes atualmente os mais citados na literatura são o modelo adotados pelos repositórios MERLOT (*Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching*) e o modelo LORI (*Learning Object Review Instrument*).

Os aspectos de avaliação, tanto do LORI quanto do MERLOT servirão de base para o processo de validação deste trabalho que será descrito nos capítulos finais.

3.3.1 Avaliação no Repositório MERLOT

O repositório MERLOT define três quesitos básicos de avaliação para cada objeto de aprendizagem:

- (1) *Quality of Content* (qualidade de conteúdo): engloba o significado educacional, sua precisão e validade. Este tópico ainda inclui a análise da qualidade da informação específica no OA e quão bem os modelos de conteúdo se adequam as competências da disciplina;
- (2) *Ease of Use* (simplicidade de uso): engloba a usabilidade para usuários iniciantes, valor estético e retorno as respostas dos usuários. Este quesito inclui a análise da estrutura geral do OA e elementos de sua interface de computador tais como botões, menus, texto e navegação do usuário;
- (3) *Potential Effectiveness as a Teaching Tool* (Efetividade Potencial como Ferramenta de Aprendizado): este quesito engloba o uso pedagógico apropriado do

conteúdo e da interatividade. Além disso, engloba a clareza dos objetivos de aprendizado (NESBIT, BELFER, VARGO, 2002).

O MERLOT disponibiliza um formulário de avaliação em uma escala de cinco pontos. Usuário e revisores indicados são convidados a avaliar os conteúdos oferecendo a quem usa uma avaliação colaborativa dos conteúdos (NESBIT, BELFER, VARGO, 2002).

3.3.2 Ferramenta de Avaliação LORI

O LORI é uma ferramenta que permite avaliações e comentários dos avaliadores de recursos de aprendizagem, que está disponível tanto como um formulário da web e documentos para impressão no site <http://www.elera.net>. O objetivo específico do LORI é apoiar a avaliação de objetos de aprendizagem multimídia (LEACOCK, NESBIT, 2007).

O LORI possui nove quesitos que são avaliados com um escala de cinco níveis: (0) irrelevante, (1) fraco, (2) moderado, (3) forte e (4) perfeito:

- *Content Quality* (qualidade do conteúdo): inclui aspectos como veracidade, precisão, apresentação equilibrada das ideias e o nível de detalhe adequado. A classificação indica um objeto com imprecisões graves, preconceitos ou omissões. Caso o objeto contenha informações precisas apresentadas no nível correto de detalhe com uma forma equilibrada, mas omita ou não enfatize alguns pontos-chave possam induzir em erro, então receberá pontuação de 3. A classificação 5 deve ser recebida apenas por objetos livres de viés, de erros e de omissões, que forneçam evidências para suportar reivindicações, e que enfatizem pontos-chave com sensibilidade cultural para diferenças étnicas e com um nível de detalhe adequado;
- *Learning Goal Alignment* (alinhamento com objetivos de aprendizado): este quesito avalia o alinhamento entre os objetivos de aprendizagem, atividades, avaliações e características dos alunos. Um objeto de aprendizagem com um defasagem significativo entre as avaliações e atividades de aprendizagem recebe uma classificação de 1. Um objeto com objetivos claros de aprendizagem e com uma correspondência substancial, mas incompleta, entre os objetivos e as atividades de avaliação recebe uma nota de 3. Para ser avaliado com 5, um objeto deve especificar os objetivos de aprendizagem no conteúdo ou seus metadados

associados, fornecer conteúdos e atividades adequadas aos objetivos e nível de público-alvo, e incluir meta-avaliações relevantes ao aluno;

- *Feedback and Adaptation* (retorno e adaptação): avalia a adaptação do conteúdo ou o retorno dado ao aprendiz por suas interações com o conteúdo. A classificação 1 deve ser atribuída para um objeto que é essencialmente expositivo e oferece pouca resposta. Um objeto que consistentemente explica porque a resposta está incorreta ou demonstra os vínculos de ações em um ambiente construtivista pode ser atribuído uma taxa de pelo menos 3. Um objeto de aprendizagem que fornece esse *feedback* e constrói um modelo de aluno para individualizar as atividades de aprendizagem iria ganhar uma avaliação de 5;
- *Motivation* (motivação): avalia a capacidade de motivar o interesse da população de alunos identificados. No item motivação, um objeto de aprendizagem que não é relevante para um aluno, que é demasiado fácil ou demasiado difícil para o nível pretendido, ou que pretende chamar a atenção principalmente por meio da complexidade superficial deve receber uma pontuação de 1. Um objeto que fornece a interação suficiente para prender a atenção dos alunos enquanto eles trabalham através do conteúdo, mas que não é projetado para construir confiança e ajudar os alunos a ver a relevância do que eles estão aprendendo receberia uma classificação de 3. Um objeto que é percebido como relevante pelo seu público-alvo, que oferece níveis de dificuldade adequados para os alunos a adquirir confiança e satisfação das atividades de aprendizagem, e que é capaz de obter e manter a atenção dos alunos que recebem uma nota de 5;
- *Presentation Design* (*design* de apresentação): este quesito refere-se ao *design* da informação auditiva e visual para a aprendizagem avançada e eficiente processamento mental. Objetos que sofrem de problemas como fontes ilegíveis, ou esquemas de cores desconexos, ou áudio ou vídeo pobres devem receber uma classificação de 1. Objetos mostrando um *design* de apresentação profissional que seja conciso, claro e esteticamente agradável deve receber uma classificação de pelo menos 3. Para obter classificações mais elevadas, os objetos devem também apresentar *designs* efetivamente integram texto, vídeo, gráficos ou mídia de áudio de uma maneira que seja apropriada para o conteúdo e de acordo com princípios baseados em pesquisa de aprendizagem multimídia;

- *Interaction Usability* (usabilidade da interação): este quesito avalia a facilidade de navegação, a previsibilidade da interface do usuário, a qualidade da interface e recursos de ajuda. Objetos que sofrem de falta de interatividade ou têm problemas de navegação, devido à elevada carga cognitiva, *layout* de tela pobre, *links* quebrados, ou inconsistências na resposta do sistema devem receber avaliação 1. Objetos que contenham elementos de trabalho interativo, mas possuem alguns problemas para os alunos que tentam aprender a interface normalmente recebe um 3. Para ganhar um 5 em usabilidade da interação, a navegação através do objeto deve ser intuitiva, previsível e ágil;
- *Accessibility* (acessibilidade): neste item é avaliado o design de controles e formatos de apresentação devem acomodar alunos com deficiências físicas e de locomoção. A avaliação de acessibilidade de determinado conteúdo requer uma compreensão detalhada das diretrizes do W3C e IMS. Para definir o valor deste item deve ser avaliados os escores dos objetos que seriam recebidos em avaliações de acessibilidade;
- *Reusability* (reusabilidade): este quesito refere-se à capacidade de usar o objeto de aprendizagem em diferentes contextos e com alunos de diferentes graus de instrução. Um objeto restrito a contextos bem específicos de ensino normalmente recebe uma nota de 1. Um objeto com um contexto mais amplo, mas que ainda assim restringe a reutilização de acordo com conhecimentos e conteúdos prévios específicos, não constantes do objeto, iria receber uma classificação intermediária. Um objeto que incorpora contexto situacional suficiente para ser significativo, fornece conteúdo útil ou alternativo para os alunos de diferentes qualificações e habilidades, e é utilizável em vários contextos ganharia nota 5;
- *Standards Compliance* (aderência a padrões): Este item se refere à conformidade do objeto de aprendizagem aos padrões internacionais. Objetos que falham em testes de conformidade do W3C e do SCORM, ou que não fornecem metadados suficientes receberão uma classificação de 1. Aqueles que passam em alguns dos testes de conformidade iriam receber uma classificação intermediária, dependendo do nível de cumprimento. Para receber uma avaliação de 5 neste item, um objeto deve cumprir todas as normas e especificações pertinentes e deve ter metadados disponíveis para os usuários (LEACOCK, NESBIT, 2007).

Através destes aspectos é possível avaliar a qualidade de um objeto de aprendizagem de forma mais objetiva. Acredita-se que um conteúdo com um nível de qualidade alto tende a atingir dois níveis de satisfação do usuário.

3.4 Agentes e Sistemas Multiagente

Um agente inteligente pode ser conceituado como “um sistema autônomo que apresenta um comportamento que é determinado por um processo de raciocínio baseado na representação de suas atitudes, tais como crenças, comprometimentos e desejos” (WOOLDRIDGE, JENNINGS, 1994). “Através de observações feitas no ambiente onde está inserido um agente inteligente monta a sua base de conhecimento a cerca dos objetivos para os quais foi desenvolvido” (LIND, 2006). A forma utilizada pelos agentes para tomar conhecimento do ambiente é a realização de inferências lógicas sobre determinado tópico de interesse. Estas inferências são denominadas lógicas por ter um valor verdade associado.

Um agente usa sua base de conhecimento para atingir seus objetivos, ou seja, eles realizam inferências sobre suas crenças para saber se uma determinada ação será executada.

Este comportamento dos agentes inteligentes, normalmente, é relacionado a uma comunidade com pessoas reais interagindo para aprender e formar seu entendimento do mundo e atingir seus objetivos (WOOLDRIDGE, JENNINGS, 1994).

3.4.1 Agentes BDI

Segundo Rao e Geogeff (1995) uma série de abordagens diferentes surgiram como candidatos para o estudo de sistemas orientados a agente. Uma arquitetura como vê o sistema como um agente racional com certas atitudes mentais da crença, desejo e intenção (*Belief-Desire-Intention* – BDI), representando respectivamente as informações de estados motivacionais e deliberativo do agente. Estas atitudes mentais determinam o comportamento e os sistemas são essenciais para alcançar um desempenho adequado ou ideal, quando a deliberação está sujeita a limites de recursos.

Objetivamente, “esta arquitetura prevê um mecanismo para separar a atividade de seleção de um plano da execução dos planos ativos no momento” (RAO, GEORGEFF, 2003).

Desta forma um agente BDI se divide entre os momentos em que esta inferindo sobre a execução de um plano e a execução do plano. Além disto, ele teria uma terceira responsabilidade que seria a criação do plano em si, atividade esta que é projetada durante a concepção do sistema (FAGUNDES, 2004).

A base para o desenvolvimento da teoria sobre agentes BDI é obtida do trabalho do filósofo Michael Bratman em sua teoria de raciocínio prático humano. Segundo Bratman crenças e desejos não são suficientes para compor uma mente, é necessário o conceito de intenções, para representar os desejos que um agente se compromete. Dentro desta visão as crenças representam o conhecimento de um agente, os desejos, as ações que um agente gostaria de executar sobre o ambiente, mas não necessariamente as executa, isto dependerá de algum critério preestabelecido pelo agente. As intenções são relacionadas às ações que um agente efetivamente irá executar sobre o ambiente (RAO, GEORGEFF, 2003).

Através do emprego destes conceitos muitas tecnologias têm viabilizado o desenvolvimento de sistemas de agentes. Dentre as tecnologias disponíveis podemos destacar algumas ferramentas para programação de linguagem lógica, como JASON (BORDINI, HÜBNER, VIEIRA, 2005) e AgentSpeak(L) (BORDINI, HÜBNER, 2006). Estas podem ser utilizadas para tornar possível a transformação de especificações de sistemas em software.

3.4.2 Sistemas Multiagentes e Comunicação

Os sistemas multiagentes são compostos por múltiplos agentes de software. Estes componentes podem estar em uma mesma máquina ou espalhados em uma rede. Este tipo de sistema, normalmente, é indicado para resolver problemas que são difíceis ou impossíveis de serem resolvidos por um agente único. Estes agentes, quando inseridos em uma comunidade interagem com os demais para formar suas crenças a partir do conhecimento já adquirido pelos outros componentes do sistema (WOOLDRIDGE, 2002).

Este tipo de sistema é ideal para resolver problemas com múltiplas perspectivas. Esses sistemas têm a clara vantagem de poder resolver problemas tradicionais de forma distribuída e concorrente. Além disso, através de uma arquitetura com mais de um agente de *software* é possível obter padrões de interações mais sofisticados. Alguns exemplos de tipos comuns de interação são: cooperação (trabalhar em conjunto para um objetivo comum); problema de coordenação (organização da atividade de solução de modo que as interações prejudiciais são evitadas ou interações benéficas são exploradas), e de negociação (chegar a um acordo que seja aceitável para todas as partes envolvidas).

Uma arquitetura de sistemas baseada na comunicação entre diversos agentes de *software* garante ao sistema uma ótima capacidade de integração. Segundo Jennings, Sycara e

Wooldridge (1998), através da “flexibilidade e da natureza de alto nível destas interações inerentes dos sistemas multiagentes podemos distinguir positivamente esta arquitetura de software de outras formas de arquitetura”.

Dentro deste ambiente com múltiplos agentes a comunicação entre estes componentes de software é um ponto crucial. Para garantir baixa coesão e alto acoplamento as interfaces e os protocolos devem seguir padrões que garantam que os componentes possam interagir de forma transparente independente de linguagem, tecnologia ou plataforma nas quais foram desenvolvidos. Para atender estes requisitos, foi criada em 1997 a *Foundation of Intelligent Physical Agents* (FIPA), uma entidade que se propõe a especificar padrões para interoperabilidade entre agentes, (FIPA, 2000). Em 2005 a FIPA foi integrada ao IEEE, como um grupo de trabalho específico para a definição de padrões de comunicação entre agentes.

A FIPA definiu uma linguagem de comunicação entre agentes, denominada FIPA-ACL (FIPA, 2000), que é composta por 21 atos comunicativos (mensagens) em um formato predeterminado cada uma representando algum objetivo de comunicação. Os atos comunicativos e suas intenções são apresentados na tabela 3.1 abaixo.

Tabela 3.1 - Atos comunicativos da FIPA (FIPA, 2000)

Ato Comunicativo	Passa Info.	Requisita Info.	Negocia	Executa Ações	Atende Erros
accept-proposal			X		
agree				X	
cancel		X		X	
cfp			X		
confirm	X				
disconfirm	X				
Failure					X
Inform	X				
inform-if	X				
inform-ref	X				
not-understood					X
propose			X		
query-if		X			
query-ref		X			
refuse				X	
reject-proposal			X		
request				X	
request-when				X	
request-whenever				X	
subscribe		X			

Além da definição de mensagens, a FIPA também padroniza algumas das interações entre os agentes através de protocolos. Estes protocolos se valem dos atos comunicativos que compõem a *FIPA-Agent Communication Language* (FIPA-ACL) para atingir seus objetivos.

Através da utilização de padrões como este os sistemas multiagentes podem se relacionar de forma transparente podendo garantir sua alta coesão e o baixo acoplamento. Existem diversas implementações destes padrões disponíveis no mercado através de plataformas de comunicação entre agentes compatíveis com as especificações FIPA, como por exemplo, JADE (BELLIFEMINE, BERGENTI, CAIRE, POGGI, 2005), ZEUS (COLLIS, NDUMU, NWANA, 2007) e FIPA-OS (POSLAND, BUCKLE, HANDINGHAM, 2000). Estas plataformas são baseadas na linguagem JAVA e licenciadas como software livre.

3.4.3 Modelagem de Sistemas Multiagentes

A construção de grandes sistemas de software com um grande número de componentes que interagem entre si é uma atividade complexa. A partir dessa situação, o papel da engenharia de software é prover estruturas e técnicas que tornam mais fácil lidar com esta complexidade (JENNINGS, 2002). Neste contexto, nos últimos anos os pesquisadores têm considerado novas abordagens, tal como o paradigma de agentes, a fim de melhorar significativamente o processo de desenvolvimento de software complexo (CASTRO, ALENCAR, SILVA, 2006).

Segundo (JENNINGS, WOOLDRIDGE, 2001), as técnicas orientadas a agentes são adequadas para desenvolver sistemas complexos de software por que:

- As decomposições orientadas a agentes são uma maneira efetiva de repartir o espaço do problema de um sistema complexo;
- As abstrações chave presentes no modo de pensar orientado a agentes são um meio natural de modelar sistemas complexos;
- A filosofia orientada a agentes para identificar e gerenciar relacionamentos organizacionais é apropriada para lidar com as dependências e interações que existem em um sistema complexo

Lind (2006) faz um comparativo das arquiteturas tradicionais de *software* com a engenharia de software orientada a agentes:

Arquiteturas de *software* que contém muitos componentes que interagem entre si, cada um com seu objetivo próprio, e se relacionam em protocolos complexos, são, tipicamente mais difíceis de projetar corretamente e eficientemente do que programas que não se relacionam com outros. Agentes inteligentes se enquadram bem neste nicho provendo uma forma mais intuitiva e nativa de interação entre sistemas.

Muitas aplicações do mundo real se enquadram no cenário citado: computação ubíqua, redes de sensores, computação em rede, etc.

Atualmente existe uma série de tecnologias que dão suporte ao projeto e desenvolvimento de sistemas orientados a agentes. Através do uso destas tecnologias é possível desenvolver projetos de *software* utilizando o paradigma de desenvolvimento de *software* orientado a agentes.

Projetar um sistema complexo, não é uma atividade simples. Para dar apoio a esta atividade é indispensável à utilização de uma metodologia de desenvolvimento baseada em técnicas de engenharia de software. Segundo (BAUER, ODELL, 2002), uma metodologia de engenharia de *software* é tipicamente caracterizada por dois aspectos:

1. Linguagem de modelagem: usada para descrição de modelos, definição de componentes e seu comportamento, definição de uma notação padrão e seu significado;
2. Processo de *software*: definindo as atividades de desenvolvimento, suas formas de relacionamento.

Atualmente é indispensável para projetos de desenvolvimento *software*, com requisitos de desenvolvimento complexos, o uso de técnicas de engenharia de *software* para alcançar o sucesso. Sendo assim, o desenvolvimento de sistemas multiagentes também deve partir deste princípio para explorar todos seus benefícios. A pesquisa em engenharia de *software* orientada a agentes parte da possibilidade de se modelar software do ponto de vista dos agentes. Este nível de abstração considera os agentes como entidades atômicas que se comunicam para implementar uma funcionalidade do sistema. Esta comunicação é suportada por uma linguagem de comunicação entre agentes, tal como FIPA-ACL, e por uma ontologia usada para associar um significado às mensagens (BERGENTI, POGGI, 2000). Mesmo o nível de abstração dos agentes sendo usado para modelar sistemas multiagentes, a falta de notações padronizadas e ferramentas para este fim prejudica o desenvolvimento de sistemas orientados a agentes nível comercial, mesmo sabendo dos benefícios deste tipo de arquitetura. Desta forma o processo de software se torna muito caótico e de difícil manutenção.

A falta de padrões para modelagem de sistemas multiagentes tem sido pesquisada pela comunidade de engenharia de software orientada a agentes. Como resultado atualmente alguns trabalhos apresentam a *Unified Modeling Language* (UML) (FOWLER, 2000) como uma solução para este problema. Baseado no sucesso da UML, padrão de fato para modelagem de sistemas orientados a objetos, a FIPA desenvolveu a linguagem *Agent UML* (AUML) (BAUER, MULLER, ODELL, 2001) para facilitar o processo de modelagem de agentes. A AUML é uma extensão da linguagem UML que tenta padronizar a forma de projetar sistemas multiagentes. Até o surgimento da AUML as demais linguagens de modelagem estavam altamente ligadas a um processo de software ou a alguma tecnologia, ferramenta ou linguagem de programação, que algumas vezes podia ser comercial. Além disso, a utilização de UML traz outros benefícios quando comparada as demais:

1. Disponibilidade de ferramentas e notação UML para acompanhar todo ciclo de desenvolvimento de software;
2. Crescimento da UML como padrão de fato na comunidade de engenharia de software;
3. Grande quantidade de recursos humanos e material para UML;
4. Linguagem em evolução constante.

Atualmente, com o surgimento da versão 2.0 da UML, a AUML tem caído em desuso. A UML 2.0 pode representar todos os conceitos propostos pela extensão direcionada a agentes, incluindo os relacionamentos entre agentes e seus respectivos papéis, além do comportamento destes de forma muito mais padronizada e clara (BERGENTI, POGGI, 2000; BAUER, ODELL, 2000; CHANG et al, 2008) do que na AUML. Desta forma a UML 2.0 é mais indicada para a modelagem de sistemas orientados a agentes.

3.5 Sistema Brasileiro de Televisão Digital

A computação tem evoluído rapidamente entregando novos dispositivos que cada vez mais se adequem as necessidades do usuário. Existem também muitos aparelhos que já fazem parte da vida das pessoas a décadas e recentemente tem ganhado capacidade computacional. A televisão é um aparelho que está a décadas no cotidiano das pessoas e com o recente desenvolvimento de padrões digitais para este dispositivo ele ganhou capacidades computacionais que tornam este o dispositivo computacional mais presente na residência das

pessoas (IBGE, 2007). Ao contrário de dispositivos móveis como celulares e *smart phones*, ou até mesmo as televisões móveis, os aparelhos de televisão domésticos não possuem restrições de tamanho, mas por sua vez possuem outras restrições de resolução e de capacidade de processamento. Devido ao recente surgimento da plataforma de televisão digital, também podemos considerar as limitações de capacidade de visualização de diversos formatos de conteúdo uma restrição considerável para a utilização de OAs neste ambiente.

Tanto os dispositivos móveis quanto a televisão digital tem um poder de processamento relativamente baixo quando comparado a computadores em geral. Quando comparados em relação à abrangência ou mesmo a familiaridade da população a plataforma de TVD se diferencia e muito de qualquer outro ambiente com poder computacional citado. Em pesquisas do IBGE (2007) verificamos que em 2007 mais de 90% das residências possuem aparelhos de televisão. Quando comparadas a tecnologias móveis, em 2008, estimava-se que 52% dos brasileiros possuem celulares e que 25% dos domicílios possuem computador (CETI, 2008).

A partir da análise da abrangência dos dispositivos computacionais disponíveis no dia a dia das pessoas, o ambiente de TVD tende a ser o mais próximo dos cidadãos brasileiros. Sendo algumas das características da computação pervasiva a onipresença, capacidade computacional e a invisibilidade (SATYANARAYANAN, 2001) os dispositivos de TV se tornam um grande candidato para o desenvolvimento de sistemas ubíquos.

O governo brasileiro já incentiva o desenvolvimento de aplicações para TV que propiciem a inclusão digital, sendo base para artigos que tem feito boas referências da aplicação da televisão digital no contexto educacional (SACRINI, 2008; SILVA, 2008). A disponibilização de objetos de aprendizagem para TVD se enquadra neste contexto.

Mesmo sendo a televisão digital um ambiente em crescimento para o desenvolvimento de soluções no contexto educacional, as limitações dos dispositivos, padrões e arquiteturas deste novo ambiente (ABNT, 2008) oferecem um desafio que pode dificultar a aplicação de muitos das tecnologias de desenvolvimento de *software* que utilizamos, atualmente. A arquitetura de sistemas para as televisões digitais, hoje, é diferente das arquiteturas para outros ambientes principalmente no que diz respeito às tecnologias de *software* (linguagens de programação e os componentes de interface com o usuário) e as características disponibilizadas pelos dispositivos. Para padronizar as características e tecnologias de *software* disponíveis nos aparelhos homologados para a televisão digital

brasileira, o órgão que rege as diretrizes técnicas, denominado Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD), em conjunto com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), criou diversas normas. Dentre estas normas em (ABNT, 2008) podemos verificar pontos importantes de como uma estação cliente pode se comportar em relação aos sistemas e que possibilidades de suporte ao desenvolvimento ela fornece. Estas capacidades são importantes quando analisamos as formas de interatividade disponíveis no ambiente de TVD.

Segundo Fernandes, Lemos e Silveira (2004) a capacidade de interatividade da televisão digital se deve principalmente à presença de três elementos: Gerador de Carrossel, Multiplexador e Receptor Interativo. O Gerador de Carrossel é capaz de transformar um conjunto de arquivos de dados em um fluxo elementar, empregado um esquema de transmissão cíclica de dados. O Multiplexador é capaz de fundir um ou mais fluxos de dados aos fluxos de áudio e vídeo que compõem os eventos e programas, os quais por sua vez compõem os serviços consumidos pela audiência. O Receptor Interativo possui capacidade de processamento computacional, sendo capaz de interpretar computacionalmente os fluxos de dados multiplexados. Deste modo o Receptor executa uma aplicação que exhibe na televisão (TV) uma interface com o usuário. Isto permite à audiência interagir com o programa de TV através do teclado ou controle remoto. Ao entregar à audiência um fluxo de dados localmente computável, a televisão digital se torna interativa.

Para que o usuário possa ter interatividade completa e enviar operações para servidores de aplicação os receptores de televisão digital podem conter o canal de retorno. O canal de retorno liga os televisores digitais a rede de computadores podendo assim os receptores enviar mensagens de volta as operadores completando assim o ciclo de interatividade. Apesar de ser requisito importante para interatividade completa, o canal de retorno é opcional nos dispositivos de televisão digital, podendo estar presente ou não no aparelho dependendo do fabricante.

Outro aspecto importante da arquitetura de um sistema para TVD é o suporte que ele possui a linguagens de programação e componentes de interface com o usuário. Para tanto a camada de *software*, chamada Ginga, dá suporte a algumas linguagens de programação divididas em dois módulos:

- (1) Ginga-NCL: desenvolvido pela PUC-RJ ele se baseia em uma estrutura de documentos de hipermídia. Ele possui suporte a arquivos *Extensible*

Hypertext Markup Language (XHTML) e ECMA Script, além de ter o suporte à linguagem Lua;

- (2) Gingga-J: este módulo nasceu do projeto FlexTV e atualmente é especificado pela SUN como padrão da linguagem Java e mantido pela Universidade Federal da Paraíba.

Estes módulos não convivem sempre juntos no *middleware*. Em ABNT (2008) são descritas duas arquiteturas básicas: *one-seg* e *full-seg*. Arquitetura *one-seg* é destinada a dispositivos mais limitados, como celulares ou apenas menores em tamanho e custo. Os dispositivos que seguem o segundo modelo de arquitetura, o *full-seg*, são indicados a dispositivos mais com maiores capacidades que os dispositivos moveis.

Além das características do lado do cliente, dos receptores, o lado do servidor deve ser considerado na arquitetura de qualquer sistema que siga o modelo cliente servidor. No entanto, os padrões de transmissão e produção de conteúdo podem ser vistos como tendo o mesmo impacto no ambiente web, móvel e de TVD, devido à abstração da interação com as formas de transmissão disponibilizadas pelos sistemas operacionais e servidores atuais.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

O principal objetivo do presente trabalho está centrado na adaptação semi-automática de conteúdos de objetos de aprendizagem, entre as plataformas de web e TV Digital, em particular nas características do padrão brasileiro de TV Digital. A tecnologia que será empregada para permitir essa adaptação está baseada no uso de agentes de software e de sistemas multiagentes.

Analisando a literatura podemos encontrar um conjunto limitado de casos de adaptação de conteúdo focado ao ambiente da televisão digital. Na verdade, não existem praticamente exemplos de adaptação ou interoperabilidade de conteúdos para a plataforma de televisão digital, quando se consideram os requisitos do Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD) e o uso de tecnologia de agentes.

Assim, a pesquisa de trabalhos relacionada foi generalizada para incluir exemplos de adaptação e interoperabilidade entre os ambiente móvel (computação ubíqua) e *web*, onde é possível encontrar uma quantidade significativa de artigos e trabalhos de pesquisa. De forma geral, espera-se que os principais desafios de adaptar conteúdos para TV Digital, sejam similares as situações encontradas na adaptação para dispositivos móveis, dadas as semelhanças entre os padrões e as capacidades computacionais dos dispositivos destes dois ambientes. Desta forma, podem-se estudar os desafios e alternativas pesquisadas para o ambiente móvel para decidir sobre estratégias e considerações importantes no desenvolvimento do sistema de adaptação.

4.1 Mecanismos para Criação de Conteúdo Interoperável entre Web, TV Digital e Dispositivos Móveis

O trabalho (SIMIONI et al, 2009) apresenta um relatório com estudos comparativos dos requisitos para apresentação de conteúdos nas plataformas de TV Digital, *web* e dispositivos móveis, contendo exemplos de adaptação de conteúdo para a televisão digital. A maioria dos exemplos deste trabalho utiliza XHTML como formato final das adaptações de conteúdo desenvolvidas. Dentre as implementações apresentadas neste relatório existe a descrição da adaptação de um site para múltiplos ambientes utilizando tecnologia chamada *Java Server Pages* (JSP). Esta tecnologia é baseada no processamento de *tags* em arquivos no lado do servidor para geração de conteúdo XHTML. Para que seja possível transformar conteúdo em HTML disponível atualmente o relatório apresenta a ferramenta *SiteAdapter*,

que foi criada para adaptar as páginas automaticamente. Na versão relatada este *software* faz algumas adaptações simples nos objetos de aprendizagem.

O trabalho (SIMIONI et al., 2009) não pressupõe uma adaptação automatizada de conteúdos, mas leva em conta a participação do projetista de conteúdos na elaboração de conteúdos interoperáveis, de acordo com requisitos de interoperabilidade entre as plataformas. Assim, a adaptação de conteúdo para o ambiente de TVD é um processo que deve levar em consideração o tipo de conteúdo e as linguagens de programação nas quais será possível encontrar suporte no receptor de Televisão Digital.

No trabalho (SIMIONI et al., 2009) e também no guia de recomendações (OBAA, 2010) são especificados alguns requisitos para a adaptação e interoperabilidade de conteúdos entre as plataformas *web* e TV Digital. Segundo esses trabalhos, os padrões de televisão digital existentes – *Digital Video Broadcasting* (DVB) (Padrão Europeu), *Advanced Television Systems Committee* (ATSC) (Padrão Americano), *Integrated Services Digital Broadcasting* (ISDB) (Padrão Japonês) – e agora mais recentemente o SBTVD (Padrão Brasileiro) não possuem as mesmas características. Às vezes, dentro do mesmo padrão, podem existir variações nas características dos receptores. Desta forma, desenvolver um conteúdo com *Java* ou XHTML, não garante suporte em todos dispositivos do padrão europeu ou brasileiro. Tão pouco dentro de celulares ou dos receptores mais caros do mercado. Isto não acontece e nem irá acontecer a médio ou longo prazo. Muito devido à falta de suporte a interatividade, ou, nos casos em que o suporte existe, as linguagens de programação e componentes variam bastante.

No padrão europeu o *Multimedia Home Platform* (MHP) é a plataforma padrão de desenvolvimento, que utiliza componentes de da tecnologia *Home Audio Video Interoperability* (HAVi) para interface, já no brasileiro o correspondente é a plataforma Ginga-J, baseada no Java DTV, e sua biblioteca de componentes é chamado *Lightweight User Interface Toolkit* (LWUIT), todas as tecnologias baseadas na linguagem Java, mas incompatíveis entre si.

O suporte a linguagens diferentes também é um fato comum. O SBTVD pode homologar receptores mais baratos com suporte parcial ao *middleware* Ginga, estes dispositivos teriam suporte somente à linguagem chamada Ginga-NCL (baseada na linguagem lua e documentos de hipertexto), o Ginga-J (baseado na plataforma Java) deve ter suporte só em alguns receptores disponíveis no mercado e ainda provavelmente estes sejam mais caros.

Este aspecto é muito importante para definição da forma de conversão dos conteúdos de aprendizagem, mas não é o único ponto que deve ser analisado quando se estuda os recursos disponíveis em cada plataforma. É importante se ter uma noção dos demais recursos disponíveis ou não na televisão digital para o reuso, ou mais objetivamente visualizar o conteúdo no maior número de aparelhos possível do SBTVD.

A Tabela 4.1 apresenta os recursos que diferenciam a TV Digital do ambiente *web*, de acordo com (OBAA, 2010).

Tabela 4.1 - Comparativo de Recursos das Plataformas (OBAA, 2010)

Plataforma	<i>Web</i>	TV Digital
Imagem	JPEG, PNG, BMP, GIF, SVG, Outros	JPEG e PNG
Áudio	AAC, MP3, MIDI, WAV, MP4, Outros	AAC, MP4, WAVE, AIFF
Vídeo	Diversos Formatos usando Plug-ins	H.264
Navegador XHTML	Sim	Sim
CSS	Sim	Sim
Linguagens Script	ECMA Script	Lua Script ECMA Script
NCL	Não	Sim
Java	Sim	Sim (Perfil Avançado)
Flash	Sim	Não
PDF	Sim	Não

Nesta tabela podemos constatar que os recursos disponíveis na plataforma da televisão digital são limitados, mas, mesmo assim podemos analisar que existe um formato muito difundido atualmente que surge como um grande candidato para adaptabilidade, o formato XHTML. Este formato está disponível em todos os perfis do SBTVD e pode ser enriquecido com diversos tipos de conteúdo multimídia, nos trazendo grandes possibilidades de adaptação, ainda mais se conjugado com a linguagem de *ECMA Script*, conhecida mais popularmente como *Java Script*.

A linguagem Java pode ser vista também como uma grande candidata e não pode ser de todo descartada. Apesar da existência dela em diversas plataformas, diga-se de passagem, a principal característica da linguagem, dois pontos podem ser enumerados contra:

- É uma linguagem compilada e às vezes mais pesada, consumindo mais recursos de adaptação;

- Só esta presente no perfil avançado do *middleware* Ginga, o que limita a abrangência.

Mesmo assim ela pode ser considerada quando analisado quanto ao seu poder de programação e a sua característica multiplataforma nativa.

Além de analisar os recursos para definir os formatos finais para adaptação automatizada. É importante, também, garantir a qualidade do material a ser visto pelos usuários neste ambiente. Desta forma é importante seguir recomendações de usabilidade para este ambiente, executando transformações no conteúdo para que estes se adéquem as características da televisão.

A Tabela 4.2 a seguir resume as principais recomendações sugeridas em (OBAA, 2010) de autoria e usabilidade de conteúdos que diferem da TV Digital para o ambiente *web* normal.

Tabela 4.2 - Comparativo de Recomendações Usabilidade das Plataformas (OBAA, 2010)

Plataforma	<i>Web</i>	TV Digital
Cor da Fonte	Texto Escuro	Texto Claro
Cor de Fundo	Fundo Claro	Fundo Escuro
Fontes Recomendadas	Arial, Times New Roman	Gill Sans, Tiresias e Fruttiger
Tamanho de Fonte	Sem Tamanhos Específicos	Título: 36 pt. Menus: 20 pt. Texto: 22 pt. Botões: 18 pt.

Nesta tabela podemos ver que os requisitos recomendados de autoria e usabilidade são contrastantes e podem definir os sucesso ou o fracasso do reuso do conteúdo. Um conteúdo que não pode ser visualizado corretamente na televisão digital não será usado, perdendo assim o propósito do trabalho aqui proposto.

4.2 Design and Implementation of SCORM Content Conversion for DiTV

Em (IM et al, 2006) é possível verificar uma proposta de conversão de conteúdo para o padrão europeu, utilizando componentes Java. Esta proposta apresenta uma solução onde um arquivo HTML é transformado em componentes de interface Java. A solução apresentada no artigo analisado é baseada em funções com código fixo, ou seja, as regras de adaptação estão dentro do código fonte da aplicação.

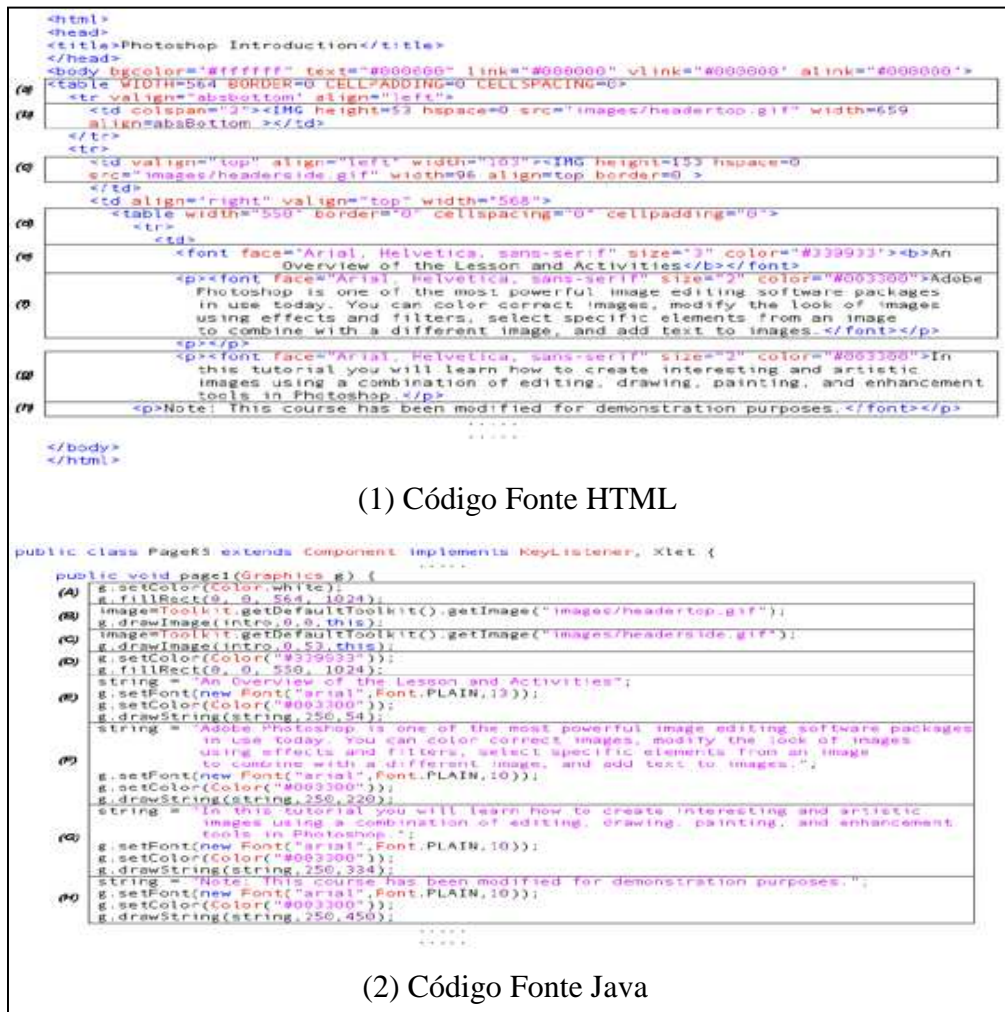


Figura 4.1 - Código Fonte Adaptado para TVD (IM et al, 2006)

A figura 4.1 apresenta o código HTML usado como exemplo de transformação no trabalho. O conteúdo HTML é transformado no código fonte Java que pode ser visto abaixo na mesma figura. Nesta figura podemos saber como os trechos foram transformados. Os trechos de código envolvidos por um retângulo apresentam no item 1 cada tag HTML do conteúdo original, no item 2 da figura podemos ver o seu correspondente transformado para código Java. Por exemplo, podemos no trecho “b” da figura que quando o sistema de

adaptação proposto neste artigo encontra uma *tag img* ela é transformada em uma chamada ao método *imageToolkit.getDefaultToolkit().getImage()* e em seguida uma chamada ao método *g.drawImage()*. Todas as seqüências de *tags* apresentadas no exemplo possuem uma transformação para um conjunto de métodos da plataforma Java.

A transformação apresentada na figura 4.1 é destinada para visualização no sistema europeu de televisão digital (DVB). Este padrão de televisão digital possui uma arquitetura de dispositivo diferenciada em relação ao sistema brasileiro. Na Europa a linguagem de programação é Java, mas os componentes de interface são providos por uma API proprietária do padrão europeu.



Figura 4.2 - Resultado Visual Adaptado para TVD (IM et al, 2006)

O resultado visual da adaptação de conteúdo proposta em (IM et al, 2006) é apresentado na figura 4.2. O item 2 da figura, resultado visual Java, mostra envolvido por um retângulo os itens correspondentes no código fonte da figura 3.1. Através da figura 4.2 pode ser visto que é possível atingir um resultado com qualidade satisfatória de adaptação tomando

como base a legibilidade e a fidelidade com o conteúdo original apresentado no item 1 desta figura.

4.3 Adapting Web Content to Mobile User Agents

Laako e Hiltunen (2005) apresentam uma proposta de adaptação fazendo considerações importantes sobre as informações relevantes para a adaptação de conteúdo e também apresentando estratégias de adaptação. Esse artigo cita que documentos HTML são comumente projetadas para computadores com conexões rápidas de rede, desta forma um processamento considerável e uma reorganização do documento pode ser necessária. Os autores ainda citam que, devido a limitações de dispositivos de destino (como a tela ou a memória), o processo de adaptação deve muitas vezes redistribuir os documentos de entrada da *Web* em unidades adequadas para melhorar a experiência dos usuários de dispositivos móveis.

Outro ponto importante citado pelos autores em (LAAKO; HILTUNEN, 2005) diz:

os *softwares* de adaptação atualmente efetuam o processamento com base nas informações sobre o contexto de entrega, que pode incluir recursos do dispositivo, características da rede, as preferências do usuário, e a aplicação de outros parâmetros específicos. As informações podem ser estáticas, como as especificações do dispositivo relativo e as capacidades do agente do usuário, ou dinâmicas, como as propriedades da conexão de rede ativa no momento e a situação atual do usuário. O autor ainda cita duas outras informações que podem ser interessantes para a adaptação que são as preferências do usuário e sua aplicação específica.

Ainda em (LAAKO; HILTUNEN, 2005) algumas técnicas de adaptação são apresentadas:

1. Adaptação no lado do servidor: neste tipo de adaptação, a transformação é feita no servidor, onde devem ser obtidas as informações de contexto do cliente para selecionar o formato correto de entrega. Poderíamos citar como benefícios desta estratégia a possibilidade de aproveitar a grande quantidade de recursos disponíveis no servidor, mas em contraponto a forma de criação do conteúdo, já deve prever a necessidade de adaptação, o que dificulta o suporte na grande quantidade de conteúdo já desenvolvido anteriormente por sistemas legados, os conteúdos legados;
2. Adaptação intermediária: a adaptação intermediária é executada por meio de *proxies*. Este tipo de adaptação permite uma estratégia que naturalmente se encaixa com a heterogeneidade de clientes e provedores de conteúdo;

3. Adaptação no lado do cliente: este tipo de adaptação evita a necessidade de envio dos dados de contexto do cliente, no entanto esta estratégia pode sofrer de graves problemas de eficiência devido à capacidade limitada de processamento e memória que pode ser encontrada nestes clientes.

4.4 An Intelligent Agent for Adapting and Delivering

Um dos artigos estudados (ALLY et al, 2004) propõe a utilização da engenharia de *software* orientada a agentes para especificar os componentes necessários à adaptação de conteúdos. Como já descrito anteriormente, os autores constatam que diferentes dispositivos móveis funcionam de maneira diferente e têm diferentes capacidades, assim como podemos constatar que o ambiente de televisão digital deve possuir características distintas de outras plataformas. Desta forma, o projeto tem de ser flexível para permitir aos materiais de aprendizagem eletrônica (*e-learning*) serem adaptados para visualização em plataformas heterogêneas de computação.

4.5 Using ontologies and Web services for content adaptation in Ubiquitous Computing

O trabalho de (FORTE; SOUZA; PRADO, 2007) está centrado nas características que servidores de conteúdos deveriam suportar para permitir adaptação de conteúdos entre a web e os dispositivos móveis da computação ubíqua. Para que o servidor poder identificar que tipo de material de *e-learning* o cliente deseja receber, (FORTE; SOUZA; PRADO, 2007) propõem a consulta a um serviço que forneça o *software* e a capacidade de *hardware* do dispositivo para o servidor.

Nesse trabalho é sugerido o uso do *Composite Capabilities / Preferences Profile* (CC/PP), promovido pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) para descrever os recursos do dispositivo e as preferências do usuário. As informações passadas descrevem o tipo de processador, quantidade de memória, versão do sistema operacional e a capacidade de imagem e som.

No presente trabalho as informações de cada dispositivo farão parte de um perfil que além de definir as características dos dispositivos de destino darão apoio a definição da estratégia de adaptação fornecendo uma descrição, baseada em *Resource Definition Format* (RDF) dos recursos disponíveis para adaptação.

4.6 Framework for Content Adaptation in Ubiquitous Computing

A seleção de uma técnica de adaptação pode dar apoio à definição da arquitetura de uma solução proposta, mas outras referências podem descrever pontos mais específicos da estrutura do *software* a ser desenvolvido. Apesar do trabalho de (SERRANO; SERRANO; LUCENA, 2008) estar direcionado para as características dos dispositivos móveis usados na Computação Ubíqua, este trabalho define categorias de adaptação genéricas que facilitam a visualização de conteúdos, de como fazer essa adaptação e o que efetivamente deve ser adaptado. As categorias apresentadas em (SERRANO, SERRANO, LUCENA, 2008) são:

- Adaptação baseada em redimensionamento: adapta o conteúdo de acordo com o tamanho da tela;
- Adaptação baseada em transcodificação: o conteúdo é transcodificado de um formato para outro;
- Adaptação baseada em redução: adaptar o conteúdo para permitir a sumarização de dados;
- Adaptação baseada em substituição: substituir uma seqüência de quadros estáticos, que são combinados para formar uma apresentação de slides;
- Adaptação baseada em integração: adaptação de conteúdo que utiliza vários serviços de adaptação como, por exemplo, adaptar o conteúdo para um vídeo formado por uma série de imagens geradas e áudio.

Estas informações devem estar presentes na proposição de um trabalho de adaptação, pois elas formam a base de conhecimento de como se pode desenvolver a adaptação de conteúdo.

4.7 MILOS: Infraestrutura de Agentes para Suporte a Objetos de Aprendizagem OBAA

A infra-estrutura MILOS (*Multiagent Infrastructure for Learning Object Support*) se propõe a dar suporte aos processos de autoria, gerência, busca e disponibilização de OAs compatíveis com o padrão de metadados OBAA (GLUZ et al, 2010). O objetivo de longo prazo do projeto da infra-estrutura MILOS é especificar e implementar uma arquitetura de agentes para a MILOS que seja capaz de suportar os requisitos de adaptabilidade, interoperabilidade e acessibilidade previstos pela proposta OBAA (GLUZ et al, 2010).

Para atingir seus objetivos, os metadados disponibilizados pelo projeto OBAA acabam englobando um conjunto extenso de informações de catálogo para o domínio de uma pessoa, e assim esta possa produzir OAs. Esta situação se evidencia quando verificamos os processos relacionados ao ciclo de vida dos OAs: autoria dos próprios conteúdos, a catalogação destes conteúdos (essencialmente autoria de metadados), o armazenado e o gerenciado dentro de um repositório de um OA.

A distribuição destas tarefas entre especialistas distintos, visando prover pessoal capaz de lidar com as questões tecnológicas relacionadas aos OA, apesar de possível, pode não ser prática quando são adicionados os custos econômicos extras de contratação deste pessoal com conhecimento tecnológico ao contexto de um processo educacional que já comporta um grande número de agentes.

Desta forma, para que tornar possível a utilização eficaz de OAs é necessário que haja um suporte tecnológico adequado. A infra-estrutura MILOS propõe a utilização de componentes de software especializados na execução das diversas tarefas relacionadas ao ciclo de vida dos OAs para que os desenvolvedores de conteúdo educacionais possam abstrair conhecimentos técnicos e tecnológicos sobre padrões de OA, metadados, etc. Em particular, espera-se que usuários sem um *background* tecnológico sejam capazes de desempenhar as seguintes tarefas com o apoio dos *softwares* e serviços da MILOS (GLUZ et al, 2010):

- (1) Gerar conteúdos e catalogar (especificar) seus metadados de forma a suportar requisitos de acessibilidade, de educação, multimídia e multiplataforma;
- (2) Adaptar e distribuir os OAs diretamente para os diferentes tipos de plataformas tecnológicas suportados pelo OBAA (Web, TVD e dispositivos móveis, em um primeiro momento);
- (3) Localizar e disseminar (publicar) os OA;
- (4) Utilizar OA;
- (5) Armazenar e gerenciar repositórios de OA.

Para desenvolver componentes de software especializados que possam apoiar as tarefas citadas, o projeto da infra-estrutura MILOS se baseia na Engenharia de Ontologias e na Engenharia de Software Orientada a Agentes.

A Engenharia de Ontologias permite especificar de forma rigorosa e padronizada as propriedades de um domínio de aplicação, mas não oferecem ou implementam os elementos ativos do sistema que implementa esta aplicação. Já a Engenharia de Software Orientada a Agentes possibilita projetar e desenvolver sistemas baseados em agentes de *software* capazes de implementar aplicações cujas propriedades foram especificadas por meio de ontologias (GLUZ et al, 2010).

Estes agentes de software encapsulam um conhecimento que seria inviável, ou muito custoso (tempo e dinheiro) de um ser humano aprender. Os agentes propostos pelo projeto abstraem o conhecimento dos padrões de metadados e especificidades tecnológicas dos desenvolvedores de OAs permitindo a estes se focarem em seu objetivo que é prover conteúdo útil.

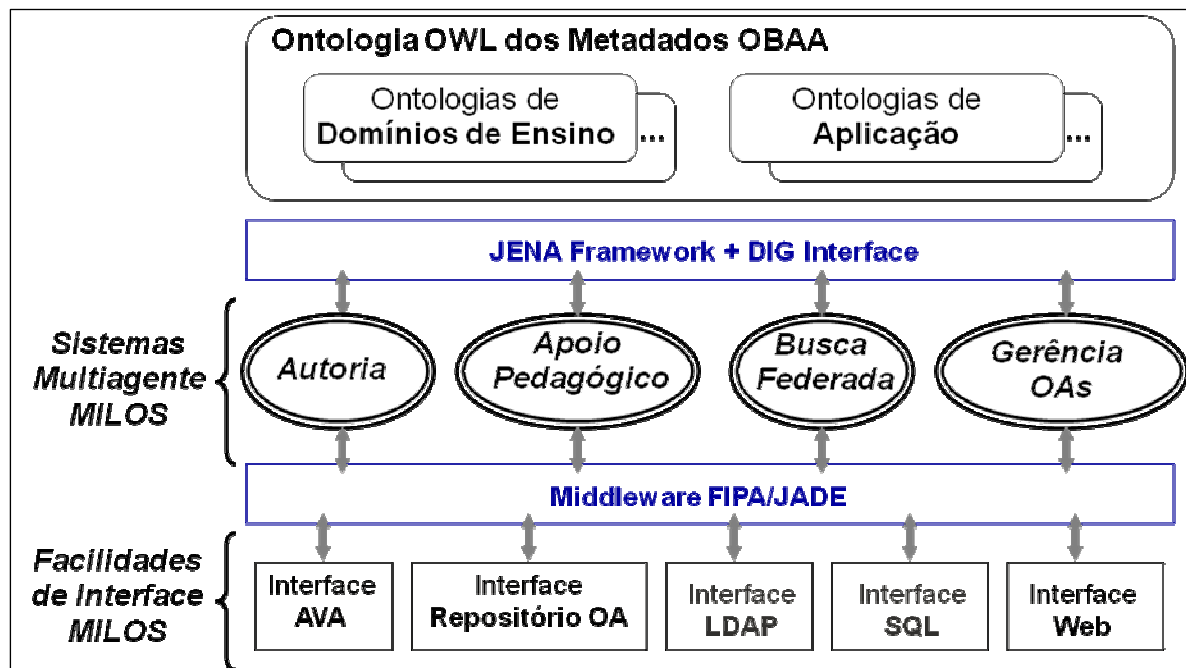


Figura 4.3 - Projeto MILOS – Arquitetura Geral (GLUZ et al, 2010)

Os agentes propostos pelo projeto são agrupados em subsistemas apresentados na figura 4.3:

- Sistema de Busca Federada: implementa o suporte as atividades de localização dos OAs federações de catálogos de OA.
- Sistema de Apoio Pedagógico: implementa o suporte as atividades de uso dos OAs.

- Sistema de Autoria: implementa o suporte as atividades de autoria de OAs, incluindo suporte a adaptação multiplataforma.
- Sistema de Gerência: suporte as atividades de armazenamento, gerenciamento, publicação/distribuição multiplataforma de OAs.

Os sistemas que compõem o projeto serão desenvolvidos através de diversos conjuntos de agentes de *software* que se comunicam para atingir seus objetivos em comum, assim como um sistema multiagentes.

4.8 Análise dos Trabalhos Relacionados

Através da análise das características dos trabalhos relacionados, é possível verificar que as ferramentas disponíveis atualmente não permitem que seja atingido o requisito principal da dissertação: permitir a visualização, de forma satisfatória, de diversos formatos de conteúdos de aprendizagem, desenvolvidos para a plataforma *web*, em receptores de televisão digital do Sistema Brasileiro de Televisão Digital, o SBTVD.

Apesar disso, pode-se considerar que mecanismos de adaptação devem respeitar as diretrizes de autoria e usabilidade descritas na tabela 4.2. Nesta tabela é possível verificar que as características de um conteúdo mudam bastante em relação ao ambiente *web*, onde está disponível a maioria dos objetos de aprendizagem atualmente.

Uma análise comparativa mais aprofundada depende dos requisitos específicos do mecanismo da adaptação a ser desenvolvido no presente trabalho. Com base nos objetivos definidos no Capítulo 2, os requisitos da ferramenta de adaptação são os seguintes:

1. Capacidade de adaptar tipos de formatos de conteúdos específicos disponíveis atualmente em ambiente web (Por Exemplo: *PDF*, *Word*, *Power Point*, entre outros.);
2. Capacidade de adaptar os conteúdos de forma automática, se possível sem precisar de intervenção humana pra adaptar conteúdo de forma satisfatória;
3. Estar integrado a uma arquitetura que ofereça as demais funcionalidades relacionadas à criação, a busca e ao gerenciamento de OAs, tais como: autoria, publicação e armazenamento.

Em (IM et al, 2006) pode-se detectar algumas limitações quanto aos requisitos propostos. A solução apresentada em (IM et al, 2006) inviabiliza a adaptação de outros tipos de formatos de conteúdos que não sejam HTML, devido ao código fixo, o que vai contra o requisito (1). Além disso, as adaptações para componentes visuais proprietários do padrão europeu vai contra o objetivo principal que é a utilização no SBTVD.

O trabalho (SIMIONI et al, 2009) apresenta uma solução de adaptação baseada em *tags* JSP e uma ferramenta chamada *SiteAdapter*. Segundo informado nesse trabalho a ferramenta *SiteAdapter* não faz uma adaptação total do conteúdo o que dá a entender que para uma conversão total do conteúdo é necessário alguma intervenção humana, não atendendo assim o requisito (2). A solução é baseada em *tags* JSP e a ferramenta *SiteAdapter*, como o próprio nome já diz, prepara somente conteúdo HTML para adaptação, o que faz esta proposta não atender o requisito (1) também.

Quando analisamos as soluções propostas em (IM, 2006) e em (SIMIONI et al, 2009) em relação ao requisito (3) de integração verificamos que devido a ambas se tratam de ferramentas auto contidas que não foram projetadas para serem acopladas a outros sistemas. Os *softwares* descritos nestes trabalhos são ferramentas destinadas a pessoas comuns, os usuários finais dos objetos de aprendizagem.

Para que seja possível atingir o requisito (3) de integração, a arquitetura da solução proposta deve se preocupar com a divisão em componentes e a generalidade da solução, vislumbrando, uma solução de adaptação multiplataforma. Através da proposta de uma arquitetura que possa ser estendida este trabalho pretende que seja possível adicionar outras plataformas de conteúdos digitais os dispositivos móveis, *e-readers*, entre outros. Para que isto seja possível é de grande importância analisar a arquitetura dos trabalhos disponibilizados pela comunidade de pesquisa.

Dentre os trabalhos já citados podemos ver em (IM et al, 2006) que a solução dificulta a divisão em componentes e a extensibilidade, no entanto apresenta um trabalho altamente aplicado e relevante no contexto do que se pretende desenvolver. Já em (LAAKO, HILTUNEN, 2005) pode-se analisar algumas estratégias de desenvolvimento existentes.

Devido a estas plataformas heterogêneas, alguns materiais digitais podem não estar em um formato que dispositivos permitiriam uma visualização no mínimo aceitável. O objetivo da pesquisa apresentada é, portanto, desenvolver um sistema multiagentes capaz de se adaptar aos diversos ambientes e dispositivos de destino, mas com foco inicial na

plataforma disponibilizada pelo SBTVD. Os agentes que compõem o sistema devem ser capazes de decidir o formato de conversão de acordo com o ambiente final desejado e converter o material do curso automaticamente através de conhecimento prévio dos recursos disponíveis nos clientes. Este conhecimento pode ser descrito principalmente como as informações quanto a suas limitações de *software* e *hardware*.

O sistema multiagentes proposto deve utilizar grande capacidade de processamento, normal em processos de adaptação. Por isso, a solução deve se basear em técnicas de adaptação do lado do servidor, conforme descrito em (LAAKO, HILTUNEN, 2005). Desta forma é possível garantir os recursos necessários para este fim, sem a necessidade de se preocupar com as limitações de *hardware* dos dispositivos finais.

O sistema desenvolvido durante o período desta dissertação se integra ao projeto MILOS, descrito anteriormente na Seção 4.7, como um dos sistemas multiagentes componentes da infra-estrutura planejada. Um requisito importante do sistema de adaptação de objetos de aprendizagem é que este possa se integrar com sistemas multiagentes de autoria provendo serviço de adaptação dos objetos desenvolvidos e com agentes de gerencia de OAs permitindo a adaptação do conteúdo de objetos de aprendizagem sob demanda, quando um usuário da infra-estrutura OBAA-MILOS precisar publicar ou distribuir um objeto de aprendizagem. O sistema desenvolvido vai de encontro com a característica de criação de conteúdo interoperável para que um objeto de aprendizagem possa ser visualizado em múltiplas plataformas, descrita no projeto OBAA.

5 O SISTEMA DE ADAPTAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um mecanismo que suporte a adaptação de objetos de aprendizagem para a TV Digital brasileira. Conforme descrito na Seção 3.1 do referencial técnico e teórico, um objeto de aprendizagem pode ser visto como um artefato composto de duas camadas (ou níveis):

- Camada dos Metadados: que engloba as informações de catalogação do objeto de aprendizagem, dizendo como este é composto e informações diversas do mesmo, dentre estas informações salientamos dados descritivos para utilizados busca, localização, recuperação e apresentação do conteúdo;
- Camada de Conteúdo: que contém o material de aprendizado em si, descrito pelos metadados, mas que deve ser visualizado pelo usuário para atingir os objetivos de determinada lição.

Sabendo que os metadados são informações que descrevem os objetos de aprendizagem, sempre que houver uma alteração no formato do conteúdo ou mesmo a existência de outros formatos para o mesmo conteúdo, é importante que isso seja descrito nos metadados para unificar o catálogo do que é para ser um mesmo OA, mas com visualizações distintas.

Desta forma, para que seja possível reutilizar um objeto de aprendizagem em múltiplas plataformas, é necessário que este seja adaptado tanto em relação aos seus metadados, quanto em relação ao seu conteúdo.

A adaptação de metadados requer um alto nível de conhecimento dos padrões existentes no mercado. Esta etapa de adaptação dos OAs por si só é um grande projeto de estudo e desenvolvimento. Felizmente, muito deste trabalho de estudo e adaptação de metadados para suportar múltiplas plataformas já foi feito no contexto do padrão de metadados OBAA. A utilização deste padrão permite a aderência com padrões de mercado, ao mesmo tempo em que beneficia novos projetos com características importantes como a adaptabilidade para múltiplas plataformas, dentre elas a TV Digital.

Com o objetivo de maximizar a aderência com padrões e garantir a compatibilidade dos metadados ao ambiente de televisão digital, este trabalho utiliza objetos de aprendizagem compatíveis com o padrão OBAA e compatíveis com outros padrões de metadados citados no

capítulo 3.1. A utilização deste padrão garante o foco em outro grande objetivo do trabalho que é a visualização do conteúdo de objetos de aprendizagem na plataforma do SBTVD.

Mesmo utilizando como base os metadados do padrão OBAA, algumas tarefas de atualização ou adição de metadados podem ser necessárias. Para realizar esta tarefa é de grande importância o conhecimento do conjunto de metadados disponibilizado pelo padrão escolhido e o entendimento de como eles devem ser configurados a partir do surgimento de novas versões adaptadas de um mesmo conteúdo.

A partir da definição do OBAA como padrão de metadados do trabalho aqui proposto, o outro artefato que compõe um objeto de aprendizagem, o conteúdo em si, torna-se o centro do processo de adaptação.

Assim, a seguir é apresentada a arquitetura multiagentes e as características principais do protótipo de uma ferramenta capaz de manipular os metadados do padrão OBAA e fazer a adaptação de conteúdo especificamente desenvolvido para a web, em conteúdo equivalente da TV Digital, tal como previsto no SBTVD.

5.1 Critérios de Escolha das Tecnologias

Antes de apresentar a arquitetura da ferramenta de adaptação, é importante explicitar os critérios empregados para escolher as tecnologias usadas no projeto e desenvolvimento da mesma. Os objetivos da dissertação direcionam as principais escolhas tecnológicas. Dentre os principais objetivos que baseiam as escolhas tecnológicas estão:

- Implementar um protótipo da ferramenta de adaptação que demande o mínimo de intervenção humana para adaptar conteúdo;
- Projetar uma arquitetura que possa ser integrada com outras funcionalidades relacionadas à busca e ao gerenciamento de OAs, tais como: autoria, publicação e armazenamento;

O uso da tecnologia de agentes e de ontologias permite atingir o primeiro objetivo através de uma divisão das atividades e conhecimentos necessários para atingi-lo. Os detalhes do processo de adaptação em si podem ser divididos em agentes capazes de executar a adaptação de conteúdos específicos. Combinados com um agente de coordenação do processo de adaptação e com uma ontologia do modelo de domínio de adaptação, o sistema resultante incorpora os conhecimentos necessários para automatizar, ao máximo possível, o processo de

adaptação. A interface com o usuário será implementada através de uma facilidade de comunicação *web*, capaz de encapsular os detalhes de comunicação entre os agentes e seus usuários.

O segundo objetivo será atingido através da integração com a infra-estrutura MILOS. A infra-estrutura MILOS está sendo projetada para suportar todos os estágios do ciclo de vida de um OA compatível com o OBAA (ver Seção 3.1.3). Nesse contexto a ferramenta de adaptação de OAs proposto neste trabalho se constituirá no protótipo inicial do mecanismo de adaptação usado no Sistema de Autoria da MILOS (ver Seção 4.7).

Para atingir ambos objetivos o projeto da ferramenta de adaptação utiliza uma plataforma orientada a agentes, a plataforma JADDEX, que se baseia nos protocolos de comunicação FIPA e na arquitetura BDI de projeto e desenvolvimento de agentes (RAO, GEORGEFF, 1995; BRATMAN, 1987; KINNY, GEORGEFF, 1991). Além disso, outros requisitos importantes que reforçam a escolha da plataforma JADDEX para o desenvolvimento são:

- Comunicação entre agentes nativa utilizando protocolos FIPA;
- Tecnologia completamente *open-source* para todos tipos de projetos;
- Plataforma distribuída e baseada na tecnologia Java.

Outros *frameworks* e ferramentas de terceiros, todas de natureza *open-source*, também foram utilizadas no processo de desenvolvimento. A arquitetura totalmente baseada na plataforma Java permitiu um alto nível de reuso e criação de componentes reutilizáveis para os sistemas criados.

5.2 Arquitetura da Ferramenta de Adaptação

A ferramenta desenvolvida neste trabalho tem como principal funcionalidade a adaptação do conteúdo de um objeto de aprendizagem de forma semi automatizada. Para que isso seja possível uma série de componentes de *software* foram projetados e desenvolvidos durante o período da dissertação. Além destes, outros componentes de código aberto foram integrados e configurados para permitir que a adaptação do conteúdo seja realizada.

A figura 5.1 apresenta a arquitetura de alto nível da ferramenta de adaptação baseada no diagrama de componentes da UML. Bauer e Odell (2002) fazem uma boa descrição deste artefato da UML:

Um diagrama de componente descreve os organismos e dependências entre os componentes. Um componente é uma parte de um sistema modular que encapsula seu conteúdo e cuja manifestação é substituível dentro de seu ambiente. Um componente define seu comportamento em termos das interfaces providas e requeridas. Um diagrama de componente é aplicado para apoiar a auto-contenção dos componentes, a substituição dos componentes e no desenvolvimento distribuído e montagem de componentes. Em particular, esconder as informações das estruturas internas dos componentes é permitido. Por isso, descreve os componentes, interfaces, portas, bem como a realização, implementação e uso relacionamentos com suas classes e artefatos. Além disso, uma especificação de implantação pode ser dada e os novos estereótipos podem ser introduzidos (BAUER, ODELL, 2002).

Através deste diagrama e do uso de estereótipos pretende-se dar uma visão das entidades que compõem o sistema que implementa a ferramenta de adaptação de OAs.

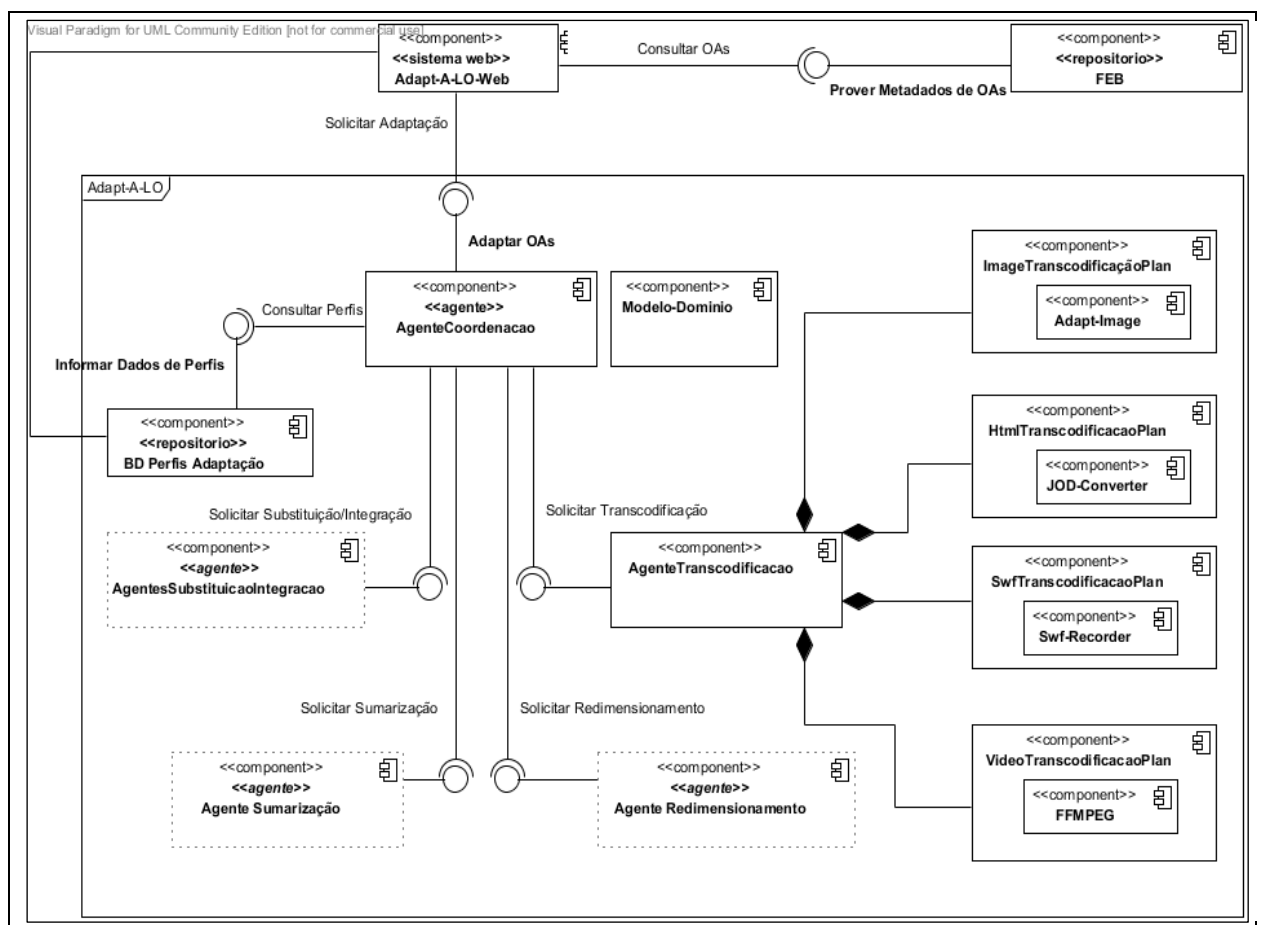


Figura 5.1 - Arquitetura da Ferramenta de Adaptação

A figura 5.1 apresenta um diagrama de componentes UML, que representa a arquitetura do sistema de adaptação de OAs para a TV Digital. O principal componente dessa arquitetura, que também dá o nome a toda ferramenta de adaptação, é o sistema multiagentes denominado *Adapt-A-LO* (*Adaptation Agents for Learning Objects*). Na figura estão representados os agentes desse sistema, seus planos e demais componentes com o estereótipo

agente (<<*agente*>>). Outros componentes importantes são os repositórios de informações utilizadas pelo sistema e rotulados com o estereótipo repositório (<<*repositorio*>>).

Para permitir o uso da aplicação por seus usuários, foi desenvolvido um subsistema de interface *web*, chamado *Adapt-A-LO-Web*, que está representado no diagrama externo ao sistema *Adapt-A-LO* com o estereótipo interface usuário (<<*interface usuário*>>). Seguindo as instruções do usuário, o subsistema de interface *web* consulta os objetos de aprendizagem disponíveis em um repositório externo e solicita sua adaptação para o ambiente de TV Digital pelo sistema *Adapt-A-LO*. Para permitir a integração com a arquitetura MILOS (ver Seção 4.7), o sistema de adaptação definido neste trabalho utilizará, como fonte dos OAs, o serviço de diretórios FEB (BARCELLOS et al, 2011), que integra diversos repositórios de OAs em um único serviço de busca e já utiliza o padrão OBAA.

5.3 Sistema Multiagente Adapt-A-LO

O sistema *Adapt-A-LO* foi projetado como um sistema multiagente formado por dois agentes distintos, que implementam cinco planos para atingir o principal objetivo de transformar o conteúdo disponível na *web* em um formato que seja aceito no ambiente de TV Digital.

O componente principal do *Adapt-A-LO* é o agente de Coordenação (*AgenteCoordenacao*) responsável por obter as requisições de adaptação e disparar as tarefas definidas no perfil de cada dispositivo final selecionado. Este perfil é armazenado em um *repositório de perfis de adaptação* que armazena características do ambiente de televisão digital. Além das características do ambiente de destino do conteúdo este repositório também deve conter as informações de formatos aceitos para adaptação para que os agentes possam deliberar sobre que plano utilizar para atingir os objetivos de transcodificação de cada formato original. Com a evolução dos dispositivos e das características é fácil prever que este repositório de perfis deve aumentar contendo várias estratégias e características para diferentes dispositivos, ou ambientes. No atual momento o repositório contém informações importantes para adaptação para televisão digital que é o objetivo desta dissertação.

Para descrever os perfis de adaptação foi criado um *modelo de domínio* que representa os conhecimentos importantes para a adaptação de determinado conteúdo. O modelo de domínio foi definido através de uma ontologia de conceitos especificada em UML.

Posteriormente esta ontologia deverá ser transformada em uma ontologia OWL compatível com a *web* semântica, para facilitar a interoperabilidade com agentes externos.

O sistema multiagentes proposto tem suas estratégias de adaptação encapsuladas em diversos agentes, o que facilita o desenvolvimento de novas estratégias e o encadeamento das mesmas de acordo com cada perfil criado. No projeto da arquitetura do *Adapt-A-LO* foram seguidas as categorias de estratégias de adaptação propostas em (SERRANO, SERRANO, LUCENA, 2008), resultando nos agentes de Transcodificação, Substituição e Integração, de Sumarização e de Redimensionamento, responsáveis, respectivamente, pelas tarefas de transcodificar um conteúdo de um formato para outro, substituir e integrar conteúdos de vídeo e áudio em *slides*, sumarizar os dados do conteúdo e adaptar o conteúdo de acordo com o tamanho da tela de saída.

Entretanto, como o foco principal do presente trabalho está na adaptação dos conteúdos para a TV Digital, considerou-se que implementar as estratégias de transcodificação dos conteúdos em formato da *web* para formatos compatíveis com o SBTVD (Rever Tabela 4.1) se caracterizam como os objetivos mais importantes do presente trabalho.

Dispositivos móveis podem apresentar, por questões de formatos de tela de saída e recursos computacionais relativamente limitados, problemas sérios de adaptação que não podem ser resolvidos apenas pela estratégia de transcodificação. Porém, no caso da TV Digital em geral, e no SBTVD em particular, a estratégia de transcodificação é capaz de resolver a maior parte dos problemas:

- Vídeo com áudio é o modo de saída padrão da TV Digital, assim não é necessário substituir/integrar vídeos em slides.
- O tamanho da tela da TV Digital, particularmente nos modelos atuais em alta definição (HD) é compatível com o formato usado na *web*.
- Os recursos computacionais disponibilizados pelo *middleware* Ginga, adotado pelo SBTVD, são suficientes, não requerendo que conteúdos sejam sumarizados em pequenos parágrafos de texto, ou algo similar.

Assim, os agentes de Substituição e Integração, de Sumarização e de Redimensionamento são apresentados no diagrama com linhas pontilhadas e não foram desenvolvidos neste trabalho. Apenas agentes *dummy* foram criados para manter a estrutura do sistema completa. Apesar disso, é importante salientar que a arquitetura do *Adapt-A-LO*

prevê as interfaces necessárias para a integração destes agentes em versões futuras do sistema, capazes de efetuar a adaptação de conteúdos para outras plataformas diferentes da TV Digital.

A principal funcionalidade do sistema é a transcodificação de conteúdos. A transcodificação de conteúdo permite transformar o conteúdo de um formato para outro de forma que este seja visualizado em algum dispositivo que não poderia ser visualizado em seu formato original. Para conseguir transcodificar os diversos tipos de conteúdos disponíveis nos objetos de aprendizagem o sistema multiagentes desenvolvido possui um conjunto de agentes e planos de transcodificação que interagem entre si.

Dessa forma, o agente principal deste trabalho é o agente de Transcodificação (*AgenteTranscodificacao*). Este agente considera as informações de perfil para definir qual o melhor formato de destino para os conteúdos originais tomando como base os formatos aceitos no padrão digital descritos na Tabela 4.1. Como um tradicional agente de software o agente de Transcodificação possui planos para alcançar seus objetivos. Estes planos são acionados dependendo do formato original do agente adaptado e do formato de destino da adaptação que chegam ao agente através de uma mensagem. Os planos de transcodificação disponíveis atualmente são:

- *ImageTranscodificacaoPlan*: o agente de transcodificação aciona este plano sempre que recebe arquivos de conteúdo original no formato PPTX ou PDF, transformando estes em uma seqüência de imagens no formato PNG para criar o conteúdo de destino.
- *HtmlTranscodificacaoPlan*: este plano é acionado quando o agente recebe conteúdos no formato provenientes de sistemas como o *Microsoft Office* e o *Open Office*. Este plano contém uma biblioteca *open source* chamada *JODConverter* que permite transformar objetos de aprendizagem com conteúdo original nos formatos PPT, DOC, ODT, dentre outros em um conteúdo adaptado para o formato HTML.
- *SwfTranscodificacaoPlan*: é o plano de transcodificação de conteúdo original SWF, flash interativo. Este tipo de conteúdo está na categoria de conteúdo gráfico animado interativo citada anteriormente neste capítulo. Um conteúdo iterativo, normalmente encontrado no formato SWF, Flash, é difícil de ser transcodificado, principalmente por ser um formato proprietário da empresa multinacional Adobe. Esta limitação impede que o conteúdo Flash seja

decompilado e compreendido, de forma automática, para manter suas funcionalidades interativas em alguma outra linguagem aceita pela televisão digital. Para contornar esta limitação este plano é executado através do envio de um programa que permite ao usuário interagir com o conteúdo e gravar um vídeo, em formato MOV, para que seja passado para o usuário e este assim veja o objeto e conheça seu conteúdo através de uma interação sugerida. O programa de gravação da interação com Flash foi chamado de *Swf-Recorder*.

- *VideoTranscodificacaoPlan*: conforme citado a categoria dos vídeos possui formatos que não são aceitos pelo sistema de televisão digital brasileiro. O único formato aceito nativamente no Ginga é o H.264 (mpeg4). O plano aqui descrito permite que o agente de transcodificação transforme vídeos de conteúdos originais com formatos como MOV, AVI, FLV para o formato H.264 (mpeg4). Para atingir este objetivo foi utilizado o projeto open source FFMPEG.

Através dos componentes de software descritos acima foi possível desenvolver um sistema multiagentes que atinge os objetivos de adaptação semi-automática citados nos objetivos do projeto. Este sistema multiagentes segue o protocolo de comunicação FIPA o que garante o objetivo de integração com outros sistemas multiagentes, em particular a integração com a infra-estrutura MILOS (ver Seção 4.7).

Além da divisão em componentes e a extensibilidade do sistema outro aspecto arquitetural relevante a ser analisado é a forma de comunicação dos componentes envolvidos. A forma de comunicação determina um protocolo que deve permitir a ligação dinâmica entre os componentes, devido à natureza genérica dos dispositivos envolvidos. As interações entre os componentes de *software* que compõem o *Adapt-A-LO*, foram definidas durante a fase de análise da solução de *software*, utilizando-se de diagramas UML. A linguagem de modelagem UML pode ser utilizada com qualquer metodologia atual de projeto e desenvolvimento de *software*, incluindo a engenharia de *software* orientada a agentes. Desta forma o sistema multiagentes proposto neste trabalho será modelado através de diagramas da UML 2.0, conforme proposto em (BAUER, ODELL, 2002).

A fase inicial de um projeto de *software* é a análise onde é possível definir o que o sistema deve fazer em um modelo chamado diagrama de casos de uso. Por padrão este diagrama UML apresenta os usuários externos ao sistema, atores, e as funcionalidades que

estes podem executar dentro do sistema, ou seja, os casos de uso do sistema. Segundo Bauer e Odell (2002), ao modelar sistemas orientados a agentes este conceito sofre uma adaptação: “nos modelos orientados a agentes encontramos atores internos ao sistema, que são os agentes de *software*”. Os serviços que cada agente de *software* disponibiliza são representados pelos casos de uso e ligados diretamente a ele. Os serviços podem ser requisitados por atores externos ao sistema, podendo estes representar agentes de *software* ou pessoas normais. Estas requisições são modeladas como associações direcionadas aos casos de que representam os eventos que eles devem responder. Na literatura de engenharia de *software* orientada a agentes estes eventos representam as percepções de cada agente agentes de *software*. As reações dos agentes de *software* ou a resposta do serviço é modelada como uma associação direcionada ao lado oposto das percepções. O retângulo, que envolve os serviços e os agentes que os disponibilizam, determina os limites do sistema multiagentes. A Figura 5.2 apresenta o diagrama de casos de uso da ferramenta de adaptação.

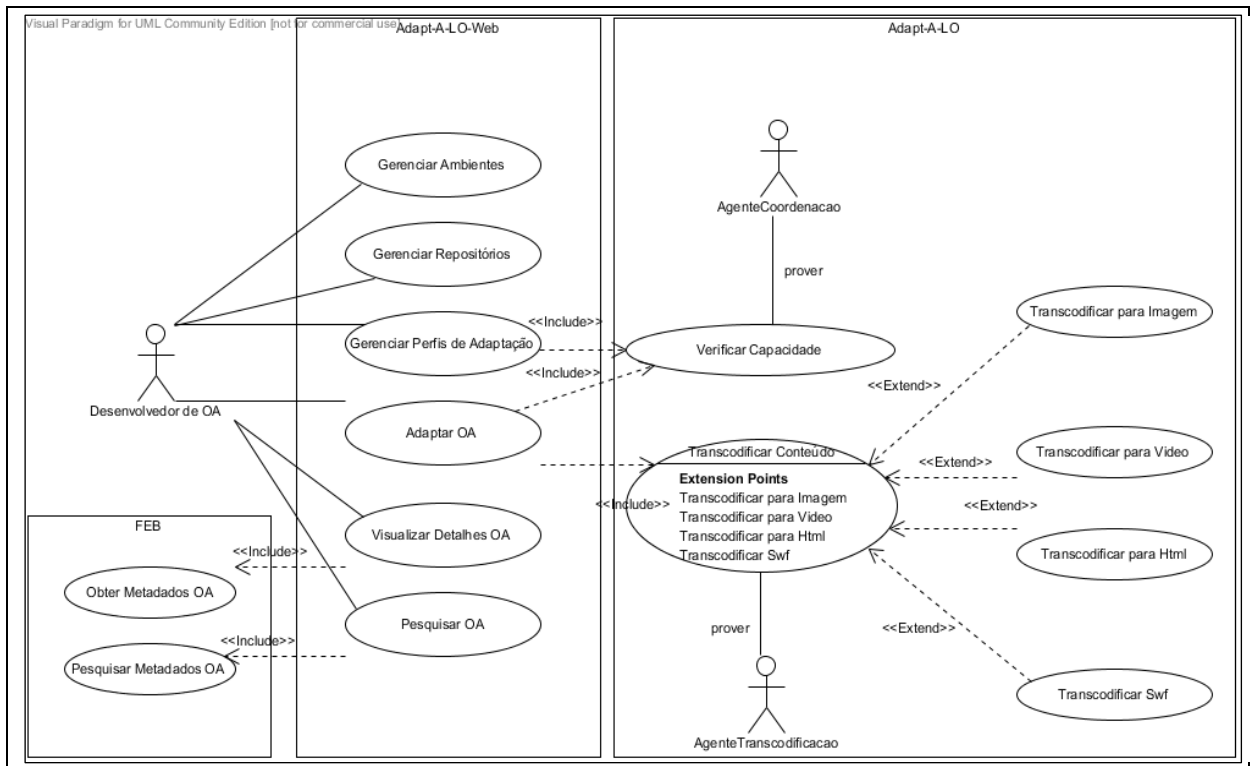


Figura 5.2 - Diagrama de Casos de Uso

A Figura 5.2 apresenta um diagrama de casos de uso do sistema multiagentes de adaptação de OAs desenvolvido. O modelo ilustra, no terceiro retângulo, o sistema multiagentes *Adapt-A-LO*. Os agentes de *software* que compõem o sistema e os serviços que estes devem prover são os seguintes:

- Agente de *Coordenação*: ele é responsável pelo serviço Adaptar OA, que faz chamadas aos demais agentes e define a estratégia de adaptação a partir do tipo de objeto de aprendizagem a ser adaptado.
- Agente de *Transcodificação*: o agente de transcodificação é um dos agentes que compõem a estratégia de adaptação. Este agente é responsável por alterar o formato do conteúdo do objeto de aprendizagem para um formato que seja possível de ser visualizado dentro do ambiente de televisão digital. Além disso, este agente deve fazer adaptações de layout necessárias, assim como definir os melhores tamanhos, cores e tipos de fontes e fundo para televisão digital.

No segundo retângulo, com o rótulo *Adapt-A-LO-Web*, podemos ver o sistema de interface *web* desenvolvido para gerenciar os perfis de adaptação e solicitar a adaptação de conteúdo. O usuário do sistema, o desenvolvedor de OA, interage com a interface web criada para executar as funcionalidades descritas nas elipses.

O primeiro retângulo descreve um repositório de terceiros, o FEB que é utilizado como fonte de pesquisa para OAs.

Este diagrama facilita a definição dos papéis dos agentes e a visualização das funcionalidades que o sistema irá disponibilizar. Outra característica deste diagrama apresentada por Bauer e Odell (2002) é “mostrar a interação dos agentes que compõem o sistema que será desenvolvido com outros sistemas multiagentes”. No caso do diagrama apresentado na Figura 5.2 ainda podemos ver a interação do sistema multiagentes desenvolvido com outros sistemas, não orientados a agentes, como é o caso do FEB, o repositório de OAs, e do *Adapt-A-LO-Web*, um sistema web. Outro ator importante do sistema é o Desenvolvedor de OA, mas este não representa um agente de *software*, ele representar uma pessoa comum.

Após a fase de análise e uma breve descrição dos casos de uso, é possível iniciar a fase de projeto, onde são criados diagramas que definem aspectos dinâmicos e estáticos do sistema.

Dentre os diagramas que definem aspectos estáticos o diagrama de classes é até hoje o mais popular. Este diagrama pode ser utilizado para modelagem de estruturas de dados como as ontologias, usadas pelos sistemas multiagentes (BAUER, ODELL, 2002). A Figura

5.3 apresenta o modelo de domínio utilizado pelo sistema *Adapt-A-LO*, representado através de um diagrama de classes que contém os principais conceitos utilizados para adaptação de conteúdos.

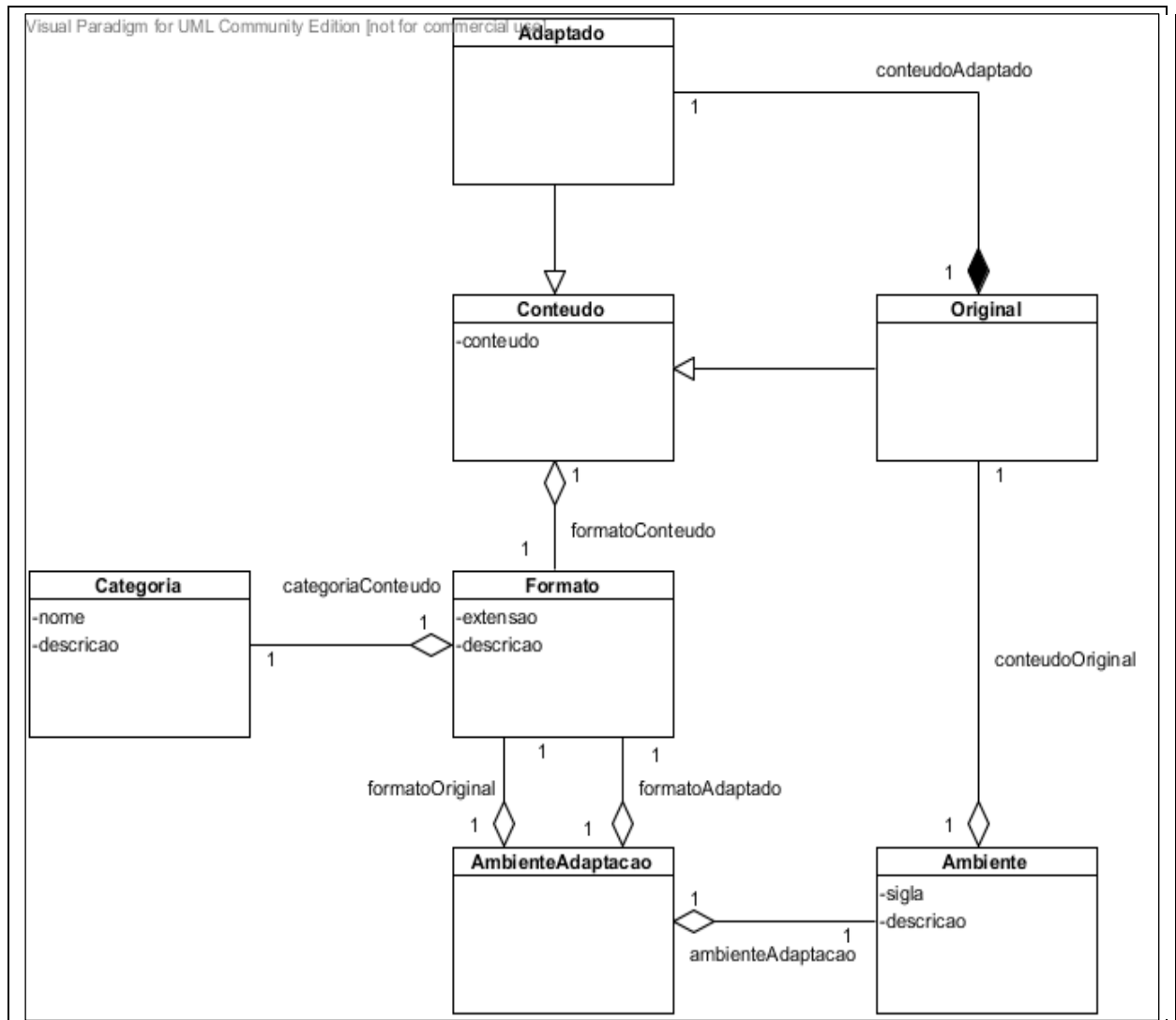


Figura 5.3 - Diagrama de Classes do Modelo de Domínio

A classe *Ambiente* determina para qual ambiente será adaptado o conteúdo. A plataforma de destino deste trabalho é a televisão digital. Para representar este ambiente o repositório de perfis contém um ambiente armazenado onde as propriedades *sigla* e *descricao* possuem os valores *sbtvd* e “Sistema Brasileiro de Televisão Digital”, respectivamente.

O conceito *AmbienteAdaptacao* descreve uma transcodificação que pode ser executada para um ambiente. Para que isso seja possível esta classe conecta um ambiente de adaptação (*ambienteAdaptacao*) a um formato original (*formatoOriginal*) e a um formato adaptado (*formatoAdaptado*). Desta forma se o usuário seleciona um ambiente e informa o formato do conteúdo adaptado um agente pode inferir para qual formato deve ser transcodificado o conteúdo original e selecionar o melhor plano de transcodificação.

O objeto *Formato* define a extensão de um conteúdo. Alguns valores existentes para a propriedade extensão destes formatos são: HTML, PDF, PPT, SWF, FLV, MOV, AVI, PNG, JPG, etc. Este objeto se conecta com a classe *Categoria* que define quais as estratégias podem ser utilizadas para cada conteúdo. Foram definidas quatro categorias, são elas:

- (1) Conteúdo gráfico animado interativo: geralmente disponibilizado nos objetos de aprendizagem em formato SWF, *Flash*, ou *JavaScript*. O SBTVD permite utilização de *JavaScript*, mas não possui suporte a tecnologia *Flash*.
- (2) Conteúdo de documento com estilos fixos: geralmente disponibilizado pelo usuário com um documento do *Microsoft Office*, PDF ou imagem (PNG, JPG ou GIF). Estes formatos não têm suporte de visualização dentro do SBTVD.
- (3) Conteúdo de documento com estilos adaptáveis: geralmente disponibilizado em formato XHTML ou HTML. Tem suporte no SBTVD.
- (4) Conteúdo multimídia de vídeo ou áudio: Existe um grande número de formatos disponíveis na *web* e nem todos são suportados pelo SBTVD. Dentre estes formatos estão o AVI, MOV, OGG, etc.

Sabendo que determinado formato possui uma categoria com estilos adaptáveis podemos adotar a estratégia de mudar apenas o arquivo de edição de estilos deste conteúdo, um exemplo deste caso é o formato HTML. Pode ser definido ainda que se o formato é um tipo com estilos fixos podemos impedir de fazer alteração de estilos ou ainda adotar uma estratégia mais drástica como fazer uma transformação de cores em determinada imagem.

A classe *Conteudo* possui duas extensões, os objetos *Original* e *Adaptado*. Através destes conceitos podemos definir os objetos conteúdos que serão adaptados.

Nas versões anteriores da UML e na AUML o diagrama de classes era utilizado para modelagem de agentes, no entanto, este modelo não permite representar de forma padrão todas as estruturas que compõem um agente de *software*. Para que seja possível modelar um

agente e seus componentes relacionados, (BAUER, ODELL, 2002; CHANG et al, 2008) propõem a utilização do diagrama de estrutura composta é proposta. A Figura 5.4 apresenta o diagrama de estrutura do agente de Transcodificação.

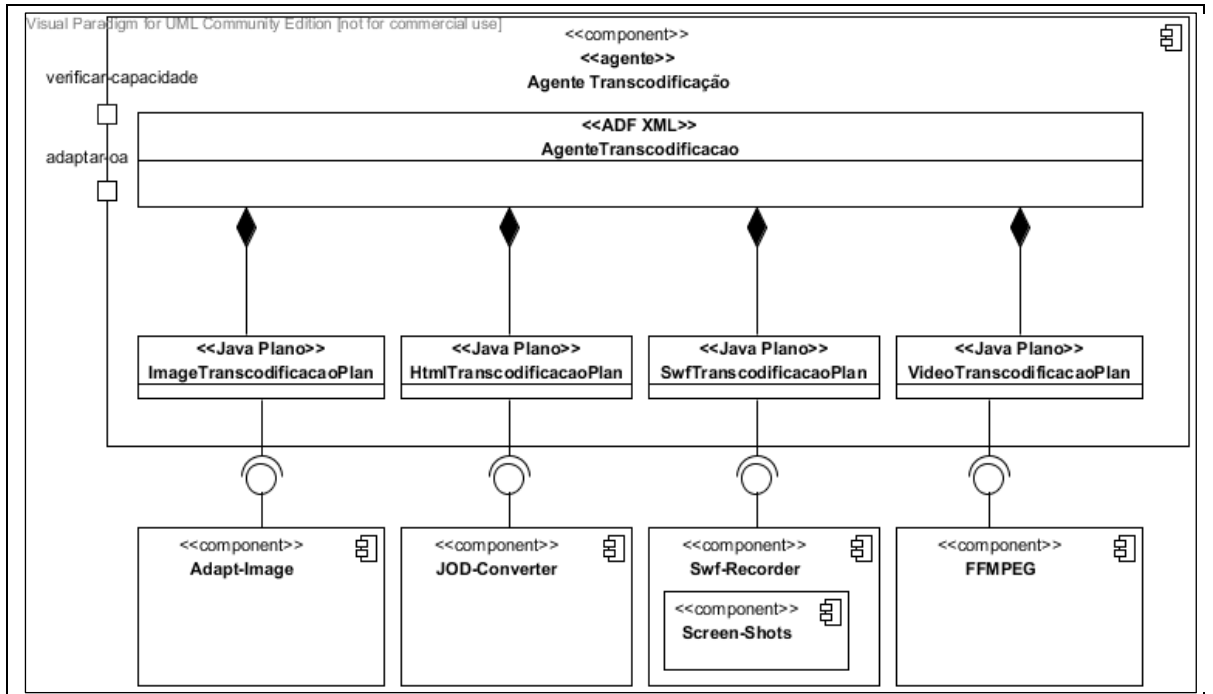


Figura 5.4 - Diagrama de Estrutura do Agente de Transcodificação

O diagrama na figura 5.4 apresenta a estrutura do Agente de Transcodificação, incluindo os componentes necessários para executar seus planos. Neste diagrama também podemos adicionar portas para facilitar a descrição das interfaces expostas. Segundo Chang et al (2008), “cada porta é um construto que permite ao agente interagir com outros agentes”. No agente de transcodificação podemos ver duas portas: *adaptar-ao* e *verificar-capacidade*. Na Figura 5.4 são apresentados os quatro planos que o agente de transcodificação pode executar:

- *ImageTranscodificacaoPlan*: plano que é executado quando um agente de transcodificação decide transformar um conteúdo para um conjunto de imagens. Para que isso seja possível o plano utiliza o componente *Adapt-Image*, desenvolvido especificamente para esse fim.
- *HtmlTranscodificacaoPlan*: quando o agente verifica que o formato deve ser transformado para HTML, este plano é disparado. O componente de terceiros de código aberto *JOD-Converter* é utilizado para atingir o objetivo de transformação. O componente *JOD-Converter* utiliza um serviço do software *OpenOffice* para transformar diversos tipos de conteúdos para HTML.

- *SwfTranscodificacaoPlan*: este plano é disparado quando recebe um conteúdo *flash* iterativo, com extensão SWF. Este plano é o mais complexo por que depende de interação com o usuário através de uma interface visual enviada no meio do processo de adaptação, o programa desenvolvido chamado *Swf-Recorder*. Através dessa interface o usuário pode interagir com o conteúdo original (Figura 5.5), gravar um vídeo e depois enviar para o sistema (Figura 5.6) para uma segunda etapa de transcodificação do vídeo. O componente que disponibiliza uma interface visual para criação do vídeo foi desenvolvido e chamado de *Swf-Recorder*.

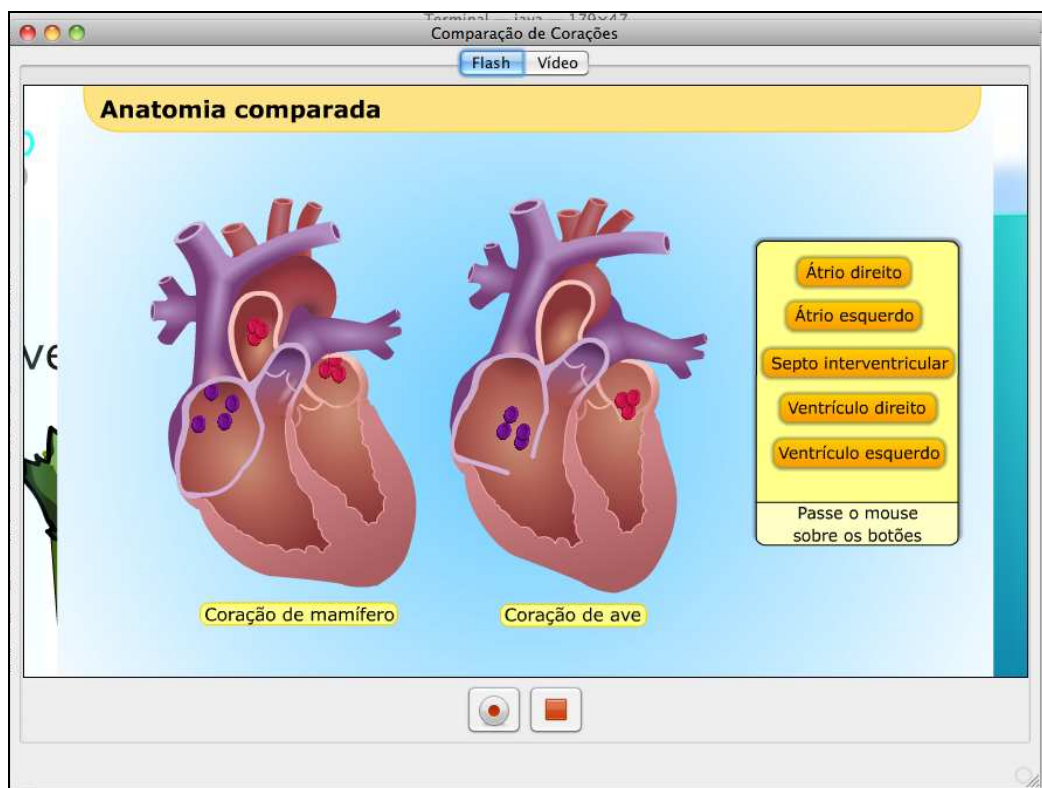


Figura 5.5 - Tela de interação com o conteúdo original no componente *Swf-Recorder*.

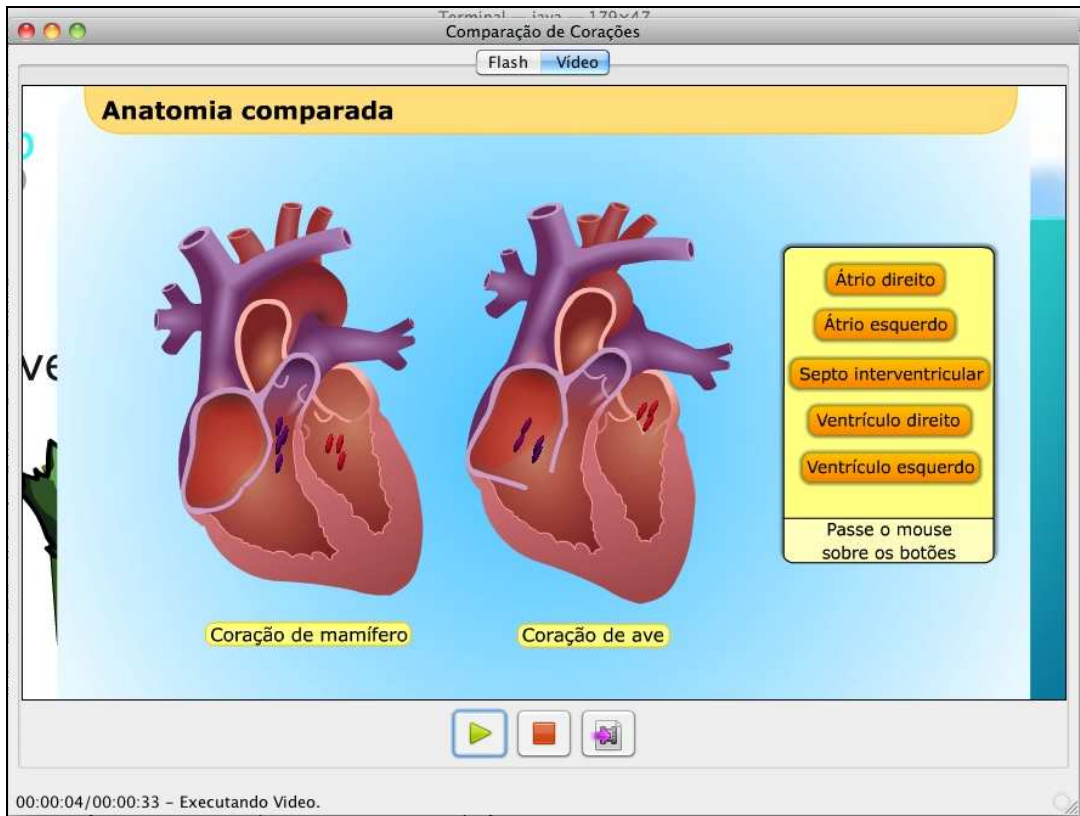


Figura 5.6 - Tela de visualização e envio de vídeo do componente *Swf-Recorder*.

- *VideoTranscodificacaoPlan*: este plano permite a transcodificação de vídeos de diversos formatos para o formato aceito pela TV Digital. Para atingir este objetivo este plano utiliza o componente de código aberto de terceiros FFMPEG.

Os aspectos dinâmicos do sistema foram modelados através dos diagramas de seqüência de UML. Muitos trabalhos de pesquisa citam este diagrama como ponto forte da utilização de UML na modelagem de sistemas multiagente, principalmente por representar muito bem protocolos de comunicação entre agentes distintos (BAUER, MULLER, ODELL, 2001; ODELL et al, 2000; BERGENTI, POGGI, 2000). A partir da UML 2.0 este diagrama atende de forma padronizada a maior parte dos requisitos de modelagem de interação entre agentes, aperfeiçoando problemas encontrados em suas versões anteriores. A Figura 5.7 apresenta o diagrama de seqüência do caso de uso *Adaptar OA* que é provido pelo Agente de Coordenação.

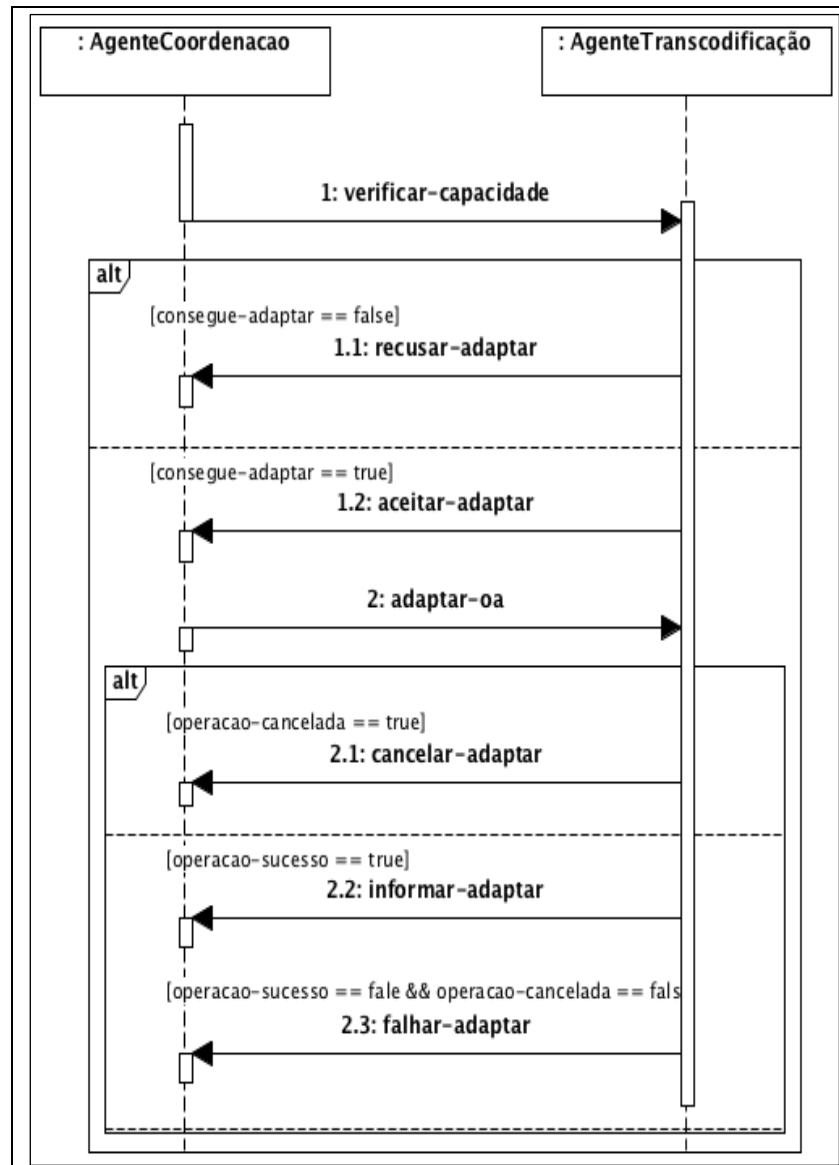


Figura 5.7 - Diagrama de Sequência do Caso de Uso Adaptar OA do Agente de Coordenação

No diagrama apresentado na Figura 5.7 podemos ver as mensagens trocadas entre os agentes de Coordenação e de Transcodificação. Estas mensagens são baseadas nos atos de comunicação FIPA. Os atos de comunicação iniciais se ligam as portas apresentadas no diagrama de estruturas compostas. As mensagens representadas na figura são definidas a seguir:

- *verificar-capacidade*: inicia uma verificação se o agente pode adaptar algum determinado tipo de conteúdo.
- *recusar-adaptar*: informa ao agente de Coordenação que o agente de Transcodificação não pode adaptar determinado formato.

- *aceitar-adaptar*: afirma para o agente de Coordenação que o agente de Transcodificação pode adaptar determinado conteúdo, dando ao Coordenador a possibilidade de iniciar a adaptação.
- *adaptar-oa*: inicia o processo de adaptação do objeto de aprendizagem.
- *cancelar-adapar*: notifica que recebeu um pedido de cancelamento do processo de adaptação do OA.
- *informar-adaptar*: comunica ao agente de Coordenação o sucesso da adaptação com dados de como recuperar o objeto adaptado.
- *falhar-adaptar*: informa que houve algum erro no processo de adaptação conduzido pelo agente de transcodificação.

Internamente um agente tem processos e funcionalidade relacionados aos aspectos dinâmicos de interação modelados pelo diagrama de seqüência. Para detalhar esses aspectos internos ao agente podem ser usados os diagramas de atividade de UML 2.0. Um diagrama de atividades mostra como cada plano distinto, dentro de um mesmo caso de uso, será executado. Dentro de um plano podemos ver um agente executando diferentes papéis, cada papel pode ser representado em uma raia diferente conforme descrito por Bauer e Odell (2002). Na Figura 5.8 é apresentado o diagrama de atividades da porta transcodificar conteúdo.

diagramas, que, pelo menos no caso dos sistemas multiagentes, não acrescentam tanto ao projeto de *software* quanto os citados. Levando em conta que construir todos os diagramas UML possíveis para um dado sistema, torna o processo de análise e o projeto demorado, além de dificultar a manutenção de todos os artefatos de *software*, neste projeto somente os diagramas citados anteriormente foram utilizados. Outro aspecto relevante sobre o presente trabalho é que a UML está em constante atualização, no entanto, apesar de existir trabalhos sobre o uso UML 2.1 no projeto de sistemas multiagentes (CHANG et al, 2008), Bauer e Odell (2002) descrevem claramente todos os diagramas da UML 2.0 e sua utilização em sistemas multiagentes, tornando esta um referência de base para o presente trabalho.

Na última fase do projeto, o desenvolvimento do *software*, os diagramas foram traduzidos para a linguagem de programação Java. Esta etapa é facilitada pelo uso de artefatos UML em conjunto com linguagens orientadas a objeto, principalmente pela simplicidade no mapeamento dos componentes de software diagramados para objetos. A utilização de *frameworks open-source* de software também facilitou o processo de desenvolvimento.

Para executar a etapa de desenvolvimento também foi importante a escolha de uma plataforma para o desenvolvimento de agentes e utilize o protocolo de comunicação FIPA. O sistema desenvolvido utilizou a plataforma JADEX.

Após cada ciclo de análise, projeto e desenvolvimento os artefatos devem ser revisitados para que possam ser refinados e comportar novas funcionalidades. Os artefatos apresentados neste capítulo representam apenas um ciclo de desenvolvimento, sendo que os próximos ciclos devem promover mais funcionalidades e melhorias ao sistema aqui proposto, aumentando assim o número de artefatos UML gerados.

5.4 Subsistema de Interface Adapt-A-LO-Web

A interface de usuário da ferramenta de adaptação é integralmente baseada na *web*. Para tanto foi desenvolvido o subsistema *Adapt-A-LO-Web*. Este subsistema possui interfaces *web* para gerenciamento dos perfis de adaptação e interfaces para solicitação de adaptação de objetos de aprendizagem.

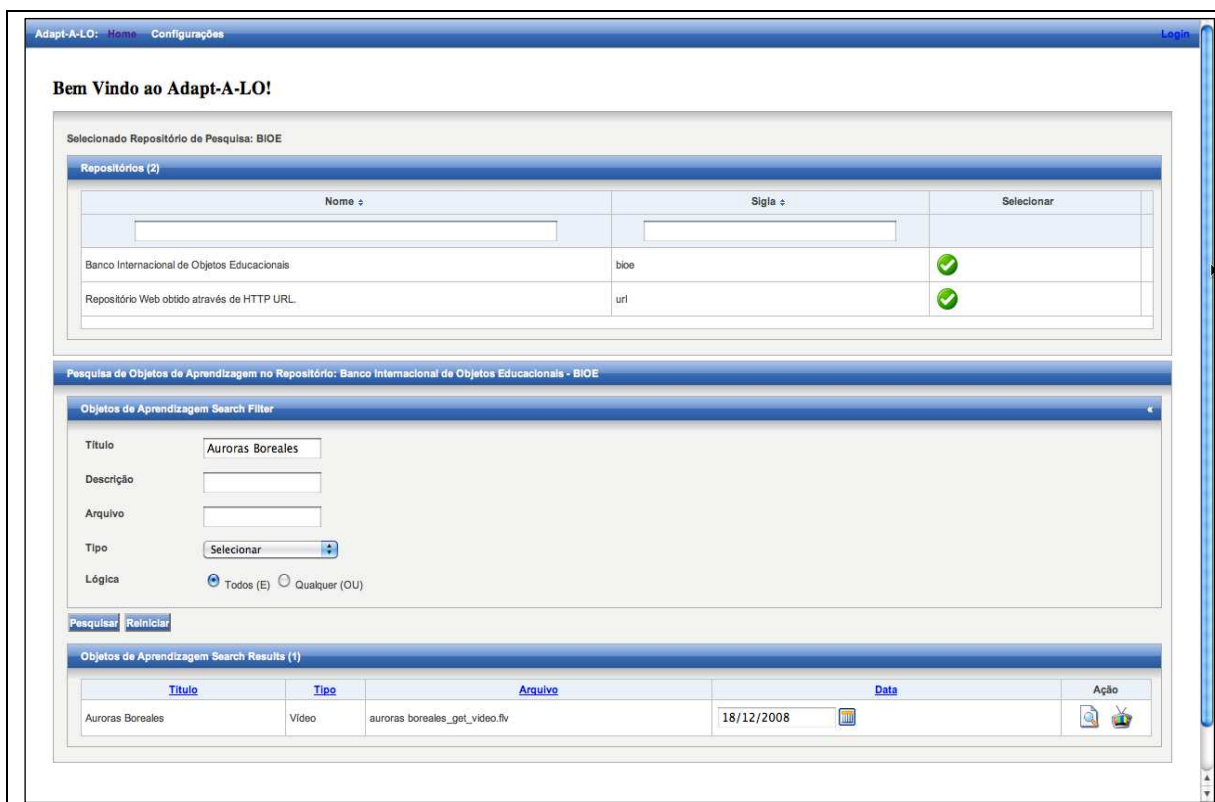


Figura 5.9 - Tela principal de busca de OA do Adapt-A-LO-Web

O *Adapta-A-LO-Web* está centrado na tela principal de busca de OA. Nesta tela é possível selecionar um repositório de OA, onde o usuário pretende fazer a consulta por algum objeto. A consulta será executada sobre os objetos de aprendizagem disponíveis no FEB. Na figura 5.9 pode ser vista a tela principal do sistema com uma pesquisa de um OA, chamado *Auroras Boreales*, executada sobre o repositório de OAs chamado BIOE, que pode ser acessado pelo FEB. A listagem de OAs no último quadro da figura 5.9 apresenta o OA pesquisado com dois ícones de ação:

- (1) A folha e a lupa: indicando que o usuário do sistema pode ver os metadados do objeto de aprendizagem;
- (2) A televisão: indicando que o usuário pode clicar neste ícone para adaptar um AO para televisão digital. Na tela apresentada na figura 5.9 bastaria clicar neste ícone para iniciar o processo de adaptação.

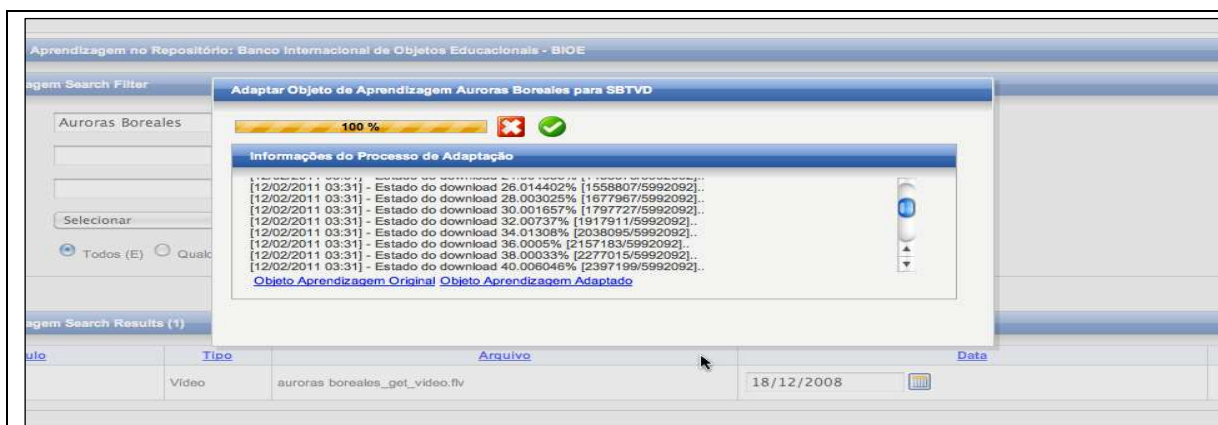


Figura 5.10 - Tela de Exibição do Processo de Adaptação de OA no Adapt-A-LO-Web

Conforme ilustrado na figura 5.10, ao solicitar o processo de adaptação, é apresentada uma janela onde o progresso do processo de adaptação é apresentado. O processo de adaptação iniciado ao clicar no ícone de adaptação para televisão digital parte do *download* do objeto de aprendizagem original de sua origem indicada nos metadados do OA que serão obtidos do FEB. Ao final do *download* do objeto original este componente monta uma mensagem e chama o agente de coordenação do sistema multiagente *Adapt-A-LO* para solicitar a adaptação do conteúdo. Ao final do processo de adaptação o sistema multiagentes devolve uma mensagem informando a conclusão do processo. O *Adapt-A-LO-Web* disponibiliza, então, 2 *links* na janela de acompanhamento de progresso, apresentada na figura 5.10, um *link* para *download* do objeto de aprendizagem original e um *link* para *download* do objeto de aprendizagem adaptado para TV Digital.

O *Adapt-A-LO-Web* ainda apresenta uma série de outras telas para manutenção dos perfis de adaptação que são conceitos representados pelo modelo de domínio apresentado anteriormente. Estas telas dão apoio ao processo deste sistema *web*, mas, por não fazer parte da funcionalidade principal, não estão apresentadas neste trabalho.

É importante também informar que o papel do sistema web é prover uma interface que permita ao usuário executar a adaptação do conteúdo. A visualização deste conteúdo no ambiente de destino fica a cargo do usuário do sistema usando sua plataforma de preferência, podendo ser um emulador como os disponíveis para o projeto Ginga do SBTVD ou ainda na sua própria televisão em um futuro próximo. Cabe ao sistema executar seu papel de adaptar e fornecer este conteúdo para *download* e futura utilização.

Sendo assim, durante o decorrer do trabalho muitas adaptações de conteúdos de aprendizagem foram executadas no Adapt-A-LO-Web e visualizadas posteriormente na máquina virtual de emulação do projeto Ginga, o OpenGinga ⁶.

⁶ OpenGina - <http://gingacdn.lavid.ufpb.br/projects/ginga-j>

6 EXPERIMENTOS E VALIDAÇÃO

Para validar o processo de adaptação de OAs para TV Digital e verificar se o conteúdo desses OAs foi adaptado de forma satisfatória foi conduzido um processo de experimentos e validação, dividido em três etapas principais:

- Seleção de OAs e execução do processo de adaptação.
- Avaliação do processo de adaptação.
- Compilação de resultados da avaliação.

As etapas citadas acima são descritas nas próximas seções.

6.1 Seleção de OAs e Execução da Adaptação

De maneira geral, os OAs utilizados para os experimentos foram buscados no repositório BIOE (Banco Internacional de Objetos Educacionais – NASCIMENTO, A. 2010) por sua abrangência nacional e quantidade vasta de conteúdo de aprendizagem mapeado em metadados padronizados. Os objetos de aprendizagem disponíveis no BIOE seguem o padrão IEEE-LOM e por isso são compatíveis com o padrão OBAA também. Somente quando um formato de conteúdo não estava disponível no BIOE, foram utilizados objetos de outros repositórios.

Na etapa de seleção foi escolhido um conjunto de OAs que preencham um escopo variado de conteúdos que não são possíveis de serem visualizados na TV Digital. Para tanto foram selecionados OAs que contenham cinco tipos distintos de conteúdos, não suportados pelo SBTVD:

4. PPT (*PowerPoint Presentation*): formato do arquivo do software *Microsoft Power Point*, muito utilizado para fazer conteúdos de apresentação em sala de aula, no entanto não foi encontrado nenhum exemplo no BIOE.
5. PDF (*Portable Document Format*): formato padrão de disponibilização de conteúdo textual na internet. Existem muitos OAs neste formato em diversos repositórios, muitas vezes definido como formato padrão. O BIOE possui diversos exemplos deste tipo de conteúdo.
6. DOC (*Word Document*): o software *Microsoft Word* e seu formato de armazenamento, o DOC, é também um formato muito comum de

disponibilização de documentos textuais possuindo uma série de exemplos disponíveis na internet, no então não foi encontrado exemplos no BIOE.

7. FLV (*Flash Video File*): é comum, atualmente, a distribuição de vídeos na web neste formato. No BIOE é possível encontrar exemplos de OAs neste formato.
8. SWF (*Shockwave Flash*): conteúdos interativos na internet normalmente estão disponíveis neste formato. O BIOE possui diversos exemplos de material de aprendizado interativo neste formato.

Para comprovar a gama de formatos adaptado pelo sistema desenvolvido e ao mesmo tempo demonstrar que o sistema multiagentes *Adapt-A-LO* adapta OAs obtidos de repositórios públicos, o grupo de conteúdos define os cinco tipos citados. Dentre os cinco conteúdos citados, três são provenientes do BIOE (PDF, FLV e SWF) e outros dois são provenientes de outras fontes (PPT e DOC). Os dois últimos tipos são conteúdos produzidos pelo próprio projeto, uma apresentação do *Adapt-A-LO* e um artigo publicado do mesmo projeto.

Através deste conjunto de OAs é possível ter uma boa avaliação do processo de adaptação sem ser exaustiva, tendo-se em vista que o sistema desenvolvido, hoje, aceita uma gama muito grande de conteúdos originais. Os objetos de aprendizagem selecionados para são apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1- OAs Selecionados para os Experimentos de Adaptação

Formato	Nome	Origem	Descrição
PPT	Adaptação de Conteúdo para Televisão Digital	Autor	Apresentação do sistema de adaptação de conteúdo para televisão digital, e seus conceitos, no SBIE (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação) 2010.
DOC	Adaptação de Conteúdo para Televisão Digital	Autor	Artigo sobre o sistema de adaptação de conteúdo para TV Digital, o <i>Adapt-A-LO</i> , publicado no SBIE 2010.
PDF	Movimento Harmônico Simples (MHS)	BIOE	Guia de experimento prático que possibilita ao aluno estudar o MHS ou movimento harmônico simples, utilizando as leis de Newton e verificar que o período de um pêndulo simples não depende da massa e nem da amplitude do pêndulo, quando o mesmo oscila com pequenos ângulos em relação ao ponto de equilíbrio.
FLV	Auroras Boreales	BIOE	O vídeo mostra imagens de várias auroras boreais. A aurora boreal é um fenômeno óptico visível no céu à noite em áreas próximas as regiões polares.
SWF	Comparação de Corações	BIOE	Compara o coração humano com o de ave em funcionamento, mostrando as câmaras cardíacas e a separação do sangue rico e pobre em oxigênio.

O processo de adaptação de todos os OAs selecionados (PPT, DOC, PDF, FLV e SWF) foi feito de forma automática através do sistema *Adapt-A-LO*, com o mínimo de intervenção humana, com o intuito de validar a qualidade dos conteúdos gerados por este processo. Para que isso seja possível a adaptação os objetos da tabela 6.1 de origem BIOE foram submetidos à adaptação diretamente no sistema multiagentes *Adapt-A-LO* através da interface *web Adapt-A-LO-Web* visando validar as funcionalidades do sistema. Os objetos da tabela acima que na coluna origem estão com o valor “Autor” foram submetidos à adaptação via mensagem transmitida diretamente o sistema *Adapt-A-LO*. Através destas adaptações foi possível avaliar se o sistema pode ser adaptado de forma automática e com o mínimo de intervenção humana permitindo, assim, que o usuário possa realizar as o processo sem conhecimentos técnicos sobre objetos de aprendizagem e do seu conteúdo, conforme proposto em um dos objetivos específicos do projeto.

Após a adaptação, os conteúdos resultantes foram submetidos ao processo de avaliação descrito no capítulo seguinte.

6.2 Avaliação do processo de adaptação

Conforme definido no Capítulo 5, o processo de transcodificação de conteúdos é a principal estratégia de adaptação de conteúdos da *web* para o SBTVD. O processo de transcodificação é a alteração de conteúdo de um formato para outro que seja aceito na plataforma que será visualizado, sem se preocupar, necessariamente, com otimizações no conteúdo para o ambiente de destino.

Sendo assim, é importante salientar, que não é objetivo do presente trabalho avaliar se os conteúdos adaptados, produzidos a partir dos objetos aprendizagem originais apresentam mais possibilidades ou até mesmo são melhores, em termos de algum critério de avaliação, que os objetos originais. O objetivo do processo de avaliação é apenas verificar o quão semelhante o conteúdo adaptado se apresenta em relação ao conteúdo original.

Para que seja possível saber a semelhança do OA com o OA adaptado para TV Digital foi desenvolvido um questionário de avaliação a ser ministrado a um público alvo específico. Através deste questionário pretende-se conhecer o nível de satisfação do grupo de pesquisa com o processo de adaptação do conteúdo. É importante analisar que durante a criação das questões sempre se procurou comparar os conteúdos tendo se em mente que, para

atingir uma adaptação satisfatória, o objeto original tem que ser o mais semelhante ao original dentro dos aspectos de avaliação do questionário.

Os aspectos de avaliação do questionário, e por consequência da comparação do conteúdo, foram baseado nos modelos de avaliação empregados pelo MERLOT e LORI (ver capítulo 4). Os quesitos de avaliação empregados no MERLOT foram combinados com os aspectos de avaliação utilizados no LORI, resultando em um questionário com a seguinte estrutura:

- **Qualidade de Conteúdo:** representa o conceito qualidade do conteúdo existente tanto no LORI quanto no MERLOT. Neste quesito é avaliada a percepção dos participantes sobre a distribuição de idéias e do conteúdo no objeto adaptado.
- **Efetividade Pedagógica:** este quesito combina o conceito de efetividade potencial como ferramenta de ensino do MERLOT, com o alinhamento com os objetivos de aprendizado do LORI. As questões deste grupo irão avaliar se é possível atingir os objetivos de aprendizado com o conteúdo adaptado para a televisão digital.
- **Usabilidade:** quesito que combina a usabilidade de interação do LORI com o conceito de simplicidade de uso do MERLOT. Neste quesito é avaliado se o objeto de aprendizagem adaptado mantém um nível de usabilidade aceitável, apesar de a plataforma de TV Digital ser muito diferente do que o ambiente *web*.
- **Design/Layout Visual:** quesito equivalente ao design de apresentação empregado no LORI (o MERLOT não possui nenhum quesito similar a este). As questões deste tópico avaliam se o conteúdo adaptado mantém o *layout* do original sem perder informações ou características.

Além, dos aspectos utilizados para avaliação no questionário desenvolvido, o modelo de avaliação LORI ainda possui outros quesitos: retorno e adaptação, motivação, acessibilidade, reusabilidade e aderência a padrões. O quesito retorno e adaptação não será utilizado neste questionário por se focar somente em conteúdo iterativo, que não é objeto do processo de transcodificação desenvolvido para o *Adapt-A-LO*. Motivação, que avalia interesse do público alvo para utilizar um conteúdo e acessibilidade, que verifica se o objeto foi projetado para prover facilidades para portadores de necessidade especial, apesar de

questos importantes, não serão avaliados no presente trabalho porque não se relacionam ao processo de transcodificação.

O quesito de reusabilidade definido no LORI é um dos objetivos deste projeto, o objeto depois de adaptado já é reutilizável. Assim os itens (1) a (4) do questionário já avaliam de forma efetiva o grau de reuso do objeto na plataforma de TV Digital.

Por fim a aderência a padrões não esta sendo avaliada por que o objeto de aprendizagem adaptado deve manter exatamente a mesma aderência aos padrões do original. Por exemplo, os objetos obtidos do BIOE, que tem padrão IEEE-LOM devem se manter neste padrão de metadados e por consequência se mantém compatível com o padrão OBAA.

Para aplicar o questionário foi selecionado um público alvo de dez analistas de sistemas e dez professores. Os analistas de sistemas escolhidos fazem parte do público alvo devido ao conhecimento de diversos formatos de conteúdo e como tratar estes formatos. Os professores foram convidados para avaliar melhor aspectos pedagógicos e didáticos. Os analistas selecionados trabalham em sua maioria com projetos de desenvolvimento de software e possuem formação superior em cursos da área de informática como: Ciências da Computação, Sistemas de Informação ou Análise de sistemas. O grupo dos professores tem formação superior em algum tipo e Licenciatura ou Pedagogia, e lecionam ou já lecionaram em alguma escola de nível básico médio ou superior.

Foi enviado um *email* com os cinco objetos de aprendizagem originais e seus respectivos conteúdos adaptados. Cada par conteúdo de aprendizagem original e adaptado possui um questionário. Os cinco questionários são iguais para permitir comparações durante a compilação de resultados. No *email* enviado continha uma solicitação para que os convidados visualizassem o conteúdo original e o adaptado e depois respondessem o questionário de cada par de OAs original e adaptado. O publico alvo foi orientado para visualizar o conteúdo original no seu software de preferência.

Os conteúdos são adaptados para que sejam visualizados no ambiente de televisão digital, no entanto, atualmente existem poucas pessoas com dispositivos com suporte a interatividade para televisão digital. Os dispositivos com suporte a interatividade, no

momento da avaliação, não permitem que o usuário visualize um componente interativo próprio, somente o conteúdo enviado pelas emissoras. Para desenvolver e testar conteúdos interativos, hoje, podemos usar uma máquina virtual disponibilizada pelo projeto *open ginga*⁷. A instalação e utilização da máquina virtual desenvolvida para o SBTVD é um processo complexo que necessita de um conhecimento que pode durar um bom tempo de estudo. Para simplificar o processo de validação do conteúdo foi desenvolvido um simulador que permita os usuários visualizarem o conteúdo adaptado para televisão digital brasileira e entenderem como ele deverá ser utilizado e se comportar na televisão digital.

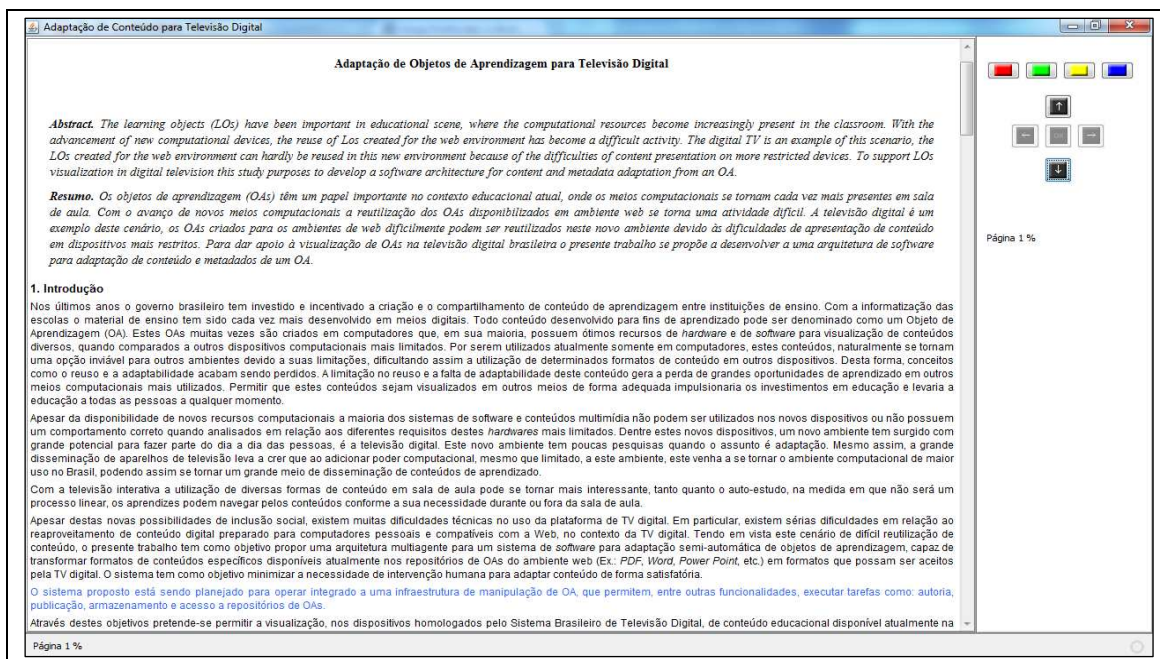


Figura 6.1 - Simulando Comportamento TV Digital no *Content-Viewer*

A figura 6.1 apresenta um *software* desenvolvido que simula o comportamento que o OA terá na TV Digital, tal como definido pelo SBTVD. Esta ferramenta foi chamada de *Content-Viewer* e possui na direita um controle remoto que simula alguns botões do controle padrão para TV Digital definido pelo SBTVD. Através desta ferramenta pretende-se dar uma simulação muito simplificada do ambiente de televisão digital para dar uma idéia de como o conteúdo adaptado deverá se comportar na televisão digital.

⁷ OpenGinga - <http://gingacdn.lavid.ufpb.br/>

Como instrumento de coleta de dados, utilizou-se um questionário *on-line* auto administrável, onde o respondente não necessita de auxílio do pesquisador para o seu preenchimento, contendo 8 questões de caráter fechado, ou seja, não apresenta opções para o respondente acrescentar nenhum tipo de observações ou comentários. Essas questões apresentam escolhas de respostas em escala de Likert de um a cinco (KLINE, 1986). Essas perguntas estão divididas em 4 tópicos que foram elaborados de acordo com o modelo de avaliação LORI e pelo sistema de pontuação utilizado pelo repositório MERLOT .

As perguntas do questionário são as seguintes:

1. Qualidade de Conteúdo
 - 1.1. O conteúdo no objeto da tv digital pode ser entendido tanto quanto no objeto da *web*.
 - 1.2. As idéias e o conteúdo NÃO estão distribuídas balanceadamente no objeto da tv digital quando comparado ao objeto da *web*.
2. Efetividade Pedagógica
 - 2.1. Como professor acredito que objeto de aprendizagem convertido para tv digital NÃO facilite o aprendizado como seu original da *web*.
 - 2.2. Com o objeto de aprendizagem convertido para tv digital é possível entender o conteúdo da mesma forma que o objeto de aprendizagem na *web*.
3. Design/Layout Visual
 - 3.1. O objeto de aprendizagem para a tv digital possui um layout tão adequado ao aprendizado quanto o objeto original da *web*.
 - 3.2. Em relação ao layout e a visualização dos conteúdos, o objeto na tv digital PERDE suas características, quando comparado com este objeto na *web*.
4. Usabilidade
 - 4.1. NÃO consegui usar o objeto de aprendizagem na plataforma de tv digital da mesma forma que na plataforma original *web*.
 - 4.2. Quando estou utilizando o conteúdo para aprendizado a versão adaptada para tv digital pode ser controlada de forma similar que na plataforma original *web*.

Na continuidade do processo de avaliação do sistema desenvolvido o questionário enviado foi analisado para avaliar se a adaptação foi satisfatória. A próxima Seção faz uma

análise das respostas obtidas desse questionário, avaliando o quão satisfatória foi a adaptação de cada um dos cinco OAs testados.

6.3 Compilação de Resultados

O questionário de avaliação de adaptação possui quatro tópicos de análise (qualidade de conteúdo, efetividade pedagógica, design/layout visual e usabilidade), cada um destes itens de análise possui duas perguntas uma de pontuação positiva e outra de pontuação negativa, para quebrar o impacto negativo ou positivo de alguma possível seqüência de respostas em uma mesma resposta reforçando a atenção necessária para responder o questionário. As perguntas positivas receberão um peso de 1 a 5 para suas respostas, por exemplo:

- O conteúdo no objeto da tv digital pode ser entendido tanto quanto no objeto da *web*.
 - (5) concordo plenamente
 - (4) concordo em grande parte
 - (3) concordo ou discordo parcialmente
 - (2) discordo em grande parte
 - (1) discordo plenamente

As perguntas negativas receberão um peso de 5 a 1 para suas respostas, por exemplo:

- Como professor acredito que objeto de aprendizagem convertido para tv digital NÃO facilite o aprendizado como seu original da *web*.
 - (1) concordo plenamente
 - (2) concordo em grande parte
 - (3) concordo ou discordo parcialmente
 - (4) discordo em grande parte
 - (5) discordo plenamente

Através desta escala será possível totalizar as questões. Com estas questões o objeto de aprendizagem adaptado que atingir quarenta pontos atinge um nível de satisfação máxima por estar igual ao original nos quesitos avaliados. Se um participante responder todas as questões com a opção “concordo ou discordo parcialmente” o objeto de aprendizagem deve

receber vinte e quatro pontos, estando próximo a esta pontuação o objeto de aprendizagem será considerado com um nível de satisfação intermediária. Qualquer pontuação abaixo de vinte e quatro pode apontar um nível de adaptação não satisfatória, fazendo com que o processo de adaptação precise ser reavaliado.

Do total de dez analistas e dez professores selecionados para participar do experimento, foram recebidas respostas de cinco analistas e cinco professores. As figuras a seguir apresentam uma análise dos resultados obtidos das respostas enviadas pelos participantes no experimento, através de gráficos que avaliam as pontuações atingidas.

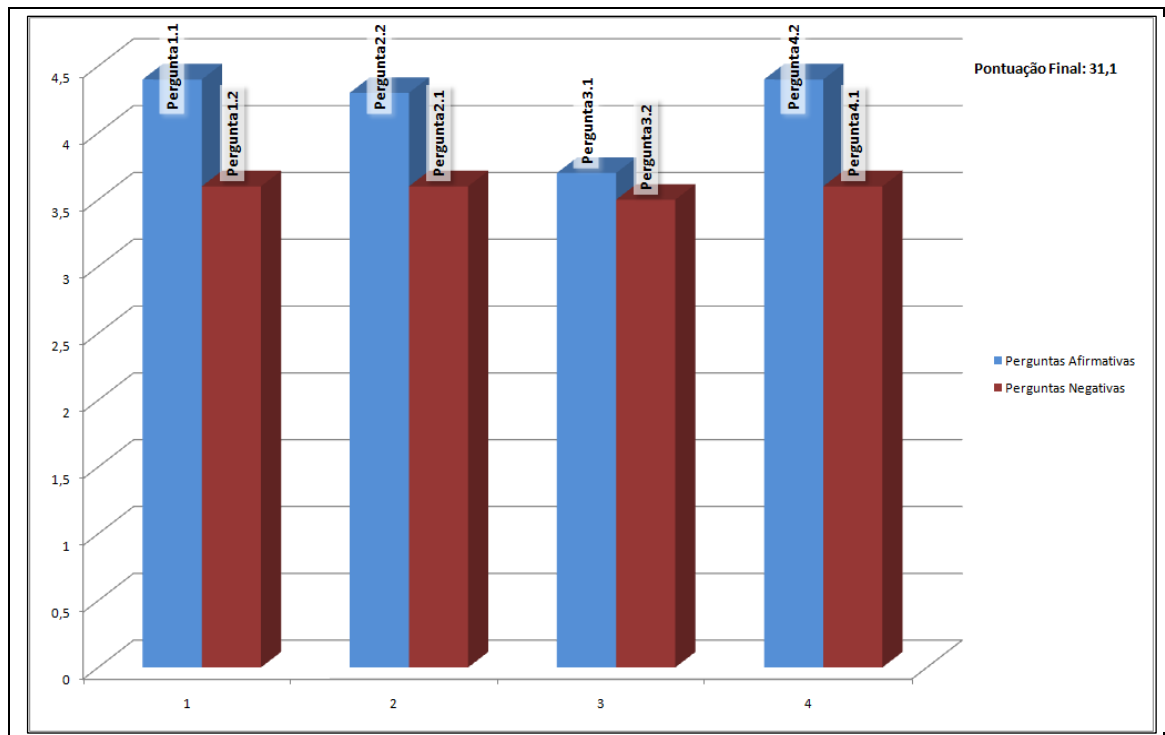


Figura 6.2 - Compilação de Resultados OA 1 (PPT)

O objeto de aprendizagem 1, documento *Power Point* de extensão .ppt, recebeu 31.1 pontos no calculo final apresentado na figura 6.2. O quesito 3, *design/layout* visual, recebeu a menor pontuação dentre os itens avaliados. Segundo observações enviadas pelos participantes a pontuação média do quesito, de 3.6 pontos, se deve a resolução que foi perdida durante o processo de conversão. No entanto a pontuação esta acima do que poderia ser considerada uma pontuação media.

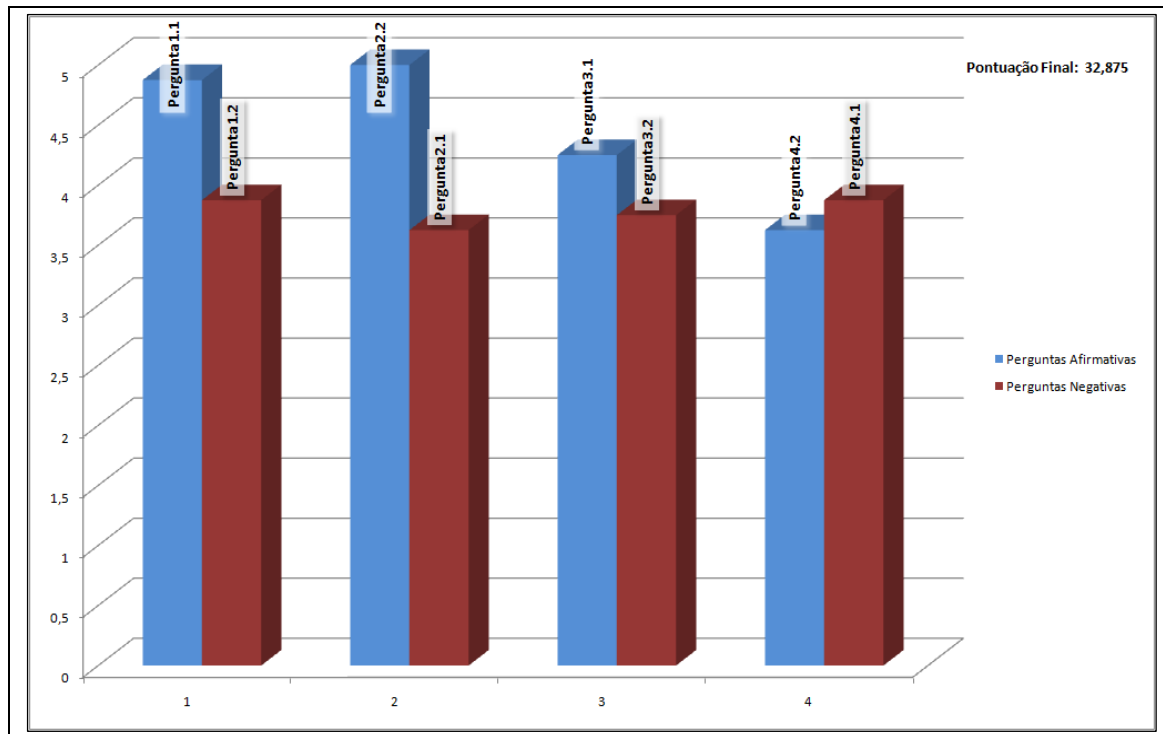


Figura 6.3 - Compilação de Resultados OA 2 (DOC)

A figura 6.3 apresenta o gráfico de avaliação do processo de adaptação do OA 2 que é originalmente um documento *Word* de extensão .doc. Este objeto de aprendizagem tem uma avaliação melhor no quesito *design/layout* visual que seu antecessor, o OA1, mas tem uma pontuação pior quando avaliado o quesito usabilidade. A análise das observações enviadas pelos participantes indica que a pontuação no quesito *design/layout* visual isso se deve, principalmente, devido a pouca quantidade de imagens e a importância maior ao texto. Já a pontuação do quesito usabilidade se deve a necessidade de rolagem de texto que se torna mais complexa no controle remoto da televisão digital do que em um mouse utilizado nos computadores.

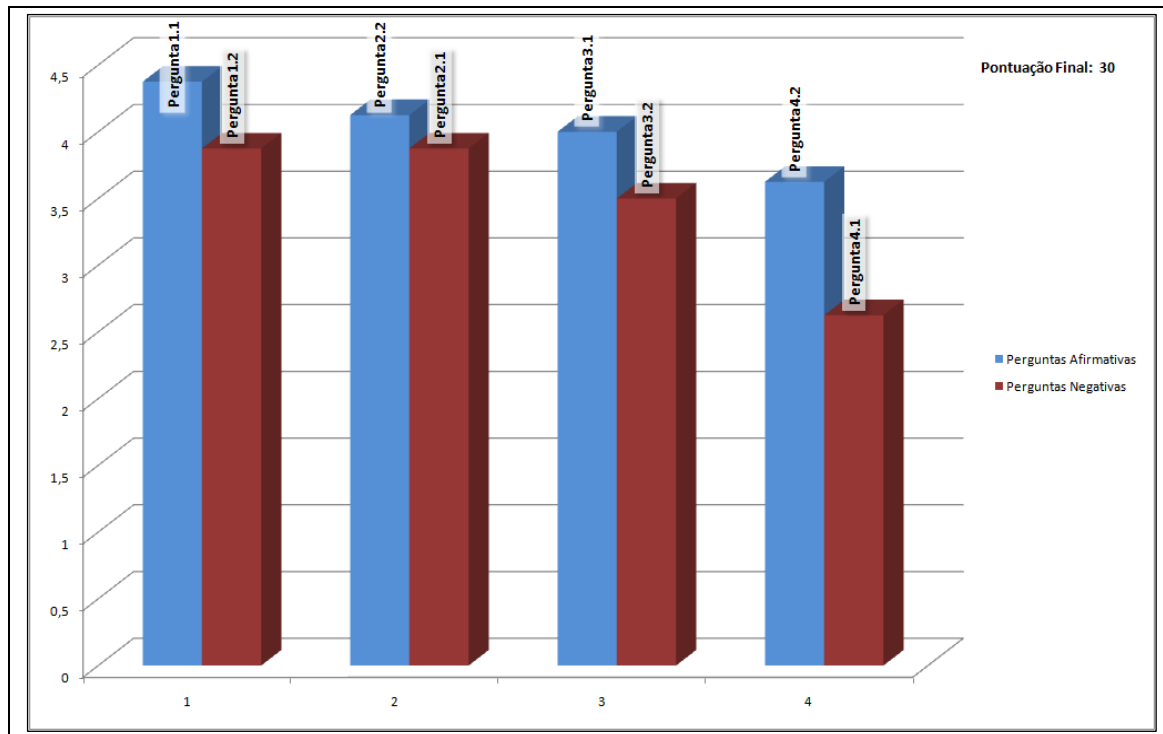


Figura 6.4 - Compilação de Resultados OA 3 (PDF)

O objeto de aprendizagem 3 em sua versão original é um arquivo de extensão .pdf. O sistema multiagentes desenvolvido converte os arquivos PDF em imagens aonde cada página irá se transformar em uma imagem. Segundo a figura 6.4 podemos verificar que a adaptação deste conteúdo recebeu uma pontuação abaixo das analisadas anteriormente. Apesar de receber poucas observações sobre esta adaptação podemos determinar que o objeto de aprendizagem adaptado 3 sofre dos problemas citados nos OA 1 e no OA 2 ao mesmo tempo que é a resolução de imagem não semelhante e a rolagem de conteúdo.

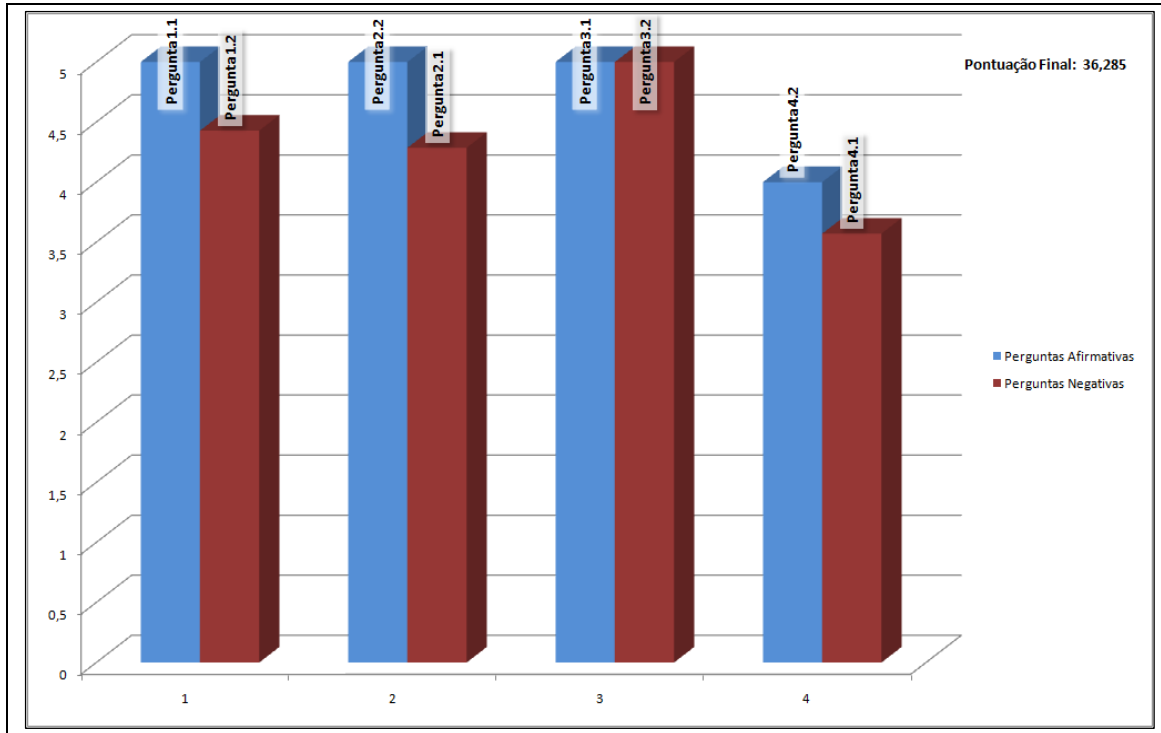


Figura 6.5 - Compilação de Resultados OA 4 (FLV)

Conforme a figura 6.5, a adaptação executada no objeto de aprendizagem 4 recebeu a maior pontuação final dentre as adaptações executadas. O conteúdo original em questão é um vídeo de extensão .flv, ou seja um vídeo em *flash*. O sistema multiagentes de adaptação utiliza o software FFMPEG para apoiar o processo de adaptação de vídeo. Este *software* é conhecido pela qualidade de suas conversões, o que justifica a pontuação elevada. Muitos só notaram a diferença entre o conteúdo original e o adaptado apenas pelo tamanho do arquivo final adaptado, com extensão .mp4. O único quesito que recebeu uma pontuação abaixo dos demais é a usabilidade, que segundo a observação dos usuários perde algumas funcionalidades de avanço e retrocesso no simulador desenvolvido.

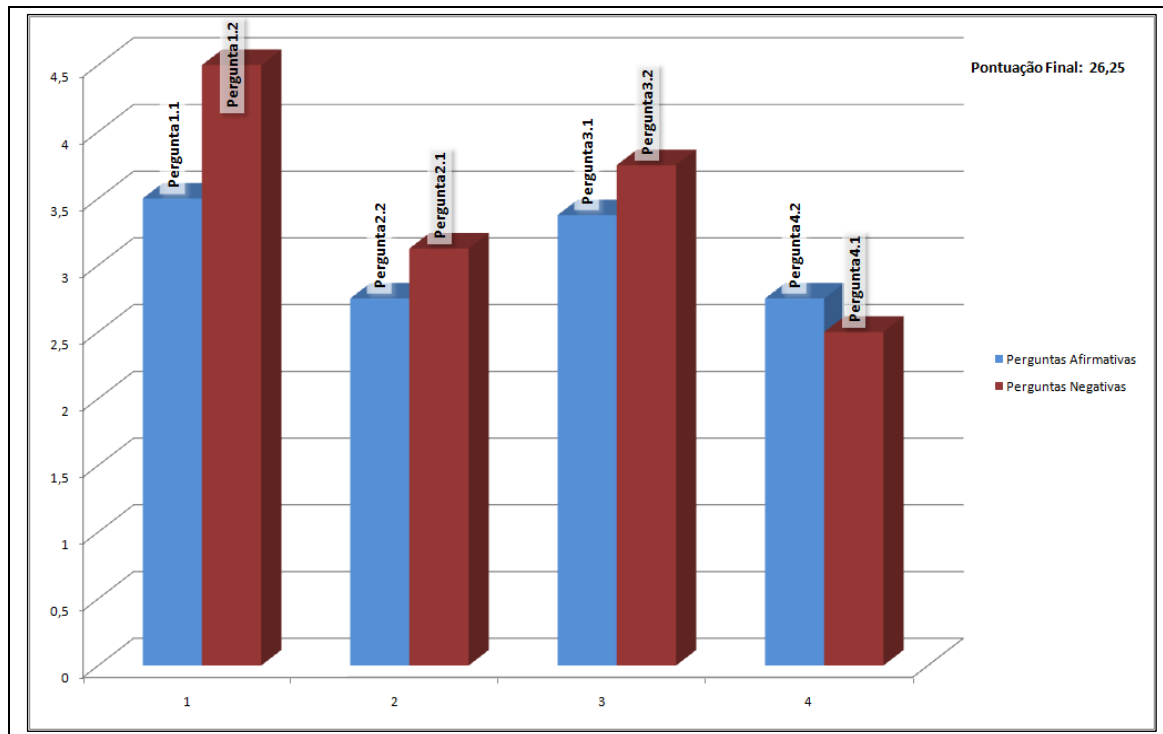


Figura 6.6 - Compilação de Resultados OA 5 (SWF)

O último objeto de aprendizagem que compõem este processo de avaliação é um arquivo com conteúdo interativo de extensão .swf, formato *flash* interativo. Como pode ser visto na figura 6.6, esta adaptação recebeu a pior avaliação dentre os conteúdos adaptados, com a pontuação 26,25. Dois dos quesitos que se destacam ao conduzindo esta media para baixo são a efetividade pedagógica e a usabilidade. O sistema multiagentes desenvolvido disponibiliza uma interface para que o usuário possa gravar um vídeo de sua interação com o objeto de aprendizagem interativo, o que justifica a perda de interatividade e, por conseqüência a pior pontuação no quesito usabilidade. O usuário não perde a interação com o conteúdo, ele visualiza a interação proposta pelo desenvolvedor de objeto de aprendizagem adaptado. Esta perda de interatividade pode ter influenciado também a visão dos participantes da efetividade pedagógica do conteúdo, que também perdeu pontuação neste conteúdo. Acredita-se que se o usuário tem conhecimento do conteúdo e sabe aplicar este material dentro de seu contexto de aprendizado este objeto pode atingir pontuações maiores no quesito efetividade pedagógica, ou seja, ao adaptar este conteúdo o desenvolvedor de objetos de aprendizagem adaptado deve gravar um vídeo que demonstre uma interação que seja previamente explicada em sala de aula ou no próprio vídeo.

Como resultado final da análise de todos os resultados das adaptações podemos ver que todos ficaram acima da média de satisfação estabelecida que é 24 pontos. Todos os

objetos adaptados ficaram com uma pontuação igual ou superior a 4 no quesito qualidade de conteúdo o que leva a crer que o objeto de aprendizagem adaptado mantém um grau similar de distribuição e qualidade de conteúdo.

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Atualmente existe um grande número de exemplos de trabalhos de pesquisa e ferramentas capazes de fazer a adaptação de conteúdos educacionais, desenvolvidos especificamente para a *web*, operarem em dispositivos móveis. No entanto, para a plataforma TV Digital, particularmente no caso do sistema Brasileiro, o SBTVD, não existem trabalhos de adaptação de conteúdos similares. Assim este trabalho se propôs a pesquisar e desenvolver mecanismos aptos para esta tarefa. Este é o objetivo geral da dissertação, desdobrados nos seguintes objetivos específicos de projeto e desenvolvimento de *software*, tal como declarados no Capítulo 2 da dissertação:

1. Projeto e desenvolvimento de uma ferramenta de adaptação de OAs para o SBTVD:
 - 1.1. Implementação de protótipo de sistema de adaptação capaz de adaptar os principais tipos de formatos de conteúdos disponíveis na *web*.
 - 1.2. Implementação de um protótipo que permita a edição de metadados de OAs.
 - 1.3. Implementação de mecanismos de adaptação automáticos ou semi-automáticos que precisem do mínimo possível de intervenção humana para adaptar conteúdos de forma satisfatória.
 - 1.4. Projetar e desenvolver os principais componentes de uma arquitetura que possa ser integrada com outras funcionalidades relacionadas à busca e ao gerenciamento de OAs, tais como: autoria, publicação e armazenamento.
2. Validar sobre um repositório público de OAs.
3. Visualizar OAs em receptores de TV Digital ou máquinas virtuais que simulem os mesmos.

Ao final deste trabalho é possível concluir que todos os objetivos específicos de projeto e desenvolvimento foram atingidos de forma satisfatória.

O objetivo (1.1) foi atingido pelo desenvolvimento do sistema *Adapt-A-LO*. As capacidades deste sistema foram validadas pelos experimentos descritos no Capítulo 6.

O objetivo específico (1.2) foi desenvolvido em caráter experimental e validado localmente. Não foi possível validar a publicação destes metadados devido à inexistência de um repositório público compatível com o padrão OBAA, onde o sistema *Adapt-A-LO* tivesse

permissão de edição de metadados. A interface de agentes do FEB (Barcellos et al, 2011), que provê o acesso aos repositórios atuais através dos metadados OBAA, permite apenas a localização e recuperação de objetos, mas não a edição dos seus metadados.

Os experimentos descritos no capítulo 6 também mostraram que o processo de adaptação atinge um nível satisfatório, conforme estabelecido no objetivo específico (1.3). O processo de experimentos e validação descritos no capítulo 6 também permitiu a conclusão do objetivo (2) através da validação com repositório publico de OAs chamado BIOE. O objetivo (3) foi validado em uma máquina virtual disponibilizada pela equipe de desenvolvimento do Ginga-J. A norma ABNT que define as características do Ginga-J (ABNT. NBR 15606-4) é de maio de 2010, assim não ainda não existem receptores de TV Digital compatíveis com o SBTVD, que suportem o *middleware* Ginga-J de forma integral. O sistema desenvolvido pode ser integrado a uma solução mais genérica para suporte ao ciclo de vida de OAs, capaz de apoiar os processos de autoria, busca, recuperação e suporte ao uso de OAs, tal como proposto em (VICCARI et al, 2008) pelo projeto da infra-estrutura MILOS. No entanto a integração completa do *Adapt-A-LO* à infra-estrutura MILOS não faz parte do escopo deste trabalho, porque as demais facilidades e serviços da MILOS ainda estão em fase inicial de projeto.

É importante salientar que esta dissertação abre caminho para uma série de trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos como continuidade desta pesquisa. Dentre estas possibilidades, se destacam:

- Criação de uma ontologia OWL que permita que agentes de outros sistemas conheçam o vocabulário de comunicação com o *Adapt-A-LO* e possam se comunicar com este sistema através de linguagens de conteúdo compatíveis com a *web* semântica.
- Criação de um perfil de adaptação para dispositivos móveis e dos agentes capazes de executar as estratégias de adaptação de conteúdos necessárias para estes tipos de dispositivos (substituição e integração, sumarização e redimensionamento)
- Integração com os demais sistemas multiagentes da MILOS, responsáveis pelas outras etapas do ciclo de vida de OAs.

Apesar de não fazer parte desta dissertação, os trabalhos futuros devem ser simplificados pela arquitetura desenvolvida que já prevê estas necessidades. A integração

completa do *Adapt-A-LO* com a infra-estrutura MILOS é agora um objetivo do projeto dessa infra-estrutura, uma vez que o *Adapt-A-LO* fornecerá os mecanismos de adaptação automatizada de conteúdos que devem ser providos pelo Sistema de Autoria da MILOS. A arquitetura baseada em agentes do *Adapt-A-LO* permitirá atingir esta integração de forma simples devido as características de extensibilidade, alta coesão e baixo acoplamento. O desenvolvimento de novos perfis deve ser simplificado pelas funcionalidades de gerenciamento de perfis existente no sistema *Adapt-A-LO-Web*. A criação de uma ontologia pode ser feita através do mapeamento das classes existentes no modelo de domínio em construções disponíveis na OWL. Por fim a criação de outros agentes de adaptação é um trabalho mais complexo e dependente de estudos das características do ambiente de destino.

Ao final desta dissertação foi possível visualizar os conteúdos no ambiente de TV Digital do SBTVD, o que permitiu atingir o objetivo definido e responder a questão de pesquisa.

Quais as possibilidades técnicas e soluções tecnológicas que tornariam possível a adaptação de conteúdo de objetos de aprendizagem objetos de aprendizagem desenvolvidos para a Web, operarem na plataforma de TV digital adotada pelo Brasil?

A engenharia de *software* orientada a agentes ofereceu uma solução tecnológica efetiva para o desenvolvimento do sistema de adaptação de conteúdo. Esta solução não só permitiu, mas guiou o processo de integração e reuso de outras soluções tecnológicas *open-source* pré-existentes (incluindo *frameworks* e aplicativos individuais) no processo de projeto e desenvolvimento do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 15604**: Televisão digital terrestre — Receptores. Rio de Janeiro, abril de 2008.
- ABNT. **NBR 15606-4**: Televisão digital terrestre — Codificação de dados e especificações de transmissão para radiodifusão digital. Parte 4: Ginga-J - Ambiente para a execução de aplicações procedurais. Rio de Janeiro, maio de 2010.
- ALLY, M. et. al. **An Intelligent Agent for Adapting and Delivering Electronic Course Materials to Mobile Learners**. 2005.
- BARCELOS, C.; GLUZ, J. e VICARI, R. An Agent-based Federated Learning Object Search Service. **Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects (IJELLO)**, vol. 7, p. 37-54, 2011.
- BAUER, B.; MULLER, J.; ODELL, J. Agent UML: A formalism for specifying multiagent software systems. **International Journal Softw. Eng. Knowl**, p. 207-230, 2001.
- BAUER, B.; ODELL, J. UML 2.0 and Agents: How to Build Agent-based Systems with the new UML Standard. Publicado em **Journal of Engineering Applications of AI**, vol. 18, p. 141-157, 2002.
- BELLIFEMINE, F.; BERGENTI, F.; CAIRE, G.; POGGI, A. Jade — A Java Agent Development Framework. Publicado em **Multiagent Systems, Artificial Societies, And Simulated Organizations: Multi-Agent Programming**, Springer US, Vol. 15, pp. 125 – 147 (2005).
- BERGENTI, F.; POGGI, A. Exploiting UML in the Design of Multi-agent Systems. 2000. Publicado em **First International Workshop on Engineering Societies in the Agent World: Revised Papers**, p.106-113, 2000.
- BOHL, O.; SCHELLHASE, J.; SENGLER, R.; WINANAD, U. The Sharable Content Object Reference Model – A Critical Review. Publicado em **Proceedings of the International Conference on Computers in Education (ICCE02)**, Auckland, Nova Zelândia. pp. 950 – 951 (2002).
- BORDINI, R.; HÜBNER, J.; VIEIRA, R. Jason and the Golden Fleece of Agent-Oriented Programming. Publicado em **Multiagent Systems, Artificial Societies, And Simulated Organizations: Multi-Agent Programming**, Springer US, Vol. 15, pp. 3 – 37 (2005).
- BORDINI, R.; HÜBNER, J. BDI Agent Programming in AgentSpeak Using Jason. Publicado em **Lecture Notes in Computer Science: Computational Logic in Multi-Agent Systems**, Springer Berlin / Heidelberg, Vol. 3900, pp. 143 – 164 (2006).
- CASTRO, J.; ALENCAR, F.; SILVA, C. Engenharia de Software Orientada a Agentes. Publicado em **Livro das Jornadas de Atualização em Informática – JAI**, capítulo 5 2006.

- CETIC. **TIC DOMICÍLIOS e USUÁRIOS 2008 - TOTAL BRASIL**. 2008. Acessado em 11/2009, disponível em <http://www.cetic.br/usuarios/tic/2008-total-brasil/index.htm>.
- CHANG, S.; SIKORA, T.; PURI A. Overview of MPEG-7 Standard. Publicado em **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, vol. 11, n. 6, 2001.
- CHANG, E. et. al. Use of UML 2.1 to Model Multi-Agent Systems based on a Goal-driven Software Engineering Ontology. 2008. Publicado em **Fourth International Conference on Semantics, Knowledge and Grid**, p. 428 – 432, 2008.
- COLLIS, J.; NDUMU, D.; NWANA, H.; LEE, L. The ZEUS Agent Building Tool-kit. Publicado em **BT Technology Journal**, Springer Netherlands, vol. 16, pp 60 – 68, 1998.
- CRAIDE, S. **Número de assinantes de telefonia celular no Brasil já ultrapassa 151 milhões. 2009**. Agencia Brasil. Acessado em 10/2009, disponível em <http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2009/02/18/materia.2009-02-18.3752888527/view>.
- DCMI. **Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1**. 2008.
- FAGUNDES, M. **Um Ambiente para Desenvolvimento de Agentes BDI**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004. Acessado em 05/06/2009, disponível em http://www.inf.ufsc.br/~silveira/INE602200/Artigos/TCC_Moser.pdf.
- FERNANDES, J.; LEMOS, G.; SILVEIRA, G. Introdução à Televisão Digital Interativa: Arquitetura, Protocolos, Padrões e Práticas. Publicado em **Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, JAI-SBC**, Salvador, Agosto de 2004.
- FIPA. **FIPA Agent Software Integration Specification**. 2000.
- FIPA. **FIPA Iteration Protocol Specifications**. 2002.
- FORTE, M.; SOUZA, W.; PRADO, A. Using ontologies and Web services for content adaptation in Ubiquitous Computing. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, 2007.
- FOWLER, M. **UML Distilled**. 2000. Massachusetts. Addison Wesley.
- GLUZ, J.; et al. (2010) The OBAA Proposal for Learning Objects Supported by Agents. Publicado em **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS) 2010 - Multi-Agent Systems for Education and Interactive Entertainment (MASEIE), 2010, Toronto**. Ninth International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS) - Joint International Workshop on Multi-Agent Systems for Education and Interactive Entertainment (MASEIE), 2010
- IBGE. **Domicílios por posse de alguns bens duráveis - Televisão (Percentual) (%)**. 2007. Acessado em 11/2009, disponível em http://www.ibge.gov.br/series_estatisticas/exibedados.php?idnivel=BR&idserie=FED214.

- IEEE, LTSC. **Draft Standard for Learning Object Metadata**, IEEE Standard 1484.12.1. 2002. Nova York, Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- IM, S.; et. al. Design and Implementation of SCORM Content Conversion for DiTV. 2006 Publicado em **International Conference on Hybrid Information Technology**, 2006.
- ISO, IEC. **Norma ISO/IEC 15938-9:2005, Information technology -- Multimedia content description interface -- Part 9: Profiles and levels**. 2005.
- JENNINGS, N.; SYCARA, K.; WOOLDRIDGE, M. A Roadmap of Agent Research and Development. **Journal Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, 1998.
- KLING, R. **A handbook of test construction: introduction to psychometric design**. New York: Methuen & Co, 1986.
- LAAKO, T.; HILTUNEN, T. Adapting Web Content to Mobile User Agents. Publicado em **IEEE Internet Computing**, vol, 9, n. 2, p.46-53, 2005.
- LEACOCK, T.; NESBIT, J. A Framework for Evaluating the Quality of Multimedia Learning Resources. Publicado em **Educational Technology & Society**, vol.10, n. 2, p. 44-59, 2007.
- LIND, J. **Agent Oriented Software Engineering**. 2006. Acessado em 06/2009, disponível em <http://www.agentlab.de/aose.html>.
- MARTÍNEZ, J. **MPEG-7 Overview**. 2004. Acessado em 08/2009, disponível em <http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>.
- MCCLELLAND, M. Metadata Standards for Educational Resources. **IEEE Computer**, 2003.
- MUNKITTRICK; P. Building a foundation for connected learning. **Journal Technological Horizons in Education**, vol. 27, p. 54-56, 2000.
- NASCIMENTO, A. Repositórios no contexto da EaD: O Banco Internacional de Objetos Educacionais. **Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, vol. 15, 2010.
- NESBIT, J; BELFER, K.; VARGO, J. A Convergent Participation Model for Evaluation of Learning Objects. **Canadian Journal of Learning and Technology**, vol. 28, 2002.
- OBAA. **Recomendações de Interoperabilidade**. 2010. Acessado em 04/2010, disponível em <http://www.portalobaa.org/obaac/padrao-obaa/recomendacoes-de-interoperabilidade>.
- ODELL, J. et al. Extending UML for Agents. Publicado em **Agent-Oriented Information Systems Workshop, 17th National conference on Artificial Intelligence**, Austin, 2000.
- POLSANI, P. Use and Abuse of Reusable Learning Objects. Publicado em **Journal of Digital Information**, vol. 3. n. 4, 2003.

- POSLAND, S.; BUCKLE, P.; HANDINGHAM, R. The FIPA-OS Agent Platform: Open Source for Open Standards. Publicado em **Proceedings of the 5th International Conference and Exhibition on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agents**, pp 355 – 368, 2000.
- RAO, A.; GEORGEFF, M. **BDI Agents: From Theory to Practice**. Publicado em **Technical Note 56: Australian Artificial Intelligence Institute**, Abril, 1995.
- REISER, R.; KEGLEMANN, H. Evaluating instructional software: A review and critique of current methods. **Educational Technology Research and Development**, vol. 42, p. 63-69, 1994.
- SACRINI, M. O uso da televisão digital no contexto educativo. **ETD - Educação Temática Digital**, vol. 7, n. 1, 2005.
- SATYANARAYANAN, M. Pervasive computing: vision and challenges. **IEEE Personal Communication**, vol. 8, p.10-17, 2001.
- SERRANO, Mi.; SERRANO, Ma.; LUCENA, C. Framework for Content Adaptation in Ubiquitous Computing Centered on Agent's Interoperability and Collaborative MAS. Publicado em **IV Workshop on Software Engineering for Agent-oriented Systems (SEAS 2008), Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES 2008)**. Campinas, SP, Brasil, p. 1-12, 2008.
- SILVA, M. **TV Digital Interativa: Uma janela educativa com perspectiva no sujeito da ação**. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba, 2008. Acessado em 10/2009, disponível em [http://www.ce.ufpb.br/ppge/Teses/teses08/MARIA%20DAS%20GRA%C7AS%20AMARO%20DA%20SILVA/A%20Tese%20Final%20\(Revisada\)%20julho%202008.pdf](http://www.ce.ufpb.br/ppge/Teses/teses08/MARIA%20DAS%20GRA%C7AS%20AMARO%20DA%20SILVA/A%20Tese%20Final%20(Revisada)%20julho%202008.pdf).
- SILVA, J.; VICCARI, R. Relacionando a Televisão Digital Interativa com o conceito de Objetos de Aprendizagem: conceitos, aspectos históricos, e perspectivas. Publicado em **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, 2009.
- SIMIONI. et al. Projeto OBAA - Relatório Técnico RT-OBAA-02 – Grupo Video e Áudio – Mecanismos para criação de conteúdo interoperável entre Web, TV Digital e Móveis, Impacto de diferentes modelos de metadados na integração de tecnologias para Web, TV Digital e Móvel. 2009. UFRGS/CINTED. Acessado em 12/2009, disponível em http://www.portalobaa.org/obaac/padrao-obaa/relatorios-tecnicos/013_RT-OBAA-02.pdf/view.
- VICCARI, R. et al. Projeto OBAA - Relatório Técnico RT-OBAA-01 - Proposta de Padrão para Metadados de Objetos de Aprendizagem Multiplataforma. 2009. UFRGS/CINTED. Acessado em 12/2009, disponível em: <http://www.portalobaa.org/obaac/padrao-obaa/relatorios-tecnicos/RT-OBAA-01.pdf/view>.
- WILEY, David A. Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, A Metaphor, and A Taxonomy. 2001. In: WILEY, D. **The Instructional Use of Learning Objects: Online Version**. Acessado em 06/2009, disponível em <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>.

WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. Agent Theories, Architectures, and Languages: A Survey. Publicado em **Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages**, Amsterdam, p. 1-32, 1994.

WOOLDRIDGE, M. **An Introduction to MultiAgent Systems**. 2002. John Wiley & Sons Ltd, paperback.