



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA - PPGI**

**ROAD: REPOSITÓRIO SEMÂNTICO DE OBJETOS DE
APRENDIZAGEM PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Fabio Teixeira Franciscato

Santa Maria - RS, Brasil

2010

ROAD: REPOSITÓRIO SEMÂNTICO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS

por

Fabio Teixeira Franciscato

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em
Informática da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para obtenção do grau de

Mestre em Ciência da Computação

Orientador: Dra. Roseclea Duarte Medina

Santa Maria - RS, Brasil

2010

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Informática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de
Mestrado

**ROAD: REPOSITÓRIO SEMÂNTICO DE OBJETOS DE
APRENDIZAGEM PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS**

elaborada por

Fabio Teixeira Franciscato

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Ciência da Computação

BANCA EXAMINADORA:

Roseclea Duarte Medina, Dr^a. (UFSM)
(Presidente / Orientadora)

Giovani Rubert Librelotto, Dr. (UFSM)
(Examinador)

Adriana Soares Pereira, Dr^a. (UNIFRA)
(Examinadora)

Santa Maria, 20 de Abril de 2010.

DEDICATÓRIA

**À minha mãe e ao meu pai,
pelo amor, pela paciência e
por todos os momentos em
que estiveram ao meu lado
nesta jornada.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade desta vida repleta de alegrias e realizações.

À Professora Dra. Roceclea Duarte Medina, por sua orientação e amizade, e por esse tempo de convivência que muito contribuiu para o meu crescimento científico e intelectual.

Ao Professor Dr. Giovani Rubert Librelotto pela ajuda na reta final desta Dissertação.

Aos meus colegas do Mestrado, especialmente Patrícia Mozzaquatro, Patric Ribeiro, Fernando Beux, Jaziel Lôbo e Josiane Kroll pelos momentos de descontração.

A minha mãe e pai que sempre estiveram ao meu lado, nos momentos bons e ruins.

Ao meu irmão, cunhada e sobrinho que, mesmo sabendo da minha falta de tempo, alugavam-me por horas no telefone.

A minha super namorada Marciele que aguentou firme e forte esse tempo ao meu lado.

Ao meu primo Leonardo pela ajuda para tirar as fotografias dos dispositivos móveis.

EPÍGRAFE

Quando se vê, já são seis horas!
Quando se vê, já é sexta-feira...
Quando se vê, já terminou o ano...
Quando se vê, perdemos o amor da nossa vida.
Quando se vê, já passaram-se 50 anos!
Agora é tarde demais para ser reprovado.
Se me fosse dado, um dia, outra oportunidade, eu nem olhava o relógio.
Seguiria sempre em frente e iria jogando,
pelo caminho, a casca dourada e inútil das horas.
Desta forma, eu digo:
Não deixe de fazer algo que gosta, devido à falta de tempo,
pois a única falta que terá,
será desse tempo que infelizmente não voltará mais.
(Mário Quintana)

RESUMO

Programa de Pós Graduação em Informática
Universidade Federal de Santa Maria

ROAD: REPOSITÓRIO SEMÂNTICO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS

Autor: Fabio Teixeira Franciscato
Orientadora: Dra. Roseclea Duarte Medina

Muitos sistemas Web estão sendo adaptados para execução e visualização em dispositivos móveis. Objetos de Aprendizagem (OA) não fogem a essa regra e são muito utilizados como recurso pedagógico no contexto da *Mobile Learning*. Todavia, um dos principais problemas da Web continua a existir também na Web móvel. A falta de significado e estrutura atrelada às informações prejudica a realização de consultas eficientes e específicas. No cenário desta dissertação, essa limitação prejudica a recuperação de Objetos de Aprendizagem específicos para as necessidades educacionais dos usuários. Nesse sentido, quando esses OA são consultados, através de dispositivos móveis, a limitação é potencializada pela falta de padronização tanto em *hardware* quanto em *software* desses dispositivos. Com o objetivo de suprir tais restrições, nesta dissertação, foi proposto um repositório de Objetos de Aprendizagem - o ROAD – o qual aplica os padrões da Web Semântica para melhor estruturar o contexto dos OA, adicionando a semântica desejada aos mesmos, utilizando-se principalmente do conceito de Ontologias. Além desses padrões, o ROAD faz uso de tecnologias que permitem a identificação do dispositivo móvel de acesso, para assim, filtrar os OA em função das características tecnológicas de cada dispositivo móvel. O contexto de utilização do ROAD é baseado em dois módulos: o ROAD como apoio à sala de aula presencial, o qual aproveita a disponibilidade dos alunos terem dispositivos móveis em sala de aula, a fim de que os utilizem nos para um processo de ensino/aprendizagem; e, o ROAD como acesso livre aos Objetos de Aprendizagem, que baseia-se nas potencialidades que a M-Learning proporciona, ou seja, sua utilização independente de local e hora, oferecendo a possibilidade de o usuário até estar em deslocamento.

Palavras-chave: m-learning; web semântica; repositório de objetos de aprendizagem; dispositivos móveis, ROAD.

ABSTRACT

Post Graduation Program in Computer Sciences
Federal University of Santa Maria

ROAD: SEMANTIC REPOSITORY OF LEARNING OBJECTS FOR MOBILE DEVICES

Author: Fabio Teixeira Franciscato
Advisor: Roseclea Duarte Medina

Many Web systems are being adapted for execution and visualization in mobile devices. Learning Objects (LO) are no exception and are largely used as a pedagogic resource in the context of M-Learning. However, one of the main problems of the regular Web is also found in the mobile Web. The loss of meaning and structure related to the information prevents the realization of efficient and specific consults. In the scenario of this dissertation these limitations have prevented the recuperation of specific Learning Objects for the users' educational necessities. Furthermore, when these Learning Objects are consulted through mobile devices, the limitation is maximized by the loss of standardization in these devices, either related to hardware or to software. With the objective of minimizing these restrictions, a Learning Objects repository is proposed in this dissertation - ROAD, which applies the standards of Semantic Web in order to better structure the context of the LOs by adding the intended semantic to them, specifically using the concept of Ontologies. Beyond those standards, the ROAD uses technologies that allow the identification of the mobile device being used for access so to the LO can be filtered according to the technological characteristics of the mobile device. The context of use of the ROAD will be based on two modules: ROAD as a support for the traditional classroom, which will utilize the students' mobile devices available in class as a tool in the teaching/learning process; and, the ROAD as free access to the Learning Objects based on the potentialities offered by the M-Learning, which allows a utilization that does not depend on place or time and can be accessed by a user on the go.

Key words: m-learning, semantic web, learning-objects repository, mobile devices, ROAD.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplo de Ontologia para o planeta Terra (LIBRELOTTO, 2005).	28
Figura 2. Arquitetura em camadas da Web Semântica (BERNERS-LEE, 2001).....	31
Figura 3. Grafo correspondente à visão RDF do Quadro 2.	35
Figura 4. Grafo RDF com recurso identificado por URI.	36
Figura 5. Elementos e a estrutura do IEEE LOM (IMS, 2004).	40
Figura 6. Crescimento do número de dispositivos móveis no mundo (ITU, 2009). ..	42
Figura 7. Características dos dispositivos móveis (HULME, 2005).	48
Figura 8. Exemplo de Objeto de Aprendizagem (MARIN, 2007).	52
Figura 9. Exemplos de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis.	53
Figura 10. Ontologia para Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis.	70
Figura 11. Tela da Ferramenta Protégé apresentando a hierarquia da Ontologia e algumas das restrições da classe ObjetoAprendizagem.	73
Figura 12. Diagrama de Caso de Uso para o módulo do ROAD em auxílio a sala de aula presencial	75
Figura 13. Diagrama de Caso de Uso para o módulo do ROAD de acesso livre a OA	76
Figura 14. Diagrama de Atividade	77
Figura 15. Diagrama de Atividade	78
Figura 16. Arquitetura do ROAD	79
Figura 17. Consulta sob a Ontologia no Protégé, utilizando SPARQL.	82
Figura 18. Tela inicial do ROAD.	85
Figura 19. Tela de acesso ao ROAD.....	85
Figura 20. Definindo conteúdo e a turma para aula	86
Figura 21. Tela apresentado a escolha da opção disciplina.....	86
Figura 22. Tela inicial apresentada ao aluno.....	87
Figura 23. Tela de acesso ao OA.....	87
Figura 24. Tela de pesquisa no acesso ao módulo livre do ROAD.	88
Figura 25. Tela que apresenta os resultados da pesquisa pelos OA.	88
Figura 26. Funções diferenciadas no ROAD.	88
Figura 27. Informações do OA.	88
Figura 28. OA de mesma equipe.....	89

Figura 29. OA da mesma Instituição.	89
Figura 30. Acesso ao BIOE através da utilização do dispositivo móvel HTC Magic.	91
Figura 31. Campo de consulta do BIOE não apresentado no BlackBerry 9000.	91
Figura 32. Resultados encontrados a partir da consulta por “Função quadrática”. ...	92
Figura 33. Resultado encontrado a partir da consulta por “Função do 2º grau”.	92
Figura 34. Resultado da consulta no ROAD, através do iPhone 3G, em comparação com os resultados do BIOE.	94
Figura 35. Resultado da consulta no ROAD, através do HTC Magic, em comparação com os resultados do BIOE.	94
Figura 36. Filtragem dos OA no dispositivo iPhone 3G.	95
Figura 37. Filtragem dos OA no dispositivo HTC Magic.	95
Figura 38. Filtragem dos OA no dispositivo BlackBerry 9000.	96
Figura 39. Filtragem dos OA no dispositivo Samsung Jet S8003.	96
Figura 40. Parte inicial da Ontologia de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis codificada em OWL.	114
Figura 41. Execução do OA “Área de um retângulo inscrito em um triângulo” no iPhone 3G.	115
Figura 42. Continuidade da execução do OA “Área de um retângulo inscrito em um triângulo” no iPhone 3G.	115
Figura 43. Execução do OA “Interseção parabolóide/superfície obtida girando-se o gráfico de $f(x) = \text{sen}(x)$ ” no iPhone 3G.	115
Figura 44. Execução do OA “Interseção “Toro Enrolado”/Parabolóide Hiperbólico” no iPhone 3G.	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Diferenças entre Dado, Informação e Conhecimento.....	25
Quadro 2. Declarando Objeto de Aprendizagem na forma de Triplas.....	35
Quadro 3. Comparativo entre repositórios em relação às categorias de OA.	56
Quadro 4. Comparativo entre repositórios de OA em relação à categoria Vídeo.....	57
Quadro 5. Comparativo entre repositórios de OA em relação à categoria Figuras. ..	58
Quadro 6. Comparativo entre repositórios de OA em relação à categoria Áudio.....	59
Quadro 7. Comparativo entre repositórios de OA em relação à categoria Animação e Simulação.....	59
Quadro 8. Metadados utilizados para anotar OA para dispositivos móveis.	67
Quadro 9. Restrições em atributos e relações para Objetos de Aprendizagem.....	72
Quadro 10. Representação em formato de tripla.	81
Quadro 11. Restrições para a classe disciplina.....	113
Quadro 12. Restrições para a classe Módulo.....	113
Quadro 13. Restrições para a classe Tópico.....	113
Quadro 14. Restrições para a classe Equipe	113
Quadro 15. Restrições para a classe Instituição	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- API:** Application Programmers Interface
- BIOE:** Banco Internacional de Objetos Educacionais
- CESTA:** Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem
- DC:** Dublin Core
- HTML:** Hyper Text Markup Language
- LOM:** Learning Object Model
- LTSC:** Learning Technology Standards Committee
- LUME:** Repositório Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- MERLOT:** Multimedia Educational Resource for learning and Online Teaching
- OA:** Objetos de Aprendizagem
- OWL:** Ontology Web Language
- PDA:** Personal Digital Assistants
- PHP:** PHP Hypertext Language
- RAP:** RDF API for PHP
- RDF:** Resource Description Framework
- RDF *Schema*:** - Resource Description Framework *Schema*
- RIVED:** Rede Interativa Virtual de Educação
- ROAD:** Repositório de Objetos de Aprendizagem para Dispositivos Móveis
- URI:** Universal Resource Identifiers
- URL:** Uniform Resource Locator
- W3C:** World Wide Web Consortium
- Web:** World Wide Web
- WISC:** Wisconsin Online Resource Center
- XML:** Extensible Markup Language

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A.....	113
ANEXO B.....	114
ANEXO C.....	115

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Problema de Pesquisa	18
1.2	Objetivos e Contribuições	21
1.3	Organização do Texto.....	22
2	DADO, INFORMAÇÃO e CONHECIMENTO	23
2.1	Ontologias.....	25
2.2	Web Semântica.....	29
2.2.1	Estrutura da Web Semântica	31
2.2.1.1	Unicode / URI	31
2.2.1.2	XML / NS / XML Schema.....	32
2.2.1.3	RDF / RDF Schema.....	33
2.2.1.4	Ontology Vocabulary	37
2.2.1.5	Logic / Proof / Trust	38
2.3	Metadados	39
3	COMPUTAÇÃO MÓVEL	42
3.1	<i>Mobile Learning</i>	43
3.2	Dispositivos móveis.....	47
4	OBJETOS DE APRENDIZAGEM	50
4.1	Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis.....	53
4.2	Repositório de Objetos de Aprendizagem.....	54
5	MÉTODO DE PESQUISA	61
6	ROAD – REPOSITÓRIO SEMÂNTICO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS	65
6.1	Web Semântica e OA para Dispositivos Móveis	66
6.1.1	Metadados para OA para dispositivos móveis.....	67
6.1.2	Ontologia para OA para dispositivos móveis	68
6.2	Descrição do Sistema	74
6.3	Arquitetura e Implementação do Sistema	79
6.4	Funcionamento	85
6.4.1	ROAD em auxílio à sala de aula presencial.....	85
6.4.2	ROAD para acesso livre aos Objetos de Aprendizagem	87

6.5	Validação	89
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
7.1	Trabalhos Futuros	100
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

1 INTRODUÇÃO

Diante das atuais necessidades de locomoção dos profissionais e estudantes e a grande exigência de capacitação e atualização desses, faz-se necessário a criação de mecanismos que os possibilitem a continuidade de um processo de ensino/aprendizagem, mesmo estando fora da empresa ou da instituição de ensino (PELISSOLI, 2004). A opção mais utilizada para suprir essas necessidades é a *Electronic Learning (E-Learning)*, ou seja, um tipo ou modalidade da Educação a Distância (EaD) que é baseado nas tecnologias da Internet, onde a aprendizagem ocorre remotamente (GONÇALVES, 2007), com maior flexibilidade temporal e espacial.

A *E-Learning*, embora bastante flexível, ainda exige que o aluno tenha acesso a um computador que esteja conectado a uma rede que disponha de acesso à Internet. Entretanto, muitos profissionais e estudantes consomem muito de seu tempo diário longe de seu local de trabalho ou instituição de ensino, e uma boa parte desse tempo é perdida com períodos ociosos, como por exemplo, em viagens de ônibus, de aviões. As limitações da *E-Learning* restringem ou impedem que esses profissionais e estudantes possam utilizar desses tempos vagos para um processo de ensino/aprendizagem. Por esse motivo, faz-se necessário a criação de artifícios que permitam o aprendizado contínuo através da utilização de tecnologias móveis.

As tecnologias móveis estão transformando os hábitos, as práticas e as possibilidades das pessoas, permitindo-lhes desprenderem-se dos limites das plataformas *Desktop* e aproveitar dessa mobilidade para fazer algo que antes não era possível. Tal mobilidade do usuário, quando aliada a uma execução computacional, determina a Computação Móvel (AUGUSTIN, 2004) e, quando essa é utilizada para um processo de ensino/aprendizagem, tem-se um novo paradigma na educação – a Educação Móvel, mais conhecida como *Mobile Learning* ou *M-Learning* – a qual reforça o *anywhere, anytime Learning* (MOTLIK, 2008).

Diversas pesquisas como em (BLACKWOOD, 2004), (LIU, 2008), (RIBEIRO, 2009), (MOZZAQUATRO, 2009) (REINHARD, 2007) (GRAZIOLA, 2008), (ECONOMIDES, 2008), entre outros, apresentam abordagens para a criação de novas aplicações e novas oportunidades de aprendizagem nesse novo paradigma educacional, Objetos de Aprendizagem¹ (OA) não fogem a essa regra. A combinação de características da *M-Learning* com as características de OA pode produzir uma poderosa ferramenta para suportar aprendizagem a qualquer hora e lugar (CASTILLO, 2008). Seguindo essa perspectiva, o estudante tem a seu favor toda a interatividade proporcionada por esse recurso pedagógico aliado às vantagens da mobilidade, permitindo, assim, progredir seu estudo conforme seu ritmo de aprendizagem. Entretanto, além das possibilidades, também são encontradas dificuldades, as quais podem desmotivar a utilização de Objetos de Aprendizagem através de tecnologias móveis.

Para acesso aos recursos didático-pedagógicos digitais utilizados na prática da *M-Learning*, no caso desta dissertação os OA, é necessário a utilização de dispositivos móveis, tais como celulares, *Person Digital Assistants* (PDAs), *Smartphones*. No entanto, diferentemente das Plataformas *Desktop*, nas quais as configurações de *hardware* e *software* pouco sofrem com limitações, os dispositivos móveis apresentam limitações em ambas as categorias. Isso pode prejudicar ou inviabilizar a execução de OA e, essa limitação, é potencializada pelo tempo desperdiçado pelo usuário para localizar OA aptos a serem executados no dispositivo móvel de acesso.

Outra dificuldade encontrada na recuperação de Objetos de Aprendizagem está relacionada ao contexto educacional, isto é, como esses OA estão atrelados a um conteúdo educativo e podem ser utilizados como suporte para o ensino, é necessário que possam ser encontrados facilmente para serem utilizados. Todavia, diante da maneira como esses OA são catalogados e estruturados e diante das tecnologias utilizadas no processo de busca dos repositórios desses, os resultados das consultas são, na maioria das vezes, imprecisos. Isso implica ao usuário a prática de procurar um a um os OA até encontrar os que satisfaçam suas necessidades. Tanto essas limitações sobre o contexto educacional quanto às

¹ Quaisquer recursos digitais que possam ser reutilizados para o suporte ao ensino (WILEY, 2002)

relacionadas às características de *hardware* e de *software* são entraves para a expansão da *M-Learning*.

As limitações mencionadas quanto à localização e recuperação de Objetos de Aprendizagem estão relacionadas diretamente às limitações da Web atual, pois, as informações que descrevem os OA estão apresentadas e estruturadas pela linguagem de marcação *Hiper Text Markup Language* (HTML), que é restrita para apresentação de conteúdos na Web. Isso dificulta a extração das informações e inviabiliza sua interpretação pelos computadores, pois, através dessa tecnologia, palavras de significados diferentes não serão diferenciadas. Nesse sentido, a falta de uma semântica desejada, mesmo que com a utilização de metadados² para descrever os OA, é responsável pela grande quantidade de resultados desprezíveis provindos das pesquisas realizadas. (ARAUJO, 2004b).

As tecnologias necessárias para incluir a semântica desejada estão relacionadas à utilização dos padrões da Web Semântica. Essa é uma evolução da Web atual, e que visa fornecer estrutura e significado aos conteúdos das páginas Web, permitindo às máquinas tornarem-se capazes de processar e compreender os dados ao invés de apenas exibí-los (BERNERS-LEE, 2001).

Esta dissertação não teve como objetivo a criação de OA para dispositivos móveis, mas, sim, apresentar uma maneira de recuperá-los sob as questões levantadas, isto é, permitir pesquisas que encontrem apenas OA que possam ser executados no dispositivo móvel do usuário e que estejam relacionados ao contexto educacional desejado. Para isso, foi criado o ROAD, um **R**epositório **S**emântico de **O**bjetos de **A**prendizagem para **D**ispositivos **M**óveis.

1.1 Problema de Pesquisa

Objetos de Aprendizagem são utilizados como recurso pedagógico que objetivam facilitar o processo de ensino/aprendizagem (TAVARES, 2007). Porém, a execução desses OA, na maioria das vezes, se limita apenas ao acesso em Plataformas *Desktops*. Quando acessados em dispositivos móveis, a maioria dos OA

² Dados sobre os dados (ROSENFELD, 1998).

não executam apropriadamente ou simplesmente não estão aptos a serem executados devido as suas limitações (OLIVEIRA, 2008). Essas limitações acabam por desestimular o emprego de OA na prática da *M-Learning* no processo educacional, fazendo com que esse novo paradigma de acesso independente de local seja “deixado de lado”.

A *M-Learning*, além de sua utilização independente de local, também pode ser utilizada em sala de aula presencial, ou seja, aproveita-se da disponibilidade de a maioria dos alunos terem dispositivos móveis para sua utilização no auxílio ao processo de aprendizagem. Com isso, evita-se a perda de tempo com deslocamento de alunos até laboratórios de informática, que nem sempre estão disponíveis ou são insuficientes para a demanda, ou até mesmo inexistentes em muitas escolas (SIMÃO, 2007).

Entretanto, mesmo nas Plataformas *Desktop*, a utilização de OA não ocorre como o almejado, pois existe uma grande dificuldade em recuperar OA específicos para determinado conteúdo educacional nos repositórios atuais, o que acaba por desmotivar seu uso, tanto por professores em sala de aula presencial quanto por alunos como recurso extraclasse.

Já existem diversas pesquisas nesta área focando os problemas dos repositórios atuais e apresentando possíveis soluções para aperfeiçoar a recuperação dos OA, como apresentado em (WARPECHOWSKI, 2005), (NASH, 2005), (SILVA, 2005), (MATTOS, 2006), (KIRYAKOV, 2005), entre outros. Contudo, nas pesquisas citadas, não são apresentadas estruturas que permitam que OA estejam conectados entre si ou contextualizados semanticamente, o que se faz necessário para obter informações precisas e satisfatórias sobre esses OA. Desse modo, pode-se criar uma estrutura que permita, não somente aos humanos, a compreensão do domínio da aplicação, mas também aos computadores, possibilitando, assim, o compartilhamento das informações entre sistemas e comunidades.

Os Repositórios de OA utilizados nesta dissertação para levantamento de requisitos e comparações com o ROAD são conhecidos internacionalmente. São eles: MERLOT (1997), WISC (2001), RIVED (2004) e BIOE (2008). Há outros que são conhecidos sob a perspectiva nacional: LUME (2007) e CESTA (2004) e todos os repositórios pesquisados não consideram as possibilidades e potencialidades da

M-Learning, que, neste caso, referem-se à utilização de Objetos de Aprendizagem através de dispositivos móveis.

Os repositórios citados não proporcionam, como desejado, uma apresentação que evite esforços de navegação (evitando a utilização de lupas/*zoom* para visibilidade das informações) e de consultas precisas por OA (evitando esforços na localização e recuperação de OA). Nesses repositórios, o próprio usuário deverá, um a um, encontrar OA que estejam aptos a serem executados em seu dispositivo móvel e que estejam de acordo com o contexto educacional desejado. Aqui, cabe ressaltar que o acesso a dispositivos móveis se dá de maneira mais lenta devido a suas limitações de *hardware*, o que pode levar o usuário a desistir facilmente da utilização de OA devido ao tempo necessário/gasto para sua localização.

O principal problema na execução dos OA, através de dispositivos móveis, refere-se às limitações destes em relação ao *hardware* e ao *software*. Por exemplo, um OA da categoria de vídeos no formato “MOV” não será executado em qualquer dispositivo móvel, devido a suas limitações e incompatibilidades. Portanto, esse OA específico não deve ser retornado em uma pesquisa feita através de um dispositivo móvel incapaz de executar tal formato. Porém, diferentemente de plataformas *Desktop*, as quais possibilitam a instalação de ferramentas para recuperar informações do computador, os dispositivos móveis limitam-se a informações provindas basicamente do *browser*, informações essas que limitam o propósito de filtrar OA em relação às características dos dispositivos móveis. E, essas características, na maioria das vezes, vêm estipuladas de fábrica, não podendo o utilizador instalar programas/*plugins* necessários para executar determinado tipo de arquivo.

Tendo em vista o que foi apresentado, surge o problema: como solucionar a recuperação de Objetos de Aprendizagem específicos para um determinado conteúdo educacional e como fazer com que esse OA esteja apto para ser executado no dispositivo móvel do usuário?

1.2 Objetivos e Contribuições

Considerando o problema de pesquisa, o objetivo desta dissertação foi propor o ROAD, um Repositório de Objetos de Aprendizagem para Dispositivos Móveis baseado nos padrões da Web Semântica. Tal repositório fornece a capacidade de organizar, estruturar, compartilhar e padronizar OA, possibilitando o entendimento do contexto desses não somente por humanos, como também por computadores. Além dessas características, o ROAD permite a realização de buscas automáticas e invisíveis ao usuário, quando baseadas nas características do dispositivo móvel de acesso.

O ROAD é baseado em dois módulos: O ROAD em auxílio à sala de aula presencial e o ROAD como acesso livre aos Objetos de Aprendizagem. O primeiro é utilizado para que professores, em ambientes de aula presencial, possam definir exclusivamente o conteúdo desejado para apresentar em sua aula. Os alunos, por sua vez, através do ROAD, têm acesso somente aos OA encontrados que tenham relação ao conteúdo informado pelo professor e que possam ser executados em seu dispositivo móvel.

O ROAD, como acesso livre aos Objetos de Aprendizagem, independe do tipo de usuário e localização para acesso. O usuário irá informar um conteúdo específico e a ele será(ão) retornado(s), unicamente, o(s) OA relacionado(s) a esse conteúdo e que possa(m) ser executado(s) em seu dispositivo móvel. Além disso, outro diferencial para esse módulo refere-se às pesquisas adicionais que permitem, a partir de um OA escolhido, pesquisas relacionadas a OA criados pela mesma equipe e a OA mantidos/patrocinados pela mesma Instituição. Também é possível ter acesso a informações adicionais sobre cada um desses OA.

Desta forma, espera-se contribuir significativamente com a *M-Learning* através da criação de um Repositório Semântico de Objetos de Aprendizagem para acesso e consulta através de dispositivos móveis, que permite realizar consultas específicas por OA filtrados em função das características tecnológicas de cada dispositivo de acesso. Além disso, espera-se contribuir com o compartilhamento de informações, entre pessoas e/ou agentes de *software*, sobre o contexto proposto de OA para dispositivos móveis.

1.3 Organização do Texto

Esta dissertação, além desta introdução, é dividida em sete Capítulos, cujos conteúdos estão descritos a seguir:

O Capítulo 2 apresenta desde as diferenças básicas entre dado, informação e conhecimento, como a definição de Ontologias e sua ligação com a Web Semântica. Também é apresentado um estudo sobre a Web Semântica, a qual é explicada através de sua arquitetura. Por fim, ainda neste Capítulo, é aprofundado o estudo sobre metadados, que são de extrema importância para descrição de OA.

O Capítulo 3 tem por objetivo abordar o contexto da *M-Learning*, identificando seu surgimento a partir da evolução da Computação Móvel em utilização ao acesso a informação, suas potencialidades e suas limitações voltadas à utilização de dispositivos móveis.

O Capítulo 4 está diretamente ligado ao Capítulo 3, abordando Objetos de Aprendizagem e sua utilização como recurso pedagógico para o *M-Learning*, apresentando estudos relacionados à utilização de OA em dispositivos móveis. Aborda também os repositórios de Objetos de Aprendizagem utilizados como base para definir as funções do ROAD, expondo cada um desses através de uma pesquisa. Na perspectiva dessa pesquisa, os repositórios apresentam OA separados por categorias, por formatos de arquivo e se consideram a resolução de vídeo necessária para sua execução.

O Capítulo 5 apresenta a metodologia utilizada para a criação do ROAD, especificando os estudos e as pesquisas necessárias, como também as ferramentas utilizadas para a criação, implementação e validação do ROAD.

O Capítulo 6 aborda o desenvolvimento do ROAD através da utilização dos padrões da Web Semântica sob o contexto de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis, especificando os metadados utilizados para descrever esses OA e a definição da Ontologia para esse contexto. Também apresenta a descrição do sistema, a arquitetura, a implementação, seu funcionamento e sua validação através de dispositivos móveis de fabricantes e Sistemas Operacionais diferentes.

Por fim, o Capítulo 7 traz as considerações finais obtidas com o desenvolvimento da pesquisa e trabalhos futuros.

2 DADO, INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO

A Internet está vivenciando, nos dias atuais, a era da Web 2.0. É a Web como plataforma (O'REILLY, 2005), na qual os aplicativos aproveitam a inteligência coletiva³ para crescer e se aperfeiçoarem, onde o usuário pode criar e expor informações facilmente. Essas informações estão crescendo com grande intensidade e de forma desordenada, e segundo o Google (GOOGLE, 2008), já existe um trilhão de páginas indexadas ao seu sistema de busca. Diante desse contexto, surge a pergunta: como encontrar a informação desejada diante dessa quantidade de informações? Para isso, existem as ferramentas de busca, que, a partir da combinação de palavras-chave, informadas pelo usuário, são retornados todos os sites que as contenham. Todavia, elas não diferenciam o seu contexto (ALMEIDA, 2007), ou seja, palavras de escritas iguais e significados distintos não são diferenciadas, o que pode gerar milhões de resultados além do necessário.

Portanto, fica a cargo do usuário procurar pela informação desejada entre os possíveis milhões de sites encontrados. Quais seriam as soluções possíveis para esse problema? Poderia a máquina interpretar as informações e apresentar somente o que se procura? Poderia a máquina diferenciar palavras polissêmicas⁴? Essas e outras questões serão apresentadas durante esta dissertação, mas, antes, faz-se necessário realizar a diferenciação de Dado, Informação ou Conhecimento.

Antes de definir o que é Dado e Informação, para um melhor entendimento, é apresentada uma contextualização desses conceitos sob um exemplo do cotidiano das pessoas (DAVENPORT, 2000).

Quando um cliente vai até um posto de gasolina e enche o tanque de seu carro, essa transação pode ser parcialmente descrita por dados. Quando ele fez isso? Quantos litros ele colocou? Quanto ele pagou? Os dados não dizem nada sobre o motivo de ele ter escolhido tal posto de gasolina e não outro. Por si só, esses dados não dizem nada sobre se o serviço foi bom ou

³ É uma inteligência distribuída por toda a parte, incessantemente valorizada, coordenada em tempo real, que resulta em mobilização efetiva das competências (LEVY, 2003)

⁴ Palavras que possuem mesma pronúncia e grafia, porém significados diferentes (MULLER, 2003)

ruim. O que sugere que dados por si só tem baixa relevância ou propósito. [...] dados descrevem somente uma parte do que está acontecendo. Sozinhos, esses não tem significado, mas são essenciais na criação da informação.

Relacionado com a Ciência da Computação, área desta dissertação, Dado, segundo Miranda (1999), é o conjunto de registros qualitativos ou quantitativos conhecidos que, organizado, agrupado, categorizado e padronizado adequadamente, transforma-se em informação. Pode-se perceber que, mesmo sem a definição de Informação, ambos, necessariamente, devem apresentar diferentes definições, já que, é a partir dos dados que se geram informações. Mas como gerar informação a partir dos dados?

Primeiramente, é necessário entender que Informação tem por objetivo causar algum tipo de impacto no comportamento e/ou julgamento de quem a recebe (DAVENPORT, 2000), pois, diferentemente de Dado, Informação tem significado, relevância e propósito. Dado é transformado em informação quando a este é adicionado significado, isto é, Dado transforma-se em Informação quando está contextualizado, categorizado. Para Miranda (1999), Informação, na área da Ciência da Computação, são dados organizados e analisados de modo significativo, os quais servem de subsídio na tomada de decisão.

Percebe-se claramente, através dos conceitos citados, a diferença entre Dado e Informação. Ao relacionar esses termos com o tema desta dissertação, necessariamente, define-se Dado com relação à sintaxe e Informação com relação à semântica. Nesse contexto, seria o computador capaz de formalizar, através de uma teoria lógico/matemática, uma informação, já que Informação está relacionada a significado e este relacionado à mente humana? Contudo, antes é necessário entender o conceito de Conhecimento, já que está diretamente ligado ao Dado e à Informação.

O Conhecimento é teoricamente subjetivo, é a informação que possui contexto, é relevante e acionável. O Conhecimento é internalizado, é moldado pelas percepções e experiências do conhecedor. Está relacionado com a pragmática (TURBAN, 2004) (HEY, 2004) (SETZER, 2004) e deriva da informação como informação deriva dos dados (DAVENPORT, 2000).

Davenport (*apud* VALENTIN, 2002) explica a definição de Dado, Informação e Conhecimento de forma breve, através do Quadro 1, apresentando algumas características inerentes a cada um:

Dados, Informação e Conhecimento		
Dados	Informação	Conhecimento
<p>Simple observações sobre o estado do mundo</p>	<p>Dados dotados de relevância e propósito</p>	<p>Informação valiosa da mente humana Inclui reflexão, síntese, contexto</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Facilmente estruturado • Facilmente obtido por máquinas • Frequentemente quantificado • Facilmente transferível 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer unidade de análise • Exige consenso em relação ao significado • Exige necessariamente a mediação humana 	<ul style="list-style-type: none"> • De difícil estruturação • De difícil captura em máquinas • Frequentemente tácito • De difícil transferência

Quadro 1. Diferenças entre Dado, Informação e Conhecimento (VALENTIN, 2002).

Percebe-se que Conhecimento (Quadro 1) apresenta características como: de difícil estruturação, de difícil captura em máquinas e de difícil transferência. Porém, para a proposta desta dissertação, foi necessário encontrar meios de expressar o conhecimento sobre o contexto de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis, e assim, permitir a criação do ROAD sob padrões da Web Semântica, como será visto ainda nesse Capítulo. A seguir, serão apresentadas formas de formalizar e compartilhar o conhecimento humano utilizando Ontologias, que são as formas de organização do conhecimento mais aceitas e utilizadas pela comunidade atualmente (MOREIRA, 2004).

2.1 Ontologias

Diante do que foi visto no início deste Capítulo sobre a quantidade expressiva de informações, tem-se conferido uma importância significativa às técnicas de organização da informação. Diversos tipos de estruturas são utilizados na organização dessas: estruturas que se organizam a partir da utilização de termos, como glossários e dicionários; estruturas que se organizam com a classificação e a criação de categorias, como taxonomias; estruturas que se organizam a partir de conceitos e de seus relacionamentos, como as Ontologias, os *thesaurus* e as redes semânticas (BAX, 2003).

Nos últimos anos, Ontologias têm recebido atenção especial na organização de conteúdos em fontes de dados, principalmente após sua especificação na estrutura da Web Semântica. Sua utilização na área da Ciência da Computação tornou-se frequente no início dos anos 90, em projetos para organização de grandes bases de conhecimento (MOREIRA, 2004) e foi definido por Gruber (1993) como “uma especificação explícita de uma conceitualização”. Conceitualização representa uma visão abstrata e simplificada do mundo. Também se refere a grupo de objetos, conceitos e outras entidades que se assume existirem em um domínio e os relacionamentos entre eles (GENESERETH, 1987).

Ontologias foram interpretadas de maneiras diferentes por diversos autores, como apresenta Guarino (1995). Entretanto, a definição mais aceita e utilizada é a definição de Gruber (1993), todavia, esta ainda não satisfaz algumas questões da área da Ciência da Computação. Nesse sentido, a definição de Borst (1997) é a que melhor se encaixa no contexto desta dissertação. Para esse autor, Ontologia é “uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada”. Para essa definição, “formal” significa legível para computadores, “especificação explícita” está relacionada a conceitos, propriedades, axiomas explicitamente definidos; “compartilhado” está relacionado ao conhecimento consensual; e “conceitualização”, como já mencionado, diz respeito a um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo real.

Uschold (1996) afirma que uma Ontologia pode ter uma variedade de formas, mas necessariamente tem que incluir um vocabulário de termos e uma especificação de seus significados. Nesse contexto, vocabulário são conjuntos de termos que descrevem as entidades e as relações entre elas. No vocabulário todos os termos têm definição não redundante e sem ambiguidade (CARDOSO, 2007). Além de uma

variedade de formas, Ontologias podem ser utilizadas em contextos variados para diversas finalidades. Noy (2001) especifica algumas delas:

- partilhar o entendimento comum da estrutura da informação entre pessoas ou agentes *software*;
- permitir a reutilização do conhecimento do domínio;
- tornar explícitas as suposições do domínio;
- separar conhecimento do domínio do conhecimento operacional;
- analisar o conhecimento do domínio.

Para este trabalho, a utilização de Ontologias permite o compartilhamento do vocabulário criado no contexto de OA para dispositivos móveis entre comunidades, sejam elas, de seres humanos ou de agentes de *software*. Também teve a finalidade de definir e organizar apropriadamente os conceitos, relações e restrições, contribuindo para um ganho de expressividade e flexibilidade, uma vez que, o repositório proposto, não se restringe a termos e palavras-chave como nos mecanismos de busca, mas à estrutura e conceitos definidos.

Uma questão crucial para esta dissertação foi compreender como uma Ontologia formaliza o conhecimento. Noy (2001) e Librelotto (2005) apresentam os componentes necessários para isso:

- Conceitos (classes) – trata-se da representação de algo, ou de qualquer coisa, acerca do domínio em questão.
- Propriedades de um conceito - também denominados de atributos.
- Relacionamentos - são as interligações entre os conceitos do domínio.
- Axiomas - representam as condições que irão restringir a interpretação dos conceitos e relações.
- Instâncias – concretizações dos conceitos e relações que foram estabelecidas pela ontologia.

Esses conceitos serão aplicados para a criação e especificação da Ontologia de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis, proposta neste trabalho e que será apresentada no Capítulo 6.

Um exemplo de Ontologia, especificando como essa pode ser representada, é apresentado na Figura 1. Essa Ontologia expõe um domínio do planeta Terra, representando uma hierarquia dos conceitos encontrados nesse domínio. As relações estão definidas através de ligações entre os conceitos: os conceitos inferiores são subclasses dos conceitos acima deles e as subclasses herdam as características de suas classes. Por exemplo: pássaros são animais e seres vivos, porém não podem ser considerados como plantas.

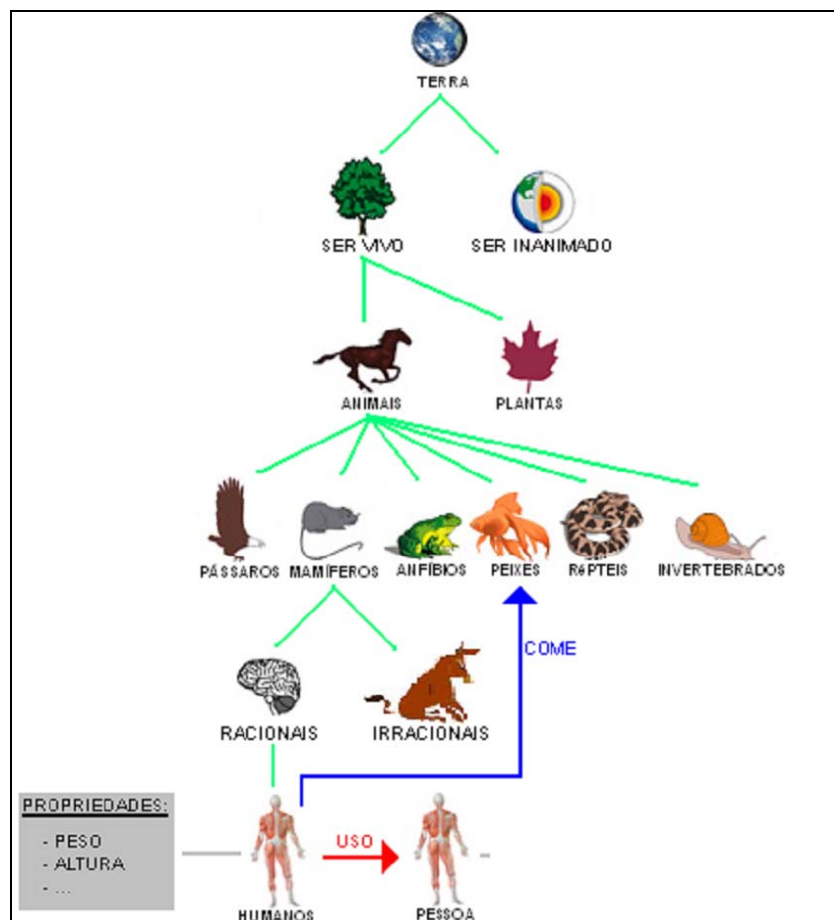


Figura 1. Exemplo de Ontologia para o planeta Terra (LIBRELOTTO, 2005).

Ontologias permitem a inclusão de qualquer tipo de relacionamento admitido em um domínio. Como apresenta a Ontologia da Figura 1, além dos relacionamentos do tipo “é um” (Pássaro é um animal), podem também conter relações de termos relacionados (Humanos e Pessoa) e relações diversas como “come” entre Humanos e Peixes (Humano come Peixe). Também é possível a

inclusão de propriedades, no caso do exemplo, “Humanos” apresentam como propriedade peso e altura. Essas propriedades podem ser especificadas por qualquer tipo de dados.

Ontologias podem ser utilizadas em diversas áreas para diferentes propósitos, porém, sua utilização foi popularizada com a ideia da Web Semântica, introduzida por Berners-Lee (2001). A Web Semântica é uma extensão da Web atual, todavia, proporciona uma estrutura que viabiliza a compreensão e gerenciamento dos conteúdos armazenados na Web, tanto por pessoas como por computadores, independentemente à maneira de apresentação desses, podendo ser som, texto, imagens, animações (FERREIRA, 2006) (HENDLER, 2002).

2.2 Web Semântica

A World Wide Web é um repositório de todos os tipos de informação (HENDLER, 2000), as quais estão estruturadas de modo que possam ser “entendidas” diretamente pelo homem, pois estes reconhecem facilmente o significado apresentado (ARAUJO, 2004a). Contudo, diante do crescimento da Internet em relação à quantidade e complexidade das informações, torna-se imprescindível a utilização de tecnologias capazes de manipular as informações de forma automática, a fim de minimizar o processo no qual os usuários pesquisem, página por página, decidindo se essas satisfazem suas necessidades de pesquisa.

Ainda que tenha sido projetada para possibilitar o fácil acesso, intercâmbio e a recuperação de informações, a Web foi implementada de forma descentralizada e quase anárquica; cresceu de maneira exponencial e caótica e deixa muito a desejar quando precisa-se recuperar aquilo que se tem necessidade. Não há nenhuma estratégia abrangente e satisfatória para a indexação dos documentos nela contidos, e a recuperação das informações, possível por meio dos “motores de busca”, é baseada primariamente em palavras-chave contidas nos documentos, o que é muito pouco eficaz (SOUZA, 2004).

Diante disso, fica evidente que a maneira como as informações são estruturadas na Internet, basicamente utilizando a linguagem de marcação HTML,

focaliza apenas os aspectos de apresentação dos dados, sem se preocupar com o seu significado, de forma que a informação se torna pobremente descrita e pouco passível de ser “entendida” por máquinas. Devido a isso, Berners-Lee (2001) propôs uma evolução da Web atual, visando fornecer estrutura e significado aos conteúdos das páginas Web, de modo que tanto humanos quanto agentes automatizados possam manipular as informações corretamente. Berners-Lee (2001) intitulou essa nova geração da Web como Web Semântica.

Na Web Semântica, a informação é utilizada com significado bem definido, aumentando a capacidade dos computadores para trabalharem em cooperação com as pessoas (BERNERS-LEE, 2001). Como exemplo, cita-se um usuário que está à procura de informações disponíveis na Internet, para isso, este utilizará um sistema de busca na Web. A busca desejada pelo usuário seria: “recurso pedagógico da disciplina Biologia do módulo Genética e tópico Dominância e Recessividade que execute em dispositivo móvel iPhone”. Dessa pesquisa, nada retornaria ao usuário, pois os sistemas de busca não se preocupam com a semântica da procura desejada. Pode-se restringir tal busca, mencionada acima, diretamente a um repositório de recursos pedagógicos, que, ainda assim, nada seria apresentado. Por isso, faz-se necessário dar significado aos conteúdos das páginas Web, permitindo que essas sejam processáveis por máquinas (BERNERS-LEE, 2001) para, dessa forma, tornar mais eficiente o processo de recuperação de informações.

Nesse contexto, pode-se perceber que a Web Semântica visa facilitar e melhorar a recuperação de informações relevantes, já que a própria máquina, dotada de ferramentas inteligentes, funcionaria por associação e dedução automática para identificar o conteúdo de um site antes de trazê-lo ao usuário como resultado de uma pesquisa (PICKLER, 2006).

Sendo assim, o primeiro passo para atingir esse objetivo é a criação de padrões para a descrição de dados e a criação de uma linguagem que permita a construção e codificação de significados compartilhados. Abaixo, será apresentada a estrutura da Web Semântica, abordando as tecnologias utilizadas para suprir as necessidades da Web atual.

2.2.1 Estrutura da Web Semântica

Nesta seção, serão apresentados os padrões da Web Semântica, os quais foram propostos por Berners-Lee (2001) em uma arquitetura em camadas, que está representada na Figura 2. Esta arquitetura define a representação sintática, estrutural, semântica e lógica de informações referentes aos recursos Web. A utilização destes padrões permitirá que as informações possam ser compreendidas tanto por humanos quanto por computadores.

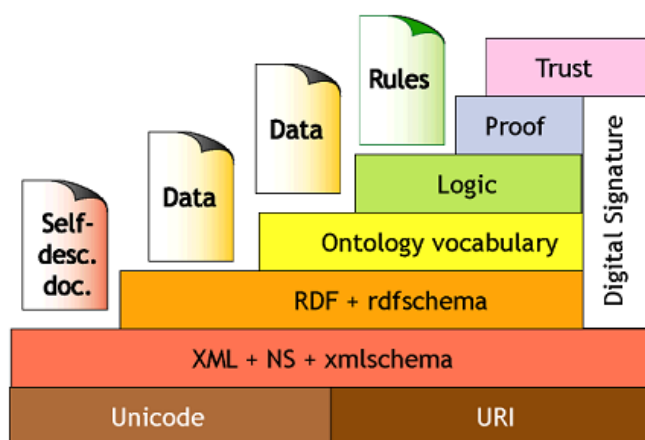


Figura 2. Arquitetura em camadas da Web Semântica (BERNERS-LEE, 2001).

2.2.1.1 Unicode / URI

Esta camada fornece a interoperabilidade em relação à codificação de caracteres e ao endereçamento e nomeação de recursos da Web Semântica (PANSANATO, 2007).

O *Unicode* é um padrão de codificação para fornecer uma representação numérica universal e sem ambiguidade para cada caractere de maneira independente da plataforma de *software* e de idioma (W3C, 2007), ou seja, é um padrão para representar caracteres. Qualquer caractere é identificado por um número de 16 bits, possibilitando até 65536 caracteres. O *unicode* fornece um único número para cada caractere, não importando a plataforma, programa ou língua (UNICODE, 1991).

O *Unicode* é fundamental para a Web Semântica, pois, seus níveis superiores não precisam se preocupar em decodificar dados e transformá-los de um formato de representação para outro antes de enviar ou receber mensagens. Toda informação enviada pela Web Semântica deve estar com seus respectivos identificadores numéricos definidos pelo *Unicode*. Portanto, o *Unicode* pode ser transferido de uma plataforma para outra, pois não importa a forma como ele foi armazenado em uma máquina, mas sim, o seu significado, que é padrão, tornando-o independente também do Sistema Operacional (NETO, 2006).

O *Universal Resource Identifier*, URI, é uma sequência de caracteres para identificar um recurso físico ou abstrato. Um recurso pode ser qualquer coisa que tem identidade, como um documento eletrônico, imagem, serviço, uma coleção de outros recursos. O URI referencia um recurso de maneira única e global (PRASAD, 2003) e a forma mais comum de URI é a URL (*Uniform Resource Locator*), que identifica um recurso através de sua localização na rede (W3C, 2001a).

Na continuidade das camadas, faz-se necessário o desenvolvimento das definições sintáticas, indispensáveis para atingir o nível de abstração pretendido.

2.2.1.2 XML / NAMESPACES / XML Schema

Estas camadas fornecem a interoperabilidade em relação à sintaxe de descrição de recursos da Web Semântica (PANSANATO, 2007).

A *Extensible Markup Language* (XML) é uma linguagem de marcação que tem por objetivo proporcionar a criação de marcadores e atributos conforme as necessidades dos desenvolvedores. Um documento XML é um arquivo texto que contém dados e metadados que, apesar de também ser baseado em marcações, diferencia-se da limitação e rigidez do HTML e desempenha papel fundamental no intercâmbio de dados e compartilhamento de informações na Web (W3C, 2001b).

Como os arquivos XML são salvos no formato texto e codificados através do *Unicode*, eles podem ser lidos e manipulados em qualquer plataforma computacional, garantindo, assim, a interoperabilidade requerida pela Web Semântica (NETO, 2006).

Apesar de o HTML e a XML usarem tags para representar as informações, a XML se diferencia por criar uma estrutura que detalha tais informações. Através das tags criadas, tanto os usuários quanto as máquinas podem interpretá-las corretamente. Além disso, as informações, diferentemente do HTML, são separadas da formatação, o que facilita sua manipulação e recuperação. A XML também proporciona meios para descrever a sintaxe e as definições semânticas básicas dos documentos, para que, assim, seja possível efetuar buscas mais precisas e confiáveis (NETO, 2006).

Como visto, a XML oferece liberdade para a criação de tags, mas esta característica, a princípio vantajosa, pode trazer conflitos. Em contextos semelhantes, a nomeação de elementos ou atributos pode utilizar o mesmo nome, no entanto, com significados diferentes. Portanto, é necessária a utilização de nomes universais para descrever elementos. Para isso, utilizam-se as *namespaces*, as quais caracterizam-se como um mecanismo simples para criar nomes únicos para os elementos e atributos de um documento XML (W3C, 2006).

O XML *Schema* oferece meios para verificar se um determinado documento XML contém somente os elementos e atributos que estão de acordo com a família de documentos a que pertence. Define tags válidas, estruturas hierárquicas, tipos, formatos (PRASAD, 2006). É uma linguagem de definição para descrever uma gramática/esquema para uma classe de documentos XML (W3C, 2004a) (W3C, 2004b).

O XML e o XML *Schema* possibilitam ao desenvolvedor adicionar estruturas a seus documentos (sintaxe). Todavia, o XML não explicita o que tais estruturas significam (semântica). É através do RDF e Ontologias que estes significados podem ser expressos (FERREIRA, 2006).

2.2.1.3 RDF / RDF *Schema*

Esta camada fornece um *framework* para representar informação (metadados) sobre recursos (PANSANATO, 2007).

O *Resource Description Framework* (RDF) é uma linguagem para representar informações sobre recursos na Web, ou seja, para representar metadados - os dados dos dados (W3C, 2004c). É construída sobre o XML e utilizada para fazer afirmações sobre entidades e documentos como um todo. Enquanto o XML serve para adicionar metadados a partes de um documento, com o RDF pode-se associar metadados ao documento como uma entidade única (DACONTA, 2003).

Seu desenvolvimento foi motivado, segundo a W3C (2002), por várias razões, entre elas:

- possibilidade de atender aplicações que necessitam de modelos de informações abertos em vez de restritos;
- capacidade de fazer pelas informações processáveis por máquina o que a Web fez pelo hipertexto: permitir que dados sejam processados fora do ambiente particular em que foram criados;
- capacidade de combinar informações de diferentes aplicações para chegar a novas informações.

O RDF fornece um modelo de dados fundamentado na ideia de expressar declarações simples sobre recursos, isto é, cada recurso possui uma propriedade, à qual se atribui um valor, sendo que, em RDF, o recurso é chamado de sujeito, a propriedade de predicado e o valor de objeto. É visualizado no formato da tripla (sujeito, predicado, objeto) ou em forma de grafo (W3C, 2002).

Para melhor entendimento do modelo de dados, é apresentado o seguinte exemplo: “O Objeto de Aprendizagem intitulado Permutação, criado em 2009 na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), faz parte da disciplina de Matemática”. Esse exemplo pode ser facilmente entendido por qualquer pessoa familiarizada no contexto de Objetos de Aprendizagem. Porém, uma informação estruturada dessa maneira, dificultará a extração das informações pela máquina. Por esse motivo, é necessário representar as informações através de uma estrutura melhor organizada, para, assim, facilitar a sua manipulação. O Quadro 2 traz as informações representadas sob o modelo RDF, com a tripla (sujeito, predicado, objeto).

Sujeito ou Recurso	Objeto de Aprendizagem: Permutação			
Predicados ou Propriedades	Instituição	Disciplina	Ano	Título/nome
Objetos ou valores	UFSM	Matemática	2009	Permutação

Quadro 2. Declarando Objeto de Aprendizagem na forma de Triplas.

Essa especificação do Objeto de Aprendizagem (Quadro 2) pode ser vista como uma descrição formada por um recurso (Objeto de Aprendizagem: Permutação) e declarações, que formam os pares propriedades (Instituição, Disciplina, Ano, Título) e valores associados (UFSM, Matemática, 2009, Permutação). Para melhor entendimento das declarações em RDF, é possível visualizá-las através de um grafo, como apresenta a Figura 3.

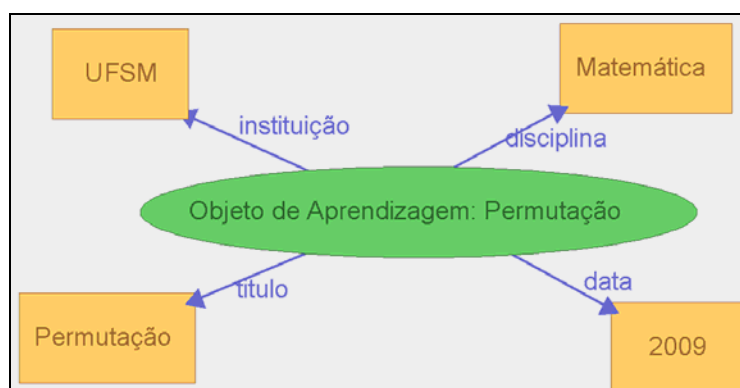


Figura 3. Grafo correspondente à visão RDF do Quadro 2.

No exemplo acima, tem-se o sujeito (Objeto de Aprendizagem: Permutação) descrito literalmente, sem a utilização de uma URI. Esta maneira de descrição pode facilitar o entendimento por pessoas, porém, prejudica os objetivos da Web Semântica, não referenciando o recurso de maneira única e global. Como visto na primeira camada da arquitetura da Web Semântica, o emprego de URIs é feito para evitar esse tipo de problema. A forma mais conhecida de URI, como já comentado, é a URL (Figura 4).

Pode-se perceber, pela Figura 4, que, além do recurso, os valores também podem ser definidos através de URIs, o que os transforma em sujeitos de outras declarações, possibilitando a criação de uma estrutura de conhecimento não ambígua. A vantagem da unicidade também vale para os predicados, os quais são

descritos em um vocabulário. Através desses vocabulários, comunidades estabelecem termos padrões para a descrição de recursos relacionados com sua área de interesse (SANTACHÊ, 2003).

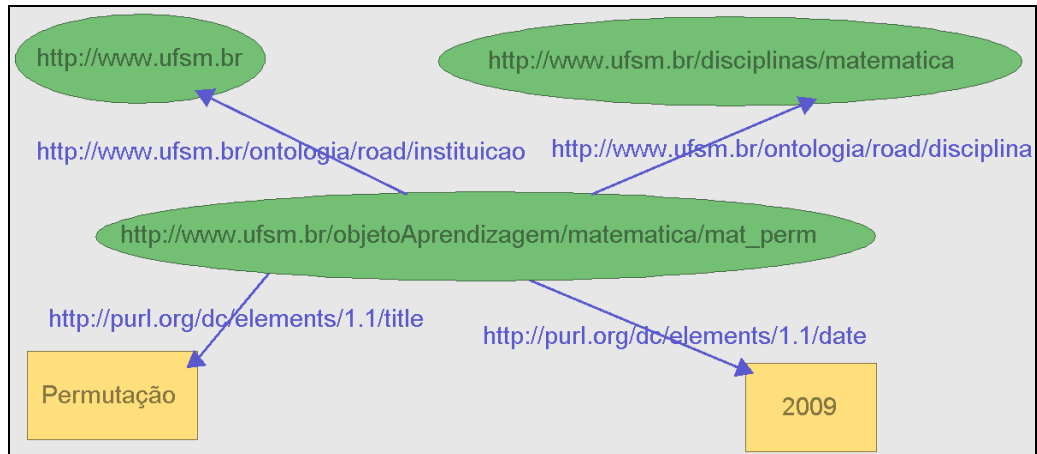


Figura 4. Grafo RDF com recurso identificado por URI.

Um exemplo de vocabulário é o criado por Dublin Core (DCMI, 2005), o qual padroniza diversos tipos de informações. Como ainda não existem padrões de metadados que definam todas as variadas necessidades dos utilizadores, existe a possibilidade da criação de um vocabulário próprio, sem a necessidade de ser submetido a um órgão controlador (NETO, 2006), neste caso, identificado por 'http://www.ufsm.br/Ontologia/road/' o qual define os atributos instituição e disciplina. O título e data podem ser definidos com a utilização dos atributos *date* e *title* do vocabulário Dublin Core. A seção 2.3 apresentará maiores informações sobre metadados.

O RDF também fornece uma linguagem para a definição de esquemas, o RDF *Schema* (W3C, 2004d). O RDF *Schema* funciona como um modelo simples para descrever relações entre recursos (DACONTA, 2003), definindo as classes do domínio e relações entre elas, como, por exemplo, a relação de subclasse.

A sintaxe abstrata baseada em grafos RDF é útil por facilitar o entendimento das informações. Entretanto, para que essas informações possam ser processadas por máquinas, é necessário que sejam codificadas. Para isso, a W3C definiu a utilização da XML como base para a construção de documentos RDF, definindo

assim, a linguagem RDF/XML. Sua sintaxe pode ser conferida abaixo, a qual apresenta a codificação do grafo da Figura 4.

```
[1]<?xml version="1.0"?>
[2]<rdf:RDF
[3]  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
[4]  xmlns:road="http://www.ufsm.br/Ontologia/road/"
[5]  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
[6]  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#">
[7]  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#">
[8]  <rdf:Description
[9]    rdf:about="http://www.ufsm.br/objetoAprendizagem/matematica/mat_perm">
[10]    <road:disciplina
[11]      rdf:resource="http://www.ufsm.br/disciplinas/matematica"/>
[12]    <dc:date>2009</dc:date>
[13]    <dc:title>Permutacao</dc:title>
[14]    <road:instituicao rdf:resource="http://www.ufsm.br"/>
[15]  </rdf:Description>
[16]</rdf:RDF>
```

A linha 1 serve para indicar que o documento em questão é um documento XML. A linha 2 indica que o conteúdo encontrado neste documento é composto de declarações RDF. As linhas entre 3 e 7 definem os *namespaces* e os prefixos utilizados para declaração das informações.

A linha 9 indica a descrição do recurso. As linhas entre 10 e 14 apresentam a descrição dos predicados com seus respectivos objetos. Como é possível perceber, na linha 10 e 11, disciplina é definida como recurso, bem como a instituição na linha 14. Data e título são definidos como literais.

2.2.1.4 *Ontology Vocabulary*

Esta camada fornece suporte para a evolução de vocabulários e para processar e integrar a informação existente sem problemas de indefinição ou conflito de terminologia. A linguagem RDF *Schema* permite a construção de Ontologias com expressividade e inferência limitadas, pois fornece um conjunto básico de elementos para a modelagem e poucos desses elementos podem ser utilizados para inferência. A *Web Ontology Language* - OWL (W3C, 2004) estende o vocabulário da RDF

Schema para incluir elementos com maior poder em relação à expressividade e inferência (PANSANATO, 2007).

A OWL é dividida em três sub-linguagens que são diferenciadas pelo seu grau de expressividade, são elas (W3C, 2004):

- OWL *Lite*: suporte à classificação hierárquica e restrições simples. Por exemplo, embora suporte restrições de cardinalidade, ela só permite valores de cardinalidade 0 ou 1.
- OWL DL: suporte à maior expressividade, enquanto mantém a computabilidade (garante-se que todas as conclusões sejam computáveis) e decidibilidade (todas as computações terminarão em tempo finito). OWL DL inclui todos os construtores da linguagem OWL.
- OWL *Full*: suporte à máxima expressividade e a liberdade sintática do RDF, porém sem garantias computacionais. Por exemplo, uma classe pode ser tratada simultaneamente como apenas um indivíduo e como uma coleção de indivíduos.

Para Breitman (2005), a OWL é a linguagem aberta da Web Semântica, servindo para garantir uma comunicação livre de ambiguidades e que fornece entendimento comum e compartilhado do conhecimento entre membros de comunidades, sejam esses, seres humanos ou agentes de *software*. Nesse sentido, tornar-se-á o fator chave para o desenvolvimento da Web Semântica (CUNHA, 2002).

A sintaxe da OWL pode ser conferida no Anexo B, a qual apresenta Ontologia de OA para dispositivos móveis, que será definida no Capítulo 6.

2.2.1.5 Logic / Proof / Trust

Finalizando as definições sobre a arquitetura da Web Semântica, há ainda três camadas acima da “*Ontology Vocabulary*”: a *Logic*, que expressa conhecimento através de regras; a *Proof*, que utiliza essas regras para inferir conhecimento; e a

Trust, que fornece mecanismos para determinar o grau de confiança do conhecimento obtido. Essas camadas ainda estão sob desenvolvimento e por esse motivo não serão aprofundadas nesta dissertação.

2.3 Metadados

Como visto durante esse Capítulo, a dificuldade de se obter resultados precisos em buscas na Web mostra a necessidade da evolução desta para uma Web Semântica. Os padrões adotados pela W3C para compor essa evolução permitem que se possa atribuir significados sobre recursos, isto é possível a partir da utilização dos dados sobre dados. Esses dados sobre dados são chamados de metadados e são definidos por Rosenfeld (1998) como informações estruturadas que descrevem, explicam e localizam, ou ainda, possibilitam que um recurso informacional seja fácil de recuperar, usar e gerenciar.

Com o crescimento das iniciativas baseadas em metadados, cada qual com sua filosofia e conceitos, sua utilização para descrever recursos na Web e, assim, permitir a interoperabilidade e compartilhamento de informações entre os sistemas, acaba não ocorrendo, deste modo, prejudicando os objetivos da Web Semântica. Para isso, quando possível, se faz necessária a utilização de padrões de metadados. A utilização desses padrões para descrever recursos permite buscas mais precisas, facilidade de gerenciamento e compartilhamento mais eficiente.

Existem vários padrões internacionais de metadados, entretanto, os mais utilizados no domínio dos Objetos de Aprendizagem são o IEEE LOM e o Dublin Core. O padrão IEEE Learning Object Metadata (IEEE LOM) foi desenvolvido pelo IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC), e objetiva especificar a sintaxe e a semântica de metadados de objetos de aprendizagem, definindo os atributos necessários para descrever adequadamente e/ou completamente um Objeto de Aprendizagem, favorecendo o gerenciamento, localização e avaliação destes (LOM, 2004). O conjunto de metadados do IEEE LOM é apresentado na Figura 5, o qual é dividido em nove categorias (IMS, 2004):

- Geral: agrupa a informação geral que descreve o Objeto de Aprendizagem como um todo;
- Ciclo de vida: agrupa as características relacionadas à história e ao estado corrente do OA;
- Meta-metadado: descreve informações sobre o próprio metadado;
- Técnica: agrupa as exigências e características técnicas do OA;
- Educacional: agrupa as características educacionais do OA;
- Direitos: agrupa os direitos de propriedade intelectual e condições de uso para o OA;
- Relação: agrupa características que definem a relação entre o OA e outros correlacionados;
- Anotação: provê comentários quanto à utilização educacional do OA e, quando e por quem foram criados os comentários;
- Classificação: permite descrever um OA em relação a um sistema particular de classificação.

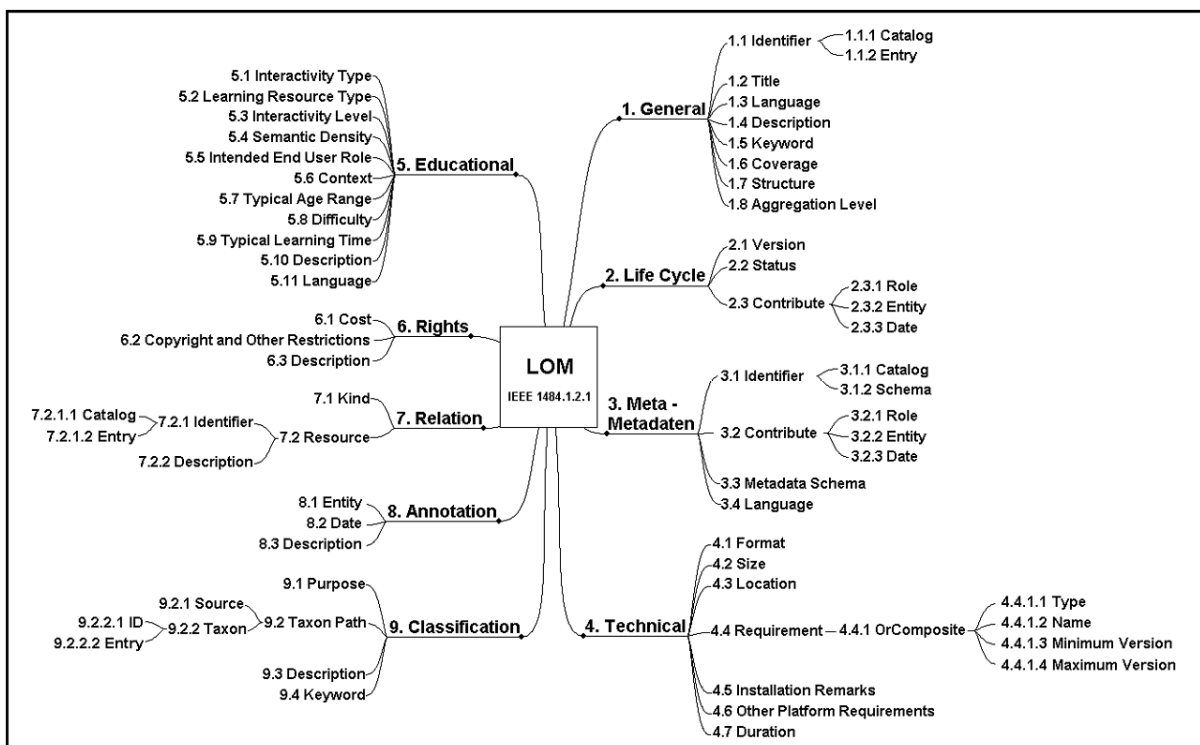


Figura 5. Elementos e a estrutura do IEEE LOM (IMS, 2004).

A Dublin Core Metadata Initiative (DCMI, 1995) é uma organização aberta que está engajada no desenvolvimento de padrões de metadados interoperáveis e no desenvolvimento de vocabulários especializados de metadados para descrever recursos. Possui como objetivo a criação de padrões simples e abrangentes para busca, compartilhamento e gerenciamento da informação. O conjunto de metadados Dublin Core compreende 15 atributos, estes são (DCMI, 2006):

- Title: título do recurso;
- Creator: entidade responsável por criar o recurso;
- Subject: assunto;
- Description: descrição do recurso;
- Publisher: entidade responsável por disponibilizar o recurso;
- Contributor: entidade que contribuiu com o recurso;
- Date: ponto ou período no tempo associado ao ciclo de vida do recurso;
- Type: natureza do recurso;
- Format: formato do arquivo;
- Identifier: identificador único do recurso;
- Source: relacionado à localização do recurso;
- Language: idioma;
- Relation: recurso relacionado;
- Coverage: tópico espacial ou temporal do recurso, como um nome de lugar, coordenadas geográficas, período, data;
- Rights: informações sobre direitos autorais.

No Capítulo 6, serão apresentados quais os padrões de metadados e categorias foram utilizadas a fim de descrever os OA para dispositivos móveis, já que não é necessária a utilização de todos os metadados definidos pelos padrões, o que permitiu a escolha dos mais adequados para a proposta desta dissertação. Também foram definidas outras propriedades necessárias para a descrição dos OA, em relação aos dispositivos móveis e ao contexto educacional, as quais não estão definidas nos padrões internacionais citados.

3 COMPUTAÇÃO MÓVEL

Os avanços tecnológicos centrados na mobilidade vêm transformando a maneira como o usuário “vê” a tecnologia. Interfaces e interações inteligentes, recursos multimídia, comunicação sem fio, altas velocidades no acesso aos dados da Web, tudo em um único dispositivo, estão ocasionando um crescimento sem limites do uso dessas tecnologias por usuários de todo o mundo.

Segundo a União Internacional de Telecomunicação (ITU, 2009), durante o ano de 2008, foi alcançada a marca de 4.1 bilhões de dispositivos móveis no mundo, como é possível perceber na Figura 6.

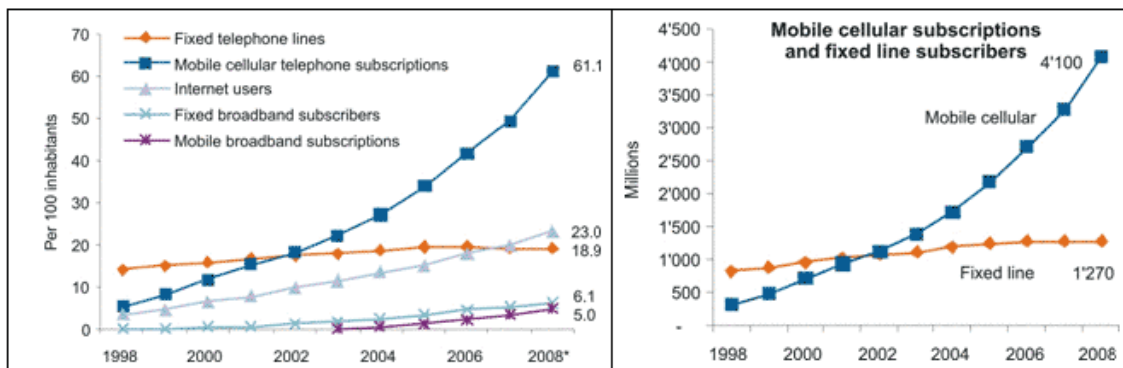


Figura 6. Crescimento do número de dispositivos móveis no mundo (ITU, 2009).

Esse crescimento está ligado ao fato da criação de novas tecnologias utilizadas em dispositivos móveis (processadores velozes, telas sensíveis ao toque e de altas definições, tamanhos e pesos reduzidos), da disponibilidade de altas velocidades em redes sem fio (Wi-Fi e 3G) e da melhoria em qualidade e capacidade das aplicações voltadas à computação móvel.

Existem várias definições para computação móvel, porém a que melhor se encaixa para esta dissertação é definida por Augustin (2004) como: a computação

distribuída, na qual, mesmo durante uma execução computacional, a localização dos envolvidos pode mudar.

Para Talukder (2005) um ambiente de computação móvel é definido se suportar as seguintes características:

- mobilidade do usuário e serviço: o usuário deve ser capaz de se mover de um local para outro e ter a disponibilidade de utilizar o mesmo serviço. Por exemplo: um usuário, mesmo se movendo de um local “X” para um local “Y”, pode utilizar a Internet da mesma maneira que ele a utiliza do seu local de trabalho;
- mobilidade de dispositivo: o usuário deve ser capaz de se mover de um local para outro e ter a disponibilidade de utilizar o mesmo dispositivo móvel, ou trocar de dispositivo e ter acesso ao mesmo serviço;
- mobilidade de rede: o usuário deve ter a possibilidade de mudar de uma rede para outra e mesmo assim ter disponibilidade de acesso aos serviços.

Quando se alia a essas características da computação móvel um processo de ensino/aprendizagem tem-se um novo paradigma na educação – a Educação Móvel, mais conhecida como *Mobile Learning* ou *M-Learning* – a qual reforça as características da aprendizagem independente de hora ou localização (MOTLIK, 2008) (GEORGIEV, 2004)

3.1 Mobile Learning

Nos últimos anos, tem-se vivenciado o surgimento de uma sociedade dependente da utilização de tecnologias móveis para comunicação e acesso a informação. Essa sociedade se desvincula dos parâmetros de localização e de horários pré-definidos e utiliza essas tecnologias conforme suas necessidades. Esse cenário apresenta a evolução da computação *Desktop* para a computação móvel e define o surgimento de um novo paradigma na educação, a *Mobile Learning*.

Uma característica fundamental da *M-Learning* é a mobilidade dos aprendizes, os quais podem estar fisicamente/geograficamente distantes uns dos outros e também de espaços físicos formais de educação, tais como salas de aula (SCHLEMMER, 2007), o que possibilita uma aprendizagem contextualizada, personalizada, colaborativa e móvel (RIBEIRO, 2009). Isto significa dizer que, a aprendizagem fora dos parâmetros da sala de aula convencional, a partir da utilização da M-Learning, necessitará, nada além do que a motivação do aprendiz para que aconteça (HULME, 2005).

A utilização de tecnologias móveis na educação pode proporcionar benefícios tanto aos alunos quanto aos professores. Aos alunos é proporcionada uma maior flexibilidade na aprendizagem, sendo que o material estará acessível através de seus dispositivos móveis, permitindo-lhes aprender como e quando for necessário, não importando onde estejam, mesmo que em movimento. Já aos educadores é fornecido um novo meio para disponibilização do material pedagógico, como também um novo meio de interação com o aluno (SIAU, 2008) (STARR, 2007).

Não é apenas para o contexto educacional que *M-Learning* pode ser utilizada. A aplicação de Tecnologias da Informação Móvel e Sem Fio, adotada para automação de atividades de trabalhadores móveis, podem ser utilizadas também como ferramentas para aprendizagem e atualização em trabalho. Esses trabalhadores podem passar mais tempo onde necessitam estar, pois os espaços de aprendizagem deixam de estar restritos a lugar e horário. Assim, a aprendizagem pode ocorrer com mais frequência e rapidez (REINHARD, 2007).

A *M-Learning* vem sendo foco de muitas pesquisas científicas atuais, as quais apresentam as mais variadas aplicações dentro desse contexto. Pode-se citar (BARCELOS, 2009) que apresenta o uso da *M-Learning* no ensino de algoritmos através da utilização da mídia vídeo. O autor relata problemas com a incompatibilidade de formatos de vídeos entre os dispositivos móveis, todavia, expõe que a utilização dessa tecnologia tem o potencial de melhorar o desempenho dos estudantes. Marçal (2005) apresenta uma aplicação que emprega recursos de realidade virtual em dispositivos móveis para auxílio à aprendizagem, o MuseuM. Nessa pesquisa, os dispositivos móveis são utilizados no interior dos museus, funcionando como guias virtuais e fornecendo informações sobre as obras.

Outro caso importante sobre a utilização da *M-Learning*, refere-se ao estudo feito por Crawford (apud GRAZIOLA, 2008), o qual foi realizado com mais de 100

instituições de ensino dos Estados Unidos, e trata da utilização de dispositivos móveis em escolas. Conforme o estudo, além dos dispositivos móveis propiciarem inúmeros benefícios, os professores envolvidos aceitaram a utilização deles em sala de aula. Alguns dos resultados da pesquisa são apresentados abaixo:

- 89% dos professores descobriram nos dispositivos móveis eficientes ferramentas de ensino;
- 93% dos professores acreditam que os dispositivos móveis podem ter um impacto positivo na aprendizagem dos alunos;
- 90% dos professores pretendem continuar a utilizar os dispositivos móveis em suas aulas;
- 75% dos professores que permitiram que os alunos levassem os dispositivos móveis para casa, constataram um aumento na conclusão dos trabalhos de casa;
- entre os alunos, 66% acharam confortável o uso do dispositivo móvel. Quase a totalidade dos professores afirmou que a utilização de *softwares* educativos apropriados e acessórios foi de fundamental importância na aprendizagem. Conforme relato dos professores, os dispositivos móveis propiciaram um aumento significativo na colaboração, uma maior motivação nas atividades propostas, além da comunicação, entre os alunos.

Todas essas situações de aprendizagem com mobilidade fazem parte do contexto atual da *M-Learning*. Entretanto, as definições sobre essa começaram a surgir ainda por volta do ano 2000, sendo que esta nova modalidade de ensino veio à tona devido ao crescimento do uso de celulares. Nessa época, esses aparelhos começaram a trazer tecnologias que pudessem ser utilizadas, de alguma maneira, no ensino. Outro advento que contribuiu com o *M-Learning*, foi o crescimento exponencial da modalidade de Ensino a Distância.

Muitos dos autores daquela época ainda são amplamente referenciados em pesquisas atuais, entre eles, as definições mais utilizadas sobre *M-Learning* são:

“É a *E-Learning* através do uso de dispositivos computacionais móveis...”
(QUINN, 2000).

“O termo *Mobile Learning (M-Learning)* se refere ao uso de dispositivos móveis, como PDAs, celulares, *laptops* e *Tablet Pcs*, no ensino aprendizagem.” (WOOD, 2003).

“... é o ponto em que a computação móvel e o *E-Learning* se interseccionam para produzir em qualquer hora e qualquer lugar uma experiência de aprendizagem” (HARRIS, 2001).

“... o E-Learning simplesmente se tornará o *M-Learning*, sem qualquer alteração no conteúdo.” (NYIRI, 2002)

Pode-se perceber que as definições de Quinn (2000), Wood (2003) e Harris (2001) assemelham-se e condizem com a realidade de utilização da *M-Learning*, porém, a definição de Nyiri (2002) ainda não se encaixa nesse contexto atual, pois, por mais que dispositivos móveis tenham evoluído tecnologicamente, ainda é necessária a adaptação de alguns materiais/conteúdos para que haja uma boa visualização e execução deles. Essa adaptação é imprescindível, pois, algumas tecnologias são limitadas ou inexistentes em dispositivos móveis. Por exemplo, um Objeto de Aprendizagem programado na linguagem Flash para *Desktops*, não poderá ser executado em um dispositivo móvel sem uma correta adaptação de tal OA para o formato Flash Lite. Além disso, é necessário verificar a disponibilidade de tal dispositivo em executar essa tecnologia.

A *M-Learning*, diante da proposta desta dissertação, está relacionada a duas abordagens distintas, mas que se utilizam da mobilidade para reforçar o processo de ensino/aprendizagem. A primeira abordagem refere-se à total independência de localização e do contexto em que estão envolvidos os usuários, levando em consideração apenas a oportunidade de utilizarem seus dispositivos móveis para um processo de aprendizagem. A partir disso, o processo de ensino/aprendizagem também pode ocorrer nos “tempos vagos”, ou seja, em um aeroporto a espera de um voo, em uma viagem de ônibus ou na sala de espera de um consultório médico.

A outra abordagem refere-se à utilização da *M-Learning* com localização e contexto definidos, isto é, um professor pode aproveitar a disponibilidade de que seus alunos tenham dispositivos móveis em sala de aula e, assim, criar um momento de aprendizagem. Por exemplo: alguns alunos estão com dificuldades em entender

determinado assunto explicado pelo professor, devido às metodologias tradicionais de ensino que utiliza. No cenário da *M-Learning*, esta dificuldade poderá ser amenizada pela possibilidade de os alunos acessarem, através de seus dispositivos móveis, sem qualquer tipo de deslocamento a laboratórios, algum material pedagógico digital animado e interativo, como um Objeto de Aprendizagem, para reforçar a aprendizagem do assunto proposto.

Como foi possível perceber durante esta seção, a *M-Learning* encontra-se em fase de expansão devido as suas potencialidades, no entanto, como sua utilização está atrelada a dispositivos móveis, a maioria das novas contribuições com a *M-Learning* são específicas para utilização em uma linha única de dispositivos móveis de mesmo fabricante e/ou Sistema Operacional. Isto se deve pela falta de padronização entre eles, até os de mesmo fabricante, o que gera a necessidade de criar recursos pedagógicos educacionais específicos para cada um. Essas limitações são derivadas tanto em relação ao *software* quanto ao *hardware*, como poderá ser observado na seção abaixo.

3.2 Dispositivos móveis

Existem muitos tipos de dispositivos móveis, contudo, nesta dissertação, serão considerados apenas os tipos de dispositivos compactos ao ponto de possibilitarem seu transporte juntamente com o usuário, tamanho reduzido ao ponto de caberem em um bolso e que permitam fácil manipulação através das mãos. Os dispositivos que melhor se encaixam nestas configurações são os celulares, Smartphones e os PDAs.

As funções/características dos dispositivos móveis variam de acordo com cada fabricante, entretanto, a maioria desses traz uma série de funções em comum, por exemplo, telefone, câmera fotográfica, filmadora, *player* de música, acesso à Internet, entre outros, como mostra a Figura 7. Porém, mesmo que os dispositivos móveis apresentem funções em comum, não significa que o seu funcionamento ocorra da mesma maneira, mesmo em modelos de mesmo fabricante. Por exemplo, o Smartphone Samsung Jét (SAMSUNG, 2009a) executa o formato de vídeo WMV,

já o dispositivo Samsung Scrapy (SAMSUNG, 2009b) não aceita esse formato. Isso mostra a falta de padronização dos dispositivos móveis, até entre os mesmos fabricantes. Além disso, na grande maioria desses dispositivos, a instalação de algum tipo de programa para permitir a execução de algum formato de arquivo extra ao que o dispositivo suporta, é quase inexistente.



Figura 7. Características dos dispositivos móveis (HULME, 2005).

Diante do objetivo desta dissertação, é necessário ter conhecimento sobre os principais formatos de arquivo suportados pelos dispositivos móveis, deixando claro que dificilmente se encontrará um dispositivo que execute todos esses formatos. Os formatos, separados por cinco categorias, são (WURFL, 2004): vídeo (MOV, FLV, MP4, MPEG), áudio (MP3, WMA, WAV, AAC), figura (PNG, BMP, GIF, JPG), animação (Flash Lite, J2ME) e simulação (GIF animado, Flash Lite, J2ME). Entretanto, não é somente em *Software* que os dispositivos móveis se diferenciam, podendo também apresentar diferenças quanto ao *hardware*. Porém, em relação a essa característica, este trabalho focalizará somente a questão de resolução de tela,

as quais variam muito, e podem prejudicar ou invalidar a execução de um Objeto de Aprendizagem.

Diante dessas especificações apresentadas, podem-se perceber as limitações existentes no contexto de dispositivos móveis, as quais atingem diretamente a expansão da *M-Learning*. Devido a isso, existem organizações trabalhando em prol de uma padronização para sistemas computacionais, entre estas estão a LTSC da IEEE (COMMITTEE, 2005) e a European Committee for Standardization (ECS, 2008). Porém, o que se tem de resultado mais concreto sobre padronização é a utilização de páginas Web, as quais seriam capazes de adaptar-se para uma boa visualização em qualquer dispositivo, tanto móvel quanto fixo. Exemplo disso são os trabalhos desenvolvidos pelo grupo Mobile Web Initiative (W3C, 2005) pertencente a W3C, que buscam a definição de uma Web única, baseada em regras que, quando seguidas por desenvolvedores, permitem que o conteúdo resultante seja visualizado em qualquer tipo de dispositivo. Em virtude disso, o repositório proposto nesta dissertação é baseado na Web.

Todavia, mesmo que o acesso ao repositório possa ser realizado pela grande maioria dos dispositivos móveis através de *browsers*, o acesso aos Objetos de Aprendizagem continua a ser limitado pelas diferentes características de dispositivos móveis em relação à execução de determinados tipos de arquivos. Por isso, fez-se necessário um estudo desses Objetos de Aprendizagem e seus variados formatos de arquivo.

4 OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Considerando a construção de soluções de aprendizagem com mobilidade, é necessário que essas devam priorizar os critérios de usabilidade, acessibilidade, mobilidade, colaboração/cooperação (SCHLEMMER, 2007). Como os Objetos de Aprendizagem empregam as características citadas e a eles podem ser aplicados os padrões de padronização, pois podem ser acessados através do Browser, eles foram o recurso pedagógico digital utilizado nesta dissertação para analisar a prática da M-Learning através do ROAD.

Objetos de Aprendizagem são “quaisquer recursos digitais que possam ser reutilizados para o suporte ao ensino” (WILEY, 2002). Como “recurso digital” entende-se, nessa situação, simulações, animações, vídeos, fotos, sons, figuras, texto.

Uma Simulação tem por propósito imitar um processo do mundo real, uma Animação apresenta desenhos e/ou textos em movimento, HTML apresenta somente texto, Figura apresenta uma imagem, Vídeos apresentam uma sequência de imagens e Som apresenta um arquivo com áudio. Esses podem estar associados a diversos formatos ou linguagens de programação, por exemplo, uma simulação pode utilizar recursos como Java Applets ou Flash como linguagem; uma animação pode ser apresentada em Power Point ou com recursos HTML associada a imagens (GIF, JPEG, PNG); vídeos podem estar em formatos diversos (MOV, FLV, MP4, MPEG), assim como arquivos de áudio (MP3, WMA, WAV, AAC).

Retornando à definição de Wiley (2002), por “reutilizado” entende-se que, quando um objeto é criado, ele é definido por algumas características que determinam sua possibilidade de reutilização. Essas características, segundo Longmire (2000), Mendes (2004) e Miranda (2004), são:

- Granularidade: o conteúdo pode ser dividido em pedaços para facilitar sua reusabilidade, isto é, o objeto é uma pequena parte de um conceito maior, mas que prevalece independente do restante;

- Acessibilidade: acessível facilmente via Internet para utilização independente de local;
- Interoperabilidade: possibilidade de execução independente de *hardware* e *software*.
- Flexibilidade e customização: podem ser reutilizados sem qualquer tipo de manutenção. No entanto, caso necessário, proporciona facilidade para realização de mudanças/alterações.

Além das características ligadas diretamente à reutilização dos OA, segundo Gama (2007), os Objetos de Aprendizagem também necessitam apresentar características relacionadas à satisfação dos usuários. Entre as principais características estão:

- Pedagógicas: conjunto de atributos que evidenciam a convivência e a viabilidade de utilização de *software* em situações educacionais;
- Ergonômicas: conjunto de atributos que evidenciam a usabilidade do Objeto de Aprendizagem;
- Adaptabilidade: conjunto de atributos que evidenciam a capacidade do Objeto de aprendizagem de se adaptar às necessidades e preferências do usuário.

Os Objetos de aprendizagem são utilizados para apoiar educadores no processo de ensino/aprendizagem. Muitos exemplos na literatura apresentam aplicações bem sucedidas desse recurso no ensino, nas quais, o processo de aprendizagem, pelos alunos, ocorreu mais facilmente. Entre as pesquisas destacam-se Souza (2007), Lucchesi (2006), Macedo (2007), Marin (2007), Mathias (2009). A Figura 8 apresenta um exemplo de Objeto de Aprendizagem da disciplina de Matemática, apresentado por Marin (2007). Esse Objeto de Aprendizagem tem por finalidade fazer com que o aluno entenda facilmente os problemas de permutação, experimentando várias situações do cotidiano (MARIN, 2007).



Figura 8. Exemplo de Objeto de Aprendizagem (MARIN, 2007).

Não somente no contexto escolar os Objetos de Aprendizagem podem ser utilizados. Um exemplo disso é sua utilização no contexto empresarial, no qual funcionários atualizam-se individualmente em qualquer hora e local, de acordo com suas necessidades. Como, atualmente, tem-se uma economia embasada fortemente no conhecimento, as empresas compreendem que a constante atualização instrucional de seus funcionários é algo que as torna mais competitivas. Essa questão acaba por impulsionar a disponibilidade de treinamentos de qualificação de funcionários por parte das empresas. Uma boa alternativa para tais treinamentos é a utilização de OA, visto que esses são uma tecnologia de treinamento rápida, eficiente e de baixo custo. Além disso, o uso de OA possibilita um aprendizado individualizado, em que cada funcionário aprende de acordo com suas necessidades e no seu ritmo de estudo (COBCROFT, 2006).

Uma grande vantagem dos Objetos de Aprendizagem é a sua distribuição na Internet, o que possibilita o acesso por qualquer pessoa a qualquer hora e, com o advento da M-Learning, acesso a partir de qualquer local. Contudo, OA para dispositivos móveis não são iguais aos criados para acesso em *Desktops*. O *hardware* e o *software* limitado dos dispositivos móveis restringem a utilização das mesmas tecnologias de desenvolvimento utilizadas em *Desktops*. Por isso, se faz necessário a adaptação de tais OA para permitir sua execução em dispositivos móveis.

4.1 Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis

Já existem várias iniciativas de pesquisas sobre a utilização de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis, algumas delas podem ser encontradas em (OLIVEIRA e MEDINA, 2007), (CRUZ, 2008), (TOLEDANO, 2006), (FRANCISCATO, 2009a) entre outros. Essas pesquisas expõem um novo paradigma para a utilização de Objetos de Aprendizagem: a sua utilização não mais associada a *Desktops* e sim a dispositivos móveis. Alguns exemplos das pesquisas citadas podem ser vistas na Figura 9.



Figura 9. Exemplos de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis.

Como visto no Capítulo 3, dispositivos móveis apresentam certas limitações em questões de *hardware* e *software*, as quais atingem diretamente a execução de Objetos de Aprendizagem, pois, podem estar associados a arquivos de diferentes formatos e necessitar de certa resolução de tela para poderem ser executados. As peculiaridades técnicas dos OA, quando combinadas com as limitações dos dispositivos móveis, resultam em uma inconsistência na execução dos Objetos de Aprendizagem, ou seja, alguns podem ser acessados adequadamente e outros não.

Uma das questões a ser esclarecida é como um aluno pode pesquisar por Objetos de Aprendizagem para obter resultados que satisfaçam suas necessidades e que tenha a garantia de que eles irão executar em seu dispositivo móvel. Para discorrer sobre essa questão, é necessário entender primeiro, como e onde os Objetos de Aprendizagem são armazenados, para que, assim, possam estar

disponíveis para descoberta e acesso. Esses locais de armazenamento são chamados de repositórios de Objetos de Aprendizagem.

4.2 Repositório de Objetos de Aprendizagem

A reusabilidade e o compartilhamento são as principais características dos Objetos de Aprendizagem. Contudo, para que isso seja possível, faz-se necessária a existência de um meio de armazenamento que permita a pesquisa, o acesso e a recuperação deles. Essa é a finalidade dos repositórios de Objetos de Aprendizagem, os quais são definidos como: bancos de dados que armazenam e gerenciam Objetos de Aprendizagem (ROHDE, 2004). Neven (2002) adiciona a essa definição o fato de serem disponibilizados na Web.

Para esta dissertação, foram analisados os seguintes Repositórios de Objetos de Aprendizagem: Merlot (MERLOT, 1997), Wisc (WISC, 2001), Rived (RIVED, 2004), Cesta (CESTA, 2003), Lume (LUME, 2007) e BIOE (BIOE, 2008). Eles foram escolhidos porque abrangem usuários do contexto nacional e internacional, disponibilizando OA de diversas categorias e que variam do ensino primário até o ensino superior.

- O *Multimedia Educational Resource for learning and Online Teaching* (Merlot) é um repositório de Objetos de Aprendizagem reconhecido internacionalmente que armazena apenas metadados dos Objetos de Aprendizagem, permitindo a busca pelos mesmos sem a necessidade de seu armazenamento (MERLOT, 1997). Os OA variam entre animações e simulações.
- O Wisconsin Online Resource Center (Wisc) também é reconhecido internacionalmente e mantém todos seus OA armazenados no próprio repositório, os quais são produzidos e desenvolvidos por equipes do *Wisconsin Technical College System* (WISC, 2001). Os OA armazenados variam entre vídeos, animações, simulações, sons, figuras, textos.

- A Rede Interativa Virtual de Educação (Rived) é o mais conhecido Repositório brasileiro de Objetos de Aprendizagem. Todos os OA estão armazenados no próprio repositório e são limitados a animações e simulações.
- O repositório Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem (Cesta) foi idealizado com vistas a sistematizar e organizar o registro dos objetos educacionais. Os OA armazenados variam entre vídeos, animações, simulações, sons, figuras, textos (CESTA, 2003).
- O Repositório Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Lume) é um portal de acesso às coleções digitais de documentos gerados no âmbito da própria Universidade e de outros documentos de caráter histórico. Os documentos digitais que integram as coleções podem conter texto, imagem, vídeo e áudio (LUME, 2007).
- O Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE) é um repositório criado em 2008 pelo Ministério da Educação em parceria com o Ministério da Ciência e Tecnologia, a Rede Latino Americana de Portais Educacionais, a Organização dos Estados Ibero-americanos, e outros. Tem o propósito de manter e compartilhar recursos educacionais digitais elaborados e em diferentes formatos, como áudio, vídeo, animação, simulação, imagens e hipertexto (BIOE, 2008).

Uma realidade encontrada nesses seis repositórios de Objetos de Aprendizagem é a falta de qualquer tipo de preocupação com as peculiaridades de dispositivos móveis, isto é, eles não apresentam interfaces adaptadas para telas de pequeno porte, como também não disponibilizam filtros de pesquisa que abordem as limitações tanto em *hardware* quanto em *software* dos dispositivos móveis.

Os Objetos de Aprendizagem podem ser categorizados entre simulações, vídeos, sons, figuras, animações, e HTML/texto, o que justifica a variedade de formatos de arquivos (ARAUJO, 2004b). Quando esses OA estão relacionados a plataformas *Desktops*, basta, na maioria das vezes, a instalação de devidos programas para que um tipo de arquivo possa ser executado. Entretanto, em

dispositivos móveis, a realidade é diferente. É de suma importância saber o formato de arquivo de um OA e não apenas saber que o OA é um vídeo, mas sim ter conhecimento, por exemplo, que um vídeo está no formato “MOV”. Isso se justifica, pois, em dispositivos móveis, a instalação de programas ou plugins, que permitam o funcionamento de algum tipo de arquivo extra, é quase que inexistente.

A limitação em relação ao suporte de formatos de arquivos nos dispositivos móveis está relacionada diretamente ao seu fabricante e/ou Sistema Operacional utilizado. Todavia, nem todo dispositivo móvel de mesmo fabricante e SO têm as mesmas características, por isso, a proposta de desenvolvimento do ROAD não se limitou a esse tipo de informação. Ainda mais que alguns fabricantes utilizam SO proprietários, restringindo ainda mais a busca por informações necessárias. Diante disso, e antes de descobrir as características do dispositivo de acesso, faz-se necessário descobrir qual o formato de cada OA, e isso, está relacionado à maneira como os OA são descritos. Por esse motivo, nos Quadros abaixo, serão apresentadas comparações entre os repositórios citados, tendo em vista, as categorias em que os OA são divididos, como também, o suporte aos formatos de arquivo mais comum em dispositivos móveis.

No Quadro 3, os repositórios pesquisados são avaliados, através das opções “Sim” e “Não”, quanto à oferta de divisão dos OA por categorias (vídeo, áudio, figura, animação, simulação e HTML/texto) e se eles permitem que consultas sejam filtradas em função dessas.

	Categorias					
	Vídeo	Áudio	Figura	Animação	Simulação	HTML/Texto
MERLOT	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim
WISC	Não/Não	Não/Não	Não/Não	Sim/Não	Sim/Não	Não/Não
RIVED	Não/Não	Não/Não	Não/Não	Sim/Não	Sim/Não	Não/Não
CESTA	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim
LUME	Não/Não	Não/Não	Sim/Sim	Não/Não	Não/Não	Sim/Sim
BIOE	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim	Sim/Sim

Quadro 3. Comparativo entre repositórios em relação às categorias de OA.

Percebe-se que o MERLOT, o CESTA, e o BIOE são repositórios que disponibilizam OA para todos os tipos de categorias, como também, permitem que

as pesquisas sejam filtradas através dessas. O WISK e o RIVED apresentam apenas as categorias de animação e simulação e não as distinguem, portanto, não permitem o filtro de pesquisa levando em consideração essas categorias. Já o Lume armazena apenas figuras e textos, mas permite que as pesquisas levem em consideração a categoria dos OA.

Em relação a Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis, o formato de arquivo do OA é de fundamental importância para saber se ele poderá ser executado pelo dispositivo do usuário. Assim sendo, as categorias dos OA foram divididas sob as questões dos formatos de arquivo, e esses formatos estão relacionados aos formatos de arquivos mais comuns em dispositivos móveis, como define Wurfl (2004).

Esse tipo de detalhamento é necessário, pois o usuário de dispositivos móveis precisa saber a qual formato está vinculado um OA, para que, assim, saiba da possibilidade de executá-lo em seu dispositivo. Por exemplo, um usuário de um dispositivo móvel fez uma pesquisa por um vídeo na área da biologia. Dessa pesquisa, retornam trinta vídeos de diferentes formatos, porém, seu dispositivo apenas executa vídeos no formato “MOV”. Para que o usuário não tenha que executar um a um os vídeos resultantes até descobrir qual poderá ser executado em seu dispositivo móvel, faz-se imprescindível conhecer o formato de arquivo do OA.

Do Quadro 4 ao Quadro 7, os repositórios pesquisados são avaliados, através das opções “Sim”, “Não” e “N/A” (Não Avaliado), quanto à oferta de divisão dos OA por formatos de arquivos de cada categoria e se eles permitem que consultas sejam filtradas em função dessas.

	Vídeos					
	MP4	RM	3GP	FLV	MOV	WMV
MERLOT	Não/Não	Não/Não	Não/Não	Não/Não	Sim/Sim	Não/Não
WISC	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
RIVED	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CESTA	Sim/Sim	Sim/Sim	Não/Não	Não/Não	Sim/Sim	Sim/Sim
LUME	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
BIOE	Sim/Não	Sim/Não	Sim/Não	Sim/Não	Sim/Não	Sim/Não

Quadro 4. Comparativo entre repositórios de OA em relação à categoria Vídeo.

Como apresentado no Quadro 4, o WISK, o RIVED e o LUME não disponibilizam OA na categoria “Vídeos” em seus repositórios, por isso, eles não foram avaliados. O MERLOT apresenta distinção apenas para o formato de vídeo MOV e permite filtrar buscas apenas a partir desse formato. O BIOE apresenta suporte para todos os tipos de arquivos de vídeos, porém apenas descreve as informações quanto ao formato e não permite buscas em relação a eles. O CESTA, apenas não descreve os formatos de arquivo 3GP e FLV, como também não permite a utilização deles como filtro de pesquisa.

Como apresentado no Quadro 5, o WISK e o RIVED não disponibilizam OA na categoria “Figuras” em seus repositórios, por isso, eles não foram avaliados. O MERLOT não descreve os formatos dos OA em relação a essa categoria, como também não permite filtros de busca utilizando qualquer um dos formatos citados. O LUME apenas descreve se um OA pertence ao formato JPG. O CESTA descreve o tipo de arquivo nos formatos JPG e GIF e, também, permite a utilização de ambos como filtros de pesquisa. Já, o BIOE, apenas não descreve o formato BMP, porém não permite a utilização de nenhum dos formatos como filtro de pesquisa.

	Figuras			
	JPG	PNG	BMP	GIF
MERLOT	Não/Não	Não/Não	Não/Não	Não/Não
WISC	N/A	N/A	N/A	N/A
RIVED	N/A	N/A	N/A	N/A
CESTA	Sim/Sim	Não/Não	Não/Não	Sim/Sim
LUME	Sim/Não	Não/Não	Não/Não	Não/Não
BIOE	Sim/Não	Sim/Não	Não/Não	Sim/Não

Quadro 5. Comparativo entre repositórios de OA em relação à categoria Figuras.

Como apresentado no Quadro 6, o WISK, o RIVED e o LUME não disponibilizam OA Áudios em seus repositórios, por isso, não foram avaliados. O MERLOT não descreve o formato de um OA Áudio, como também não permite filtros de busca utilizando qualquer tipo desses formatos. O CESTA e o BIOE descrevem apenas o formato de arquivo MP3, todavia apenas o CESTA possibilita a utilização desse formato como filtro de pesquisa.

	Áudio		
	MP3	WAV	AAC
MERLOT	Não/Não	Não/Não	Não/Não
WISC	N/A	N/A	N/A
RIVED	N/A	N/A	N/A
CESTA	Sim/Sim	Não/Não	Não/Não
LUME	N/A	N/A	N/A
BIOE	Sim/Não	Não/Não	Não/Não

Quadro 6. Comparativo entre repositórios de OA em relação à categoria Áudio.

Como apresentado no Quadro 7, apenas o LUME não armazena Objetos de Aprendizagem nas categorias Animação e Simulação e dos repositórios analisados, nenhum descreve se o formato do arquivo é GIF Animado, Flash Lite ou J2ME, como também, nenhum permite a utilização de filtros de pesquisa sobre esses formatos.

	Animação e Simulação		
	Gif Animado	Flash Lite	J2ME
MERLOT	Não/Não	Não/Não	Não/Não
WISC	Não/Não	Não/Não	Não/Não
RIVED	Não/Não	Não/Não	Não/Não
CESTA	Não/Não	Não/Não	Não/Não
LUME	N/A	N/A	N/A
BIOE	Não/Não	Não/Não	Não/Não

Quadro 7. Comparativo entre repositórios de OA em relação à categoria Animação e Simulação.

Como visto durante essa seção, os repositórios de Objetos de Aprendizagem analisados não apresentam preocupação com usuários de dispositivos móveis, já que a descrição dos OA em relação aos formatos de arquivos é bastante limitada. Além disso, outra questão importante em relação à execução e visualização dos OA está ligada à resolução de tela dos dispositivos, a qual pode limitar ou inviabilizar a visualização de determinado conteúdo, principalmente em vídeos e conteúdo Flash Lite. Nesse sentido, está em desenvolvimento uma proposta de uma Federação de repositórios de Objetos de Aprendizagem que utiliza mecanismos para a criação de conteúdos interoperáveis entre a Web, a Web móvel e TV Digital, que irá permitir o

acesso a Objetos de Aprendizagem independente de plataforma (VICARI, 2009). Por ser um projeto ainda em fase inicial, não será considerado nesta dissertação.

Esse levantamento sob os repositórios analisados compreendeu além da parte técnica em relação aos dispositivos móveis, também a maneira utilizada por eles para consultar OA em relação ao seu contexto educacional. Todos os repositórios analisados utilizam apenas metadados para catalogação dos OA, o que limita as buscas por OA específicos. Isso faz com que, devido a essa dificuldade de encontrar um OA que se encaixe nos parâmetros de determinado conteúdo, tanto professores quanto alunos fiquem desmotivados em relação à utilização de OA.

As limitações apresentadas pelos repositórios analisados, tanto em relação à parte técnica quanto à parte educacional, podem ser contornadas com a utilização dos padrões da Web Semântica (BERNERS-LEE, 2001), como visto no Capítulo 2, a qual pode proporcionar uma estrutura que viabilize a compreensão e o gerenciamento dos OA, independentemente da maneira como se apresentam.

5 MÉTODO DE PESQUISA

Para atingir o objetivo especificado nesta dissertação, ou seja, a criação do ROAD, um Repositório Semântico de Objetos de Aprendizagem para Dispositivos Móveis, foram necessárias várias etapas de estudo, pesquisa, desenvolvimento e validação, as quais estão relatadas abaixo:

O referencial bibliográfico, como já visto, foi necessário para entender o contexto de criação do ROAD e baseou-se no estudo, não necessariamente nessa ordem, de Objetos de Aprendizagem, padrões da Web Semântica (UNICODE, URI, XML, RDF, RDFS, OWL, SPARQL), Ontologias, metadados (DublinCore, IEEE LOM), Computação Móvel e M-Learning.

Com o aporte teórico definido, fez-se necessário um levantamento de informações sobre o funcionamento dos repositórios de OA, selecionados como base de comparação ao ROAD, são eles: MERLOT, WISK, RIVED, BIOE, CESTA e LUME, os quais foram vistos no Capítulo anterior. Para esse levantamento, foram definidas as seguintes categorias de Objetos de Aprendizagem: Animação, Simulação, Figura, Vídeo, Áudio, HTML/texto) (RIVED, 2007) e os formatos de arquivos mais comuns de cada categoria passíveis de execução em dispositivos móveis: Animação (Gif animado, Flash Lite, J2ME), Simulação (Flash Lite, J2ME), Figura (JPG, PNG, BMP, GIF), Vídeo (MPEG, RealMedia, 3GP, FLV, MOV, WMV), Áudio (MP3, WAV, AAC) e HTML somente em formato texto (WURFL, 2004). Esse levantamento resultou na disponibilidade de cada repositório em permitir pesquisas aplicando filtros tanto sob as categorias quanto aos formatos de arquivo e da disponibilidade do repositório em facilitar o acesso/visualização de usuários de dispositivos móveis.

Para o desenvolvimento do ROAD, primeiramente foram definidos os metadados utilizados para a descrição dos OA, esses metadados seguiram os padrões internacional IEEE LOM (LOM, 2004) e Dublin Core (DCMI, 1995), porém também foi necessária a inserção de mais alguns atributos criados especificamente para descrever OA em relação ao contexto educacional e outros em relação às

características técnicas. Com os metadados determinados, foi definida a Ontologia para OA para dispositivos móveis e a especificação dela.

Para a criação e codificação da Ontologia, foi utilizado o ambiente para criação e edição de Ontologias Protégé na versão 3.4 (PROTÉGÉ, 1997), o qual permitiu a geração de classes, tipos, relacionamentos, cardinalidades, definição de classes disjuntas, e restrições sob o contexto de OA para dispositivos móveis. Esse editor permitiu a exportação da Ontologia para a linguagem *Web Ontology Language* (OWL) (W3C, 2004), a qual foi utilizada na implementação do ROAD.

Para a especificação, construção e visualização do sistema foi utilizada a linguagem Unified Modeling Language (UML) através dos diagramas de caso de uso e de atividades. A criação desses diagramas foi realizada através da ferramenta de modelagem de sistemas Jude na versão 5.5. Para a criação das interfaces foi utilizado o pacote de construção de páginas para dispositivos móveis iWebKit (IWEBKIT, 2009).

Com a finalidade de justificar as decisões de implementação tomadas no ROAD, é apresentada a arquitetura geral do sistema (Capítulo 6). A partir dessa arquitetura foram apresentados todos os componentes de *software* utilizados para a criação do Repositório.

Seguindo a proposta desta dissertação, foi definida a utilização de informações baseadas nos padrões da Web Semântica. Para isso, foi necessária a utilização da API RAP: RDF API for PHP, em sua versão 0.96 (RAP, 2002), que oferece recursos para análise, manipulação, armazenamento e consulta sob os tipos de dados que a arquitetura da Web Semântica define. O RAP é um projeto *open source* que teve início em 2002 pela Universidade Livre de Berlim e vem sendo atualizado, desde então, pela comunidade da Web Semântica (RAP, 2002). No contexto específico deste trabalho, o RAP permitiu a manipulação do arquivo OWL, como também consultas sob essa. Para essas consultas foi utilizado o SPARQL, que é uma linguagem de consulta para Ontologias descritas em RDF, que foi padronizada e definida como padrão pela W3C, e que o RAP apresenta suporte (W3C, 2008).

Outro objetivo desta dissertação envolve a identificação do dispositivo móvel de acesso, que, no ROAD, é feito a partir da utilização da API para PHP TERA-WURFL - *Mobile Device Identification* (TERA, 2006), que identifica o dispositivo móvel de acesso e permite pesquisas pelas diversas características desse. Essas

características são definidas no arquivo *Wireless Universal Resource File – WURFL*, o qual é um arquivo XML que contém informações sobre as características de diversos dispositivos móveis de todo o mundo. Esse arquivo faz parte de um projeto *open source* mantido por diversas comunidades, fabricantes e empresas de telefonia de todo o mundo (WURFL, 2004).

Para a validação do ROAD foram utilizados vinte Objetos de Aprendizagem. Desses OA, quatro pertencem ao repositório BIOE e o restante foi recuperado de repositórios distintos. Isso, porque não foi encontrada a quantidade necessária de OA de mesmo assunto em um único repositório.

A validação, obrigatoriamente, foi feita através de dispositivos móveis, já que simuladores não são identificados pela API TERA-WURFL. Os dispositivos móveis utilizados para realizar esta validação são de diferentes fabricantes e de diferentes plataformas e apresentam diferentes características quanto à execução de formatos de arquivos. Os dispositivos utilizados para a validação foram: o iPhone 3G, o Blackberry 9000, o HTC Magic A6161 e o Samsung Jet S8003 os quais estão especificados abaixo.

	<p>Fabricante: Apple</p> <p>Sistema Operacional: iPhone OS</p> <p>Resolução: 320x480 pixel</p> <p>Áudio: MP3, AAC e WAV</p> <p>Vídeo: MOV, MP4</p> <p>Imagens: JPG, GIF, PNG e BMP</p> <p>Animação: Gif Animado</p> <p>Simulação: Gif Animado</p>
	<p>Fabricante: RIM</p> <p>Sistema Operacional: Blackberry OS</p> <p>Resolução: 480 x 320 pixel</p> <p>Áudio: MP3, AAC</p> <p>Vídeo: MP4 e 3GP</p> <p>Imagens: JPG, GIF, PNG e BMP</p> <p>Animação: Gif Animado</p> <p>Simulação: Gif Animado</p>

 A black HTC smartphone with a circular trackball at the bottom. The screen displays a clock widget and several application icons.	<p>Fabricante: HTC</p> <p>Sistema Operacional: Android</p> <p>Resolução: 320x480 pixel</p> <p>Áudio: MP3, AAC e WAV</p> <p>Vídeo: MP4 e 3GP</p> <p>Imagens: JPG, GIF, PNG e BMP</p> <p>Animação: Gif Animado</p> <p>Simulação: Gif Animado</p>
 A black Samsung smartphone with a capacitive touch screen. The screen displays a weather widget, social media icons, and other applications.	<p>Fabricante: Samsung</p> <p>Sistema Operacional: Proprietário</p> <p>Resolução: 480 x 800 pixel</p> <p>Áudio: MP3, AAC e WAV</p> <p>Vídeo: MP4 e WMV</p> <p>Imagens: JPG, GIF, PNG e BMP</p> <p>Animação: Gif Animado, Flash Lite</p> <p>Simulação: Gif Animado, Flash Lite</p>

6 ROAD – REPOSITÓRIO SEMÂNTICO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS

A utilização de Objetos de Aprendizagem como recurso pedagógico adicional a uma aula presencial pode ser de grande valia no processo de ensino/aprendizagem (YONEZAWA, 2007). No entanto, perante algumas dificuldades, a utilização de OA pode ser deixada de lado. Pode-se citar a falta de estrutura das escolas em relação aos equipamentos necessários para execução dos OA, a falta de equipamentos, laboratórios sucateados. A utilização de laboratórios, mesmo que em boas condições, pode funcionar como desmotivador para a utilização de OA tanto para professores quanto para alunos, pois, na maioria das instituições existe a necessidade de um pré-agendamento para sua utilização e, além disso, perde-se tempo com o deslocamento dos alunos até laboratórios.

Para suprir essas dificuldades citadas e aproveitando que a maioria dos alunos tem dispositivos móveis em sala de aula, foi criado um módulo no ROAD como apoio para sala de aula presencial, o qual adota a utilização da M-Learning em um contexto de local específico. Contudo, para o ROAD não ficar restrito apenas a sala de aula presencial e aproveitar todas as potencialidades da M-Learning, o ROAD disponibiliza também o módulo de acesso livre ao repositório, o qual permite ao usuário o acesso a OA independentemente de local e hora, podendo até estar em movimento.

O ROAD não se limita apenas ao seu contexto de utilização, pois, além disso, ele tem por objetivo permitir a recuperação eficiente e específica de OA, os quais estarão estruturados sob a perspectiva da Web Semântica, evitando, como apresentado no Capítulo 2, consultas que retornem informações desnecessárias ao contexto do usuário. Ainda, como visto no Capítulo 4, para o ROAD, se faz necessária uma maneira de recuperar OA em função das características do dispositivo móvel de acesso. Essa filtragem é necessária para evitar apresentação de OA não aptos a serem executados no dispositivo do usuário.

Para melhor entendimento do repositório proposto, neste Capítulo, serão apresentados os passos para seu desenvolvimento. Primeiramente é apresentada a utilização da Web Semântica para a criação do ROAD, após, sua descrição, sua arquitetura e implementação, seu funcionamento e por fim sua validação.

6.1 Web Semântica e OA para Dispositivos Móveis

Diante da imensa quantidade e diversidade de informações, a Internet tornou-se uma das ferramentas de pesquisa mais comuns no meio acadêmico e essa quantidade de informações cresce sem limites, como foi visto no Capítulo 2. Em relação ao contexto educacional, OA são alguns dos recursos pedagógicos mais utilizados para o processo de ensino/aprendizagem encontrados na *web*, como visto no Capítulo 4. Para facilitar e agilizar sua recuperação existem repositórios específicos para busca e armazenamento de OA. Entretanto, recuperar uma informação específica para determinada necessidade do usuário, mesmo que em um repositório de Objetos de Aprendizagem, tem tornado-se algo extremamente complexo e trabalhoso, devido à limitação no processo de busca desses repositórios.

A utilização da Web semântica relacionada a Objetos de Aprendizagem tem crescido muito nos últimos anos. Pesquisadores como Araújo (2004a), Moham (2003), Lee (2007), Botelho (2008), Franciscato (2009b), entre outros, percebem a necessidade de alterar a maneira como os OA estão sendo descritos e estruturados na Web atual e também a necessidade de, aplicar a esse contexto, os padrões da Web semântica. Essa abordagem também é aplicada ao tema desta dissertação para, assim, contornar a limitação encontrada nos repositórios de Objetos de Aprendizagem, diante da recuperação de OA para dispositivos móveis e na recuperação de OA específicos para determinado conteúdo educacional.

As tecnologias utilizadas nos repositórios analisados não permitem que os computadores possam compreender e interpretar o significado das informações no contexto de Objetos de Aprendizagem. Como uma das propostas do ROAD é suprir essa limitação, foi necessária a utilização dos padrões da Web Semântica no seu desenvolvimento. A partir disso, foi possível anotar os Objetos de Aprendizagem para facilitar sua recuperação, como também estruturá-los através de pontos

comuns de referência. Para isso, respectivamente, foram utilizados metadados e Ontologias.

6.1.1 Metadados para OA para dispositivos móveis

Para que os computadores possam compreender e interpretar os OA, é necessária, primeiramente, uma anotação correta desses diante das necessidades de sua utilização. A catalogação dos OA armazenados no ROAD foi feita de acordo com normas de padronização internacional, ou seja, os metadados utilizados para descrever os OA seguem os padrões IEEE LOM (LOM, 2004) e Dublin Core (DCMI, 1995), já apresentados no Capítulo 2.

Para compor a base do ROAD, foram utilizadas três categorias para a especificação dos metadados, apresentadas no Quadro 8, as quais são: categoria geral, de ciclo de vida e técnica. A categoria geral agrupa informações gerais que descrevem o OA. A categoria ciclo de vida agrupa informações que descrevem as características relacionadas ao estado atual do OA. A categoria técnica agrupa os requisitos e características técnicas do OA.

Categoria Geral	
Atributo	Descrição
identifier	Identificação do objeto
title	Nome dado ao objeto
language	Idioma utilizado no objeto
description	Descrição textual do conteúdo do objeto
Categoria Ciclo de Vida	
Atributo	Descrição
date	Data da criação
version	Versão do objeto
Categoria Técnica	
Atributo	Descrição
format	Formato do tipo de arquivo do objeto
duration	Tempo de duração para sons e vídeos
size	Tamanho do objeto
location	Localização do objeto
res_width	Resolução em relação à largura (para vídeos e conteúdo em Flash)
res_height	Resolução em relação à altura (para vídeos e conteúdo em Flash)

Quadro 8. Metadados utilizados para anotar OA para dispositivos móveis.

A inclusão de dois metadados adicionais, além dos metadados dos padrões IEEE LOM, foi necessária, os quais foram utilizados para melhor especificar os OA para dispositivos móveis. Esses metadados adicionais referem-se a dois atributos da categoria técnica: “res_width” e “res_height”, os quais irão informar a resolução de vídeo necessária para uma correta execução de vídeos e conteúdo Flash.

Com base na utilização de metadados para anotação dos OA, o nível de semântica praticado ainda não satisfaz os objetivos propostos desta dissertação, já que os OA não estão relacionados a uma categoria educacional, nem a uma Instituição e equipe. Isso prejudica a realização de consultas eficientes e específicas por Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis, como é proposto nesta pesquisa. Para incluir o nível de semântica desejado, foi necessário incluir uma estrutura de relações que permitisse descrever a área do conhecimento de OA. Para isso, seguindo os padrões da Web Semântica, foram utilizadas Ontologias.

6.1.2 Ontologia para OA para dispositivos móveis

A utilização de uma Ontologia para OA para dispositivos móveis foi essencial no desenvolvimento do ROAD, pois ela forneceu o vocabulário necessário para definir a estrutura e a semântica desses OA, permitindo, assim, a realização de pesquisas avançadas, as quais são imprescindíveis para suprir os objetivos apresentados nesta dissertação. A Ontologia proposta para OA para dispositivos móveis é uma adaptação e aperfeiçoamento da Ontologia para OA encontrada em (ARAUJO, 2004a) e é especificada da mesma maneira que esse autor a faz em relação ao conteúdo, a sua categoria, a uma Instituição e uma equipe (Figura 10) (FRANCISCATO, 2009b).

- Conteúdo: Objetos de Aprendizagem, como visto no Capítulo 4, são uma pequena parte de um conceito maior, mas que prevalece independente do restante (LONGMIRE, 2000), (MENDES, 2004), (MIRANDA, 2004). Nessa definição, “um conceito maior” está relacionado a um conteúdo de uma disciplina. Porém, por ser “uma

pequena parte de um conceito”, o OA está relacionado a uma pequena parte desse conteúdo e como “prevalece independente do restante”, está relacionada a uma parte específica desse conteúdo. Pode-se entender então que um OA pode ser estruturado em relação ao seu conteúdo educacional, da mesma maneira como um livro é dividido, isto é, em módulos e tópicos. Dessa maneira, um OA pode ser recuperado, em relação ao seu conteúdo, especificamente para as necessidades do usuário.

- **Categoria:** Como visto também no Capítulo 4, a partir da definição de um OA como “quaisquer recursos digitais...” (WILEY, 2002), foi definido que, para o objetivo proposto, OA podem ser categorizados em Simulação, Animação, HTML, Figura, Vídeo e Som. Essas categorias são as mesmas utilizadas na maioria dos repositórios atuais, como já foi apresentado no Capítulo 4. Uma pesquisa por OA no ROAD sempre retorna a quantidade de OA para cada categoria, apresentando, sempre que existir, todos os OA relacionados.
- **Equipe:** Refere-se a equipe responsável pela criação do OA. No ROAD, são permitidas buscas relacionadas à equipe, isto é, é possível consultar por todos os OA criados por uma mesma equipe.
- **Instituição:** Está relacionada ao OA como a organização patrocinadora e a equipe em relação ao vínculo estudantil. No ROAD, são permitidas buscas relacionadas à Instituição, isto é, é possível consultar por todos os OA criados por uma mesma Instituição.

As relações estabelecidas na Ontologia são divididas pela especificação:

- **Conteúdo:** A relação da Disciplina com Módulo é *hasModulo* (tem módulo) e tem cardinalidade (1,n), que determina o axioma: toda Disciplina tem um ou mais Módulos. Sua relação inversa é *isPartOfDisciplina* (é parte de disciplina) e tem cardinalidade (1,1), que determina o axioma: todo Módulo pertence apenas a uma Disciplina.

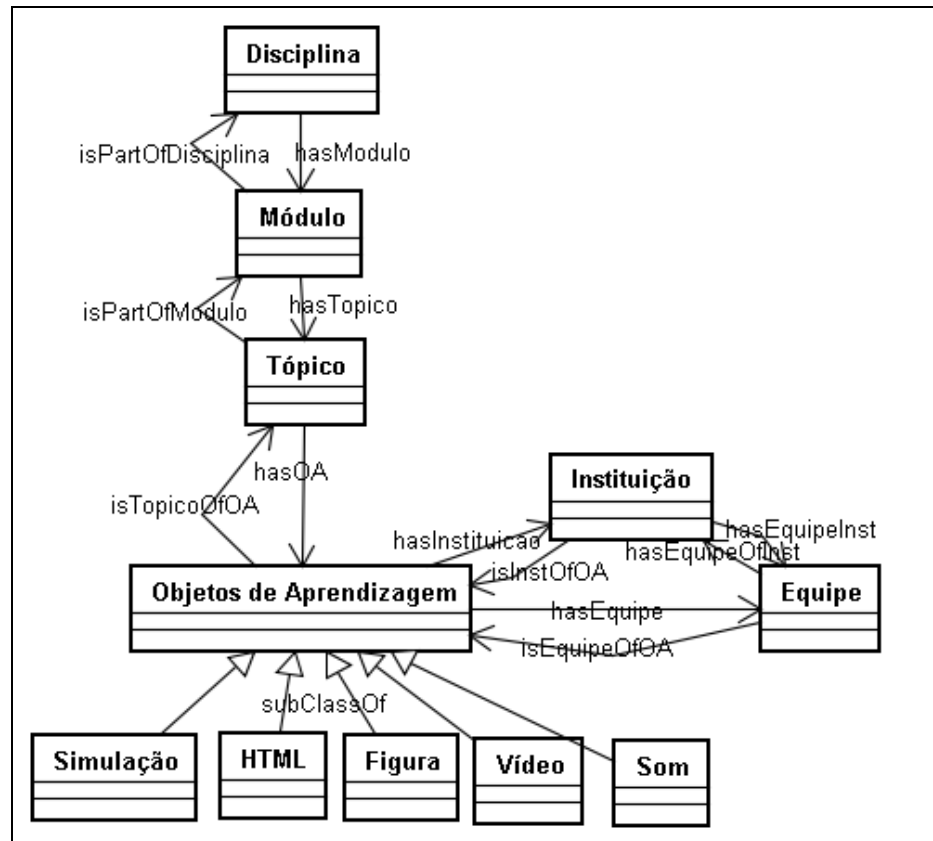


Figura 10. Ontologia para Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis.

A relação do Módulo com tópico é hasTopico (tem tópico) e tem cardinalidade (1,n), que determina o axioma: todo Módulo tem um ou mais Tópicos. Sua relação inversa isPartofModulo (é parte de módulo) e tem cardinalidade (1,1), que determina o axioma: todo Tópico pertence apenas a um Módulo.

A relação do Tópico com Objeto de Aprendizagem é hasOA (tem OA) e tem cardinalidade (0,n), que determina o axioma: todo Tópico tem zero ou mais OA. Sua relação inversa isTopicoOfOA (é Tópico de OA) tem cardinalidade (1,n), que determina o axioma: todo Objeto de Aprendizagem pertence a um ou mais tópicos.

- Categoria: Simulação, Animação, HTML, Figura, Vídeo e som são especializações da classe Objeto de Aprendizagem (subClassOf).
- Equipe: A relação do Objeto de Aprendizagem com Equipe é hasEquipe (tem equipe) e tem cardinalidade (1,1), que determina o axioma: todo OA tem apenas uma equipe. Sua relação inversa

isEquipeOfOA (é equipe de OA) e tem cardinalidade (1,n), que determina o axioma: toda Equipe pertence a um ou mais OA.

- Instituição: A relação do Objeto de Aprendizagem com Instituição é hasInstituicao (tem instituição) e tem cardinalidade (1,1), que determina o axioma: todo OA tem apenas uma Instituição. Sua relação inversa isInstOfOA (é instituição de OA) e tem cardinalidade (1,n), que determina o axioma: todo Instituição tem um ou mais OA.

A relação da Instituição com Equipe é hasEqInst (tem equipe vinculada à instituição) e tem cardinalidade (1,n), que determina o axioma: toda Instituição tem uma ou mais Equipes. Sua relação inversa isInstEq (equipe é vinculada a instituição) e tem cardinalidade (1,1), que determina o axioma: toda Equipe é vinculada a apenas uma Instituição.

Com a aplicação dessa Ontologia, um objeto de aprendizagem estará relacionado a módulos e tópicos de uma disciplina. É possível saber, especificadamente, o assunto tratado no objeto; assim como saber quantos e quais OA tratam do mesmo assunto, navegar entre OA que tratem de assuntos anteriores (pré-requisitos) ou OA que deem continuidade ao assunto tratado. É possível saber também quais OA foram feitos por uma mesma equipe, ou quais Objetos foram produzidos pela mesma Instituição de ensino.

As propriedades para as classes Disciplina, Módulo, Tópico seguem o padrão DublinCore (identifier e title), que descrevem um identificador e um título. Para descrever Instituição é definida uma propriedade DublinCore (identifier) e uma propriedade (nomeinst) derivada do vocabulário criado nesta dissertação que descreve o nome da Instituição. Para descrever Equipe é definida uma propriedade DublinCore (identifier) e uma propriedade seguindo o padrão internacional vCard (FN) (W3C, 2001c), que descreve o nome dos integrantes da Equipe.

A Ontologia também permite a especificação de classes disjuntas. Classes disjuntas definem que uma subclasse de uma classe não tem membros em comum com outra subclasse da classe (W3C, 2004), ou seja, classes disjuntas são classes que não possuem instâncias em comum. No contexto de OA, as subclasses de Objetos de Aprendizagem (simulação, HTML, figura, som e animação) são classes disjuntas.

Para a Ontologia apresentada na Figura 10, foram especificadas restrições sob os atributos e relações de cada classe. Porém, para evitar a perda do foco na leitura do texto, foram apresentadas somente as restrições ligadas a atributos e relações em relação ao Objeto de Aprendizagem, como apresentado no Quadro 9. As outras restrições são encontradas no Anexo A.

Objetos de Aprendizagem	Atributos	Restrição
	identifier	Exatamente um
	title	Exatamente um
	language	Mínimo um
	date	Exatamente um
	version	Exatamente um
	format	Exatamente um
	location	Exatamente um
	size	Exatamente um
	Relações	Restrição
hasEquipe	Exatamente um	
hasEquipe	Aceita Somente instâncias de Equipe	
hasInstituicao	Mínimo um	
hasInstituicao	Aceita Somente instâncias de Instituicao	
isTopicoOfOA	Mínimo um	
isTopicoOfOA	Aceita Somente instâncias de Tópico	

Quadro 9. Restrições em atributos e relações para Objetos de Aprendizagem.

A Ontologia apresentada nesta seção está descrita em uma forma abstrata, a qual é utilizada para facilitar sua especificação, porém, dessa maneira, a Ontologia não será passível de manipulação por máquinas, bem como será restrita sua utilização para o compartilhamento das informações. Então, para permitir isso, ela teve que ser codificada para a linguagem OWL.

A Web Ontology Language – OWL (W3C, 2004), como já visto no Capítulo 2, é utilizada para representar explicitamente o significado dos termos em um vocabulário e as relações entre eles. Isto é, é a linguagem para descrição de Ontologias desenvolvida para o uso em aplicações que necessitam processar informações e não somente apresentá-las (ANTONIOU, 2003). Por ser baseada em RDF e XML, está de acordo com a arquitetura da Web Semântica.

Foi a partir da linguagem OWL que a Ontologia de OA para dispositivos móveis poderá ser manipulada e, assim, definir a semântica desejada a esse contexto. Para a codificação da Ontologia em OWL, foi utilizada como base, a especificação da Ontologia de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis definidas neste capítulo. A ferramenta utilizada para essa codificação foi a ferramenta de edição de Ontologias Protégé (PROTÉGÉ, 1997).

O Protégé permite a criação, visualização e manipulação de Ontologias no formato OWL (PROTÉGÉ, 1997). A utilização dessa ferramenta permitiu a geração das classes, dos atributos, dos relacionamentos, das cardinalidades, da definição das classes disjuntas e das restrições definidas. Na Figura 11 é possível perceber, a partir da ferramenta Protégé, a hierarquia da Ontologia criada.

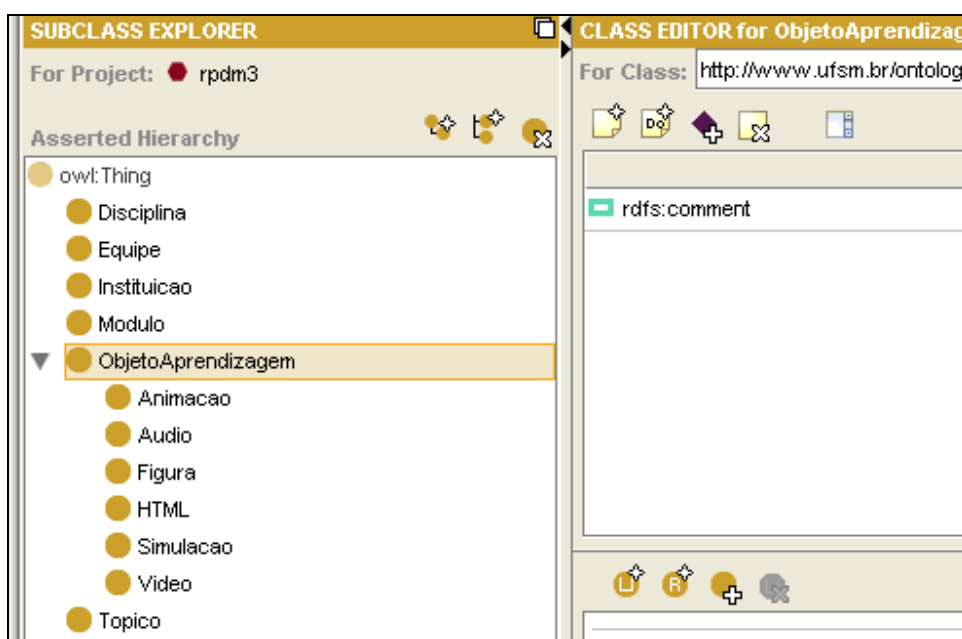


Figura 11. Tela da Ferramenta Protégé apresentando a hierarquia da Ontologia.

Como o objetivo desta dissertação não está relacionado à apresentação da especificação da Ontologia, o restante das especificações não serão apresentadas. Parte da codificação da Ontologia em OWL pode ser verificada no Anexo B.

A utilização da Ontologia codificada em OWL empregada no desenvolvimento do ROAD será vista na continuidade deste Capítulo, mais especificamente na seção 6.3.

6.2 Descrição do Sistema

Para o desenvolvimento do ROAD foram seguidas etapas de especificação, visualização, análise e projeto de sistemas. Essas definições são necessárias para deliberar o que é preciso desenvolver, o que se deve fazer e com quais restrições. A construção de sistemas de *software* pode ser muito complexa, por isso faz-se necessário um planejamento (BEZERRA, 2003). Para o ROAD foi utilizado a linguagem de modelagem UML, que busca visualizar, especificar, construir e documentar sistemas de *software* (UML, 1997). Foi definida a utilização dos diagramas de caso de uso e de atividade para isso.

Os casos de uso são fundamentais no levantamento de requisitos, pois são a base do processo de desenvolvimento do sistema (LARMAN, 2005). Apresenta descrições de interações típicas entre os usuários de um sistema e o sistema propriamente dito. Os componentes usados neste diagrama são os atores e os caso de uso. Os atores representam os usuários que interagem com o sistema modelado e o “caso de uso” representa o comportamento do sistema diante da interação com o ator. O uso deste diagrama faz com que sistemas, subsistemas fiquem acessíveis e compreensíveis, por apresentarem uma visão externa sobre como esses elementos podem ser utilizados no contexto (BOOCH, 2000).

A Figura 12 apresenta o diagrama de Caso de Uso para o módulo do ROAD em auxílio a sala de aula presencial, em que o ator Professor, após logado no sistema, tem a função de escolher o conteúdo a ser ministrado em aula (disciplina, módulo e tópico) com também tem a função de escolher para qual turma será ministrado tal conteúdo. Caso a turma não esteja criada, o professor terá a função de cadastrar uma nova turma. O aluno por sua vez, após logar-se no sistema, faz acesso a aula, a qual será definida pelo OA selecionados a partir do conteúdo estipulado pelo professor. Esses OA estarão separados por categorias.

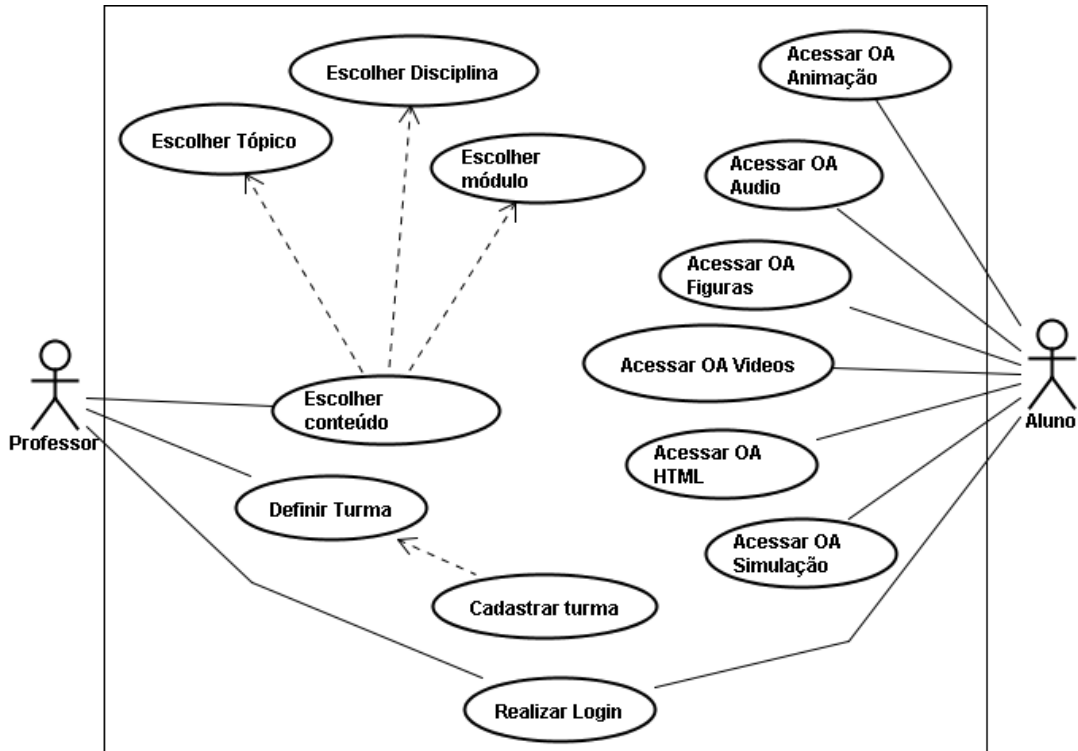


Figura 12. Diagrama de Caso de Uso para o módulo do ROAD em auxílio a sala de aula presencial

O diagrama de Caso de Uso para representar o ROAD no módulo de acesso livre a OA é apresentado na Figura 13. Nesse diagrama é definido que os usuários do sistema são professores e alunos. Esses usuários terão as mesmas atividades no sistema, ou seja, realizar consultas por OA (através da escolha de uma disciplina, módulo e tópico), acessar os OA separados por categorias e acessar informações adicionais. Essas informações permitem que o usuário possa pesquisar por OA de mesma equipe, de mesma instituição ou, simplesmente, acessar informações dos OA.

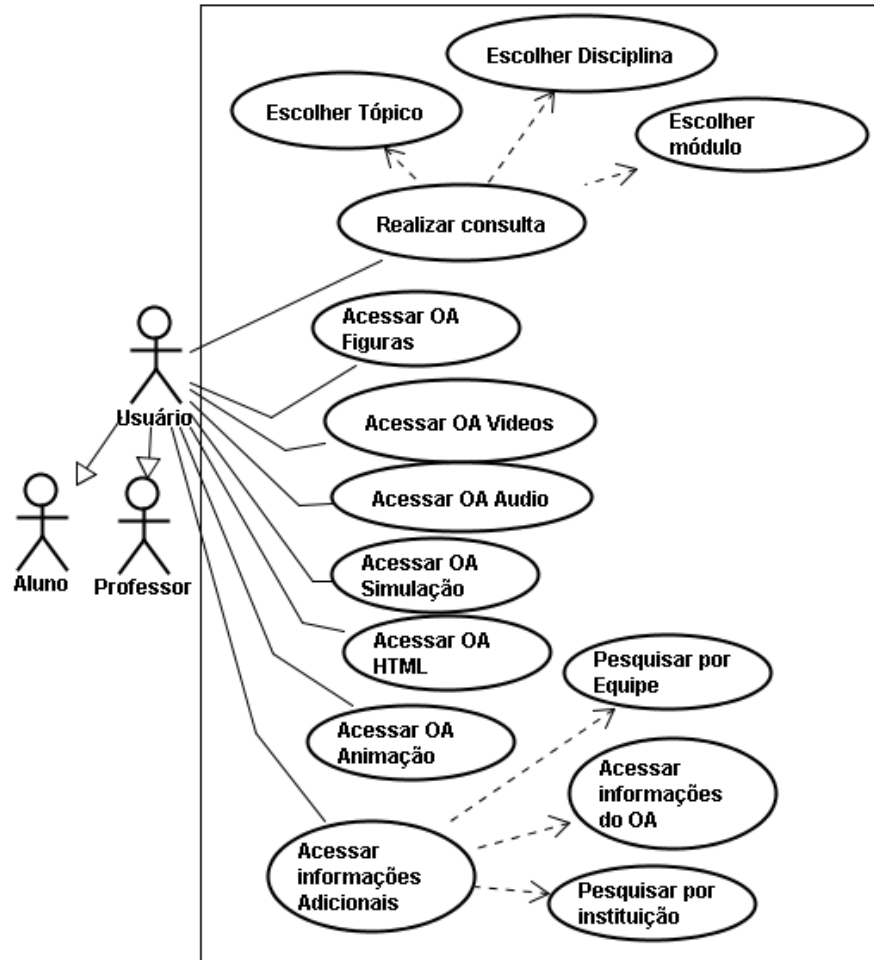


Figura 13. Diagrama de Caso de Uso para o módulo do ROAD de acesso livre a OA

O diagrama de Atividade da Figura 14 refere-se ao módulo de acesso em auxílio a sala de aula presencial. Como pode-se perceber, basicamente, o professor, após o acesso ao sistema, escolhe o conteúdo e uma turma que serão armazenados em uma base de dados.

O aluno, por sua vez, também faz acesso ao sistema, todavia, essa é sua única função (com exceção do acesso aos OA), já que o sistema tem a função de identificar seu dispositivo móvel, buscar as informações fornecidas pelo professor quanto ao conteúdo, recuperar as informações da Ontologia, filtrá-las em função do dispositivo de acesso e, por fim, apresentá-las ao aluno.

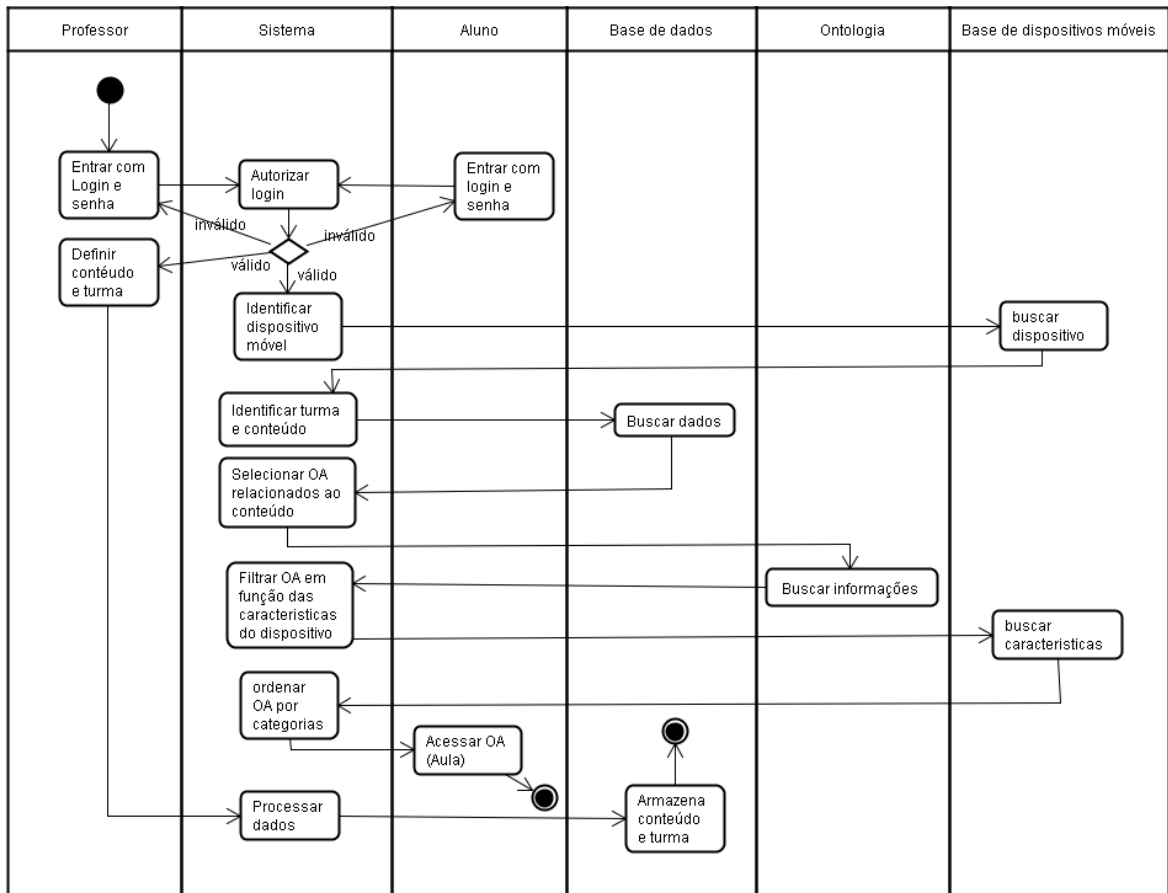


Figura 14. Diagrama de Atividade

O diagrama de Atividade da Figura 15 refere-se ao módulo de acesso livre a Objetos de Aprendizagem. E, como pode-se perceber, o usuário escolhe um conteúdo. O sistema, por sua vez, tem a função de identificar seu dispositivo móvel, recuperar as informações da Ontologia relacionadas ao conteúdo definido, filtrá-las em função do dispositivo de acesso e, por fim, apresentá-las ao usuário. Entretanto, antes do acesso aos OA, o usuário tem outras opções, entre elas: a pesquisa de OA por equipe, por instituição, ou, simplesmente, o acesso a informações sobre o Objeto de Aprendizagem.

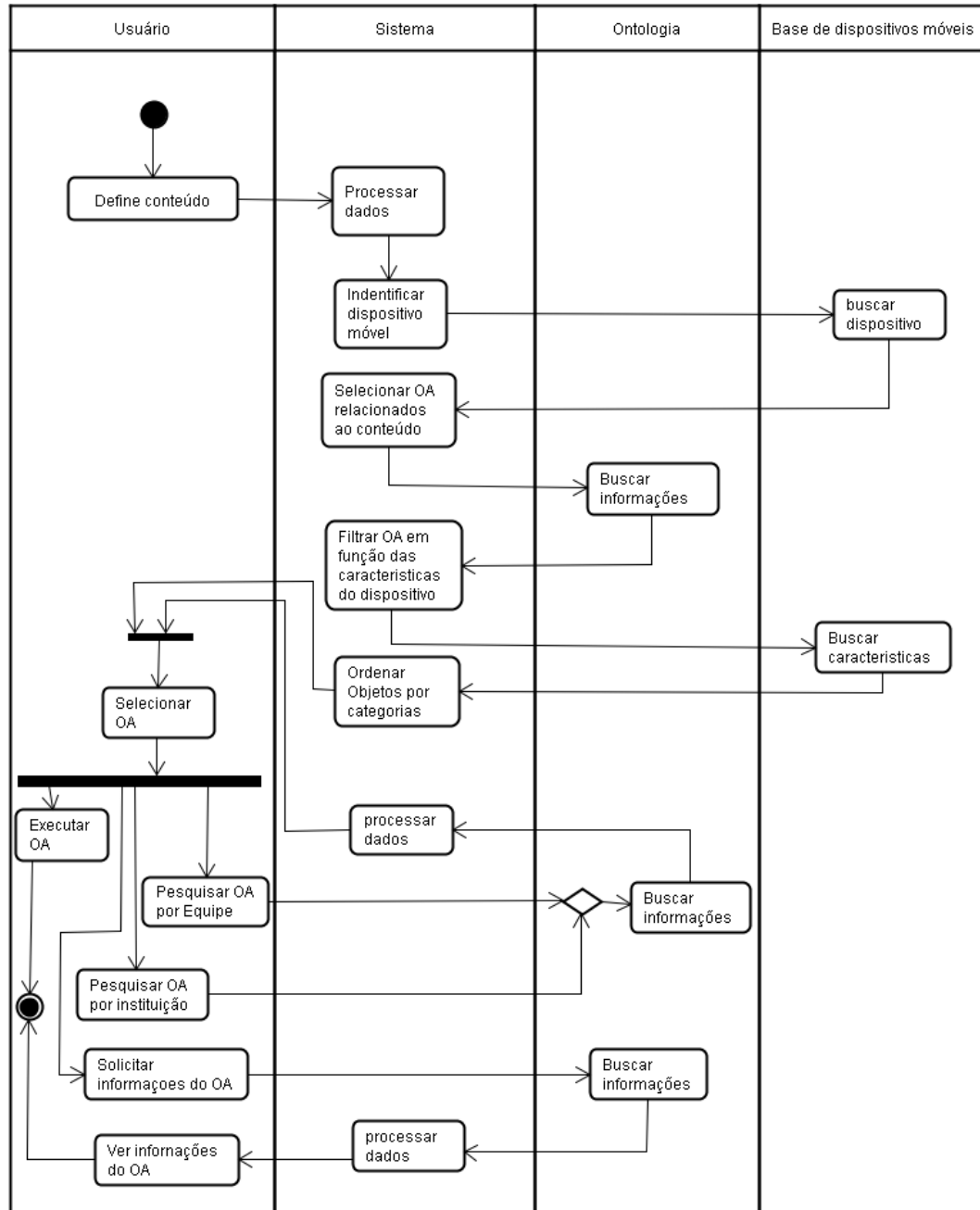


Figura 15. Diagrama de Atividade

Com a descrição do sistema definida pela utilização dos diagramas de Caso de Uso e de Atividades, as próximas etapas foram a definição da arquitetura do sistema e sua implementação.

6.3 Arquitetura e Implementação do Sistema

A arquitetura do ROAD é apresentada na Figura 16 e, como é possível perceber, o acesso ao ROAD deve ser realizado através de dispositivos móveis (PDA, Smartphone ou Celular) conectados a Internet (3G, Wi-Fi).

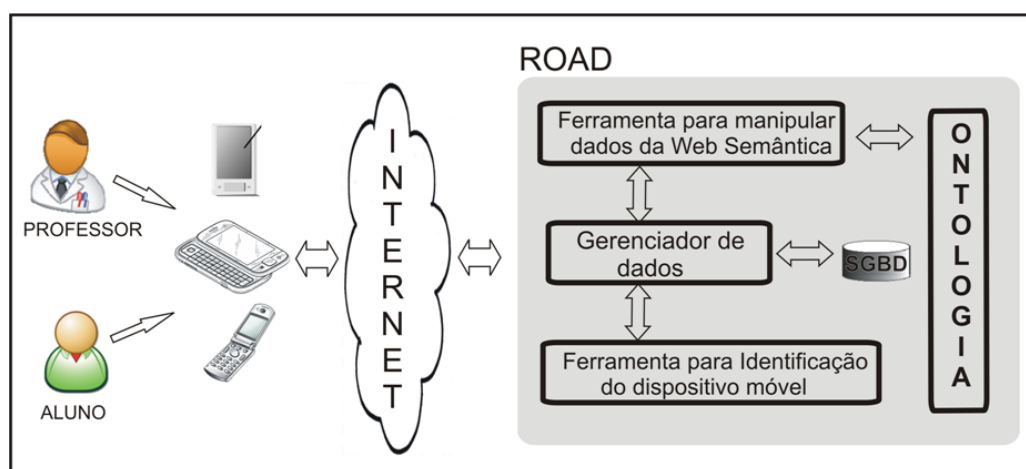


Figura 16. Arquitetura do ROAD

O ROAD, como mostra a Figura 16, é composto por um gerenciador de dados (a linguagem de programação PHP), uma ferramenta (a API RAP para PHP) para manipulação de dados que sigam os padrões da Web Semântica (Ontologias) e outra ferramenta para identificação do dispositivo móvel (a API Tera-WURFL para PHP) e suas características, as quais são derivadas de um arquivo XML (o XML-WURFL).

Seguindo a descrição do sistema, apresentado na seção 6.2, o módulo de apoio a sala de aula presencial, necessariamente, precisa do acesso do professor para definir o conteúdo que será ensinado em aula. Isso significa dizer que, o professor vai definir uma disciplina, um módulo da disciplina e um tópico do módulo (esse esquema equivale-se ao sumário de livros) e definirá para qual turma tal assunto será aplicado. Esses dados serão armazenados em uma base de dados (MYSQL).

O aluno, por sua vez, irá ingressar no ROAD para acesso à Aula, que é caracterizada como uma seleção de Objetos de Aprendizagem baseados no contexto específico do conteúdo definido pelo professor e filtrados pelas características do dispositivo móvel de acesso do aluno. A filtragem, em relação ao dispositivo de acesso, é invisível ao usuário. Devido a essa filtragem, os resultados da pesquisa podem diferenciar-se entre dispositivos móveis distintos.

Para definir essa Aula, foi necessária a utilização da API TERA para recuperar as informações do dispositivo móvel de acesso (armazenadas no XML-WURFL) e a utilização da API RAP para recuperar os dados da Ontologia. Essa recuperação é feita em função dos dados informados pelo professor na busca pelos OA e do resultado das informações do dispositivo provindas da API TERA.

O ROAD no acesso livre a OA difere-se em apenas algumas partes em relação ao ROAD no apoio à sala de aula presencial. Como é acesso livre, a pesquisa pelos OA é livre e por esse motivo, não é apresentado o conceito de aula nessa modalidade. Uma vantagem adicionada é a possibilidade de pesquisas relacionadas, isto é, após uma pesquisa, o usuário terá a possibilidade de realizar pesquisas relacionadas sob os OA encontrados. As pesquisas relacionadas são determinadas pela consulta de OA de uma mesma equipe e todos os OA de uma mesma Instituição. Também é possível obter diversas informações do Objeto de Aprendizagem em questão, como será visto na seção 6.4.

O ROAD, por ser baseado na Web, é programado na linguagem de programação PHP. Essa linguagem proporcionou, através da inclusão da API RAP, a possibilidade de manipular dados da Web Semântica e, a partir da inclusão da API TERA-WURFL, a possibilidade de identificação do dispositivo móvel de acesso, bem como o acesso às suas características. Nesta seção, serão apresentadas como as tecnologias escolhidas permitiram a implementação do ROAD.

Nos padrões da Web Semântica, o RDF fornece meios para a descrição estrutural e semântica dos dados, sua ideia central é representar as informações em forma de triplas. Um conjunto de triplas é chamado de grafo RDF. No RAP, grafos RDF são representados como instâncias da classe “model”. Os elementos dentro de um *model* são declarações e cada declaração compreende três nodos: sujeito, predicado e objeto (OLDAKOWSKI, 2005), como é apresentado no Quadro 10.

1	http://www.ufsm.br/Ontologia/road.owl#Biologia	road:hasModulo	http://www.ufsm.br/Ontologia/road.owl#Ecologia
2	http://www.ufsm.br/Ontologia/road.owl#Ecologia	road:hasTopico	http://www.ufsm.br/Ontologia/road.owl#Sistema_Solar

Quadro 10. Representação em formato de tripla.

Atualmente, existem três padrões principais para a representação do conhecimento, que são os pilares para o desenvolvimento da Web Semântica: o XML, o RDF e o OWL. O OWL utiliza padrões RDF e este utiliza padrões XML, o que, basicamente, define a sintaxe para construção de Ontologias. Então, é através da Ontologia OWL que a semântica desejada é definida para o ROAD no contexto de OA para dispositivos móveis. Por isso, a utilização básica do RAP, para o desenvolvimento do ROAD, deu-se através da manipulação da Ontologia OWL e pela realização de consultas sob ela. Essas consultas sob a Ontologia OWL foram realizadas pela linguagem de consultas SPARQL (W3C, 2008), na qual o RAP tem suporte.

As consultas realizadas com SPARQL estruturam-se, basicamente, da seguinte maneira:

```
"SELECT ?sujeito ?objeto WHERE { ?sujeito predicado ?objeto }"
```

Isto é, pode-se consultar por um sujeito ou objeto a partir do relacionamento entre eles, que pode ser um relacionamento entre classes ou de tipos de dados. Para melhor entendimento, será apresentada uma consulta, utilizando o SPARQL através da ferramenta Protégé e uma consulta a partir da utilização do SPARQL, através da API RAP.

A partir do Protégé, a consulta desejou o resultado da seleção de todos os nomes dos OA, da categoria vídeo, e que estejam no formato de vídeo 'MOV' (Figura 17).

Como é possível perceber, as declarações "PREFIX" são definidas para evitar a utilização de URIs inteiras na consulta. O padrão de metadados é o LOM (title e

format). Os resultados da consulta são apresentados no painel ao lado direito (Results).

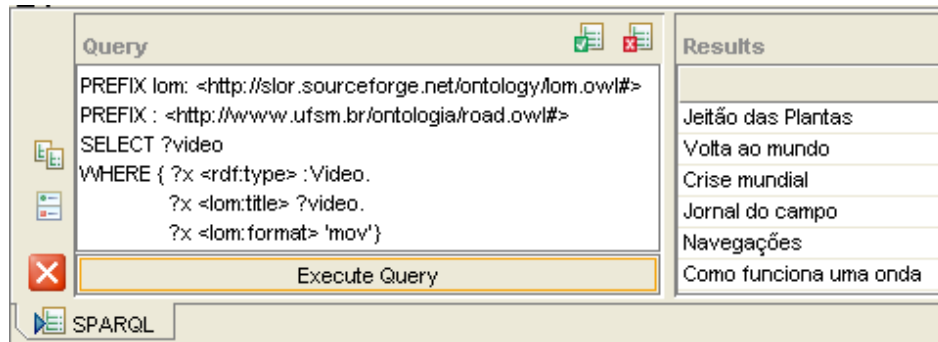


Figura 17. Consulta sob a Ontologia no Protégé, utilizando SPARQL.

No RAP, uma consulta utilizando SPARQL é definida como apresenta o código abaixo. Uma variável, no caso “\$consulta”, irá receber o conteúdo do “SELECT”. Os dados contidos na variável “\$consulta” serão enviados para a classe “Model”, a qual efetuará a consulta na Ontologia OWL utilizando a linguagem de consultas SPARQL através do RAP.

A consulta realizada deve retornar o nome de todos os Objetos de Aprendizagem da categoria “Vídeos”, que são mantidos pela instituição “UFMS” e que tenham sido criados pela equipe “EquipeGeo1”.

```
$consulta = "
SELECT ?x
WHERE{
  ?y rdf:type
  <http://www.ufsm.br/Ontologia/road.owl#Video>.
  ?y <http://www.ufsm.br/Ontologia/road/propriedades#hasInstituicao>
  <http://www.ufsm.br>
  ?y <http://www.ufsm.br/Ontologia/road/propriedades#hasEquipe>
  <http://www.ufsm.br/Ontologia/road.owl#EquipeGeo1>.
  ?y <http://slor.sourceforge.net/ontology/lom.owl#title> ?x}";
$resultado= $model->sparqlQuery($consulta);
```

A fim de esclarecer, a consulta utilizando SPARQL através do RAP não utilizou declarações “PREFIX”, mas, sim, as URIs inteiras que identificam tanto o

sujeito, quanto a propriedade e o objeto, mostrando a possibilidade de realizar consultas diretamente através de URLs.

As filtragens dos OA, a partir das características do dispositivo móvel de acesso, também foram feitas através do SPARQL, porém, para identificar e extrair informações do dispositivo móvel de acesso foi necessário a utilização de outras tecnologias.

Além de consultar por Objetos de Aprendizagem utilizando os padrões da Web Semântica, o ROAD filtra todos os OA encontrados em função das características do dispositivo móvel de acesso. Contudo, para isso foi necessário que os OA fossem descritos corretamente na categoria de metadados técnica, especificando o formato do arquivo e a resolução de tela deste. Através dessas informações, e das informações providas do dispositivo móvel de acesso, foi possível filtrar corretamente os OA encontrados.

Tendo a descrição do OA em relação ao seu tipo de arquivo e resolução de tela, foi necessário descobrir se o dispositivo móvel de acesso é apto a executar o OA em função dessas características. Porém, por questões de segurança, todas as informações que se extrai diretamente do dispositivo móvel, são ineficazes para permitir o tipo de filtragem requerido no ROAD. Nesse sentido, como já apresentado, basear-se no Sistema Operacional de cada dispositivo para coletar informações é inviável e limitante. Para contornar isso, foi utilizado o Wireless Universal Resource File – WURFL, que contém as informações necessárias sobre as características de diversos dispositivos móveis.

A partir do código abaixo, é possível perceber como as informações dos dispositivos móveis são estruturadas e descritas no arquivo XML WURFL.

```
<device id="blackberry8100_ver1_sub420" user_agent="BlackBerry8100/4.2.0 Profile/MIDP-2.0
Configuration/CLDC-1.1 VendorID/125" fall_back="blackberry8100_ver1">
  <group id="product_info">
    <capability name="uaprof"
value="http://www.blackberry.net/go/mobile/profiles/uaprof/8100/4.2.0.rdf"/>
    <capability name="model_name" value="BlackBerry 8100"/>
  </group>
  <group id="wml_ui">
    <capability name="table_support" value="true"/>
  </group>
  <group id="display">
    <capability name="columns" value="26"/>
    <capability name="rows" value="18"/>
  </group>
</device>
```

```

<capability name="resolution_width" value="240"/>
<capability name="resolution_height" value="260"/>
</group>
<group id="image_format">
<capability name="jpg" value="true"/>
<capability name="gif" value="true"/>
<capability name="bmp" value="true"/>

```

Esse código apresenta algumas das características inerentes ao dispositivo móvel Blackberry 8100 da fabricante RIM, entre essas: a resolução da tela e os formatos de imagens. Porém, o WURFL apenas especifica as características e funcionalidades dos dispositivos móveis, entretanto, fez-se necessária uma maneira de reconhecer sob qual dispositivo o usuário faz acesso para ter a disponibilidade de recuperar, a partir do arquivo XML WURFL, as informações necessárias para a filtragem dos Objetos de Aprendizagem. Para isso, foi utilizada a API para PHP TERA-WURFL Mobile Device Identification (TERA, 2006).

Para descobrir o dispositivo móvel de acesso através do TERA-WURFL, basicamente foi necessária a criação de uma instância da classe “TeraWurfl()”, como é possível perceber no código abaixo. A partir dessa instância, tem-se acesso à função “getDeviceCapabilityFromAgent” que recebe como parâmetro o “HTTP_USER_AGENT” do browser, o qual define, de forma única, o dispositivo móvel de acesso.

```

$wurflObj = new TeraWurfl();
$matched = $wurflObj->getDeviceCapabilitiesFromAgent
($_SERVER['HTTP_USER_AGENT']);
$width = $wurflObj->getDeviceCabability("resolution_width");
$height= $wurflObj->getDeviceCabability("resolution_height");

```

Após a identificação do dispositivo móvel, foi possível fazer consultas pelas suas características através do arquivo XML WURFL. Para isso, utilizou-se a função “getDeviceCapability”. Nesse código, é apresentada uma consulta sobre a resolução da tela do dispositivo de acesso, através do retorno da altura (*resolution_height*) e da largura (*resolution_width*). As características retornadas do dispositivo móvel de acesso serão utilizadas, diretamente, para filtrar as consultas pelos OA através da utilização da linguagem de consultas SPARQL.

6.4 Funcionamento

Para demonstrar o funcionamento do ROAD nos módulos livre e em auxílio a sala de aula presencial, foi utilizado apenas o dispositivo móvel iPhone e, para melhor visualização das telas de acesso ao ROAD, elas foram derivadas de *print screen* das telas durante a navegação pelo repositório.

6.4.1 ROAD em auxílio à sala de aula presencial

A tela inicial do ROAD apresenta as opções de acesso aos dois módulos do ROAD: o acesso livre ao repositório e o acesso para utilização em sala de aula presencial, como pode ser vista na Figura 18. O objetivo dessa seção é apresentar o funcionamento do módulo para utilização em sala de aula.

A utilização do ROAD em sala de aula depende, primeiramente, do acesso do professor da disciplina. Como é necessário armazenar as informações definidas por cada professor, o acesso ao ROAD se dá através de um login e senha, como apresenta a Figura 19.



Figura 18. Tela inicial do ROAD.



Figura 19. Tela de acesso ao ROAD.

Ao professor é apresentada, após o *login*, a tela das Figuras 20 e 21. É a partir dela que o professor irá definir qual conteúdo e para qual turma serão utilizados os Objetos de Aprendizagem. Isto é, o professor estará definindo que, para uma turma “A”, serão consultados todos os OA que tenham relação com um tópico “B” do Módulo “C” e que pertença à disciplina “D”.



Figura 20. Definindo conteúdo e a turma para aula.

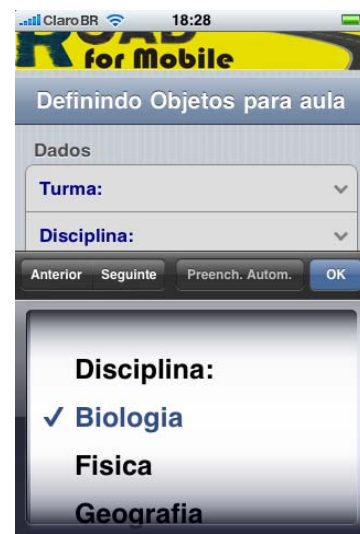


Figura 21. Tela apresentado a escolha da opção disciplina.

Com a aula definida, o aluno fará acesso ao ROAD da mesma maneira que o professor, isto é, através de um login e senha. Porém, a página após o acesso apresentará ao aluno apenas os OA que foram encontrados, automaticamente, baseados no conteúdo definido pelo professor anteriormente (Figura 22). Os OA, além de selecionados a partir de seu conteúdo, também são filtrados em função das características do dispositivo móvel de acesso e separados por categorias. Como é possível perceber na Figura 22, os OA encontrados foram selecionados a partir da disciplina “Biologia”, no módulo “Ecologia” e no tópico “Origem” e filtrados pelas características do dispositivo móvel de acesso, um iPhone. Os resultados da pesquisa podem apresentar diferenças quanto aos OA encontrados, caso os dispositivos de acesso tenham configurações diferentes.



Figura 22. Tela inicial apresentada ao aluno.



Figura 23. Tela de acesso ao OA.

Para acesso aos Objetos de Aprendizagem encontrados, o aluno deverá escolher uma das categorias, que, a partir daí, carregará uma nova página com todos os OA encontrados para aquela categoria, como é possível perceber na Figura 23.

6.4.2 ROAD para acesso livre aos Objetos de Aprendizagem

O módulo de acesso livre aos OA, não necessita de identificação para ser utilizado. É livre para qualquer tipo de usuário e basta apenas que se acesse o ROAD através de um dispositivo móvel e realize uma pesquisa, a qual deve ser definida entre uma disciplina, um módulo e um tópico, como se pode perceber na Figura 24. Os resultados da pesquisa serão apresentados igualmente como o ROAD em apoio à sala de aula presencial, como apresenta a Figura 25. No entanto, além do acesso ao Objeto de Aprendizagem, novas funções são apresentadas ao escolher um OA de determinada categoria.

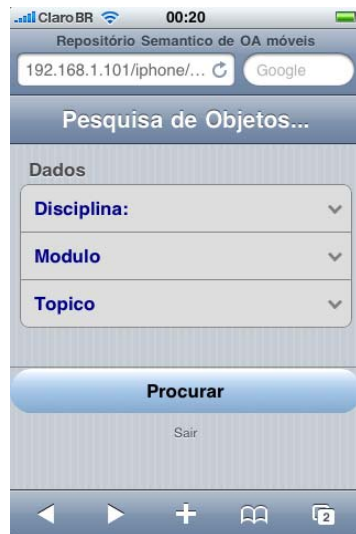


Figura 24. Tela de pesquisa no acesso ao módulo livre do ROAD.



Figura 25. Tela que apresenta os resultados da pesquisa pelos OA.

As novas funções disponibilizadas podem ser conferidas na Figura 26. As novas funções são: acesso às informações do OA, realizar pesquisas por OA que tenham sido criados pela mesma equipe ou ainda pesquisar por OA que sejam mantidos pela mesma instituição.



Figura 26. Funções diferenciais no ROAD.



Figura 27. Informações do OA.

As informações do OA são conferidas como apresenta a Figura 27. Entre as informações apresentados do OA estão: nome, formato, idioma, data de criação, Instituição a que pertence, descrição e equipe criadora.

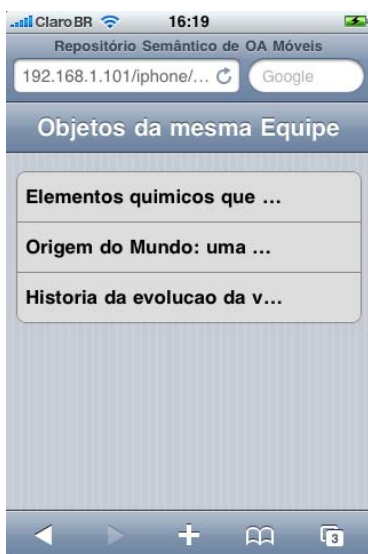


Figura 28. OA de mesma equipe.

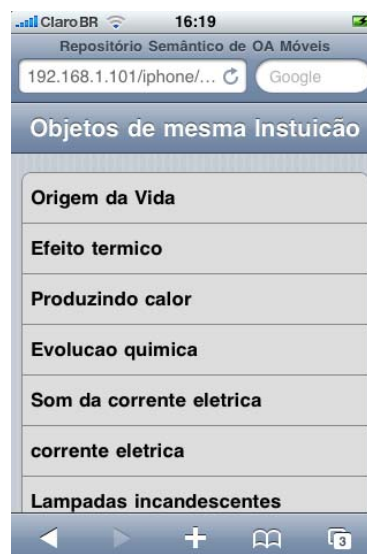


Figura 29. OA da mesma Instituição.

A opção de pesquisa por Objetos de Aprendizagem da mesma equipe apresentou (Figura 28), como o próprio nome já diz, todos os OA que tenham sido criados pela mesma equipe do OA inicial da pesquisa. Os objetos não estarão separados por categorias, mas é permitida a possibilidade de ver suas informações antes de ser executado. O mesmo acontece com os objetos de mesma instituição (Figura 29).

6.5 Validação

A validação do ROAD foi realizada para evidenciar que, através da utilização dos padrões da Web Semântica, ele permite uma recuperação específica e eficiente por Objetos de Aprendizagem. Além disso, realiza a filtragem desses OA, levando em consideração as características do dispositivo móvel de acesso. Essa validação consistirá de uma comparação do ROAD com um dos repositórios analisados nesta dissertação. Diante das características dos repositórios apresentados no Capítulo 4, foi decidido pela utilização do repositório BIOE, sendo que esse é um repositório reconhecido internacionalmente e apresenta uma quantidade expressiva de OA das mais diversas áreas de ensino, os quais são divididos pelas mesmas categorias de OA utilizadas no ROAD.

Os dispositivos móveis utilizados para realizar esta validação são de diferentes fabricantes (Apple, HTC, RIM, Samsung, Nokia), de diferentes plataformas (Iphone OS, RIM OS, Android, Proprietário) e apresentam diferentes características quanto à execução de formatos de arquivos. Os dispositivos utilizados para a validação foram: o iPhone 3G, o Blackberry 9000, o HTC Magic A6161 e o Samsung Jet S8003.

Por motivos de comparação, somente será abordado o módulo do ROAD de acesso livre aos Objetos de Aprendizagem, pois, dentre os repositórios pesquisados nesta dissertação, nenhum apresenta as características do ROAD como auxílio à sala de aula presencial.

Para iniciar essa validação, fez-se necessário realizar o acesso aos repositórios BIOE e ROAD através de dispositivos móveis. Como é possível perceber na Figura 30, o repositório BIOE não apresenta qualquer tipo de adaptação de sua interface para acesso em dispositivos móveis. Além disso, seus recursos não têm suporte para todos os tipos de dispositivos móveis, como é possível perceber na Figura 31, na qual o campo 'busca' não é apresentado pelo dispositivo Blackberry 9000, o que impossibilita aos usuários desse dispositivo realizar consultas por OA.

Para realizar a comparação entre o ROAD e o BIOE no quesito educacional, foi necessária a especificação de uma consulta. A consulta realizada está relacionada com a disciplina de "Matemática" e o tema "Função Quadrática ou função do 2º grau". No BIOE, existem várias maneiras de realizar uma consulta, todavia, as possíveis para encontrar os OA em relação a esse conteúdo definido são através de palavras-chave ou através da pesquisa por temas. Através da pesquisa por temas, o BIOE separa os OA através de níveis de ensino, sendo que esses níveis são separados por disciplinas e as disciplinas são separadas por temas.

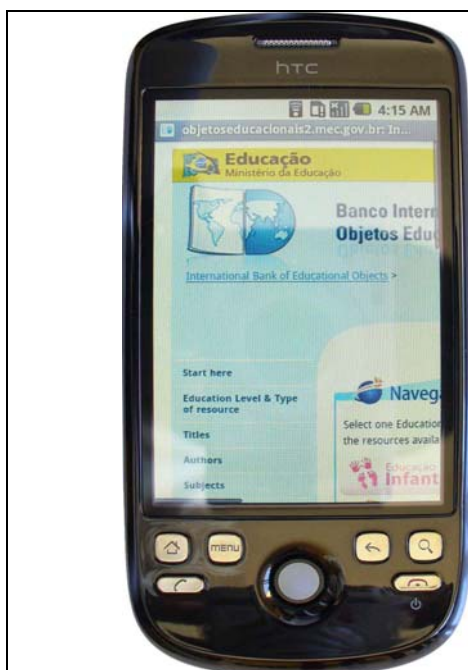


Figura 30. Acesso ao BIOE através da utilização do dispositivo móvel HTC Magic.



Figura 31. Campo de consulta do BIOE não apresentado no BlackBerry 9000.

No nível de ensino médio, na disciplina de matemática, existem apenas cinco temas e nenhum sub-tema para catalogar 545 Objetos de Aprendizagem de diferentes categorias. Entre esses cinco, tem-se o tema “Funções” e, a partir da utilização desse refinamento, resultam 133 OA. Todos esses 133 OA resultantes estão relacionados ao tema Funções, porém, seguindo PAIVA (1999), o tema funções é dividido em 10 sub-temas, os quais são: Associando números reais a pontos de uma reta ou de um plano; Função; Função real ou variável; Função afim ou do 1º grau; Função quadrática ou do 2º grau; Inequação produto e inequação quociente; O conceito de módulo; Função exponencial; Teoria dos logaritmos e, Composição e inversão de funções. Então, como saber quais desses 133 OA refere-se à “Função quadrática ou do 2º grau”? ou o usuário acessa um por um esses 133 OA até encontrar os relacionados ao tema desejado, ou o usuário deve tentar a consulta a partir de outro recurso, no caso, a pesquisa por palavras-chave.

A pesquisa por palavras-chave foi feita com as seguintes expressões “função quadrática ou função do 2º grau”. Entretanto, essa consulta gerou zero resultados. Uma nova consulta foi realizada utilizando a expressão “função quadrática”, a qual gerou três resultados (Figura 32). Outra consulta utilizando a expressão “função do 2º grau” gerou um resultado (Figura 33). No entanto, esse OA encontrado para

“função do 2º grau” não está incluído nos três resultados da consulta por “função quadrática”, como deveria acontecer.

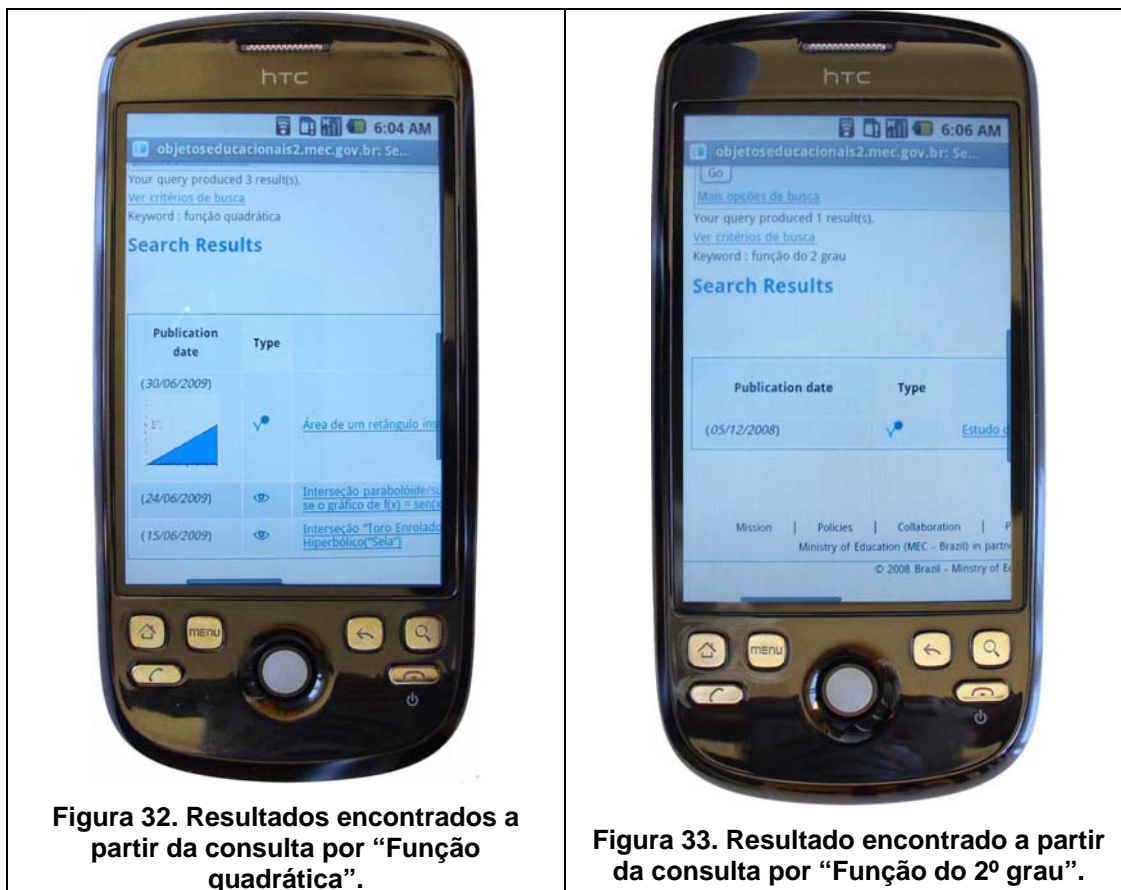


Figura 32. Resultados encontrados a partir da consulta por “Função quadrática”.

Figura 33. Resultado encontrado a partir da consulta por “Função do 2º grau”.

Mesmo que “função quadrática” e “função do 2º grau” tenham a mesma definição, as consultas realizadas no BIOE geraram resultados diferentes, o que dificulta a busca por OA específicos. Ficando sob responsabilidade de o usuário encontrar, um a um, os OA que satisfaçam suas necessidades. Dentre esses resultados retornados da consulta, ficará também sob responsabilidade do usuário a execução dos OA, também um a um, para reconhecer quais podem ser executados em seu dispositivo móvel de acesso. Já que o BIOE não apresenta qualquer tipo de preocupação relacionada às características dos dispositivos móveis.

Diante das dificuldades apresentadas em relação à recuperação de Objetos de Aprendizagem no repositório BIOE, como esperar que usuários de dispositivos móveis acessem tal repositório em busca de OA, já que eles encontrarão, além dessas dificuldades, outras relacionadas com a dificuldade de navegação e com as dificuldades de visualização e execução de determinados formatos de arquivos. O

ROAD apresenta uma nova abordagem na recuperação de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis e, foi validado através da utilização dos mesmos critérios utilizados para consultar OA no BIOE.

Por motivos de comparação, os quatro Objetos de Aprendizagem relacionados à “função do 2º grau ou função quadrática” encontrados no BIOE foram armazenados no ROAD. Através disso, foi possível apresentar as diferenças entre um repositório que utilize apenas metadados para catalogar OA, no caso o BIOE e um repositório que utilize os padrões da Web Semântica para armazenar os Objetos de Aprendizagem, no caso, o ROAD.

Como o ROAD permite a catalogação de OA através da especificação de uma disciplina, de um módulo e um tópico, todos OA armazenados estão relacionados a um conteúdo específico, isto é, a realização de uma consulta não será feita a partir de palavras-chave, mas, sim, diretamente através da escolha de um conteúdo específico. Em comparação aos resultados gerados pelo repositório BIOE, a Figura 34 e a Figura 35 apresentam uma única e específica consulta realizada no ROAD. Os resultados são apresentados através de dois dispositivos móveis de diferentes fabricantes, os quais apresentam os OA relacionados ao conteúdo “função do 2º grau ou função quadrática”, separados por categorias e aptos a serem executados no dispositivo móvel. Diante dos quatro OA existentes, apenas três estão aptos a serem executados nos dispositivos testados. Deste modo, apenas três OA aparecem nos resultados da pesquisa.

Como é possível perceber na Figura 34 e na Figura 35, os três Objetos de Aprendizagem encontrados estão relacionados à categoria de animação e HTML. Essa diferenciação permite ao usuário o conhecimento sobre qual categoria os OA estão relacionados. Além disso, o ROAD permite pesquisas relacionadas aos OA de mesma equipe ou de mesma Instituição. Em relação à execução desses OA nos dispositivos utilizados para acesso, apenas três dos quatros OA estão aptos a ser executados. No Anexo C é apresentado o acesso a esses OA através de dispositivos móveis.

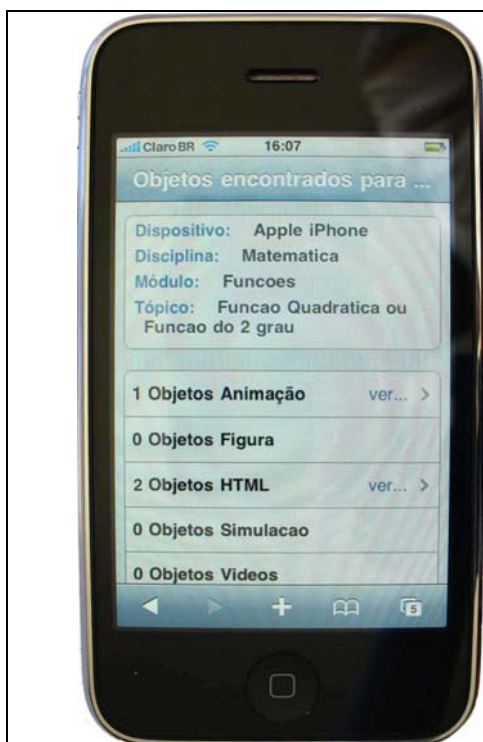


Figura 34. Resultado da consulta no ROAD, através do iPhone 3G, em comparação com os resultados do BIOE.



Figura 35. Resultado da consulta no ROAD, através do HTC Magic, em comparação com os resultados do BIOE.

Vale destacar também, em comparação ao BIOE, a ergonomia das telas e de recursos de acesso no ROAD, os quais foram concebidos de modo a permitir uma navegação simples e intuitiva, evitando a utilização de *Zooms* e barras de rolagem.

A validação realizada através da comparação do ROAD com o BIOE permitiu apresentar as vantagens da utilização dos padrões da Web Semântica, porém, devido a pouca quantidade de OA relacionados ao conteúdo especificado, não foi possível apresentar as vantagens da filtragem que leva em consideração as características do dispositivo de acesso.

Sendo assim, foi realizada uma consulta por Objetos de Aprendizagem da Disciplina de “Física”, no módulo “Resistores” e no tópico “Efeito Joule”. Ao total, são dezesseis OA relacionados a esse conteúdo, os quais são divididos em: três OA Animação (um GIF Animado, um Flash Lite e um J2ME), três OA Figura (um JPG, um PNG e um BMP), um HTML, um OA Simulação (um Flash Lite), cinco OA Vídeo (um MP4, um 3GP, um FLV, um MOV e um WMV) e três OA Áudio (um MP3, um WAV e um AAC)

Diante das características de cada dispositivo no qual o ROAD foi validado, a quantidade de OA gerados a partir da consulta foi diferente entre alguns dos dispositivos, como é possível perceber nas Figuras 36, 37, 38 e 39.



Figura 36. Filtragem dos OA no dispositivo iPhone 3G.



Figura 37. Filtragem dos OA no dispositivo HTC Magic.

Os dispositivos móveis iPhone e HTC Magic, como apresentado na Figura 36 e na Figura 37 respectivamente, estão aptos a executar dez de quinze Objetos de Aprendizagem relacionados ao conteúdo da pesquisa. Porém, entre esses dez OA encontrados, não significa que os OA sejam os mesmos para os dois dispositivos. Por exemplo, os dois dispositivos estão aptos a executar dois OA da categoria vídeo, porém o iPhone irá executar apenas os vídeos nos formatos MOV e MP4, enquanto o HTC Magic está apto a executar vídeos no formato MP4 e 3GP.



Figura 38. Filtragem dos OA no dispositivo BlackBerry 9000.

Figura 39. Filtragem dos OA no dispositivo Samsung Jet S8003.

Na Figura 38, é apresentada a consulta pelos OA no dispositivo BlackBerry 9000 e, na Figura 39, no dispositivo Samsung Jet S8003. Entre todos os dispositivos móveis utilizados na validação, somente o Smartphone Samsung Jét S8003 (Figura 39) tem como característica a disponibilidade de executar conteúdo Flash Lite, por esse motivo, esse é o único dispositivo que apresenta OA na categoria simulação.

Diante das dificuldades relacionadas com a consulta por OA nos repositórios atuais através de dispositivos móveis, tanto em relação à parte educacional quanto à parte técnica, como apresentado nesta dissertação, foi possível perceber a necessidade de um repositório que utilize técnicas que permitam uma recuperação específica por OA e que ainda possa filtrá-los em função das características do dispositivo móvel de acesso. Como foi possível perceber após essa validação, o ROAD supre essas dificuldades apresentadas, facilitando a recuperação por OA relacionados a conteúdos específicos e que estejam aptos a serem executados no dispositivo móvel do usuário. Também permite, a partir da utilização de Ontologias,

compartilhar o entendimento comum da estrutura da informação utilizada no ROAD entre pessoas ou agentes *software*.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou a construção de um repositório de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis baseado nos padrões da Web Semântica, que almejou a recuperação e a reutilização de OA. Além disso, objetivou permitir que a recuperação dos OA estivesse baseada nas características do dispositivo móvel de acesso. Para a realização deste trabalho, foram necessários diversos estudos e pesquisas, as quais, em síntese, abordaram o conteúdo necessário para a modelagem e construção do repositório proposto: o ROAD.

O trabalho inicial, realizado através de uma revisão bibliográfica sobre o assunto, possibilitou identificar as limitações das tecnologias utilizadas na Web atual e entender as tecnologias necessárias para suprir essas limitações. Em suma, essa parte inicial é dedicada ao estudo da Web Semântica, apresentando desde as diferenças básicas entre dado, informação e conhecimento, como a definição de Ontologias. Após, realizou-se um estudo aprofundado sobre Web Semântica, para, assim, compreender sua estrutura e conhecer as tecnologias utilizadas nessa abordagem.

Como esta dissertação também está relacionada à aprendizagem móvel, isto é, com o acesso ao conhecimento através da utilização de dispositivos móveis, fez-se necessário o entendimento desse contexto. Para isso, esta pesquisa abordou a Computação Móvel através de suas potencialidades e limitações e sua ligação com a M-Learning. Em seguida, apresentou-se a utilização de Objetos de Aprendizagem como recurso pedagógico, e a utilização desses através de dispositivos móveis.

Com o referencial teórico definido, foi necessário realizar pesquisas por repositórios de Objetos de Aprendizagem, apresentando cada um através da perspectiva de os mesmos apresentarem OA separados por categorias e pela descrição do formato de arquivo do OA, e se possibilitavam consultas por OA utilizando tais informações. Após essa pesquisa, percebeu-se as limitações dos repositórios diante da recuperação de OA para dispositivos móveis, o que incentivou fortemente a criação do ROAD.

Diante do objetivo desta dissertação e das limitações dos repositórios de OA em relação às necessidades dos usuários, foi necessária a criação de uma abordagem que utilizasse os padrões da Web Semântica sob o contexto de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis, para, assim, suprir as limitações encontradas nos repositórios pesquisados. Essa abordagem especificou os metadados utilizados para descrever os OA e a definição de uma Ontologia para esse contexto. Após essa definição, foi apresentada a arquitetura do ROAD, explicitando os dois módulos dele em separado, seguido da implementação e das tecnologias utilizadas para a manipulação da parte semântica e da parte de identificação do dispositivo móvel de acesso.

Em relação aos objetivos propostos nesta dissertação, pode-se concluir que foram alcançados através da utilização dos padrões da Web Semântica e da utilização de técnicas para descobrir o dispositivo móvel de acesso e suas características. O módulo do ROAD como acesso livre aos OA apresentou, a partir de sua validação, a possibilidade de contextualizar especificamente os Objetos de Aprendizagem, permitindo consultas eficientes tanto em relação a seu contexto educacional quanto sua a disponibilidade de ser executado no dispositivo de acesso, permitindo, assim, suprir as limitações dos repositórios atuais.

Uma das vantagens a ser destacada no ROAD é a possibilidade de motivar uma maior interação entre os aprendizes, isto é, já que alunos com diferentes dispositivos móveis podem ter como resultado diferentes Objetos de Aprendizagem, é possível que aconteça uma troca de dispositivos entre esses para que todos tenham acesso aos OA.

Outra característica importante a ser destacada no ROAD foi a utilização de Ontologias para OA para dispositivos móveis, a qual permitirá o compartilhamento do vocabulário criado entre comunidades de pessoas e/ou agentes de *Software*. Além disso, definiu, organizou conceitos, relações e restrições, o que contribuiu para um ganho de expressividade e flexibilidade, permitindo ao ROAD não restringir-se a termos e palavras-chave, como nos mecanismos de busca dos repositórios analisados, mas, sim, na estrutura e nos conceitos definidos.

Cabe destacar também a ergonomia das telas e de recursos de acesso no ROAD, os quais foram concebidos de modo a permitir uma navegação simples e intuitiva, evitando a utilização de *Zooms* e barras de rolagem como observado nos repositórios analisados no Capítulo 4.

Sendo assim, se os repositórios baseados na Web atual já representavam uma revolução no que condiz com a recuperação de Objetos de Aprendizagem, o ROAD, como apresentado nesta dissertação, tem a possibilidade de revolucionar ainda mais esses paradigmas, unindo as vantagens da M-Learning com as vantagens da Web Semântica. Tanto que, a proposta desta dissertação atingiu níveis de aceitação nacional e internacional, sendo publicando em vários eventos de qualidade na área.

7.1 Trabalhos Futuros

O módulo do ROAD como apoio para a sala de aula presencial é uma nova abordagem na utilização de repositórios de OA que pretende ser de grande valia no processo de ensino/aprendizagem móvel com contexto definido. No entanto, sua validação em sala de aula presencial ficou para trabalhos futuros. Além disso, pretende-se aperfeiçoar o ROAD com a utilização de técnicas de recomendação de Objetos de Aprendizagem baseadas em filtragem colaborativa, como também, integrar suas funcionalidades a um Ambiente Virtual de Aprendizagem móvel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, P. B. S. **Otimização de Websites para mecanismos de busca na internet: uma contribuição do Eurodesign.** Dissertação de Mestrado. Puc-Rio. 2007.

ANTONIOU, G; Harmelen F. **Web Ontology Language: OWL.** Department of AI, Vrije Universiteit Amsterdam. 2003.

AUGUSTIN, I. et al. **ISAM, joining context-awareness and mobility to building pervasive applications.** Mobile Computing Handbook. Ed. Florida. 2004.

ARAUJO, M. **Educação a Distância e a Web Semântica: Modelagem Ontológica de Materiais e Objetos de Aprendizagem para a Plataforma CoL.** Tese de Doutorado. Engenharia da Computação. USP. 2004a.

ARAUJO, Moysés; Ferreira, M, A, **Construindo uma Ontologia para pesquisa de Materiais e Objetos de Aprendizagem baseado na Web Semântica.** Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, SBIE. 2004b.

BARCELOS, R; Tarouco, L; **O Uso de Mobile Learning no Ensino de Algoritmos.** CINTED-UFRGS. Revista Novas Tecnologias na Educação. RENOTE. 2009.

BAX, M. P., Almeida, M. B., **Uma visão geral sobre Ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção.** Revista Ciência da Informação. Vol 32. Nº03. 2003

BERNERS-LEE, Tim; Hendler, James; Lassila, Ora. **The Semantic Web. A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities.** Scientific American Magazine. 2001.

BEZERRA, Eduardo; **Princípios de Análise e Projeto de Sistemas com Uml.** São Paulo: Campus, 2003.

BIOE. **Banco Internacional de Objetos Educacionais. 2008.** Disponível em <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>. Acesso em: 15 Jul. 2009.

BLACKWOOD, A.; Anderson, P. **Mobile and PDA technologies and their future use in education**. JISC Technology and Standards Watch. 2004;

BOOCH, Grady. **UML - Guia do Usuário**. São Paulo: Campus, 2000.

BOTELHO, Rodrigo P.; Pires, Daniel F. **Uso de Ontologia para a representação Semântica de Objetos de Aprendizagem**. Congresso de Iniciação Científica. UFSCar. 2008.

BORST, W. N. **Construction of engineering ontologies**. 1997. Disponível em: <<http://www.ub.utwente.nl/webdocs/inf/1/t0000004.pdf>>. Acesso em: 17 Abr. 2008.

BREITMAN, K. **Web Semântica. A Internet do Futuro**. Editora LTC. Brasil. 2005

CARDOSO, J. **"The Syntactic and the Semantic Web"**. Semantic Web Services: Theory, Tools and Applications. New York: Information Science Reference. 2007.

CASTILLO, S.; Ayala, G. **ARMOLEO: An architecture for Mobile Learning Objects**. Universidad de Las Americas 18th International Conference on Electronics, Communications and Computers. Mexico. 2008.

CESTA. **Coletânea de Entidade de Suporte ao uso de Tecnologias na Aprendizagem**. 2003. Disponível em < <http://www.cinted.ufrgs.br/CESTA/>>. Acesso em: 15 Jul. 2009.

COBCROFT, R. **Literature Review into Mobile Learning in the University Context.**, 2006.

COMMITTEE, L. T. S. **Learning Technology Standards Committee**. 2005. Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/wg12/>> Acesso em: 14 Abr 2009.

CRUZ, L. J. C., Nicoleit, E. R., Giacomazzo, G. F., Zanette, E. N., Gonçalves, L. L. **Objeto de Aprendizagem de Suporte ao Conteúdo Matemático de Limites para Dispositivos Móveis Baseado no Padrão SCORM - OALM**. Hifen (Uruguaiana). , v.32, p.237 - 244, 2008.

CUNHA, L. M. S; **Web Semântica: estudo preliminar**. Embrapa Informática. 2002.

DACONTA, M. C.; OBRST, L. J.; SMITH, K. T. **The Semantic Web. A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management.** Indianápolis. 2003.

DAVENPORT, T. H.; Prusak, L.; **How Organizations Manage What They Know.** Harvard Business School Press. USA. 2000.

DCMI. **The Dublin Core Metadata Initiative.** 1995. Disponível em <<http://dublincore.org/>>. Acesso em: 23 Ago. 2009.

ECONOMIDES, A. A.; Nikolaou, N.; **Evaluation of Handheld Devices for Mobile Learning.** *International Journal of Engineering Education.* Forthcoming. 2008

ECS, **Executive Committee on Standardization.** Disponível em <<http://www.api.org/Standards/committee/ecs.cfm>>. Acesso em: 14 Abr 2009.

FERREIRA, E, C, H. G.; **Geração Automática de Metadados: uma Contribuição para a Web Semântica.** Tese de Doutorado em Engenharia. Universidade de São Paulo. 2006.

FRANCISCATO, F. T.; Medina, R. D.; **Mobile Learning and Android: a New Paradigm in a Brazilian Context?.** IADIS International Conference - Mobile Learning 2009. Barcelona. 2009a.

FRANCISCATO, F. T.; Medina, R. D.; Mozzaquatro, P.; Ribeiro, P. **Ontology for a learning objects repository for mobile devices based on semantic web Standards.** IADIS International Conference WWW / INTERNET. Roma. 2009b.

GAMA, L. G. C. **Método de Construção de Objetos de Aprendizagem com Aplicação em Métodos Numéricos.** Tese de Doutorado. UFPR. Curitiba. 2007.

GENESERETH, M. R.; NILSSON, L. **Logical foundation of AI.** San Francisco Morgan Kaufman, 1987.

GRUBER, T. R. **Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing.** In N. Guarino and R. Poli, editors, *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Deventer, The Netherlands. Kluwer. 1993.

GEORGIEV, T; Georgieva, E; Smrikarov, A; **M-Learning – A New Stage of E-Learning**. International Conference on Computer Systems and Technologies-International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech 2004.

GONÇALVES, V. **E-Learning: Reflexões sobre cenários de aplicação**. Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Bragança. Biblioteca Digital IPB. 2007

GOOGLE. **We knew the web was big**. 2008. Disponível em: <<http://googleblog.blogspot.com/2008/07/we-knew-web-was-big.html>> Acesso em: 15 Maio. 2009.

GRAZIOLA, P. G. J.; Schlemmer, E.; **Aprendizagem com Mobilidade (M-Learning): Novas Possibilidades para as práticas pedagógicas a e formação docente?** 14º Congresso Internacional ABED de Educação a Distância. 2008.

GUARINO, Nicola, GIARETTA, P. **Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification**. In: N. MARS (Ed.) Towards very large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge sharing. 1995.

HARRIS P. **Goin' mobile**. ASTD's Source for E-Learning. 2001. Disponível em: <http://www.astd.org/LC/2001/0701_harris.htm>. Acesso em: 15 Abr 2009.

HENDLER J; Heflin, J; **Dynamic Ontologies on the Web**. Department of Computer Science. University of Maryland. 2000.

HEY, Jonathan. **The Data, Information, Knowledge, Wisdom Chain: The Metaphorical link**. Department of Mechanical Engineering: University of California 2004.

HULME, A. K.; Traxler, J. **Mobile Learning: A Hand Book for educators and trainers**. Open and Flexible learning series. 2005.

IMS. **IMS Meta-data Best Practice Guide for IEEE 1484.12.1-2002 Standard for Learning Object Metadata**. 2004. Disponível em <http://www.imsglobal.org/metadata/mdv1p3pd/imsmd_bestv1p3pd.html>. Acesso em: 24 Out. 2009.

ITU, International Telecommunication Union; **New ITU ICT Development Index compares 154 countries**. Disponível em <http://www.itu.int/newsroom/press_releases/2009/07.html> Acesso em: 18 Mai 2009.

IWEBKIT. **iWebKit**. Disponível em < <http://iwebkit.net/>> Acesso em: 18 Jun 2009.

KIRYAKOV, A.; Ognyanov, D.; Manov, D.; **OWLIM – a Pragmatic Semantic Repository for OWL**. Data, Information, and Process Integration with Semantic Web Services - Project DIP. 2005.

LARMAN, C. **Utilizando UML e padrões**. 3^o edição. Bookman. 2005

LEE, M. C.; Tsai, H. K.; Hsieh, C. T.; Chiu, K. T.; Wang. I. T.; **An Ontological Approach for Semantic Learning Objects Interoperability**. Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007). 2007.

LEVY, P. **A Inteligência Coletiva: por uma Antropologia do Ciberespaço**. Ed Loyola. 2003.

LIBRELOTTO, G. R. **Topic Maps: da Sintaxe à Semântica**. Tese da Universidade do Minho. Braga. 2005.

LIU, Y.; Liu, J.; Yu, S. **A Case Study on Mobile Learning Implementation in Basic Education**. International Conference on Computer Science and Software Engineering. 2008.

LOM. **Learning Object Metadata**. 2004. Disponível em <<http://ltsc.ieee.org/wg12/>>. Acesso em: 23 Ago. 2009.

LONGMIRE, W. A. **A Primer on Learning Objects**. 2000 Learning Circuits: ASTD's source for E-Learning. Disponível em: <http://www.astd.org/LC/2000/0300_longmire.htm> Acesso em: 03 Abr. 2009.

LUCCHESI, E. M.; Silva, P. A.; Silva, V. T.; Lima, C. L.; Basso M. V. A.; Fagudes, L. C.; **Construindo Objetos de Aprendizagem e pensando em Geometria**. CINTED-UFRGS. Revista Novas Tecnologias na Educação. UFRGS. 2006.

LUME. **Repositório Digital da UFRGS**. 2007. Disponível em <www.lume.ufrgs.br/>. Acesso em: 15 Jul. 2009.

MACEDO, L. N.; et al. **Desenvolvendo o Pensamento Proporcional com o Uso de um Objeto de Aprendizagem**. Objetos de Aprendizagem: Uma Proposta de Recurso Pedagógico. 01 ed. Brasília: MEC/SEED, 2007.

MARÇAL E. et al. **museuM: Uma Aplicação de m-Learning com Realidade Virtual**. Biblioteca Digital SBC. 2005.

MARIN, A.; Franciscato, T. F.; Canal, A; Mathias, C; Silva, T; Gehn, O; Antoniazzi, R. Gorski, G; Cassal, M; Fagan, S; **Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem para o Ensino Médio: Análise Combinatória**. Santiago de Chile. Nuevas Ideas em Informática Educativa. TISE 2007.

MATHIAS, C. V.; Vasconcelos, J. F. N.; Fagan, S. B. **Objetos de Aprendizagem na Educação Infantil**. CINTED-UFRGS. Revista Novas Tecnologias na Educação. UFRGS. 2009.

MATTOS, D; Moura, C. M. A.; Cavalcanti, C.; **ROSA+: Um Repositório de Objetos de Aprendizagem com Suporte a Inferência e Regras**. Instituto Militar de Engenharia e Departamento de Engenharia de Sistemas. 2006.

MENDES, R. M.; SOUZA, V. I.; CAREGNATO, S. E. **A propriedade intelectual na elaboração de objetos de aprendizagem**. 2005. Disponível em: <http://www.cinform.ufba.br/v_anais/artigos/rozimaramendes.html> Acesso em: 03 Abr 2009.

MERLOT. **Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching**. 1997. Disponível em <<http://www.merlot.org/merlot/index.htm>>. Acesso em: 15 Jul 2009.

MIRANDA, R. C. da R. **O uso da informação na formulação de ações estratégicas pelas empresas**. Brasília: UnBCi. Inf., Brasília. 1999.

MIRANDA, R. M. **GROA: um Gerenciador de Objetos de Aprendizagem**. Dissertação de Mestrado. UFRGS. Porto Alegre. 2004.

MOHAN, P.; Brooks, C. **Learning Objects on the Semantic Web**. Department of Computer Science University of Saskatchewan. Canadá. 2003.

MOREIRA, A; Alvarenga, L; Oliveira, A. P; **O nível de conhecimento e os instrumentos de representação: tesouros e Ontologias**. Datagramazero: Revista

de Ciência da Informação, v. 5, n. 06. 2004. Disponível em: http://www.dgzero.org/dez04/Art_01.htm. Acesso em: 10 Jul 2009.

MOTLIK, Scott. **Mobile Learning in Developing Nations**. Athabasca University – Canada's Open University. International Review of Research in Open and Distance Learning. 2008.

MOZZAQUATRO, P; Franciscato, F. T.; Ribeiro, P.; Medina, R.; **Modelagem de um Framework para adaptação de Ambientes Virtuais de Aprendizagem móveis aos diferentes estilos cognitivos**. Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação. CPNTE. Porto Alegre. 2009

MULLER, A. L.; et al. **Semântica Formal**. Ed Pinsky Ltda. São Paulo. 2003.

NASH, S. S.; **Learning Objects, Learning Object Repositories, and Learning Theory: Preliminary Best Practices for Online Courses**. Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects. Volume 1, 2005.

NEVEN F.; Duval E. **Reusable Learning Objects: a Survey of LOM-Based Repositories**. Proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia. 2002.

NETO, W, C, B,; **Web Semântica na Construção de Sistemas de Aprendizagem Adaptativos**. Tese de Doutorado. Ciência da Computação. UFSC. 2006.

NYÍRI, K. **Towards a Philosophy of M-Learning**. Proceedings of the IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education. Computer Society, 2002.

NOY, N F.; Deborah, L. M. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology**. Stanford University. 2001.

OLDAKOWSKI, R.; Bizer, C.; Westphal, D.; **RAP: RDF API for PHP**. Freie Universität Berlin, Institut für Produktion, Wirtschaftsinformatik. 2005.

OLIVEIRA, L. R.; MEDINA, R. D. **Implementation of learning objects using J2ME: putting into practice the concept of m-Learning in Brazil**. In: IEEE International Joint Conference on Computer, Information, and Systems Sciences, and Engineering. IEEE CISSE 2007.

OLIVEIRA, L; **Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis: Iniciação ao M-Learning**. 2008. Trabalho final de graduação. UFSM.

O'REILLY, T. **What Is Web 2.0 - Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software**. 2005. Disponível em <<http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html>> Acesso em: 28 Abril 2009.

PAIVA, M. **Coleção base: matemática**. São Paulo: Moderna, 1999.

PANSANATO, L, T, E, T. **Um Modelo de navegação exploratória para a infraestrutura da Web Semântica**. Tese de Doutorado. Ciência da Computação. USP. 2007.

PELISSOLI, L., Loyolla, W. **Aprendizado Móvel (M-Learning): Dispositivos E Cenários**. ABED. 11º Congresso Internacional de Educação a Distância. 2004.

PICKLER, M. E. V; **Web Semântica: Ontologias como ferramentas de representação do conhecimento**. Perspectivas em Ciência da Informação The Scientific Electronic Library Online – SciELO. 2006.

PRASAD, A. R. D.; Patel, D. **An Overview of the Semantic Web**. DRTC Workshop on Semantic Web. Bangalore. 2003.

PROTÉGÉ. **Ontology Editor and Knowledge-base Framework**. 1997. Disponível em <<http://protege.stanford.edu/>>. Acesso em: 13 Ago 2009.

QUINN, C. **Mobile, Wireless, In-Your-Pocket Learning**. 2000. Linezine. Disponível em <<http://www.linezine.com/2.1/features/cqmmwiyp.htm>> Acesso em: 27 Abril 2009.

RAP. **RDF API for PHP**. 2002. Disponível em <<http://www.seasr.org/wp-content/plugins/meandre/rdfapi-php/doc/index.html>>. Acesso em: 02 Abril 2009.

REINHARD, N; Saccol, A. Z; Schlemmer, E; Barbosa, J.L V; Kristoffersen, S; **Aprendizagem com Mobilidade no contexto organizacional**. 2007.

RIBEIRO, P.; Franciscato, F. T.; Mozzaquatro, P.; Medina, R.; **Validação de um Ambiente de Aprendizagem Móvel em Curso a Distância**. Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. SBIE. 2009.

RIVED. **Rede Interativa Virtual de Educação**. 2004. Disponível em <<http://rived.mec.gov.br>> Acesso em: 15 Jul 2009.

ROHDE, G. O. **Proposta de Referência com Enfoque Pragmático para o Desenvolvimento de Conteúdos Industrial no Padrão SCORM**. Dissertação de Mestrado. UFSC. Florianópolis. 2004.

ROSENFELD, L.; Morville, P. **Information Architecture for the World Wide Web**. O'Reilly Media. USA. 1998.

SAMSUNG. **Samsung Jet S8000**. 2009a Disponível em <<http://www.samsungmobile.com.br/telefone-celular/samsung-j%C3%A9t-s8000-specification>> Acesso em: 06 Nov 2009.

SAMSUNG. **Samsung Scrapy**. 2009b Disponível em <<http://www.samsungmobile.com.br/telefone-celular/samsung-scrapy-t459>> Acesso em: 06 Nov 2009.

SANTACHÈ, A. **Aplicações Educacionais na Web – O papel de RDF e Metadados**. Simpósio Brasileiro de Informática Na Educação- Sbie. 2003.

SCHLEMMER, E.; Zanela, S. A.; Barbosa, J.; Reinhard, N. **M-Learning ou Aprendizagem com Mobilidade: Casos no contexto Brasileiro**. 13º Congresso Internacional de Educação à Distância. Curitiba. 2007.

SETZER, V. W. **Dado, informação, conhecimento e competência** Disponível em <<http://www.ime.usp.br/~vwsetzer/dado-info-Folha.html>> Publicado no jornal do Grupo Folha Educação No. 27, 2004.

SIAU K.; Nah F. H. **Mobile Technology in Education**. University of Nebraska-Lincoln. 2008.

SILVA, R. L.; **Repositório Semântico de Objetos de Aprendizagem**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade. Universidade Federal do Maranhão. 2005.

SIMÃO, I. C., Ribas, M. H.; **Informática na educação: vantagens e empecilhos**. Revista Olhar de Professor. Vol. 10. 2007.

SOUZA J.; Lopes, C. R. **Saberes Docentes e o Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem**. In: Carmem Lúcia Prata; Anna Christina Azevedo Nascimento. (Org.) **Objetos de Aprendizagem: Uma proposta de recurso pedagógico**. 001 ed. Brasília: MEC, SEED, 2007.

SOUZA, R. R; Alvarenga, L. **A Web Semântica e suas contribuições para a ciência da informação**. Perspectivas em Ciência da Informação The Scientific Electronic Library Online – SciELO. 2004.

STARR, S. - **Application of Mobile Technology in Learning & Teaching: 'M-learning'**. Learning & Teaching Enhancement Unit (LTEU). 2007.

TALUKDER A.; Yavagal, R.; **Mobile Computing: Technology, Applications and Service Creation**. Ed: McGraw Hill. New York. 2005.

TAVARES, R; Rodrigues, G; Andrade, M; Santos, J; Cabral, L; Cruz, H; Monteiro, B; Gouveia, T; Picado, K; **Objetos de Aprendizagem: Uma proposta de Avaliação da Aprendizagem Significativa**. Livro Rived. 2007.

TERA. **Mobile Device Identification-Tera WURFL**. 2006. Disponível em: <<http://www.tera-wurfl.com/>>. Acesso em: 21 Out 2009.

TOLEDANO M. C. M. **Learning objects for mobile devices: A case study in the Actuarial Sciences degree**. Current Developments in technology-Assisted Education. 2006.

TURBAN E.; MCLEAN E.; WETHERBE J. **Information Technology for Management: Transforming Organizations in The Digital Economy**. John Wiley & Sons, 2004.

UML. Unified Modeling Language. **UML Resource Page**. 1997. Disponível em: <<http://www.uml.org/>>. Acesso em: 29 Nov 2009.

UNICODE. **What is Unicode**. 1991. Disponível em: <<http://www.unicode.org/standard/WhatIsUnicode.html>> Acesso em: 22 Ago. 2009.

USCHOLD, M; Gruninger, M;. **Ontologies: Principles, methods and applications. In Knowledge Engineering Review**, Cambridge University Press. 1996.

VALENTIM, M. L. P. **Inteligência competitiva em organizações: dado, informação e conhecimento**. DataGramaZero - *Revista de Ciência da Informação*, Rio de Janeiro, v.3., n.4, ago. 2002. Disponível em: <http://www.dgz.org.br/ago02/Art_02.htm>. Acesso em: 30 Mai. 2009.

VICARI, R. et al. **Relatório Técnico RT-OBAA-02/Mecanismos para a criação de conteúdo interoperável entre Web, TV Digital e Móveis/Impacto de diferentes modelos de metadados na integração de tecnologias para a Web, TV Digital e Móveis**. FAURGS. 2009.

WARPECHOWSKI, M.; **Recuperação de Metadados de Objeto de Aprendizagem no AdaptWeb**. Dissertação em Ciência da Computação. UFRGS. 2005.

WILEY, D. **Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy**. The Instructional Use of Learning Objects. 2002.

WISC. **Wisconsin Online Resource Center**. 2001. Disponível em <<http://www.wisc-online.com/>> Acesso em: 15 Jul 2009.

WOOD K. **Introduction to Mobile Learning**, FERL – Technology for E-Learning, BECTA ICT Research. 2003.

WURFL. **The Wireless Universal Resource File**. 2004. Disponível em <<http://wurfl.sourceforge.net/>> Acesso em: 07 Out 2009.

W3C. **URIs, URLs, and URNs: Clarification and Recommendations 1.0**. 2001a Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/uri-clarification>>. Acesso em: 09 Maio. 2009

W3C. **Extensible Markup Language (XML)**. 2001b Disponível em: <<http://www.w3.org/XML/>>. Acesso em: 10 Ago. 2009.

W3C. **Representing vCard Objects in RDF/XML**. 2001c Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/vcard-rdf>>. Acesso em: 16 Set. 2009.

W3C. **Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax**. 2002. W3C Recommendation. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2002/WD-rdf-concepts-20021108/>>. Acesso em: 13 Set. 2009.

W3C. **OWL Web Ontology Language Overview**. 2004. W3C Recommendation, World Wide Web Consortium. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl-features/>>. Acesso em: 18 Jun 2009.

W3C. **XML Schema Part 1: Structures Second Edition**. 2004a. W3C Recommendation, World Wide Web Consortium. Disponível em: <www.w3.org/TR/xmlschema-1/>. Acesso em: 09 Set. 2009.

W3C. **XML Schema Part 2: Datatypes Second Edition**. 2004b. W3C Recommendation, World Wide Web Consortium. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/xmlschema-2/>>.

W3C. **RDF Primer**. W3C Recommendation. 2004c Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-primer-20040210/>>. Acesso em: 13 Set. 2009.

W3C. **RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema**. 2004d. W3C Recommendation. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>>. Acesso em: 13 Set. 2009.

W3C. **Namespaces in XML 1.0**. 2006. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/REC-xml-names/>> Acesso em: 09 Set. 2009.

W3C. **SPARQL Query Language for RDF**. 2008. Disponível em <<http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>> Acesso em: 23 Jun 2009.

W3C. **Mobile Web Initiative**. 2005. Disponível em <<http://www.w3.org/Mobile/Specifications>> Acesso em: 23 Jun 2009.

W3C. **Unicode in XML and other Markup Languages**. 2007. Disponível em <<http://www.w3.org/TR/unicode-xml/>>. Acesso em: 22 Ago. 2009.

YONEZAWA, W. M., Souza, A. R., Silva, P. M. **Desenvolvimento de Habilidades em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) por meio de Objetos de Aprendizagem**. In: Carmem Lúcia Prata; Anna Christina Azevedo Nascimento. (Org.) *Objetos de Aprendizagem: Uma proposta de recurso pedagógico*. 001 ed. Brasília: MEC, SEED, 2007.

ANEXO A – Restrições da Ontologia de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis

Disciplina	Atributos	Restrição
	identifier	Exatamente um
	title	Exatamente um
	Relações	Restrição
	hasModulo	Mínimo um
hasModulo	Somente instância de módulo	

Quadro 11. Restrições para a classe disciplina.

Módulo	Atributos	Restrição
	identifier	Exatamente um
	title	Exatamente um
	Relações	Restrição
	hasTopico	Mínimo um
	hasTopico	Somente instância de Tópico
	isPartOfDisciplina	Exatamente um
isPartOfDisciplina	Somente instância de Disciplina	

Quadro 12. Restrições para a classe Módulo.

Tópico	Atributos	Restrição
	identifier	Exatamente um
	title	Exatamente um
	Relações	Restrição
	hasOA	Somente instância de OA
	isPartOfModulo	Exatamente um
	isPartOfModulo	Somente instância de Modulo

Quadro 13. Restrições para a classe Tópico.

Equipe	Atributos	Restrição
	identifier	Exatamente um
	FN	Mínimo um
	Relações	Restrição
isPartOfObjeto	Somente instância de OA	

Quadro 14. Restrições para a classe Equipe.

Instituição	Atributos	Restrição
	identifier	Exatamente um
	nomeinst	Exatamente um
	Relações	Restrição
isPartOfOA	Somente instância de OA	

Quadro 15. Restrições para a classe Instituição.

ANEXO B – Parte da Ontologia para Objetos de Aprendizagem codificada em OWL

```

1 <?xml version="1.0"?>
2 <rdf:RDF
3   xmlns:road="http://www.ufsm.br/ontologia/road/propriedades#"
4   xmlns:protege="http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#"
5   xmlns:xsp="http://www.owl-ontologies.com/2005/08/07/xsp.owl#"
6   xmlns:vCard="http://www.w3.org/2001/vcard-rdf/3.0#"
7   xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
8   xmlns="http://www.ufsm.br/ontologia/road.owl#"
9   xmlns:swrlb="http://www.w3.org/2003/11/swrlb#"
10  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
11  xmlns:lom="http://slor.sourceforge.net/ontology/lom.owl#"
12  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
13  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
14  xmlns:swrl="http://www.w3.org/2003/11/swrl#"
15  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
16  xml:base="http://www.ufsm.br/ontologia/road.owl">
17  <owl:Ontology rdf:about=""/>
18  <owl:Class rdf:ID="HTML">
19    <owl:disjointWith>
20      <owl:Class rdf:ID="Animacao"/>
21    </owl:disjointWith>
22    <owl:disjointWith>
23      <owl:Class rdf:ID="Video"/>
24    </owl:disjointWith>
25    <owl:disjointWith>
26      <owl:Class rdf:ID="Simulacao"/>
27    </owl:disjointWith>
28    <owl:disjointWith>
29      <owl:Class rdf:ID="Figura"/>
30    </owl:disjointWith>
31    <owl:disjointWith>
32      <owl:Class rdf:ID="Audio"/>
33    </owl:disjointWith>
34    <rdfs:subClassOf>
35      <owl:Class rdf:ID="ObjetoAprendizagem"/>
36    </rdfs:subClassOf>
37  </owl:Class>
38  <owl:Class rdf:about="#Audio">
39    <rdfs:subClassOf>
40      <owl:Class rdf:about="#ObjetoAprendizagem"/>
41    </rdfs:subClassOf>
42    <owl:disjointWith rdf:resource="#HTML"/>
43    <owl:disjointWith>
44      <owl:Class rdf:about="#Animacao"/>
45    </owl:disjointWith>
46    <owl:disjointWith>
47      <owl:Class rdf:about="#Video"/>
48    </owl:disjointWith>

```

Figura 40. Parte inicial da Ontologia de Objetos de Aprendizagem para dispositivos móveis codificada em OWL.

ANEXO C – Objetos de Aprendizagem em Execução

