

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE INFORMÁTICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

TIAGO THOMPSEN PRIMO

**Método de representação de conhecimento  
baseado em Ontologias para apoiar  
Sistemas de Recomendação Educacionais**

Tese apresentada como requisito parcial  
para a obtenção do grau de  
Doutor em Ciência da Computação

Prof. Dra. Rosa Maria Vicari  
Orientadora

Porto Alegre, novembro de 2013

## CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Primo, Tiago Thompsen

Método de representação de conhecimento baseado em Ontologias para apoiar Sistemas de Recomendação Educacionais / Tiago Thompsen Primo. – Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2013.

120 f.: il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação, Porto Alegre, BR–RS, 2013. Orientadora: Rosa Maria Vicari.

1. Sistemas de Recomendação. 2. Metadados Educacionais. 3. Ontologias. 4. Perfis de Aplicação. I. Vicari, Rosa Maria. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. José Carlos Alexandre Netto

Pró-Reitor de Coordenação Acadêmica: Prof. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Vladimir Pinheiro do Nascimento

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Luís da Cunha Lamb

Coordenador do PPGC: Prof. Luigi Carro

Bibliotecário-chefe do Instituto de Informática: Alexander Borges Ribeiro

*“Não ta morto quem peleia”*  
— PAIXÃO CORTES

## AGRADECIMENTOS

O período de pesquisa e desenvolvimento utilizado para a elaboração de uma tese de doutorado consome muita energia física e mental. Os momentos de incerteza, decepção e euforia que envolvem as etapas do processo, de nada valeriam, se não existissem pessoas especiais para com quem compartilhar.

Nesta empreitada a oportunidade me foi concedida pela minha querida e genial orientadora, Rosa Vicari. A ela eu agradeço as frequentes discussões a respeito de conceitos teóricos, aulas sobre como reagir a pluralidade do ser humano e as suas diferentes maneiras de pensar e verbalizam as suas opiniões, e principalmente que o lado humano, mesmo em uma ciência exata, nunca deve ser desconsiderado.

E o lado humano foi fundamental! Ele foi materializado através do ser humano mais incrível que faz parte da minha vida. Minha companheira, amiga, crítica e linda Kelen Bernardi. Embora eu pense que se ela teve um dia alguma dúvida sobre fazer um doutorado, ao me acompanhar, ela tenha certeza de que nunca o fará. Ela foi e será sempre o alicerce que me segura nos momentos mais críticos e a brisa leve e suave nos momentos mais tranquilos.

A duda, meus pais, irmãos e sobrinhos, que, em nenhum momento, duvidaram que eu teria a capacidade de concluir esta etapa. E embora geograficamente distantes sempre foram muito mais presentes do que poderiam imaginar.

Muito foram as almas que compartilharam e contribuíram com este trabalho. Daquelas encarnadas, menciono Elder Santos e os incríveis brainstorms que visavam dominar o mundo, e o mate uruguaio para dar ânimo nas manhãs do campus do vale. O André Behr que se revelou um excelente engenheiro de ontologias e parceiro de laboratório.

Os ensinamentos de João Luis Tavares e Alexandre Ribeiro, que sempre contribuíram de maneira a estimular, aperfeiçoar e mirar uma proposta de solução que atenda as necessidades reais dos usuários. A Marta Bez, a incansável parceira de projetos e missões impossíveis, e, com deadline apertadíssimo!

Os colegas Rodrigo Zanella, Marcelo Vasques e Magnun de Azevedo que se mostraram extremamente competentes e motivados a encarar as Ontologias, Web Services e Metadados Educacionais. Ao pessoal que esteve presente mesmo que de maneira breve, mas que nem por isso menos importante, Michelle Camargo, Nestor Duque, Bernardo Luz, Daniel Cabrera, Douglas Larazo e João Garibaldi.

É isso aí, vibrações positivas a todos.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b>	8
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	9
<b>RESUMO</b>	11
<b>ABSTRACT</b>	12
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	13
1.1 <b>Visão Geral</b>	13
1.2 <b>Roteiro da Pesquisa</b>	18
1.2.1 Etapa A - Teórica	18
1.2.2 Etapa B - Desenvolvimento da Solução	19
1.2.3 Etapa C - Definição do Protocolo Experimental	19
1.2.4 Etapa D - Análise	20
1.3 <b>Contribuições</b>	21
1.4 <b>Organização do Texto</b>	22
<b>2 FUNDAMENTOS</b>	23
2.1 <b>Projetos de Pesquisa Relacionados</b>	23
2.1.1 Projeto OBAA	24
2.1.2 Projeto <i>Framework</i> de Comunidades de Prática	25
2.1.3 Projeto VideoAula@RNP	25
2.2 <b>Fundamentação</b>	25
2.2.1 Perfis de Usuário	26
2.2.2 Objetos de Aprendizagem	27
2.2.3 Contexto	27
2.2.4 Ontologias	29
2.2.5 Web Semântica	31
2.2.6 Sistemas de Recomendação	34
2.2.6.1 Origens	35
2.2.6.2 Abordagem Baseada em Conteúdo	36
2.2.6.3 Filtragem Colaborativa	37
2.2.6.3.1 Usuário - Usuário	38
2.2.6.3.2 Item-Item	40
2.2.6.4 Demográfico	40
2.2.6.5 Baseado em Conhecimento	41
2.2.6.6 Abordagem Híbrida	41

2.2.6.6.1	Método Balanceado . . . . .	42
2.2.6.6.2	Método de Permuta . . . . .	42
2.2.6.6.3	Método Mesclado . . . . .	43
2.2.6.6.4	Método de combinação de características . . .	43
2.2.6.6.5	Método em Cascata . . . . .	43
2.2.6.6.6	Método de acréscimo de características . . . .	43
2.2.6.6.7	Métodos em níveis . . . . .	44
2.2.6.7	Problemas comuns aos métodos de recomendação . . .	44
2.2.6.7.1	Análise de conteúdo limitada . . . . .	44
2.2.6.7.2	Super especialização . . . . .	45
2.2.6.7.3	Problema do novo usuário . . . . .	45
2.2.6.7.4	<i>Sparsity</i> . . . . .	45
2.2.6.7.5	Transparência . . . . .	46
2.2.6.7.6	<i>Cold-Start</i> . . . . .	46
2.2.6.7.7	Sumarização dos problemas com os métodos de recomendação . . . . .	46
2.2.6.8	Avaliação de Sistemas de Recomendação . . . . .	46
2.2.6.8.1	Experimentos Offline . . . . .	47
2.2.6.8.2	Estudos com Usuários . . . . .	47
2.2.6.8.3	Uso real do Sistema . . . . .	47
<b>2.3</b>	<b>Considerações do capítulo . . . . .</b>	<b>48</b>
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>3.1</b>	<b>Estado da Arte . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>3.2</b>	<b>Sumário dos Trabalhos . . . . .</b>	<b>59</b>
<b>3.3</b>	<b>Considerações e Análise . . . . .</b>	<b>61</b>
<b>4</b>	<b>MÉTODO DE REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO PARA SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO . . . . .</b>	<b>62</b>
<b>4.1</b>	<b>Contextualizando o Método . . . . .</b>	<b>62</b>
<b>4.2</b>	<b>Algoritmos de Recomendação . . . . .</b>	<b>64</b>
<b>4.3</b>	<b>Fluxo de Informações . . . . .</b>	<b>64</b>
4.3.1	Camada de Comunicação . . . . .	65
<b>4.4</b>	<b>Representação de Conhecimento e Raciocínio . . . . .</b>	<b>67</b>
4.4.1	Descrição das Ontologias conforme o método . . . . .	67
4.4.2	Descrevendo Objetos de Aprendizagem conforme o método . . . . .	72
4.4.3	Modelo de Usuário . . . . .	74
4.4.4	Construindo Relacionamentos entre OA's e Usuários conforme o método . . . . .	75
4.4.5	Raciocínio sobre Perfis de Aplicação . . . . .	77
<b>4.5</b>	<b>Considerações do Capítulo . . . . .</b>	<b>78</b>
<b>5</b>	<b>APLICAÇÕES SOBRE O MÉTODO . . . . .</b>	<b>80</b>
<b>5.1</b>	<b>Representação de Conhecimento . . . . .</b>	<b>80</b>
5.1.1	Ontologia LOM . . . . .	81
5.1.2	Ontologia OBAA . . . . .	85
5.1.3	Ontologia IMS Access for All . . . . .	85
5.1.4	Ontologia VideoAula . . . . .	86
<b>5.2</b>	<b>Conteúdos . . . . .</b>	<b>87</b>
5.2.1	Objetos de Aprendizagem . . . . .	88

5.2.1.1	Ramis . . . . .	88
5.2.1.2	Outras Infâncias . . . . .	89
5.2.1.3	Viva Saudável . . . . .	90
5.2.1.4	De Onde Vem a TV . . . . .	90
5.2.1.5	Tv Educativa . . . . .	91
5.2.2	Usuários . . . . .	92
5.2.3	Relacionamentos dos Usuários . . . . .	92
<b>5.3</b>	<b>Raciocínio . . . . .</b>	<b>94</b>
5.3.1	OBAA Core . . . . .	94
5.3.2	DTV . . . . .	95
5.3.3	VideoAula@RNP . . . . .	96
<b>5.4</b>	<b>Acesso . . . . .</b>	<b>97</b>
<b>5.5</b>	<b>Considerações do Capítulo . . . . .</b>	<b>100</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS . . . . .</b>	<b>102</b>
<b>6.1</b>	<b>Objetivo Específico E1 . . . . .</b>	<b>102</b>
<b>6.2</b>	<b>Objetivo Específico E2 . . . . .</b>	<b>103</b>
<b>6.3</b>	<b>Objetivo Específico E3 . . . . .</b>	<b>104</b>
<b>6.4</b>	<b>Objetivo Geral . . . . .</b>	<b>104</b>
<b>6.5</b>	<b>Síntese e Desafios Futuros . . . . .</b>	<b>105</b>
6.5.1	Conhecimento . . . . .	106
6.5.2	Conteúdo . . . . .	107
6.5.3	Raciocínio . . . . .	108
6.5.4	Acesso . . . . .	109
<b>6.6</b>	<b>Considerações Finais . . . . .</b>	<b>109</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>111</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAL	<i>Anytime, Anywhere, Anybody Learning</i>
SR	Sistemas de Recomendação
WS	Web Semântica
GIA	Grupo de Pesquisa em Inteligência Artificial
BC	Filtragem Baseada em Conteúdo
FC	Filtragem Colaborativa
H	Filtragem Híbrida
OA	Objeto de Aprendizagem
QP	Questão de Pesquisa
OBA	Padrão de Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes
FEB	Federação de Repositórios Educa Brasil
TF-IDF	Frequência de termos - frequência inversa do documento
FCUU	Filtragem Colaborativa usuário-usuário
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
Protégé	Editor de Ontologias
TBOX	Representa a descrição de conceitos e propriedades
ABOX	Representa os indivíduos relacionados ao TBOX
WS	Web Semântica
FOAF	Friend Of A Friend
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
REST	<i>REpresentational State Transfer</i>
PA	Perfis de Aplicação
PM	Perfil de Metadados
PT	Perfil Técnico
SIOC	<i>Semantically Interlinked Online Communities</i>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1:	Etapas da Pesquisa . . . . .	18
Figura 2.1:	Visão em Camadas do OBAA . . . . .	24
Figura 2.2:	Ilustração da hierarquia de contexto, baseada em (SCHMIDT; BEIGL; GELLERSEN, 1999) . . . . .	28
Figura 2.3:	Ilustração da estrutura hierárquica em uma ontologia . . . . .	30
Figura 2.4:	Pilha da Linguagem da Web Semântica adaptado de Tim Berners-Lee	32
Figura 2.5:	Técnicas de Sistemas de Recomendação adaptadas de BURKE (2007)	35
Figura 2.6:	Ilustração de um processo de recomendação baseado em conteúdo . .	37
Figura 4.1:	Visão Multidisciplinar da Proposta . . . . .	62
Figura 4.2:	Método para a Recomendação de Conteúdos Educacionais . . . . .	63
Figura 4.3:	<i>Web Services</i> para comunicação entre aplicações . . . . .	66
Figura 4.4:	Componentes e mensagens para <i>Web Services</i> . . . . .	67
Figura 4.5:	Composição de um OA para o modelo . . . . .	73
Figura 4.6:	Ilustração de OA como indivíduo . . . . .	74
Figura 4.7:	Modelo abstrato de Perfil de Usuário . . . . .	75
Figura 4.8:	Registro de Colaboração . . . . .	76
Figura 5.1:	Visão geral das contribuições do capítulo . . . . .	80
Figura 5.2:	Ontologias desenvolvidas . . . . .	81
Figura 5.3:	Ontologia LOM . . . . .	82
Figura 5.4:	Inconsistência a partir da restrição por Propriedades de Dados com cardinalidade fazendo o uso da ferramenta Protégé . . . . .	82
Figura 5.5:	Inconsistência a partir da restrição de Propriedades de Dados por do- mínio com valores numéricos . . . . .	83
Figura 5.6:	Inconsistência a partir da restrição de Propriedades de Dados por do- mínio com valores textuais . . . . .	83
Figura 5.7:	Inconsistência a partir da restrição de Cardinalidade a partir de Pro- priedades de Objetos . . . . .	84
Figura 5.8:	Inconsistência a partir do conteúdo presente no domínio de uma pro- priedade de dado . . . . .	84
Figura 5.9:	Visão da ontologia do padrão OBAA . . . . .	85
Figura 5.10:	Visão da ontologia do padrão IMS Access for ALL . . . . .	86
Figura 5.11:	Visão da ontologia do domínio de aplicação VideoAula@RNP . . . . .	87
Figura 5.12:	Composição de indivíduos do OA Ramis . . . . .	89
Figura 5.13:	Composição de indivíduos do OA Outras Infâncias . . . . .	89
Figura 5.14:	Composição de indivíduos do OA Viva Saudável . . . . .	90

Figura 5.15: Composição de indivíduos do OA De Onde Vem a TV . . . . .	91
Figura 5.16: Composição de indivíduos do OA TV Educativa . . . . .	91
Figura 5.17: Composição de indivíduos e propriedades de um Usuário Fictício . .	92
Figura 5.18: Composição de indivíduos e propriedades de um Registro de Colabo- ração . . . . .	93
Figura 5.19: Classes do Perfil OBAA Core . . . . .	94
Figura 5.20: Explicação da Inferência do indivíduo ao Perfil OBAA Core . . . . .	95
Figura 5.21: Cadeias de Propriedades ( <i>chains</i> ) . . . . .	95
Figura 5.22: Exemplo de Inferência Perfil DTV . . . . .	96
Figura 5.23: Classes do Perfil VideoAula@RNP . . . . .	97
Figura 5.24: Ilustração de relacionamentos entre indivíduos . . . . .	100
Figura 5.25: Inferência de Indivíduos a classe Perfis . . . . .	101
Figura 6.1: Visão sobre os desafios futuros . . . . .	106

## RESUMO

A expansão das tecnologias de comunicação e informação apoiadas pela internet trazem benefícios crescentes à sociedade. As redes sociais geolocalizadas, televisores que fazem uso da internet e avançados telefones celulares ganham popularidade em conjunto ao aumento da disponibilidade de acesso à internet. A utilização de tais meios para o compartilhamento de informações possibilita a construção de ambientes ricos em informação e conhecimento.

Incorporar tais benefícios a ambientes educacionais, propondo métodos que façam uso da riqueza de informações inerentes a tais domínios, provendo a sugestão de conteúdos educacionais é o foco do presente trabalho. Para isto, é apresentado o arcabouço teórico das áreas de Sistemas de Recomendação, Ontologias, Metadados Educacionais e Web Semântica.

Revisar os conceitos e o estado da arte de tais áreas conduz a uma análise crítica das mesmas, bem como, ao conjunto de práticas para a descrição de ontologias, que atuem como núcleo de conhecimento, para aplicações educacionais voltadas a recomendação de objetos de aprendizagem.

Em conjunto, é também apresentada uma alternativa para que os desenvolvedores de sistemas educacionais possam repensar a maneira como estes estão sendo desenvolvidos, abrindo possibilidades para a agregação de serviços baseados na web semântica que facilitem integrações, filtros e compartilhamentos de informações.

Os resultados obtidos através do método de representação de conhecimento que foi proposto neste trabalho, prevê a descrição de objetos de aprendizagem, perfis de usuários, como indivíduos de ontologias, bem como, perfis de aplicação que possibilitam raciocínio lógico visando auxiliar a sistemas de recomendação, e também uma proposta para a migração dos atuais repositórios de conteúdos educacionais para repositórios compatíveis com triplas, também compõe o presente trabalho.

**Palavras-chave:** Sistemas de Recomendação, Metadados Educacionais, Ontologias, Perfis de Aplicação.

## **A method to describe knowledge with Ontologies to Support Educational Recommender Systems**

### **ABSTRACT**

It is a fact that the expansion of the communication and information technologies supported by the Internet brought growing benefits to the society. Geo-localized social networks, televisions that make use of the Internet and smartphones became popular with the wide spread of the Internet access. Information sharing among those devices took information and knowledge sharing at a new level.

Incorporate such benefits to educational environments, especially when dealing with content suggestion it is the main focus of this work. To cope with this, we present a theoretical study over the areas of recommender systems, ontologies, educational metadata and semantic web.

The study of such concepts and their following state of the art lead to a critical analyses, as also, to a set of practices to describe ontologies that can act as the knowledge core of learning object recommendation.

Parallel to that, it is also presented an alternative for educational systems designers to reconsider the way that they are being developed, allowing the connection of a network of services, based on semantic web techniques, to provide knowledge filtering and sharing.

The results present a set of practices that allow the description of learning objects and user profiles as ontology individuals, practices to build application profiles that allow reasoning over them, as also an alternative to migrate the current learning object repositories to a triple store.

**Keywords:** Recommender System, Educational Metadata, Ontologies, Application Profiles.

# 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo estarão presentes aspectos relacionados ao contexto, motivação e principal contribuição, a definição do problema de pesquisa, a metodologia de pesquisa junto às contribuições, bem como seus resultados principais e, por fim, a organização do texto.

## 1.1 Visão Geral

Atualmente, é ampla a disponibilidade dos meios para obtenção de informações. A televisão, internet e os dispositivos móveis são plataformas que facilitam o acesso a variados tipos de informação. Encontrar e sugerir conteúdos de interesse a um usuário ou grupo de usuários, principalmente quando realizam tarefas que envolvam o processo de aprendizado, acaba por se tornar desafiador.

Se for considerado “apenas” o domínio da internet, percebe-se através da *Internet World Stats*<sup>1</sup> que entre os anos 2000 até junho de 2012 a taxa de crescimento do acesso a internet foi de 566,4%, junto a isso, o número de domínios alcançou segundo a *internet Systems Consortium*<sup>2</sup> a quantia de aproximadamente 908 milhões em julho de 2012, fato que caracteriza volumes significativos de usuários e conteúdos.

O processo que envolve busca por informações que possam auxiliar tais usuários tornou-se um dos desafios da internet atual, tanto em termos gerais, como quando utilizada para fins educacionais, foco deste trabalho. Buscar e sugerir informações que sejam relacionadas, como por exemplo, sugerir conteúdos para alunos deficientes auditivos, que estejam cursando a terceira série do ensino fundamental, e possuam estilo de aprendizado visual, acaba se tornando uma tarefa pouco trivial.

Atualmente existem alternativas populares que visam lidar com esse problema. Exemplos comuns são o Google, que, conforme a literatura, utiliza o algoritmo de *PageRank*, publicado por PAGE et al. (1998) e o BING, ferramenta da busca da Microsoft que funciona considerando aspectos relacionados à semântica entre páginas da internet, e que até o momento da escrita deste texto, não contava com alguma publicação científica referente ao seu algoritmo.

Apesar de eficazes, tais sistemas têm como premissa a busca por conteúdos de acordo com consultas realizadas por usuários, atuando de maneira reativa. Embora alternativas de personalização venham sendo incorporadas com o objetivo de aprimorar os resultados das consultas de maneira a adequar os mesmos ao perfil de usuários, esses têm como objetivo a precisão frente as consultas. Para o domínio educacional isto não necessariamente é a melhor opção, por exemplo, em uma disciplina onde Michelangelo seja o tema central de

---

<sup>1</sup><http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

<sup>2</sup><http://ftp.isc.org/www/survey/reports/current/>

uma busca a nível de ensino fundamental, talvez seja interessante criar alguma associação com o desenho Tartarugas Ninjas, com objetivo lúdico.

O trabalho de SANTOS; BOTICARIO (2011) aborda esse problema, sendo mencionado que pessoas possuem necessidades e requisições particulares no caso de ambientes de aprendizagem. Fatores como seu conhecimento prévio, objetivos de aprendizagem e sua evolução com o passar do tempo, também necessitam ser considerados. Tais necessidades vem sendo aos poucos incorporadas através de plataformas educacionais <sup>3</sup> que objetivam delimitar seus resultados de consultas, através de grupos de usuários com características específicas.

Nesta perspectiva as ferramentas de busca, que ainda são muito utilizadas, passam a não ser o meio principal, mas sim, um apoio ao processo de ensino. Para o contexto deste trabalho, o foco está em se adiantar as necessidades dos usuários, compreendê-los e identificá-los através de suas características, para então lidar com a sobrecarga de informações proativamente. Para isto, o “ponto de vista” adotado contempla conteúdos educacionais adequados as necessidades pedagógicas. Tal abordagem apoia-se na utilização de Sistemas de Recomendação(SR).

Autores como RESNICK; VARIAN (1997), BURKE (2002a), MAHMOOD; RICCI (2009) definem SR como sendo ferramentas de software que propõem sugestões de itens que podem ser do gosto de um usuário. Tais sugestões podem ser relacionadas a filmes, livros, artigos, páginas da internet, entre outros.

Utilizar tais sistemas demanda de propostas de personalização que possibilitem melhorias ao processo de sugestão de conteúdos educacionais em ambientes de educação a distância. Justifica-se essa afirmação com a pesquisa realizada pelo *The Engineering Education Report*<sup>4</sup>, iniciativa proposta por pesquisadores em tecnologias na educação com o objetivo de delimitar áreas de pesquisa relevantes para o futuro da educação. Estas iniciativas apontam três vertentes que se destacam a nível mundial, e em ordem decrescente de relevância, são elas: Plataformas de Arquiteturas de Aprendizado Eletrônico, Livros Eletrônicos e Bibliotecas Digitais e em terceiro Tecnologias Ubíquas e Móveis para a educação.

No âmbito dos países em desenvolvimento, menciona-se o workshop em *Learning Technologies for the Developing World*<sup>5</sup>, em parceria com a Conferencia Internacional de Tecnologias Avançadas para a Educação ICALT, onde também foi realizado o levantamento de áreas de pesquisa a serem consideradas para a educação. Dentre estas áreas, classificadas como parte de um roteiro para tecnologias educacionais, a presença de Personalização da Educação é ressaltada.

SR são primordialmente populares na área de entretenimento. Seja na sugestão de filmes, músicas, pacotes de viagem e demais aspectos que contemplem tal domínio. As variáveis de personalização comumente utilizadas agregam determinada complexidade ao processo de recomendação, que na maioria dos casos, é realizada através de medidas estatísticas. Os autores MCNEE; RIEDL; KONSTAN (2006) mencionam que para ambientes educacionais, pode ser necessário sacrificar a precisão de algum algoritmo com o objetivo sugerir conteúdos que complementem o aprendizado de algum usuário.

Embora diversos pesquisadores tenham se aventurado no desenvolvimento de algoritmos para o domínio educacional, os resultados ainda não parecem refletir o verdadeiro

<sup>3</sup>Google - <http://www.google.com/a/help/intl/pt-BR/edu/> e BING - <http://www.ypsilon2.com/blog/web/microsoft-bing-promove-redu-plataforma-online-focada-na-educacao/>

<sup>4</sup>[http://ohm.ieec.uned.es/eer/consulta\\_years.php](http://ohm.ieec.uned.es/eer/consulta_years.php)

<sup>5</sup><http://cadmium.cs.umass.edu/LT4D/>

potencial que pode ser explorado. A presença de tais algoritmos nos atuais sistemas gerenciadores de conteúdo ainda não é amplamente difundida, restringindo-se a estudos de caso ou aplicações específicas em domínios restritos.

O domínio educacional possui variáveis que, se consideradas, trazem por um lado maior complexidade computacional, mas por outro, maiores possibilidades de personalização em um processo onde a utilização de medidas estatísticas, poderia não ser adequada ou factível. Tais aspectos muitas vezes não são levados em consideração na utilização de SR para a educação. Parte deste trabalho propõe práticas que possibilitem fazer uso de tais variáveis.

O processo de modelagem e desenvolvimento de um SR para o domínio educacional é considerado um esforço multidisciplinar, envolvendo diversas áreas da ciência da computação, como por exemplo, Aprendizado de Máquina, Mineração de Dados, Recuperação de Informações e Interação Humano Computador (KANTOR et al., 2011).

Para lidar com tamanha complexidade, que pode envolver variáveis como contexto de uso, perfil acadêmico, estilo cognitivo, entre outras, está sendo proposta a utilização de técnicas e padrões presentes na Web Semântica (SHADBOLT; BERNERS-LEE; HALL, 2006), e na área de Representação de conhecimento e Raciocínio (BRACHMAN; LEVESQUE, 2004), como alternativas para o armazenamento e recuperação de Objetos de Aprendizagem que apoiem algoritmos de recomendação.

Autores como ANDERSON; WHITELOCK (2004), que abordam a visão de sistemas educacionais baseados na Web Semântica, mencionam que essa é constituída de acordo com três pilares. O primeiro é relacionado capacidade efetiva de armazenamento e recuperação das informações, o segundo é baseado na capacidade para que agentes autônomos e não humanos possam potencializar a recuperação de conteúdos e o aprendizado derivado, bem como, as habilidades cognitivas dos seres humanos que os utilizam e o terceiro está relacionado a capacidade da internet em suportar, expandir e estender a capacidade de comunicação entre os usuários, considerando fatores além de tempo e espaço.

Neste trabalho concentra-se o foco nos dois primeiros pilares, onde serão explorados os conceitos de Objetos de Aprendizagem, Perfis de Usuários, Ontologias, Contexto e ainda algumas tecnologias para a comunicação baseadas na Web Semântica.

Para o *Learning Technology Standard Committee* (LTSC) do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) (HODGINS; DUVAL, 2002), um Objeto de Aprendizagem(OA) é qualquer entidade, digital ou não, que possa ser usada, reusada e referenciada durante algum processo de aprendizagem. Grande parte desse reuso é obtido através dos Metadados.

Os Metadados são dados utilizados para descrever outros dados, sua utilização os torna em metadados (BARGMEYER; GILLMAN, 2000). Por exemplo: o fragmento de texto “James” poderia ser o conteúdo do metadado “Nome”. Tais informações poderiam ser utilizadas, dentre outros fins, para a descrição do Perfil de Usuário.

O perfil de usuário é um agrupamento de informações referentes a dados pessoais, nível acadêmico, histórico de acesso, entre outros. São similares aos mapas de conhecimento (*Yellow Pages*) propostos por STEWART (1997), sendo úteis para representar quem possui determinados conhecimentos. O Armazenamento pode ser realizado através de Ontologias.

No trabalho de GUARINO; GIARETTA (1995), ontologias são especificações formais e explícitas de conceitualizações compartilhadas. Isto se aplica a descrição de conhecimento em nível amplo, quando pensa-se em consenso frente a descrição de objetos do mundo, ou descrições de objetos específicas de algum domínio. Para o caso deste

trabalho será abordado o domínio educacional abrangendo diversos Contextos.

De forma pragmática para a computação, DEY (2001) apresenta que o contexto é definido como sendo qualquer informação que possa vir a ser utilizada para caracterizar a situação de uma entidade. Por exemplo, Localização: Campus do Vale, Sala 218 prédio 43424. Tal tipo de informação pode auxiliar no processo de sugestão de conteúdos educacionais, ou até mesmo, uma disciplina voltada ao aprendizado de alunos como necessidades especiais. Tais informações visam apoiar os Sistemas de Recomendação.

Tais áreas quando associadas a área da Web Semântica, que busca trazer significado para os conteúdos da internet, permite navegar por essa “rede de conhecimento” (LEE; HENDLER; LASSILA, 2001), além de possibilitar a compreensão do conteúdo a ser recomendado, possibilitam prever a interoperabilidade de informações de usuários e de OAs entre aplicações e padrões para a descrição do conhecimento. Em domínios educacionais onde conhecimento e compartilhamento do mesmo são fundamentais ao processo de aprendizado, sistemas educacionais que possibilitem tamanha flexibilidade de personalização se tornam diferenciais tecnológicos.

O trabalho de KLAŠNJA-MILIĆEVIĆ et al. (2011) apresenta uma iniciativa nesse sentido, onde é descrito um módulo de recomendação para um tutor em linguagem de programação. O trabalho dos autores é similar ao proposto nesta tese, pelo fato de fazer a utilização de ontologias para descrever aspectos pedagógicos dos alunos, que porventura podem ser utilizados para o processo de recomendação. A distinção reside no fato de que eles não preveem a utilização uma representação de conhecimento que possibilite a reutilização das informações dos alunos em outros domínios.

No trabalho de SANTOS; BOTICARIO (2010), é apresentado que as recomendações em ambientes de aprendizado devem ser diferentes daquelas para domínios de entretenimento, devendo esses, considerar mais que as preferencias dos usuários para o seu funcionamento. Além de possuírem uma visão similar ao como recomendar para ambientes educacionais, apresentam uma arquitetura orientada a serviços que possibilita a integração entre sistemas educacionais. A diferença para a presente tese está no fato que os autores não apresentam detalhes de como funcionaria na prática, ou ao menos mencionam as tecnologias utilizadas em sua pesquisa. Também não exemplificam sua base de conhecimento, e não preveem a integração com repositórios educacionais já existentes, ou outros sistemas educacionais.

Apontar tais necessidades têm como inspiração o trabalho de DICHEVA (2008), onde são apresentados que ambientes de ensino baseados na web devem abranger o determinado conjunto de premissas:

- a construção de conteúdos educacionais compreendidos por máquina;
- prever Ontologias educacionais compartilhadas, contemplando:
  - assuntos específicos;
  - instrucionais (representando diferentes modelos instrucionais);
  - autoria (modelando atividades relacionadas ao processo de autoria).
- serviços web que suportem:
  - aprendizado: ex. Recuperação de informações, sumarização, interpretação, entre outros;
  - avaliação: ex. testes e mapeamento de performance;
  - colaboração: ex. formação de grupos, auxílios individuais, entre outros.



- interoperabilidade semântica: ex. A utilização da pilha tecnológica da Web Semântica para dar suporte as estas coisas.

Analisando os trabalhos relacionados, percebe-se as seguintes necessidades:

- a utilização de SR no domínio educacional necessita de adaptações conforme necessidades pedagógicas;
- buscar a precisão na recuperação de OAs em ambientes educacionais não deve ser considerada a tarefa primária. A abrangência deve ser explorada;
- a necessidade de uma representação de conhecimento unificada que possibilite a troca de informações com distintas aplicações educacionais;
- a integração com os atuais repositórios de conteúdos educacionais, objetivando o reuso de OAs não é explorada.

Defende-se que a utilização de bases de conteúdos no formato atual não seja a alternativa mais adequada para domínios multidimensionais como o educacional. O conceito de compartilhamento de conhecimento deve ser transparente aos que o utilizam no papel de alunos, professores ou tutores, bem como, para aqueles que o utilizam no papel de engenheiros com o objetivo de construir práticas que facilitem o seu processo de disseminação frente a sociedade.

O desafio proposto neste trabalho defende a troca de informações entre aplicações educacionais através de serviços transparentes aos usuários. Propõem a integração de plataformas através do uso de tecnologias presentes na WS, proposta esta, adequada aos rumos de pesquisa em tal área e carente em trabalhos que façam o seu uso para fins educacionais. Tendo em vista tais aspectos, o objetivo deste trabalho é:

*Propor uma alternativa para a descrição e armazenamento de objetos de aprendizagem e perfis de usuários através de ontologias, de maneira a possibilitar a recomendação dos mesmos através de um método<sup>6</sup> de raciocínio sobre estas informações.*

Para que o objetivo possa ser atingido, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- *E1 realizar o levantamento bibliográfico sobre Sistemas de Recomendação e educação;*
- *E2 definir um método que possibilite a utilização e reutilização das informações presentes em sistemas educacionais e a futura troca de informações entre os mesmos;*
- *E3 apresentar o método para descrição, armazenamento e recuperação dos conteúdos educacionais e seus relacionamentos entre usuários e outros conteúdos educacionais de maneira a apoiar os Sistemas de Recomendação.*

As atividades relacionadas são divididas em **Etapas**, classificadas em: A - Teórica, que está relacionada ao objetivo específico E1; B - Desenvolvimento da Solução; C - Demonstração de Funcionamento, tem relação com os objetivos específicos E2 e E3.

A etapa D - Análise, contempla ao objetivo geral do trabalho e visa analisar como os aspectos foram tratados e relatar as alternativas de pesquisa ainda em aberto. A próxima seção descreve em maiores detalhes cada uma das etapas, suas atividades e produtos.

<sup>6</sup>Para este trabalho adota-se o conceito de GALLIANO (1979), onde um método é: “Conjunto de etapas, ordenadamente dispostas, a serem vencidas na investigação da verdade, no estudo de uma ciência ou para alcançar determinado fim”

## 1.2 Roteiro da Pesquisa

Tendo como base a Figura 1.1, a presente pesquisa está classificada em quatro etapas, a Etapa A - Teórica, a Etapa B - Desenvolvimento da Solução, a Etapa C - Definição do Protocolo Experimental e a Etapa D - Análise. Cada etapa é composta por um conjunto de atividades e produtos, cada etapa possui Questões de Pesquisa(QP) associadas.



Figura 1.1: Etapas da Pesquisa

Descrevendo a Figura 1.1, as Etapas são delimitadas por círculos preenchidos com uma letra e acompanhados por uma legenda. O círculo com a letra A e legenda teórica, representa a Etapa A - Teórica. As atividades são organizadas em retângulos pontilhados, são esses, paralelos a cada etapa, representando a relação de pertinência. Ainda sobre as atividades, estas são compostas por caixas numeradas, com o título da atividade. Quando sobrepostas, indicam que a caixa de topo é uma atividade derivada da logo abaixo. Os produtos são representados por retângulos com os cantos arredondados, em paralelo as atividades relacionadas. São compostos por itens, que podem ser estruturados, mas sempre numerados. Por fim, a última coluna à direita apresenta os objetivos associados a cada Etapa.

### 1.2.1 Etapa A - Teórica

*QP 1: Dentre os Sistemas de Recomendação atuais, como estes lidam com os aspectos relacionados ao domínio educacional?*

De maneira a trabalhar nesta questão de pesquisa, se faz necessário explorar áreas como a de SR, Tutores Inteligentes, Informática na Educação e Aprendizado Aprimorado por Tecnologia. Esta etapa, basicamente resume-se a compreender o domínio de aplicação da tese, realizar uma revisão bibliográfica acerca dos temas que a compõe e apresentar o estado da arte.

Considerando isto, a atividade **1 - Revisão Bibliográfica** apresenta os conceitos refe-

rentes a Sistemas de Recomendação, Perfis de Usuário, Objetos de Aprendizagem, Contexto, Ontologias e Web Semântica.

A atividade **2 - Estado da Arte** apresenta os trabalhos mais recentes, e que de maneira interdisciplinar, fazem uso dos conceitos mencionados na atividade **1** e que tenham foco direcionado à: Recomendação de conteúdos educacionais; Interoperabilidade de conteúdos educacionais e usuários ou Utilização de ontologias para apoio ao aprendizado.

A atividade **3 - Análise Crítica**, como seu título propõe, resume os pontos de pesquisa em aberto e mencionados na atividade **2** norteando o caminho a ser seguido pela tese.

O conjunto de atividades propostas na etapa **A** resulta no produto **1 - Requisitos para Recomendação Educacional**, que apoiado pela atividade 3, enumera um conjunto de aspectos a serem considerados quando trabalha-se com a Recomendação de Conteúdos Educacionais.

### 1.2.2 Etapa B - Desenvolvimento da Solução

*QP 2: De que forma podem ser modelados SR, objetos de aprendizagem e perfis de usuários para que sejam utilizados e reutilizados dentro de uma rede de sistemas educacionais?*

De maneira a trabalhar com essa questão de pesquisa, se faz necessário construir um modelo tecnológico baseado no produto **1** da etapa **A**.

Desta forma a atividade **1 - Definição do Escopo**, delimita a estrutura tecnológica na qual a presente proposta será desenvolvida.

A atividade **2 - Método de RC&C** representa a escolha do método de Representação de Conhecimento e Raciocínio. Este trabalho utiliza-se de ontologias baseadas em lógica descritiva através da linguagem OWL, sendo essa compatível com aplicações WEB e decidível. A definição do modelo de construção de ontologias e práticas associadas a sua descrição também faz parte desta etapa.

A atividade **3 - Método de Comunicação e Interação** é considerada paralela a atividade **2**, já que a forma de comunicação entre aplicações, neste caso, pode ser considerada dependente do modelo de representação de conhecimento adotado.

A atividade **4 - Fluxo de Informações** tem como função determinar o processo de compartilhamento do conhecimento realizado dentro da solução proposta.

O conjunto de atividades propostas na Etapa **B** resulta no produto **1 - Método** que delimita o conjunto de práticas que devem ser adotadas para o processo de comunicação entre os modelos<sup>7</sup> que compõe o método proposto neste trabalho. Esse produto ainda se divide em sub-produtos complementares como: **1 - Modelo de Usuário** que prevê definições sobre como representar, armazenar e recuperar informações dos usuários; **2 - Modelo de Conteúdo Educacional** que prevê informações sobre como representar, armazenar e recuperar tais conteúdos; **3 - Modelo para Raciocínio** que prevê como raciocinar, ou seja, analisar a informação presente nos OA's e Usuários de acordo com regras específicas de domínio, para isto faz parte também a definição de como criar relacionamentos entre OA's e perfis de usuários.

### 1.2.3 Etapa C - Definição do Protocolo Experimental

*QP 3: É possível utilizar ontologias que descrevam objetos de aprendizagem, perfis de usuários e seus relacionamentos prevendo o uso de raciocínio semântico sobre tais*

<sup>7</sup>Um modelo para este trabalho é definido como uma representação simplificada da realidade (BOX; DRAPER, 1987)

*informações?*

Para trabalhar com essa questão de pesquisa, se faz necessário criar provas de conceito junto ao método proposta na etapa **B**.

A atividade **1 - Descrever Ontologias** abrange a descrição das classes e propriedades que compõem os metadados de padrões educacionais relacionados a descrição dos OA's e perfis de usuários.

A atividade **2 - Descrever Usuários e OA's** visa a descrição de objetos de aprendizagem e usuários como indivíduos de uma ontologia, bem como, um conjunto de axiomas que possibilitam verificar a adequação dos objetos de aprendizagem e perfis de usuário quanto ao padrão de metadados OBAA<sup>8</sup>.

A atividade **3 - Método de Raciocínio** visa determinar o *Reasoner*<sup>9</sup> a ser utilizado junto a ontologia. O *Reasoner* possibilita a realização de inferências lógicas e verificação de consistência da ontologia. Também é parte desta atividade apresentar o conjunto de práticas que vise possibilitar o raciocínio lógico através de perfis de aplicação para domínios específicos. A realização de inferências que associem Usuários ou OA's a classes específicas também estão relacionados.

A atividade **4 - Definir acesso** visa determinar as alternativas de acesso e comunicação entre os repositórios que armazenem OA's ou perfis de usuários. Faz parte também desta atividade analisar a possibilidade de transposição de domínios com conteúdos descritos por metadados para domínios baseados em ontologias.

O Conjunto de atividades propostas na **Etapa C** têm como produto **1 - Ontologias de domínio** que se resume a um conjunto de ontologias descritas conforme os produtos da etapa B; O produto **2 - Usuários, OA's e seus relacionamentos como indivíduos** apresenta um conjunto de OA's descritos como indivíduos de ontologias, o exemplo de construção de perfis de usuário e um conjunto de indivíduos para representar relacionamentos entre os mesmos; O produto **3 - Proposta de Armazenamento e comunicação** que apresenta as alternativas exploradas pelo trabalho para a conversão de repositórios de OA's já existentes para um modelo baseado na Web Semântica e adaptado a proposta deste trabalho, e por fim, o produto **2 - Perfis de Aplicação** apresenta classes de perfis e axiomas que possibilitam auxiliar o processo de desenvolvimento, manutenção e inferência;

#### 1.2.4 Etapa D - Análise

*QP 4: É possível fazer o uso de Ontologias para apoiar os SRs para domínios educacionais?*

A etapa **D - Análise** visa mensurar a proposta de pesquisa frente os produtos das etapas prévias.

Suas atividades se concentram em **1 - Análise da Infraestrutura** onde serão apresentados os aspectos positivos e negativos do método proposto para a recomendação de conteúdos educacionais, e o custo de se utilizar ontologias e raciocínio sobre um domínio que pode exigir variáveis complexas e de grande custo computacional. A atividade **2 - Análise da Aplicabilidade** apresenta algumas alternativas atuais para o uso do método no ambiente educacional.

<sup>8</sup>O Projeto OBAA propõe um conjunto de metadados para o contexto educacional brasileiro prevendo aspectos pedagógicos e interoperabilidade entre plataformas. Maiores detalhes serão apresentados no decorrer to texto.

<sup>9</sup>No decorrer to texto *Reasoner* será substituído por mecanismo de inferência

Os produtos **1 - Resultados** e **2 - Rumos de Pesquisa** visam sumarizar os resultados e definir os rumos de pesquisa subsequentes.

### 1.3 Contribuições

Considerando o trabalho multidisciplinar que foi realizado, as contribuições de forma geral são:

- método para a reutilização de padrões de metadados educacionais já existentes através de ontologias;

trabalhos como o de GLUZ; VICARI (2012), GLUZ; VICARI (2011) ou BRASE; PAINTER; NEJDL (2003) propõe metodologias para a descrição dos padrão de metadados através de ontologias, mas não propõem mecanismos que possibilitem verificar a consistência dos indivíduos através de inferência semântica.

- método para a descrição do perfil de usuário e objetos de aprendizagem, possibilitando que essa descrição possa ser estendida a domínios específicos;

embora tais pesquisas não sejam novidade, por exemplo: STEWART (1997), BRUSILOVSKY; SOSNOVSKY; YUDELSON (2005) ou CHEN; MIZOGUCHI (1999) tais autores não propõe uma metodologia para a engenharia do conhecimento que propicie compartilhamento de informações entre aplicações educacionais e/ou aplicações como redes sociais.

- método para a armazenamento e reutilização de Perfis de Usuários e objetos de aprendizagem entre sistemas educacionais;

o método apresentado é baseado nas técnicas da Web Semântica, visando adequação as idéias de SHADBOLT; BERNERS-LEE; HALL (2006) e utilização de padrões já estabelecidos como FOAF e SIOC.

- método que possibilita o raciocínio sobre as características específicas de usuários ou conteúdos educacionais como apoio a um processo de Recomendação;

a utilização de ontologias em conjunto a SR foi explorada por WALKER et al. (2004), DRACHSLER et al. (2008) ou SCHMIDT (2006), o presente trabalho difere dos demais pois utiliza a ontologia junto a mecanismos de inferência que podem ser utilizados como filtros semânticos a serem agregados aos atuais algoritmos de recomendação.

Especificamente este trabalho engloba, dentro da área de Ciência da Computação, as áreas de Inteligência Artificial, representação de conhecimento e raciocínio e engenharia de ontologias. A contribuição para estas áreas é relacionada à proposta para a utilização de um método para a engenharia de ontologias, que possibilite a descrição de objetos de aprendizagem e perfis de usuários para que estas informações possam ser utilizadas para a dedução de conhecimento através de raciocínio lógico.

Para a área da Educação os benefícios da presente pesquisa são difíceis de delimitar, já que, mensurar o impacto de ambientes educacionais com tamanha integração de informações, impacta diretamente em mensurar a evolução cognitiva dos seus usuários.

## 1.4 Organização do Texto

Os capítulos são organizados conforme a tabela 1.1. A coluna **Etapa**, apresenta a etapa da pesquisa e a coluna **Capítulo** o referente capítulo que a trata no texto.

Etapa	Capítulo
A	2 e 3
B	4
C	5
D	6

Tabela 1.1: Organização dos Capítulos frente as Etapas de Pesquisa

## 2 FUNDAMENTOS

Neste capítulo serão apresentados os conceitos que compõe a pesquisa realizada nesta tese. O núcleo desta fundamentação terá como base a interseção entre SR e ambientes educacionais. Tal interseção, segundo MANOUSELIS et al. (2010) e DRACHSLER; HUMMEL; KOPER (2009) pode ser caracterizada como parte da área de Aprendizado Apoiado por Tecnologia<sup>1</sup>.

Dito isto, os conceitos apresentados estão organizados da seguinte forma:

- projetos de Pesquisa Relacionados;

nesta seção serão apresentados o projeto OBAA, o projeto Comunidades de Prática e o projeto VideoAula@RNP. Tais projetos estão relacionados com a realização do presente trabalho.

- fundamentação;

nesta seção serão apresentadas as áreas de pesquisa que foram exploradas, como por exemplo, Perfis de Usuários, OAs, Contexto, Ontologias, WS e Sistemas de Recomendação.

Os conceitos apresentados neste capítulo visam descrever os aspectos que formam o núcleo da pesquisa realizada. Ressalta-se que este detalhamento é fundamental para que se compreenda como a utilização de SR pode ser beneficiada pela abordagem apresentada neste trabalho.

Conforme o capítulo 1, serão apresentadas as atividades e produtos referentes a **Etapa A Teórica, Atividade 1 - Revisão Bibliográfica**. Este capítulo contempla parte dos produtos referentes aos Requisitos para Recomendação Educacional.

### 2.1 Projetos de Pesquisa Relacionados

Nesta seção serão apresentados o Projeto OBAA, que consiste de um padrão de metadados para o domínio educacional, o projeto Comunidades de Prática, que consiste de um *framework* conceitual para o desenvolvimento de comunidades voltadas ao processo de ensino e aprendizagem e também o projeto VideoAula@RNP, que é desenvolvido em parceria com a Rede Nacional de Pesquisa (RNP) e tem por objetivo desenvolver um produto com o qual usuários possam desenvolver vídeos com objetivo pedagógico.

Os projetos de pesquisa contribuirão para aprimorar e propor e adaptar o presente trabalhos a algumas das necessidades do domínio educacional.

---

<sup>1</sup>do inglês *Technology-enhanced learning*

### 2.1.1 Projeto OBAA

O projeto OBAA foi proposto para uma chamada dos Ministérios da Educação, Comunicação, Ciência e Tecnologia para projetos que visassem trabalhar questões relacionadas a interoperabilidade de conteúdos digitais entre plataformas. Sua principal motivação está em estabelecer um padrão que contemple a especificação de requisitos técnicos e funcionais para a construção de aplicações voltadas a produção, edição e distribuição de conteúdos digitais interativos na Internet, Dispositivos Móveis e Televisão Digital. (VICARI et al., 2010).

Para esta proposta foram pesquisados pontos de convergência entre a tecnologia de OAs e técnicas de Inteligência Artificial aplicadas a educação. Através desta interseção foram investigadas alternativas que promovessem flexibilidade, adaptabilidade e interatividade a ambientes de aprendizagem.

O projeto OBAA pode ser distribuído em 4 camadas conforme a Figura 2.1.



Figura 2.1: Visão em Camadas do OBAA

A camada **Padrão de Metadados** representa a sintaxe do padrão OBAA. Cientes da importância do reuso de conteúdos educacionais já desenvolvidos, o padrão é flexível quanto a integração junto a outros padrões já reconhecidos no domínio educacional, dentre eles, o IEEE LOM (HODGINS; DUVAL, 2002) e o IMS *Access For All*(CONSORTIUM, 2004). Por ser um padrão Brasileiro, alguns metadados foram propostos de maneira a contemplar este contexto pedagógico e educacional. Além disto, o padrão OBAA pode ser considerado uma padrão agregador, ou seja, se faz possível estendê-lo através de outros padrões desde que algumas práticas sejam respeitadas.

A camada **Semântica dos Metadados** representa a estrutura hierárquica e de relações entre os metadados do padrão. Seu objetivo é documentar o padrão possibilitando, por exemplo, a descrição de conjuntos de Ontologias que possibilitem descrever padrões de Metadados; Perfis de Alunos; Perfis de Professores e Conteúdos Educacionais. Esta camada está relacionada a descrição do conhecimento envolvido no padrão e serve como modelo para uso e extensão por aplicações.

A camada **Perfis de Aplicação** representa a definição de práticas para a autoria e recuperação de conteúdos educacionais. Tais conteúdos podem ser elaborados visando distintas plataformas e ambientes de execução, por exemplo, definir um perfil de aplicação para a construção/recuperação de OAs em um ambiente para alunos deficientes visuais que utilizam para o aprendizado a plataforma de Tv Digital. Considerando isto, esta camada define aspectos como, por exemplo: tamanhos de fontes; cores predominantes; formatos de arquivos; metadados específicos entre outros aspectos que auxiliem na elaboração de conteúdos e recuperação de OAs.



A camada **Aplicações Educacionais** representa aspectos relacionados ao desenvolvimento de aplicações educacionais inteligentes. O padrão não delimita quais as tecnologias a serem adotadas, adota uma filosofia aberta à adoção de técnicas baseadas em agentes inteligentes, ou até mesmo, ambientes de aprendizagem tradicionais.

O presente trabalho, lida com as camadas mencionadas, sendo seu enfoque direcionado nas camadas **Semântica dos Metadados** e **Perfis de Aplicação**. Considerando isto, tais camadas demandam de técnicas associadas a engenharia de conhecimento, mais precisamente envolvendo a engenharia de ontologias especialmente quando se propõem a dedução de conhecimento frente usuários e OAs.

### 2.1.2 Projeto *Framework* de Comunidades de Prática

O principal objetivo deste projeto é investigar o uso da tecnologia de Agentes no desenvolvimento de um framework computacional para gestão de Comunidades de Prática (FCdP). A viabilização desta abordagem de personalização parte da necessidade de uma padronização de perfis de usuário e de comunidades, além da aderência à Web Semântica com o objetivo de prover interoperabilidade entre as diferentes comunidades. A principal motivação está na utilização de perfis de interesse descentralizados, gerenciados por serviços ou agentes apoiados por Ontologias.

O presente trabalho se encaixa no referido projeto, com o objetivo de suprir as necessidades relacionadas à engenharia de ontologias e utilização das técnicas da Web Semântica. Incorporar a presente pesquisa em tal projeto pode trazer benefícios aos usuários de tal *Framework*.

### 2.1.3 Projeto VideoAula@RNP

O projeto Videoaula@RNP é descrito como:

“O serviço corresponde a um sistema integrado para elaboração, armazenamento e disponibilização de videoaulas produzidas pelas instituições clientes. Serve como subsídio para o ensino presencial ou a distância. Trata-se, pois, de um conteúdo gravado, que pode ser acessado de maneira assíncrona, no modelo de transmissões de vídeo sob demanda”<sup>2</sup>.

Seu objetivo é de disponibilizar material didático, em suma OAs, compostos por múltiplas mídias sincronizadas. A característica educacional de tal serviço aproximou o referido projeto do padrão de metadados OBAA. Além das características educacionais, o serviço visa compatibilidade com os repositórios de conteúdos educacionais já existentes.

Compatibilizar tal serviço para os os repositórios de conteúdos educacionais, parte da utilização do padrão OBAA. Esta aproximação conduziu o processo de engenharia de conhecimento que culminou na delimitação de um subconjunto de metadados OBAA para descrever uma VideoAula, bem como, metadados específicos para este domínio.

## 2.2 Fundamentação

Abordar os aspectos relacionados ao raciocínio de conteúdos educacionais envolve considerável esforço multidisciplinar, desta forma, o presente trabalho delimita as pesquisas consideradas pelos autores como importantes para o processo de engenharia de conhecimento que apoie a recomendação de conteúdos educacionais.

<sup>2</sup><http://www.rnp.br/servicos/videoaula.html>

### 2.2.1 Perfis de Usuário

O perfil do usuário é parte crucial do processo de recomendação, pode ser considerado como um mapeamento do usuário, composto de dados dos padrões de comportamento, gostos ou até mesmo informações sobre o grau de conhecimento sobre determinados assuntos. Este agrupamento é similar aos mapas de conhecimento (*Yellow Pages*) (STEWART, 1997), sendo úteis para representar quem possui determinados conhecimentos.

Informações sobre os perfis de usuário podem ser coletadas de maneira implícita, quando o sistema armazena informações referentes às ações do usuário no sistema com a intenção de descobrir determinados padrões de comportamento, ou explícitas, quando o usuário informa ao sistema, por exemplo, suas áreas de interesse ou realiza um determinado número de avaliações sobre objetos a ele aleatoriamente apresentados.

Ressalta-se que os sistemas de recomendação não são restritos a utilização de apenas uma destas formas de coleta de dados de usuários, sendo que, geralmente fazem uso de ambas para aprimorar seu conhecimento sobre o perfil de seus usuários.

Além de considerar de maneira individualizada os usuários de um sistema, sistemas de recomendação também podem ser desenvolvidos considerando recomendações à grupos de usuários. Para isto, é proposta a criação de uma espécie de “perfil do grupo” onde as características dos itens são comparados à este perfil para o processo de recomendação. (O’CONNOR et al., 2001), (ADOMAVICIUS; KWON, 2007) e (CHEN et al., 2008).

Manter o perfil dos usuários sempre atualizado auxilia no processo de predição de um SR, aprimorando a sua precisão. Alguns trabalhos ressaltam que esta preocupação não parte apenas dos desenvolvedores de SR’s, mas que os usuários de tais sistemas procuram contribuir com a intenção de aprimorar sua experiência de uso.

O trabalho de HERLOCKER et al. (2004) reforça esta afirmação, apresentando padrões de comportamento específicos de determinados usuários que visam contribuir através de avaliações as recomendações recebidas como forma de aprimorar seu perfil e receber melhores recomendações.

Outro experimento realizado teve como base a aplicação de um questionário aos usuários do MovieLens que tenham realizado mais de 1000 avaliações de filmes. Analisando os resultados, foi constatado que estes usuários não estão preocupados em apenas melhorar as suas recomendações, mas sim, em se sentirem bem por estarem contribuindo com a comunidade através das mesmas. Tais efeitos, também são percebidos em sites de comércio eletrônico, onde são postadas revisões e avaliações dos produtos comprados. Percebe-se desta forma, o interesse dos usuários em contribuir, desde que, o benefício seja relacionado a uma melhor experiência de uso.

Ressalta-se que os perfis de usuários devem ser reutilizados em outros ambientes visando personalização. É comum nos dias hoje a interligação de aplicações da web de maneira a possibilitar este reuso e aprimorar a experiência do usuário. Existem padrões que possibilitam isto, os quais serão abordados no decorrer do texto. Tais padrões são aproveitados por domínio ligados ao entretenimento. Nos próximos capítulos será apresentada uma perspectiva para isto no domínio educacional, visando a possibilidade de armazenar informações que registrem relações entre usuários, entre OAs e entre ambientes de ensino.

## 2.2.2 Objetos de Aprendizagem

A tecnologia de OAs fundamenta-se na hipótese de que é possível criar componentes de material pedagógico e organizá-los de maneira a possibilitar sua reutilização de maneira a promover a economia de tempo e de custo na produção de cursos on-line. Sua utilização também é relacionada ao plano pedagógico de uma aula presencial. (DOWNES, 2001), (SOSTERIC; HESEMEIER, 2002) e (FRIESEN; ROBERTS; FISHER, 2008).

Para o *Learning Technology Standard Committee* (LTSC) do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) (HODGINS; DUVAL, 2002), um OA é qualquer entidade, digital ou não, que possa ser usada, reutilizada e referenciada durante o processo de aprendizagem. O OA pode ser um conteúdo digital ou não (maquete, imagem, filme, etc.), que possa ser usado com algum propósito educacional, incluindo internamente ou via associação, sugestões de contextos nos quais ele deve ser utilizado. Essa visão também é adotada na proposta OBAA.

A principal característica de um OA é sua reusabilidade. Tal característica pode ser alcançada através da modularidade, interoperabilidade e recuperação. A modularidade descreve o grau de separação, e conseqüente recombinação, dos componentes; A interoperabilidade é a capacidade de operar em plataformas heterogêneas, e por fim, a recuperação está relacionada à capacidade de poder ser encontrado conforme sua descrição de propriedades e funcionalidades. Geralmente um OA está armazenado em repositórios de conteúdos com tal propósito.

Estas características norteiam os esforços de vários grupos de pesquisa e entidades que visam propor padronizações para compatibilizar o desenvolvimento e uso de OAs em escala mundial. Neste trabalho, a modularização não será diretamente explorada, embora seja possível, conforme será apresentado nos próximos capítulos. As características que serão mais visíveis estarão incorporando aspectos relacionados a interoperabilidade e recuperação.

Tais aspectos descrevem características como, por exemplo, se um OA é compatível com dispositivos móveis ou algum estilo de aprendizagem em específico. Um OA, assim como um perfil de usuário, deve agregar a maior quantidade possível de informações para auxiliar na identificação do seu contexto de aplicação.

Levando em consideração os padrões de metadados para OAs, o trabalho de DEVEDZIC; JOVANOVIC; GASEVIC (2007) os apresenta de maneira detalhada, auxiliando na compreensão do conceito de padrão educacional de metadados. Também faz parte da referido trabalho, apresentar sua definição e categorias de classificação, descrever suas características semânticas com apoio de ontologias e mencionar o seu uso através de perfis de aplicação.

## 2.2.3 Contexto

De acordo com as pesquisas de DEY (2001), o contexto é definido como sendo qualquer informação que possa vir a ser utilizada para caracterizar a situação de uma entidade. Por exemplo, Localização: Campus do Vale, Sala 218 prédio 43424; A utilização de dispositivos móveis com determinadas características, ou até mesmo a proximidade de pessoas. SCHMIDT; BEIGL; GELLERSEN (1999) estende esta definição, estruturando o conceito de contexto de acordo com um modelo que prevê quatro características principais:

- o contexto descreve uma situação e o ambiente no qual um usuário ou dispositivo se encontra;

- o contexto é identificado por um nome único;
- para cada contexto um conjunto de características é relevante;
- para cada característica relevante, o conjunto de valores é determinado, sendo estes, implícitos ou explícitos.

Considerando tais aspectos, de maneira a organizar o espaço de valores no qual o contexto pode ser classificado. A figura 2.2 ilustra esta hierarquia.

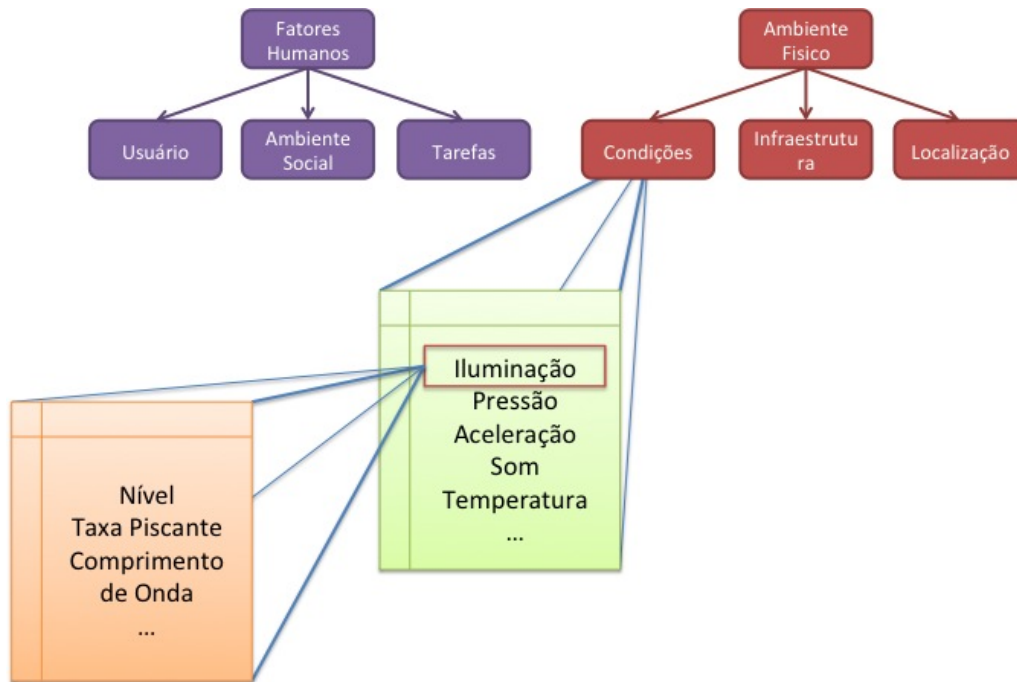


Figura 2.2: Ilustração da hierarquia de contexto, baseada em (SCHMIDT; BEIGL; GELLERSEN, 1999)

O Contexto relacionado aos **Fatores Humanos**, quando considerados aspectos relacionados ao **Usuário**, abrangem características sobre os seus hábitos, estado emocional, condições biofisiológicas, entre outras.

O **Ambiente Social** abrange características relacionadas a co-localização com outros usuários, interação social, dinâmicas de grupo, entre outras. As **Tarefas** abrangem características relacionadas as atividades espontâneas, tarefas engajadas, objetivos gerais entre outros.

O contexto relacionado ao **Ambiente Físico**, quando considerados aspectos relacionados a **Localização**, abrangem características relacionadas a posição absoluta, posição relativa, co-localização, entre outros.

O **Método** abrange características relacionadas aos recursos para computação mais próximos, comunicação, performance das tarefas, entre outros. As **Condições** abrangem características relacionadas as condições físicas de iluminação, pressão, sons, entre outras.

Segundo SCHMIDT (2006), os mapeamentos de contexto são altamente imperfeitos em sua natureza. Considerando isto, são mencionados os seguintes problemas com o mapeamento de contexto:

- incompletos, quando o sistema não tem a capacidade de capturar os diferentes aspectos de uma situação;
- incertos, quando o sistema confia em métodos indiretos e heurísticas para elicitar informação contextual a partir de dados observados.
- imprecisos, quando os métodos se baseiam em resultados com precisão limitada
- inconsistentes, quando o mapeamento ocorre através de uma consequência de contradições, resultado de diferentes métodos com suas incertezas e imprecisões.

Considerando a utilização de informações contextuais no domínio educacional, trabalhos como o de OGATA; HUI (2008) abordam que o aprendizado rumo à combinação entre a utilização de ambientes escolares compostos com as tradicionais salas de aula, com o aprendizado em qualquer lugar e qualquer hora apoiado por dispositivos tecnológicos.

O trabalho de GASCUENA; FERNANDEZ-CABALLERO; GONZALEZ (2006) propõe a utilização de ontologias de domínio como forma de associar informações relacionadas ao estilo de aprendizagem e seus dispositivos de hardware com recursos educacionais que sejam compatíveis com os mesmos.

Os trabalhos mencionados são exemplos que reforçam a necessidade de identificação de contexto de usuário para aprimorar a experiência de aprendizado, bem como, SCHMIDT (2005) reforça que os requisitos que levam a compreensão da semântica de contexto sugerem a utilização de abordagens baseadas em ontologias. Tais abordagens se provam úteis, desde que, considerem as peculiaridades associadas ao mapeamento de contexto e a atualização do contexto dos usuários.

#### 2.2.4 Ontologias

Segundo FOSKET (1997) *“a ontologia é um dispositivo de controle de termos usado na representação de documentos. As ontologias provêm mapas de conhecimento, apresentando conceitos ou ideias do domínio de aplicação e indicando relações entre eles. Estes conceitos podem aparecer representados através de termos, os quais, indicam quando um determinado conceito está sendo tratado”*.

Outra definição de ontologias, de acordo com GUARINO; GIARETTA (1995) e GUARINO; OBERLE; STAAB (2009), tem sua origem no trabalho de GRUBER (1993), onde ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização. O trabalho de BORST (1997) introduz a definição de que são uma especificação formal de uma conceitualização compartilhada e STUDER; BENJAMINS; FENSEL (1998) acaba fazendo uma junção e definindo Ontologias como especificações formais e explícitas de conceitualizações compartilhadas.

A definição de STUDER; BENJAMINS; FENSEL (1998), é interpretada da seguinte maneira:

- **especificações formais:** A ontologia é descrita conforme alguma linguagem interpretável por máquina;
- **especificação explícita:** Seus conceitos e restrição são explicitamente definidos;
- **conceitualização:** Representa os conceitos de um fenômeno do mundo;
- **compartilhada:** Conhecimento é consensual.

O trabalho de BREITMAN (2005) menciona que as ontologias consistem de modelos conceituais que capturam e explicitam o vocabulário utilizado por aplicações computacionais.

A ilustração de uma ontologia baseada na área da Ciência da Computação é apresentada na Figura 2.3, onde cada conceito é representado por uma elipse, sendo conectado por arestas que descrevem as relações entre os conceitos.

Desta maneira, podem-se inferir que Resolução de problemas **é um** conceito de Inteligência Artificial, sendo este, considerado como **é um** conceito de computação. Ressalta-se que esta ilustração é parte do potencial de representação de conhecimento de uma ontologia.

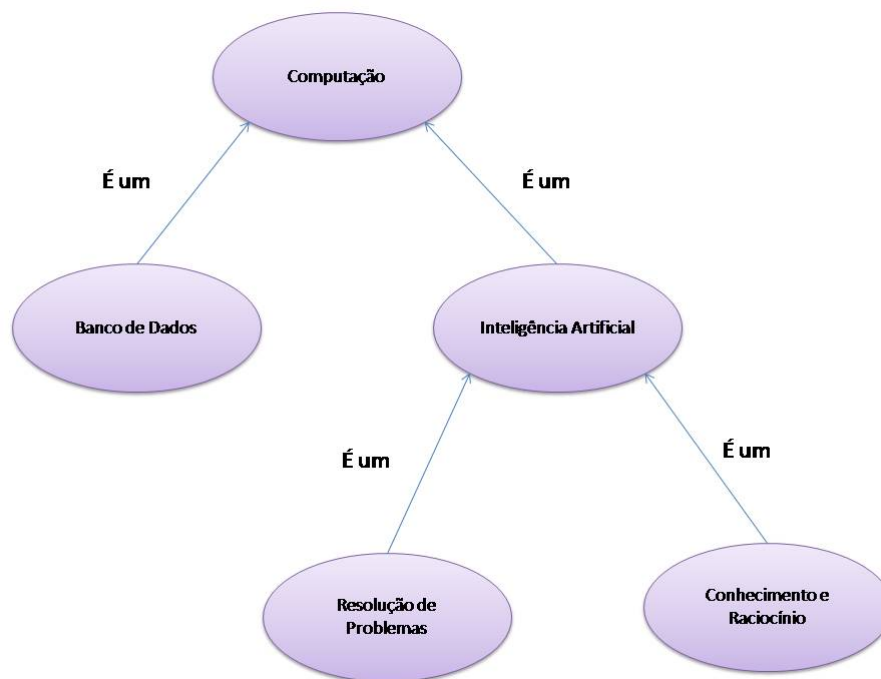


Figura 2.3: Ilustração da estrutura hierárquica em uma ontologia

A criação de ontologias, segundo GUARINO (2008), pode ser realizada através de diversas metodologias, sendo que, nenhuma se destacou como referência.

Dentre tais metodologias, menciona-se a de NOY; MCGUINNESS (2002a) chamada de metodologia 101<sup>3</sup>. Esta metodologia pode ser diretamente associada com a ferramenta de edição de ontologias *Protégé* e está dividida de acordo com as seguintes etapas:

1. Determinar o domínio e o escopo da ontologia;
2. Investigar o reuso de ontologias existentes;
3. Listar termos importantes;
4. Definir as classes;
5. Identificar a hierarquia de classes;

---

<sup>3</sup>101 Methodology

## 6. Definir restrições e axiomas das classes.

Tais etapas não são consideradas lineares, desta forma, é comum para o engenheiro de ontologias, voltar as etapas iniciais do processo sempre que preciso.

A metodologia DOLCE de GANGEMI et al. (2002) propõe a criação de um conjunto de ontologias que permitam a agentes se compreenderem, sem a necessidade de forçar a interoperabilidade de todos os agentes através de uma única ontologia.

A metodologia de FERNANDEZ; GOMEZ-PEREZ (1997) busca definir quais as atividades que as pessoas realizam quando constroem uma ontologia. Ou seja, preveem o fluxo do processo de desenvolvimento de ontologias considerando etapas de gerenciamento técnico e de suporte.

A metodologia Diligent de VRANDECIC et al. (2005) visa a construção de um conjunto de ontologias que podem ser compartilhadas e cada usuário pode expandi-las para uso local. Parte da premissa que as ontologias precisam ser construídas em um ambiente colaborativo e pouco controlado, buscando aproximar engenheiros de usuários.

Não cabe a este trabalho entrar em detalhes específicos sobre a área de engenharia de ontologias, mas, sim, que as ontologias que compõe a pesquisa realizada foram desenvolvidas conforme a metodologia 101 devido a sua integração com o editor de ontologias *Protégé*, que além de prover a interface gráfica é compatível com a linguagem OWL, considerada a base para a construção de ontologias para a WS.

A utilização de ontologias, como alternativa para apoiar aplicações do domínio educacional ainda encontra barreiras, principalmente se considerarmos a utilização em larga escala, embora seu uso venha sendo apontado como uma alternativa as aplicações educacionais (GASCUENA; FERNANDEZ-CABALLERO; GONZALEZ, 2006).

A carência de iniciativas como a de DICHEVA (2008), que apresentam um portal para a divulgação de ontologias educacionais ou propostas para metodologias de engenharia de conhecimento que prevejam a descrição de OAs, usuários e seus relacionamentos, bem como, seu uso junto a aplicações da WS, são alguns destes exemplos.

### 2.2.5 Web Semântica

A internet foi elaborada com o propósito de prover informações. O seu objetivo é ser útil não apenas para humanos trocarem mensagens, mas para que máquinas possam também participar e auxiliar nesta comunicação. (BERNERS-LEE, 1998). De maneira a possibilitar isto, um conjunto de padrões e recomendações tecnológicas são constantemente pesquisados e aprimorados.

Este conjunto de práticas é gerido pela W3C <sup>4</sup>, a *World Wide Web Consortium*, que através de grupos de trabalho gerencia pesquisas que possibilitam evoluções na internet atual, objetivando WS.

A WS busca trazer significado e estrutura para os conteúdos da internet, possibilitando um ambiente onde agentes de software possam navegar autonomamente pelos seus conteúdos, buscando informações e realizando tarefas sofisticadas para os seus usuários. (LEE; HENDLER; LASSILA, 2001)

O trabalho de SHADBOLT; BERNERS-LEE; HALL (2006) menciona que a WS prevê uma rede de informações que podem ser utilizadas, sendo esta informação derivada de dados através de alguma teoria semântica para interpretação dos símbolos. Tal teoria prevê uma “descrição de significados” onde a conexão lógica entre os termos estabelece interoperabilidade entre sistemas.

---

<sup>4</sup><http://www.w3c.org>

Visando reutilizar a internet atual, as tecnologias da WS preveem formatos de dados que podem ser utilizados com o objetivo de codificar o conhecimento a ser processado em sistemas computacionais, apesar de manter o foco em alternativas para a representação e troca de conhecimento. (HITZLER; KRÖTZSCH; RUDOLPH, 2009)

A WS é dividida em uma pilha de tecnologias que compõem a sua arquitetura. A Figura 2.4 é uma adaptação da pilha de linguagem adaptada de Tim Berners-Lee <sup>5</sup>.

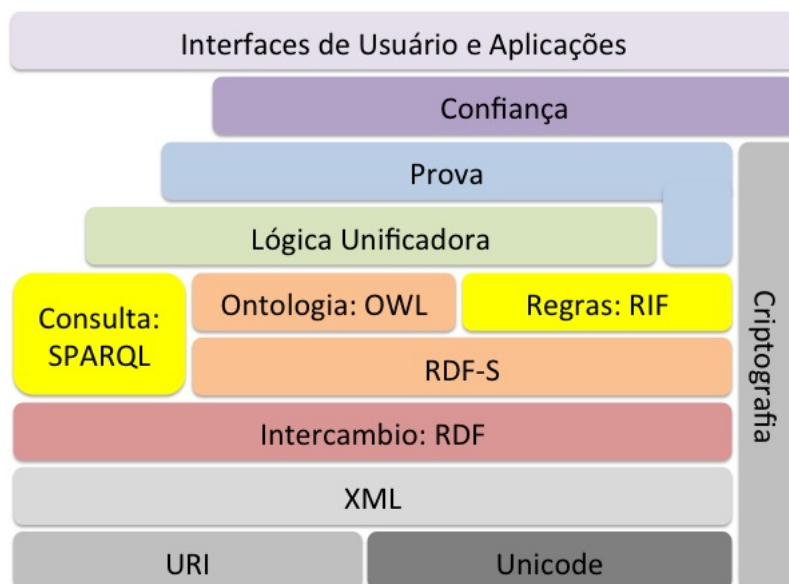


Figura 2.4: Pilha da Linguagem da Web Semântica adaptado de Tim Berners-Lee

Interpretando a Figura 2.4 de sua parte inferior para a posterior, **Unicode** representa o padrão de codificação para caracteres internacionais compatíveis com a linguagem humana escrita e lida.

**URI:** <sup>6</sup> Representa um string padronizado que permite a identificação única de recursos. Um subgrupo de uma *URI* são as tradicionais *URL*, por exemplo <http://www.tprimo.com>. Outro subgrupo seriam as *URN*, por exemplo: <urn:isbn:0-123-45678-9>.

**XML:** Refere-se a sintaxe comum para ser usada em aplicações que visam utilizar as potencialidades da WS.

**RDF:** Contempla o núcleo do formato representacional para a WS. Seu modelo de dados pode ser considerado similar aos métodos tradicionais de modelagem conceitual (entidade/relacionamento e Diagramas de Classes) sendo baseada em triplas compostas por sujeitos, predicados e objetos que permitem declarações sobre recursos da *web*. O sujeito denota o recurso, o predicado características ou aspectos deste recurso e o relacionamento entre o sujeito e o objeto. Por exemplo, para representar “O Carro tem a cor vermelha”, sua tripla RDF seria composta por um sujeito: “O Carro”, o predicado: “tem a cor” e o objeto: “vermelha”. Uma coleção de declaração em RDF representa um grafo direcionado.

**RDFS:** Abrange um conjunto de classes e propriedades que são utilizadas de forma a estender o modelo de dados do RDF provendo elementos básicos para a descrição de ontologias. Com o RDFS já é possível descrever semanticamente conteúdos da *web* e realizar conjuntos de inferências sobre tais conteúdos.

<sup>5</sup><http://www.w3.org/2009/Talks/0120-campus-party-tbl/>

<sup>6</sup>Identificador de recurso uniforme, do inglês *Uniform Resource Identifier*



**OWL:** É uma padrão da W3C para o desenvolvimento de ontologias na *web*. Possui maiores possibilidades de representação semântica que as linguagens XML, RDF e RDFS. Sua linguagem possibilita a descrição de classes, propriedades e indivíduos, permitindo também a utilização de inferências da lógica descritiva.

**RIF:** Recomendação da W3C que funciona em conjunto especificamente com OWL e RDF. O desenvolvimento do RIF tem como premissa a ideia de que existem várias linhagens para a definição de regras, sendo que o necessário é desenvolver uma maneira de trocar as regras entre eles. Dentre os dialetos básicos, menciona-se o Dialeto Lógico Básico e o Dialeto de Regras de Produção

**SPARQL:** Linguagem de consulta recomendada da W3C para arquivos compatíveis com RDF. Baseada na sintaxe do SQL funciona de maneira a facilitar a consulta de dados e prover uma padrão para consulta na WS.

**Prova:** É esperado que o conjunto semântico e as regras sejam executados nas camadas inferiores. Os resultados são então utilizados para a prova de deduções.

**Confiança:** A prova formal em conjunto a entradas confiáveis para o processo de prova garantem que os resultados sejam confiáveis.

**Criptografia:** Para que as entradas sejam confiáveis, meios de criptografia são utilizados. Exemplos são as assinaturas digitais para verificação da origem das fontes.

**Interfaces de usuário e aplicações:** Por último, as aplicações com interfaces de usuário são desenvolvidas no topo da pilha.

A escolha pela utilização de tecnologias da WS é justificada pela sua característica em buscar interoperabilidade e possibilidades de raciocínio semântico sobre os itens que fazem uso de suas tecnologias para serem descritos.

Levando em consideração a interseção com a área educacional, o trabalho de DICHEVA (2008) menciona que no ano de 1999 começaram a surgir as primeiras iniciativas relacionadas a utilização das tecnologias da WS para a educação, principalmente com a utilização de ontologias. Também é mencionado que no ano de 2004 ocorreu o fortalecimento dos trabalhos que exploram tal interseção. Tal fato é justificado através do crescimento significativo no número de periódicos e conferências sobre o tema.

Segundo DICHEVA (2008) existem três gerações de tais sistemas. A primeira é caracterizadas pelos sistemas gerenciadores de ensino<sup>7</sup>, como o Moodle<sup>8</sup> ou TelEduc<sup>9</sup>. A segunda é caracterizada pela utilização de técnicas de IA para auxílio ao processo de aprendizado, e a terceira é caracterizada pela utilização de ontologias e a WS, eliminando esta visão de sistemas centralizados, e objetivando a interoperabilidade de conteúdos, conhecimentos e relacionamentos entre os atores envolvidos no processo de ensino e aprendizagem.

De acordo com ANDERSON; WHITELOCK (2004) a visão para sistemas educacionais baseados na WS é constituída de três pilares. O primeiro, é relacionado capacidade efetiva de armazenamento e recuperação das informações, o segundo, é a capacidade para que agentes autônomos e não humanos potencializem sua habilidade em recuperar e processar informações educacionais e o terceiro, é capacidade da internet em suportar, expandir e estender a capacidade de comunicação de humanos considerando fatores além de tempo e espaço.

O trabalho de ADORNI; BATTIGELLI (2010), apresenta duas pesquisas que fazem o uso de ontologias e tecnologias da WS para apoio ao design instrucional e personalização

---

<sup>7</sup>Do ingles LMS

<sup>8</sup><http://www.moodle.org.br>

<sup>9</sup><http://www.teleduc.org.br>

do processo de aprendizagem apresentando o conceito de aprendizado a qualquer hora, em qualquer lugar e por qualquer pessoa (AAAL), apontando a utilização da WS como uma ferramenta que potencializa e prove artifícios para isto.

Dentre os diversos benefícios que podem ser explorados com a utilização de tais tecnologias, menciona-se por exemplo, a interoperabilidade de informações, raciocínio semântico das mesmas, e recomendação conforme contextos específicos.

### 2.2.6 Sistemas de Recomendação

A área de Sistemas de Recomendação é relativamente nova, mas já possui diversos sistemas que utilizam suas técnicas, dentre os mais clássicos MOVIELENS (2004), SCHAFER; KONSTAN; RIEDL (1999), e MIDDLETON; SHADBOLT; ROURE (2004). Basicamente, um SR atua sugerindo itens de forma pró-ativa a usuários visando complementar ou auxiliar a escolha de itens dentro de sistemas que sofrem de sobrecarga de informações.

De acordo com BURKE (2007) a área de SR pode ser dividida de acordo com quatro classificações, conforme a seguinte taxonomia:

- O Baseada em Conteúdo tem como característica principal a sugestão de itens conforme a similaridade entre o perfil de seus usuários com o dos itens passíveis de recomendação. (LANG, 1995), (PAZZANI; MURAMATSU; BILLSUS, 1996), (MOONEY; BENNETT; ROY, 1998);
- A Filtragem Colaborativa(FC) avalia a similaridade entre os históricos de usuários para realizar o processo de recomendação visando imitar o processo de sugestão “boca a boca” realizado pelas pessoas. (RESNICK et al., 1994), (SHARDANAND; MAES, 1995), (HILL et al., 1995);
- O Demográfico realiza a recomendação considerando o perfil demográfico do usuário. Desta forma, a recomendação pode ser realizada para diferentes nichos demográficos pela combinação das avaliações dos usuários em tais nichos. (KRULWICH, 1997),(PAZZANI, 1999);
- O Baseado em Conhecimento (*Knowledge-Based*) realiza o processo de recomendação baseando-se em inferências sobre as necessidades e preferências dos usuários. Algumas vezes este conhecimento pode conter informações sobre a justificativa de determinada recomendação. (BURKE, 2000) (FELFERNIG; BURKE, 2008).

A classificação de uma técnica de recomendação frente a esta taxonomia, depende exclusivamente de suas fontes de conhecimento. Estas fontes podem ser obtidas através do **Conhecimento de Domínio**, que representa uma descrição sobre os aspectos relacionados ao domínio de aplicação, como: Domínio Educacional; Domínio Esportivo; Domínio de Filmes entre outros. **Bases de Produtos**, que seriam informações sobre os itens a serem recomendados, por exemplo: descrição, funcionalidades entre outros. **Bases de Avaliações**, que seriam informações sobre as avaliações de usuários sobre itens previamente recomendados, por exemplo, Usuário X avaliou filme Y com uma medida Z. **Base Demográfica**, que seriam informações sobre a localização do usuário e possíveis recomendações pertinentes a esta localização, por exemplo, país que o usuário se encontra no momento é Inglaterra, a sugestão, pode ser de algum chá específico da região.

De maneira a associar as fontes de informação, com as técnicas de recomendação a Figura 2.5 adaptada de BURKE (2007) auxilia neste processo.

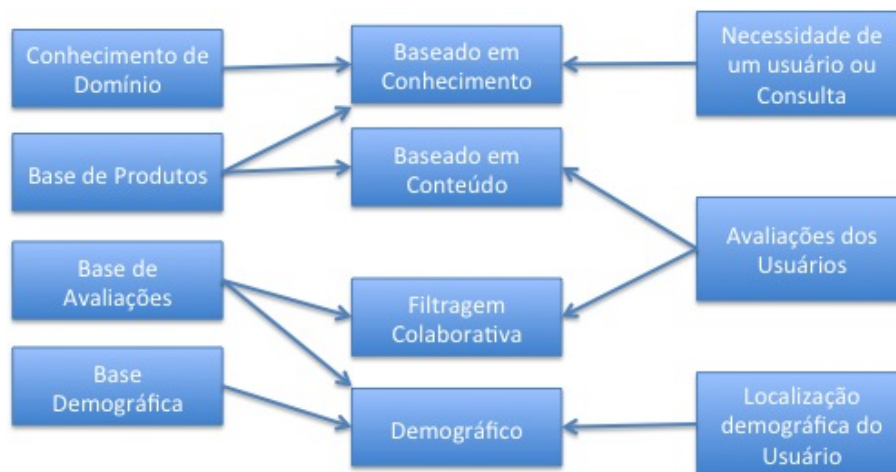


Figura 2.5: Técnicas de Sistemas de Recomendação adaptadas de BURKE (2007)

Além da taxonomia apresentada, existem alternativas que unem os diferentes métodos de recomendação visando atingir um único objetivo, são chamados métodos Híbridos (BALABANOVIĆ; SHOHAM, 1997) e (PAZZANI, 1999). Várias são as possibilidades de hibridização que serão detalhadas no decorrer deste capítulo.

Autores como PU; CHEN; HU (2012) classificam tais sistemas como Baseados em Avaliações. Desta forma o funcionamento é baseado na mensuração das experiências dos usuários através de notas em uma escala. São exemplos: Métodos baseados em conteúdo e métodos baseados em FC; Sistemas Baseados em Características, onde são considerados aspectos que possibilitam aos usuários realizar avaliações conforme características específicas; Sistemas Baseados em Personalidade, que são utilizados como forma de auxílio a construção de perfis de usuários, tendo como motivação a interseção com áreas relacionadas a psicologia. Neste trabalho optou-se utilizar a taxonomia proposta por BURKE (2007) pela sua proximidade ao método proposto.

### 2.2.6.1 Origens

ADOMAVICIUS et al. (2005) apresentam diversas vertentes para o surgimento dos sistemas de recomendação. Podem ser traçadas conexões com trabalhos em ciências cognitivas, teorias de aproximação, recuperação de informações, teorias sobre previsão de tempo, bem como, algumas ligações com ciências de gerenciamento e marketing.

Dentre as áreas abordadas por Gediminas Adomavicius e Alexander Tuzhilin, para este trabalho menciona-se também como vertente crucial a área de Filtragem de Informações (sub-área de Recuperação de informações) como de grande contribuição para a origem de tais sistemas.

Justifica-se esta inserção, através do trabalho de BELKIN; CROFT (1992), onde é destacado que na área de Filtragem de Informações existem informações sobre o usuário que permitem determinar quais itens serão do seu interesse, mesmo quando o usuário não formula uma consulta.

Outro ponto destacado em BELKIN; CROFT (1992) é o de que no caso da Filtragem de Informações, quando um novo item é armazenado em um repositório, este já pode ser comparado com os interesses do usuário, podendo ser sugerido. Bastante semelhante ao propósito dos sistemas de recomendação, sendo sua principal diferença a forma como as informações são levadas a um usuário, nos sistemas de filtragem de informação geral-

mente são provenientes de refinamentos sobre consultas realizadas por um usuário.

A partir da década de 1990, os Sistemas de Recomendação passaram a ser tratados como área de pesquisa independente. Isto ocorreu no momento em que, tendo por base avaliações anteriormente feitas, foram realizadas tentativas para estimar qual a avaliação seria feita por um usuário em relação a um item que não houvesse sido ainda avaliado. (ADOMAVICIUS et al., 2005).

Entre os trabalhos pioneiros na área, está o Tapestry (GOLDBERG et al., 1992) que visava a sugestão de memorando de acordo com características de usuários específicos, o SHARDANAND; MAES (1995) que usa um processo de FC na recomendação de álbuns e artistas de música e RESNICK et al. (1994) que recomenda artigos de notícias provenientes da Usenet.

De maneira mais formal ADOMAVICIUS et al. (2005), define que um processo de recomendação pode ser formulado da seguinte maneira: Considerando um conjunto de usuários  $U$ . E  $O$  um conjunto de objetos a serem recomendados, lembrando que, ambos podem ser compostos por milhares de usuários e milhares de objetos a serem recomendados, uma função de utilidade  $f$  que mede o quão útil um objeto  $o$  pode ser a um usuário  $u$  temos por exemplo:  $U \times O \rightarrow R$ , onde  $R$  é um conjunto totalmente ordenado de objetos. Desta forma, para cada usuário  $u \in U$  escolhe-se o objeto  $o' \in O$  que maximize a função de utilidade de um usuário. Considerando isto, uma maneira mais formal de expressar seria:

$$\forall u \in U, o'_u = \operatorname{argmax}_s f(u, o), s \in S \quad (2.1)$$

A função de utilidade pode, por exemplo, ser representada por uma nota que evidencie o quanto um usuário gostou de um item, por exemplo, o filme Matrix foi avaliado por um usuário como **nota 8** em um escala entre 1 à 10.

#### 2.2.6.2 Abordagem Baseada em Conteúdo

A Abordagem Baseada em Conteúdo tem suas raízes no campo da Recuperação de Informações, incorporando muitas de suas técnicas. (BALABANOVIĆ; SHOHAM, 1997), (BOGERS; BOSCH, 2007).

Fundamentalmente, recomenda itens a um usuário levando em consideração as informações armazenadas no seu perfil. Por exemplo, se um usuário de um sistema de leitura de artigos científicos acessar de forma corriqueira artigos sobre um determinado assunto, as técnicas baseadas em conteúdo passam sugerir novos artigos considerando este padrão de acesso.

Segundo MONTANER (2003) abordagens baseadas em conteúdo consideram informações objetivas sobre os itens. Considerando, como exemplo, artigos científicos poderiam ser consideradas informações como a área de concentração, congresso no qual foi publicado, classificação deste congresso entre outras.

Como é fortemente fundamentada em técnicas de recuperação de informação, tais técnicas têm como função de utilidade a similaridade entre os objetos previamente avaliados por um usuário e os demais presentes em um grupo de possíveis recomendações. Para esta similaridade, medidas utilizadas na área de recuperação de informações são utilizadas (SALTON, 1989).

O diagrama da figura 2.6 apresenta em três passos um exemplo do processo de recomendação baseado em conteúdo. No **passo 1**, são extraídas palavras-chave dos objetos acessados que irão representar o histórico de acessos de um usuário (sem considerar as avaliações feitas) e servirão como base para o **passo 2**, onde é feita a comparação com a

coleção de objetos passíveis de recomendação, esta comparação pode ser feita através do  $TF-IDF$ . No **passo 3**, é ilustrada uma lista ordenada onde são apresentados nas primeiras posições aqueles documentos considerados mais similares a um usuário em questão como uma possível recomendação.

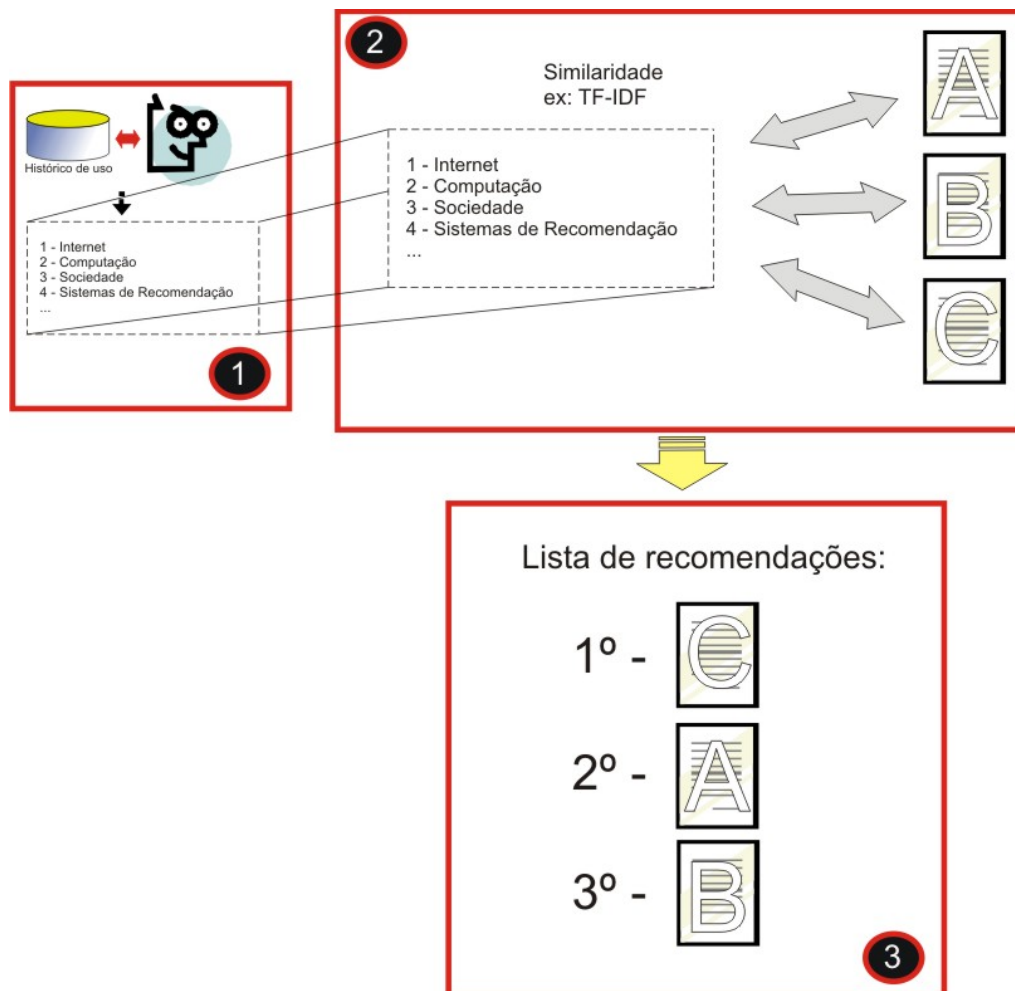


Figura 2.6: Ilustração de um processo de recomendação baseado em conteúdo

### 2.2.6.3 Filtragem Colaborativa

Dentro dos métodos de recomendação, pode-se dizer que os algoritmos que mais ganharam espaço são aqueles baseados em FC.

Tais algoritmos não consideram o conteúdo dos itens, mas, sim, a similaridade entre as pessoas para realizar o processo de recomendação visando recriar o “boca a boca” (*Word of mouth*) (SHARDANAND; MAES, 1995) realizado entre amigos quando sugerem “coisas” entre si. TORRES (2004) cita que o nome FC teve origem no sistema *tapestry* proposto por GOLDBERG et al. (1992).

A ideia básica deste tipo de algoritmo é fazer a recomendação considerando as avaliações deste por pessoas que tenham um perfil semelhante ao do usuário que irá receber uma sugestão. Parte-se do princípio que os usuários que concordaram sobre determinados itens no passado irão concordar no futuro (RESNICK et al., 1994), (SHARDANAND; MAES, 1995), (HILL et al., 1995) ou (CACHEDA et al., 2011).

Grande parte dos algoritmos de FC utiliza o método dos vizinhos mais próximos como forma de criar a sua função de utilidade, para isto, um determinado número de usuários é recuperado baseando-se na similaridade com o usuário alvo (RESNICK et al., 1994), (HERLOCKER et al., 1999). Este “número de vizinhos” é determinado conforme o engenheiro do sistema.

Os algoritmos de FC podem ser divididos de duas formas em relação à maneira que realizam o processo de recomendação. Sendo estas:

- Usuário - Usuário;
- Item - Item.

#### 2.2.6.3.1 Usuário - Usuário

O algoritmo de FC Usuário - Usuário é a forma mais utilizada para buscar a similaridade de usuários. Tal algoritmo busca prever a opinião de um usuário sobre um determinado item a ser recomendado baseando-se na opinião de outros usuários com avaliações similares e que avaliaram o item.

Neste método procura-se avaliar que usuários têm gostos mais similares (avaliaram os mesmos itens, provendo avaliações similares) entre si. Este método pode ser descrito em três etapas:

1. Avaliação da similaridade de um usuário em relação aos demais. Nesta etapa é normalmente utilizado o coeficiente de *Pearson* (Equação 2.2) (KONSTAN; RIEDL, 1999), (SHARDANAND; MAES, 1995), (RESNICK et al., 1994), sendo comparados os perfis dos usuários, neste caso representados por um vetor que possui os itens e as respectivas notas dadas por cada usuário a cada item;
2. Seleção de um conjunto de vizinhos. Neste caso, normalmente é estipulado um limiar ou um número máximo de vizinhos (usuários similares) a serem considerados para o cálculo da predição;
3. Cálculo da predição (função de utilidade, Equação 2.4). Determina a nota que um usuário daria a um item que não foi por ele avaliado, mas que foi avaliado por seus “vizinhos”. Esta predição pode ser gerada por meio de uma média ponderada a partir das avaliações dos vizinhos, como apresentado em (RESNICK et al., 1994).

A maneira utilizada para elucidar estas etapas será descrever um exemplo de aplicação do processo de correlação de perfis e predição de notas utilizado pelo algoritmo de FC usuário-usuário (FCUU). Para este exemplo, será utilizada a Tabela 2.1 como base de informações.

Esta tabela contém em suas colunas conjuntos de objetos, em suas linhas usuários e a sua interseção representa a avaliação (valores de 1 à 10) de um objeto por um usuário. Desta forma, a coluna 2 linha 2 é interpretada como: Usuário 1 avaliou em nota 4 o objeto A. Considerando isto, descreve-se o passo a passo do mecanismo utilizado para estimar a avaliação do Usuário 1 para o objeto G.

Como previamente descrito nas etapas do FCUU, o coeficiente de *Pearson* é utilizado para traçar a correlação entre perfis de usuário, sua equação é:

Tabela 2.1: Usuários X Avaliações

	A	B	C	D	E	F	G	H
Usuário 1	4			2	1	7		
Usuário 2	5	1	2	2	1	7	9	
Usuário 3	6	5	4	1	2		8	5
Usuário 4		2		3		1		2

Tabela 2.2: Similaridade dos usuários com o Usuário 1

Usuário 2	+0,98
Usuário 3	+0,87
Usuário 4	-1

$$C_p(A, B) = \frac{\sum_{i=0}^n (A_i \times B_i) - \frac{\sum_{i=0}^n (A_i) \times \sum_{i=0}^n (B_i)}{n}}{\sqrt{(\sum_{i=0}^n (A_i^2) - \frac{(\sum_{i=0}^n A_i)^2}{n}) \times (\sum_{i=0}^n (B_i^2) - \frac{(\sum_{i=0}^n B_i)^2}{n})}} \quad (2.2)$$

Onde  $C_p(A, B)$  é referente ao coeficiente de *Pearson* entre um Usuário  $A$  e um Usuário  $B$ ,  $A_i$  representa uma nota específica de um usuário  $A$ ,  $B_i$  uma nota específica de um usuário  $B$  e  $n$  o total de notas que ambos os usuários tem em comum. O resultado da equação é um valor que varia entre -1 e +1 sendo que -1 indica ausência de correlação e +1 forte correlação.

Ressalta-se que neste exemplo pretende-se estimar a avaliação do usuário 1 para o objeto **G**, para isto, tem-se o Usuário 1 como base para o processo de correlação. Ressalta-se também, que apenas são consideradas para a correlação aquelas notas existentes em ambos os usuários. Desta forma, quando aplicada a equação entre o Usuário 1 e o Usuário 2 tem-se:

$$C_p(A, B) = \frac{74 - \frac{14 \times 15}{4}}{\sqrt{(70 - \frac{(14)^2}{4}) \times (79 - \frac{(15)^2}{4})}} \approx 0.98 \quad (2.3)$$

Repetindo a aplicação desta equação para os Usuários **3** e **4**, os resultados são apresentados na Tabela 2.2, onde a coluna 1 representa os usuários existentes e a coluna 2 o valor de correlação com o Usuário 1. Desta forma, interpreta-se a linha 1, coluna 2 como: O Usuário 1, possui 0.98 de correlação com o Usuário 2. Os cálculos destes coeficientes servirão de base para a função de utilidade expressa através de uma média ponderada conforme a equação 2.4.

$$F_u(A, \Theta) = \frac{\sum_{i=1}^n (C_p(A, B) \times A_i)}{\sum_{i=1}^n C_p(A, B)} \quad (2.4)$$

Nesta equação,  $F_u(A, \Theta)$  representa a possível avaliação de um usuário  $A$  para um objeto  $\Theta$ ,  $n$  é referente ao número de usuários que avaliaram um objeto  $\Theta$  e  $C_p(A, B)$  representa o coeficiente de similaridade entre um usuário  $A$  e um usuário  $B$ .

Levando em consideração os dados da tabela 2.2, a estimativa de avaliação do Usuário 1 para o objeto **G** é mensurada da seguinte maneira:

$$F_u(A, \Theta) = \frac{(0.98 \times 9) + (0.87 \times 8)}{0.98 + 0.87} \approx 8.52 \quad (2.5)$$

Interpreta-se este resultado como: O Usuário 1 tenderá a avaliar **G** em 8.52 devido as avaliações prévias deste mesmo objeto por usuário similares a ele.

#### 2.2.6.3.2 Item-Item

Ao contrário do método usuário-usuário, o método Item-Item não é baseado na opinião dos usuários mais próximos para estimar se ele vai ou não gostar de um item. Mas sim, buscando estimar se um usuário gostará de um item, analisando a similaridade entre os históricos de acessos entre os perfis.

Os passos para a execução deste tipo de algoritmo podem ser resumidos da seguinte forma:

1. É feita uma busca entre os usuários que compartilham o mesmo padrão de avaliações que o usuário que irá receber a recomendação.
2. Analisa-se as avaliações dentre os usuários considerados próximos pelo passo 1, e então é feita a predição.

Dentre os pesquisadores que fizeram uso desta técnica, resalta-se SARWAR et al. (2001) e LINDEN; SMITH; YORK (2003). No trabalho de SARWAR et al. (2001) é apresentado um estudo sobre os métodos de FC item-item, bem como, de três medidas de similaridade (co-seno, co-relação e uma variação do co-seno chamada de co-seno ajustado) utilizadas para computar a similaridade entre itens.

Realizando um comparativo de desempenho entre tais medidas de similaridade, foi identificado pelo seus experimentos que o uso do co-seno ajustado obteve os melhores resultados em seus experimentos realizados sobre a base de dados do Movielens<sup>10</sup> quando comparado com as outras medidas e algoritmos usuário-usuário.

Seus resultados mostram que o algoritmo item-item teve ligeira melhora no processo de recomendação comparado ao usuário-usuário, sendo sua principal vantagem na utilização de um conjunto menor de informações para a realização do processo de recomendação.

LINDEN; SMITH; YORK (2003) apresentam a recomendação por FC item-item presente no site de comércio eletrônico da Amazon. Em seu trabalho são apresentadas algumas medidas para melhorar a escalabilidade da recomendação frente à uma base de dados extensa. O método Item-Item pode ser facilmente visualizado na lista de recomendações com o título “*Customers Who Bought This Item Also Bought*”.

Dentre as alternativas para a recomendação baseada em FC, cabe ressaltar que alguns autores ainda subdividem a FC em métodos baseados em memória e baseados em modelos (BREESE; HECKERMAN; KADIE, 1998). Os métodos baseados em memória são os mais comuns a serem encontrados na bibliografia, considerado o histórico completo de acessos de um usuário para o processo de recomendação. Os métodos baseados em modelos, primeiro buscam aprender um modelo descritivo dos dados coletados para então prever preferências dos usuários. (YU et al., 2002), (JEONG; LEE; CHO, 2008) e (ADOMAVICIUS et al., 2005).

#### 2.2.6.4 Demográfico

O método de recomendação demográfico sugere itens de acordo com as informações demográficas dos usuários. O pressuposto é que as recomendações devem ser diferentes

---

<sup>10</sup>Tal sistema é uma prova de conceito do grupo de pesquisa GroupLens que ganhou popularidade com a recomendação de filmes através do método de FC.



conforme a localização geográfica do usuário (PAZZANI, 1999).

A utilização de informações demográficas pode ser bastante específica. Por exemplo, pode ser referente a um grupo de alunos em uma sala de aula em determinado momento do dia. Ou pode ser abrangente como alunos latino-americanos.

Desta forma, tais métodos visam aplicar técnicas de FC sobre grupos de usuários delimitados demograficamente.

Informações demográficas podem ser também consideradas como parte do contexto do usuário. Este contexto envolve diversos fatores além de seu posicionamento geográfico.

#### 2.2.6.5 Baseado em Conhecimento

Sistemas de Recomendação baseados em conhecimento<sup>11</sup> buscam realizar sugestões com base no conhecimento sobre o perfil de seus usuários e dos itens passíveis de recomendação (BURKE, 2000).

Seus métodos visam fazer uso de técnicas que quando associadas a SR possibilitam transparência quanto ao motivo pelo qual uma recomendação foi realizada. Alguns exemplos de SR que adotam tal técnica fazem uso de Raciocínio Baseado em Casos (BRIDGE et al., 2006) (LORENZI, 2005), onde a recomendação é realizada através de uma função de similaridade que estima o quanto a situação (caso) atual de um usuário é similar a situações (casos) anteriores, sugerindo então alguma alternativa de solução através de recomendações.

Além dos algoritmos Baseados em Casos, existem também aqueles baseados em restrições<sup>12</sup>. A diferença entre eles está na maneira como o conhecimento é processado. No caso do primeiro, regras de similaridade são aplicadas para o processo de recomendação, no segundo, bases de conhecimento expressam regras de como relacionar características de usuários as características do itens passíveis de recomendação.(MANOUSELIS et al., 2010)

#### 2.2.6.6 Abordagem Híbrida

A abordagem híbrida tem objetivo juntar diferentes métodos de recomendação com o objetivo de reduzir os problemas comuns a utilização de apenas um método. (BALABANOVIĆ; SHOHAM, 1997), (BASU; HIRSH; COHEN, 1998) e (BURKE, 2002b).

Tal abordagem pode ser realizada de diferentes formas segundo BURKE (2002b), sendo estas divididas em:

- Método Balanceado (*weighted*);

A pontuação de diferentes componentes da recomendação são combinadas de forma numérica.

- Método de Permuta (*switching*);

O sistema escolhe entre os componentes da recomendação e aplica o selecionado conforme parâmetros estabelecidos.

- Método Mesclado (*mixed*);

Recomendações de diferentes recomendadores são apresentadas em conjunto.

---

<sup>11</sup>Do inglês *Knowledge-Based*.

<sup>12</sup>Do inglês *Constraint*.

- Método de combinação de características (*feature combination*);

Características derivadas de diferentes fontes de conhecimento são combinadas e fornecidas a um único algoritmo de recomendação.

- Método em Cascata (*cascade*);

São fornecidas prioridades aos recomendadores, sendo que os de menor prioridade são executados antes daqueles com maior prioridade.

- Método de acréscimo de características (*feature augmentation*);

Uma técnica de recomendação é utilizada para computar uma característica ou conjunto de características que é então parte de entrada para a próxima técnica.

- Métodos em níveis (*meta level*).

Uma técnica de recomendação é aplicada e produz algum tipo de modelo, que pode ser então utilizado como entrada para a próxima técnica.

Cada um dos métodos mencionados é adequado a situações específicas. Por exemplo, segundo BURKE (2002b), os métodos Balanceado, Permuta, Mesclado e Combinação de Características não são indicados para sistemas que visam gerar um ranking de recomendações.

#### 2.2.6.6.1 Método Balanceado

Cada componente presente em um método balanceado realiza uma predição ou sugestão sobre um item. Tais resultados são combinados linearmente. Este tipo de recomendador busca combinar evidências de ambos tipos de recomendados de maneira estática. Seu uso é apropriado quando os componentes recomendados possuem relativa precisão e consistência sobre o espaço de possíveis recomendações.

O sistema P-Tango (CLAYPOOL et al., 1999) usa dessa abordagem atribuindo pesos para as diferentes técnicas de recomendação existentes em tal sistema, conforme os resultados (avaliações dos itens) uma lista de recomendações é apresentada aos usuários.

#### 2.2.6.6.2 Método de Permuta

O método de permuta busca analisar o desempenho de cada recomendador para cada usuário de um sistema. Conforme esta avaliação, o método de recomendação é escolhido. Podem ser utilizados métodos de recomendação bastante distintos, sendo que o cuidado está no método utilizado para determinar a troca de recomendador.

Um exemplo é o sistema *DailyLearner* (BILLSUS; PAZZANI, 1998) que através das avaliações dos usuários perante os itens recomendados, faz a escolha entre o uso de um método baseado em conteúdo, e um método de FC considerando alguma medida que determine o maior nível de confiança de um usuário com o método.

Outro exemplo é apresentado em TRAN; COHEN (2000) onde foi proposto um método de troca mais moderno, onde a aceitação entre as avaliações no passado entre usuários e as recomendações de cada técnica são usadas para incorporar a próxima recomendação.

#### 2.2.6.6.3 Método Mesclado

O Método Mesclado apresenta para o usuário as técnicas presentes no sistema simultaneamente sem fazer classificação ou escolha. BURKE (2002b) aborda que o método Método Mesclado é uma alternativa ao problema de Cold-Start de itens, que pode realizar recomendações baseadas em conteúdo levando em consideração a descrição do itens, não precisando este ter sido avaliado por nenhuma usuário. Mas não contorna o problema relacionado ao perfil inicial do usuário, pois ambos os métodos baseados em conteúdo como o de FC, precisam de alguma informação sobre o usuário.

BURKE (2002b) ainda acrescenta que o sistema PTV (SMYTH; COTTER, 2001) é um exemplo de tais métodos. O objetivo deste sistema é recomendar uma grade de programação referente a programas de televisão. Para isto, faz uso de um algoritmo baseado em conteúdo, como forma de recomendar programas com características similares a aqueles previamente assistidos, considerando para recomendação apenas aqueles programas que estão em um lista de programas avaliados positivamente, bem como métodos colaborativos que recomendam fazendo o cruzamento entre os históricos dos usuários.

#### 2.2.6.6.4 Método de combinação de características

O Método de combinação de características objetiva combinar diferentes métodos de recomendação em um único algoritmo. Desta forma, são unidas características presentes em duas ou mais técnicas com o objetivo de realizar uma única recomendação. Esta alternativa pode ser útil para sistemas já prontos que necessitem explorar o uso de algumas características de outros métodos com o intuito de aprimorar suas recomendações.

BASU; HIRSH; COHEN (1998) apresentaram experimentos onde foi aplicada a tarefa de recomendar filmes considerando tanto as notas dos usuários quando as características baseadas em conteúdo, alcançando melhoras significativas sobre os métodos baseados puramente em FC.

Cabe ressaltar que esse resultado só foi obtido quando as características dos itens para a FBC foram colocadas a manualmente. Mencionou também, que implementando todas as características da FBC, foi possível melhorar a precisão do sistema.

#### 2.2.6.6.5 Método em Cascata

No trabalho de BURKE (2002b) menciona-se que o Método em Cascata funciona em estágios como uma forma de refinamento dos dados passados entre os sistemas de recomendação. Existe um fluxo de dados entre as técnicas de recomendação, onde por exemplo, podemos ter itens recuperados por um processo de FBC e em seguida esses resultados processados por um outro métodos de FC que porventura os ranquearia ao usuário.

#### 2.2.6.6.6 Método de acréscimo de características

Similar ao método de combinação de características, onde ao invés de utilizar características do domínio de sistemas de recomendação, tais híbridos buscam algoritmos alternativos que possam ser utilizados pelo recomendador.

O sistema Libra (MOONEY; BENNETT; ROY, 1998), pode ser considerado um exemplo de tal método de hibridização. São realizadas recomendações baseadas em conteúdo de livros utilizando o site da Amazon. A partir disto, são considerados autores relacionados e outros livros relacionados (informações obtidas pelos algoritmos colaborativos da Amazon). Segundo eles, estas informações contribuíram de forma significativa para a

qualidade das recomendações realizadas.

O trabalho de BURKE (2002b) argumenta que o *GroupLens* em conjunto com o *Use-net*, fizeram a utilização deste método (SARWAR et al., 1998), onde foram implementados um conjunto de “filterbots” baseados em conhecimento usando um critério específico, como por exemplo, o número de erros de escrita e o tamanho da mensagem incluída. Esses bots contribuíram com avaliações para a base de dados usada na parte do sistema de FC, atuando como usuários artificiais. Nos seus resultados conseguiram aumentar a capacidade dos agentes na filtragem de e-mails.

Outro exemplo seria MELVILLE; MOONEY; NAGARAJAN (2002), que desenvolveu uma técnica chamada por eles de *Content-Boosted Collaborative Filtering*, que objetiva combinar a FBC com a FC no domínio da recomendação de filmes. A similaridade entre o perfil do usuário e cada filme que este ainda não avaliou é calculada, com o objetivo de popular uma matriz de filmes X avaliações. O processo de FC é utilizado para estimar o quanto um usuário irá gostar de um filme.

#### 2.2.6.6.7 Métodos em níveis

O Método em níveis tem como entrada todo o modelo gerado por outro método, ou seja, dividi-se o sistema em partes, sendo que o modelo por completo serve como base de entrada para outro algoritmo.

O sistema Fab, descrito por BALABANOVIĆ; SHOHAM (1997), é um exemplo de método baseado em nível, seu objetivo é recomendar web sites para usuários. Para isto é feita uma análise de conteúdos dos sites acessados, descrevendo-os através de palavras-chave que compõem o modelo de um usuário e servem como base para um processo de recomendação colaborativo.

PAZZANI (1999) foca exclusivamente em um tipo de recomendação chamado *collaboration via content*. Um método de filtragem baseado em conteúdo foi construído no *WINNOWER* (LITTLESTONE; WARMUTH, 1994) para cada usuário descrever as características que prevem restaurantes que o usuários iriam gostar. Esses modelos são essencialmente vetores de termos e pesos, que podem ser comparados entre os usuários com a funcionalidade de fazer previsões através de algoritmos colaborativos.

#### 2.2.6.7 Problemas comuns aos métodos de recomendação

Nesta seção serão apresentados os problemas mais comuns apresentados pelos SR. Considerá-los no momento da escolha do algoritmo auxilia na precisão dos mesmos.

##### 2.2.6.7.1 Análise de conteúdo limitada

Este problema está geralmente associado aos métodos baseados em conteúdo, onde é necessário que os objetos passíveis de recomendação sejam expressos de alguma forma que permita identificá-los e distingui-los para que seja efetuado o processo de recomendação. Considerando isto, o sucesso de tais sistemas está diretamente vinculado a descrição de tais conteúdos.

Esta descrição pode ser obtida através de métodos automáticos, que para arquivos de texto funcionam de forma eficiente, mas que para arquivos multimídia, por exemplo, vídeos, imagens e áudio, ainda não são completamente eficazes.

Outra maneira seria manual, mas considerando o grande volume de informações que são tratadas quando lidamos com sistemas de recomendação, a utilização de métodos manuais torna-se difícil e onerosa de ser posta em prática. (SHARDANAND; MAES,

1995)

Outro problema, também apontado por SHARDANAND; MAES (1995), é o fato de que os métodos atuais de FBC não conseguem distinguir um documento bem escrito de um mau escrito, caso ambos possuam o mesmo conjunto de palavras-chave.

#### 2.2.6.7.2 Super especialização

Outro problema encontrado nos métodos baseados em conteúdo é relacionado a falta de surpresa dos itens que são recomendados a um usuário. Por exemplo, um usuário que leia artigos classificados como sendo de inteligência artificial, pode não vir a receber algum artigo que aborde inteligência artificial associada a processos de negócios, e que, de certa forma, possam vir a ser uma interessante leitura para este usuário.

Segundo CARROLL; ROSSON (1987), para que esta abordagem obtenha resultados satisfatórios, a única forma é uma frequente interação de um usuário no sentido de fornecer avaliações positivas ou negativas para os itens que foram a este recomendados.

Outra limitação levantada em SHARDANAND; MAES (1995) reside no fato de que a qualidade não é avaliada, apenas a similaridade. Assim, basta que um documento contenha um número significativo de termos que estão presentes no perfil do usuário para que o documento seja recomendado.

Outro problema com a técnica é o de que a recomendação de itens similares aos já avaliados produz o que se chama de super-especialização - *overspecialization*, (SHARDANAND; MAES, 1995) uma vez que ao usuário são sempre recomendados itens similares aqueles que ele avaliou anteriormente.

Quando comparada a FBC, a FC apresenta como principais vantagens, além da avaliação da qualidade do item, a independência de conteúdo e a possibilidade de produzir recomendações inesperadas (*serendipity*), podendo gerar, em ambientes de comércio eletrônico, maior diversidade nas vendas (FLEDER; HOSANAGAR, 2007).

#### 2.2.6.7.3 Problema do novo usuário

Mesmo sendo a técnica mais presente em sistemas de recomendação, a FC apresenta alguns problemas que merecem atenção.

Autores como TERVEEN; HILL (2001) argumentam que a participação de muitos usuários é fundamental, pois quanto maior o número de usuários, maior será a vizinhança e, dessa forma, mais fácil será para encontrar um usuário com perfil semelhante. Também consideram importante, ter-se uma maneira fácil de representar os interesses dos usuários no sistema, para que este possa atualizar o seu perfil, e em consequência, obter melhores resultados em suas recomendações.

#### 2.2.6.7.4 *Sparsity*

Relacionado a sistemas baseados em FC, este problema aparece quando um sistema conta com poucos usuários e muitos itens passíveis de recomendação, desta forma, corre-se o perigo de possuir-se uma base composta de usuários sem avaliações, ou com avaliações muito esparsas, dificultando a detecção de usuários semelhantes entre si.

O autor MONTANER (2003) refere-se também a usuários que possuam gostos que variam do normal, de maneira que no sistema não seja possível encontrar algum usuário com histórico similar para compartilhar seus gostos, conduzindo a recomendações ruins.

Outro problema reside no fato, de que se a base de objetos a serem recomendados ficar muito grande, existirão poucos usuários que compartilhem os mesmos gostos (ADOMA-

Tabela 2.3: Problema X Núcleo do Método de Recomendação

	Base em Usuários	Base em Conteúdo
Análise de conteúdo limitada		X
Super especialização		X
Problema do novo usuário	X	
<i>Sparsity</i>	X	
Transparência	X	
<i>Cold-Start</i>	X	X

VICIUS et al., 2005). Ainda existe o problema dos usuários que tem gostos totalmente distintos dos demais, um problema que é referenciado pela expressão “*gray sheep*” - ovelha cinza.

#### 2.2.6.7.5 Transparência

O problema da transparência foi proposto por HERLOCKER; KONSTAN; RIEDL (2000) onde o processo de FC não vem sendo apresentado de forma transparente, fazendo que o usuário enxergue tais sistemas como caixas pretas, oráculos que não podem ser questionados apesar de proverem conselhos. Não sendo dada nenhuma garantia ao usuário, que este possa ou não, confiar nas recomendações a ele providas.

#### 2.2.6.7.6 *Cold-Start*

Por fim, um problema comum na FBC e na FC reside no fato de não existir sobre o usuário do SR nenhuma informação logo que este começa a utilizar o sistema. Este problema é referenciado como *Cold-Start* e é resolvido, por vezes, solicitando que o usuário expresse suas preferências logo no início do uso do sistema. No caso da FC, isto é feito solicitando que o usuário avalie alguns itens existentes em um sistema.

No artigo de SCHEIN et al. (2002), argumenta-se que o problema de *Cold Start* se refere quando um sistema de FC começa o seu funcionamento. Pode ser dividido em duas fases, que são o *Cold Start* de usuário, que ocorre quando temos poucos ou nenhum usuário cadastrado, dificultando ou impossibilitando a comparação de perfis, e o *Cold Start* de itens, quando possuímos poucos itens possíveis de serem recomendados no sistema.

Quando um item é inserido na base de dados, ele não pode ser recomendado até que um usuário o acesse ou atribua uma nota a esse, ou especifique itens similares a este.

#### 2.2.6.7.7 Sumarização dos problemas com os métodos de recomendação

Considerando os problemas apresentados nas seções prévias, a Tabela 2.3 apresenta, através de uma marcação **X**, quais os problemas são mais comuns a qual método de recomendação. Interpreta-se esta tabela conforme o seguinte exemplo: Coluna 3, linha 1 representa que o método baseado em conteúdo está sujeito a problemas de Análise de conteúdo limitada.

#### 2.2.6.8 Avaliação de Sistemas de Recomendação

Avaliar a qualidade de um SR não é uma tarefa trivial, embora crucial, quando considerada a quantidade de algoritmos que podem ser utilizados dentre os diversos domínios. Autores como SHANI; GUNAWARDANA (2009), MCNEE; RIEDL; KONSTAN (2006)

ou HERLOCKER et al. (2004) mencionam que a avaliação não deve ser apenas observada através da aplicação de métricas estatísticas, mas que são necessárias maneiras de mensurar o quão significativas foram as recomendações para os usuários que as receberam. As avaliações são divididas conforme três categorias segundo SHANI; GUNAWARDANA (2009), experimentos offline, estudos com usuários, e por fim uso real do sistema por usuários.

#### 2.2.6.8.1 Experimentos Offline

Os experimentos offline podem ser utilizados como uma primeira etapa para a avaliação sobre a aplicabilidade de um SR em algum domínio específico. Tem como premissa a utilização de conjuntos de dados pré-coletados onde os usuários escolheram ou avaliaram itens.

O conceito por trás deste método é possibilitar a simulação das ações de usuários sem a necessidade de intervenção direta com os mesmos. Por exemplo, em um base de dados de um software de recomendação de filmes, ocultam-se algumas avaliações. Uma vez isto feito, o SR identifica o perfil destes usuários e realiza uma predição ao objeto que foi ocultado. Após, é mensurado o quão próxima foi a predição do resultado real, quando mais próximo, melhor o recomendador.

Aspectos a se tomar cuidado com tais abordagens, são relacionados ao fato de que tais métodos são limitados a um espectro pequeno de questões a serem respondidas. Muitas vezes limitado ao poder de predição do algoritmo, não sendo possível, por exemplo, medir a influência de um recomendador sobre o comportamento de algum usuário.

Tais métodos de avaliação são populares pela sua simplicidade de uso, e também pela disponibilidade de conjuntos de dados que podem ser utilizados para este fim. Embora autores como ZAIER; GODIN; FAUCHER (2008) apontem a inexistência de comprovação de que as informações contidas nestas bases sejam dados reais de uso em algum sistema.

#### 2.2.6.8.2 Estudos com Usuários

Basicamente tal metodologia visam recrutar conjuntos de usuários com o objetivo de realizar tarefas específicas junto a algum SR. Tais métodos podem ser utilizados em conjunto à medidas quantitativas com o objetivo de mensurar a experiência dos usuários.

Estudos com usuários podem ser considerados como uma opção completa para a avaliação de um SR. O problema com tal abordagem é relacionado ao custo envolvido para sua realização, já que, devem ser coletados o maior número possível de informações sobre as interações dos usuários com o mínimo possível de intervenções. Outro aspecto é relacionado ao fato de que os grupos de usuários selecionados devem representar ao máximo o grupo de usuários ao qual o SR será utilizado.

#### 2.2.6.8.3 Uso real do Sistema

Avaliar os algoritmos e SR em situações reais de uso, pode ser considerada a alternativa mais eficiente para se compreender o quanto tais sistemas beneficiam aos seu usuários. Geralmente, algumas aplicações, direcionam percentuais de usuários para utilizar diferentes algoritmos ou variações, para então mensurar o desempenho dos mesmos.

## 2.3 Considerações do capítulo

Neste capítulo foi apresentada fundamentação base do trabalho realizado. Desta forma foram abordados:

- Projetos de Pesquisa Envolvidos

Foram apresentados o projeto OBAA, o projeto *Framework* de Comunidades de Prática e o projeto VideoAula@RNP.

Dentre os projetos de pesquisa relacionados no capítulo, a ênfase principal é no Projeto OBAA. Tal projeto provê suporte para o processo de engenharia de conhecimento apresentado no decorrer deste trabalho. O projeto *Framework* de Comunidades de Prática e VideoAula@RNP são projetos que possibilitam aplicar os métodos que serão apresentados no próximo capítulo, auxiliando a verificar e analisar a aplicabilidade do trabalho proposto.

Menciona-se que o projeto Federação EducaBrasil (FEB), que momento da escrita deste texto era considerado um serviço experimental oferecido pela RNP<sup>13</sup>, confedera repositórios de OAs objetivando o seu reuso através de um único ponto de busca (VICARI et al., 2010) e (NICOLAO et al., 2009). Sua base de funcionamento está na utilização do padrão OBAA. Embora exista proximidade com presente trabalho o mesmo não foi relatado pois considera que OAs são descritos pelo padrão OBAA, e que os demais padrões de metadados devem ser mapeados para o referido padrão. Este trabalho tem como base que um OA é descrito através da composição de padrões de metadados, e que esta composição deve estar descrita para que as máquinas possam as interpretar. Tal consideração é inspirada pelos conceitos da WS.

- Perfis de Usuário

Foi apresentada a importância da aquisição e manutenção dos perfis de usuários para sistemas de recomendação. O perfil dos usuários pode ser considerado como fundamental para o sucesso de tal sistema.

A grande dificuldade que se encontra com os Perfis de Usuário está na definição de algum vocabulário unificado que possibilite a interpretação das informações armazenadas sem expor a privacidade dos usuários. Além disto, prever tal vocabulário pode auxiliar no processo de compartilhamento de tais informações entre diferentes sistemas.

- Objetos de Aprendizagem

Foi apresentada a fundamentação teórica utilizada no presente trabalho a respeito de OAs.

OAs são flexíveis quanto a sua definição, prevem qualquer material que tenha como atividade fim o uso pedagógico. Padrões como LOM e Dublin-Core foram desenvolvidos como alternativas para a descrição das informações de tais conteúdos através de metadados interpretáveis por máquinas.

O Padrão LOM, bastante completo para a descrição de OAs, aparece em um período onde a popularidade da internet ainda crescia e aliado ao fato de ter uma

---

<sup>13</sup><http://www.rnp.br/>



estrutura complexa de ser implementada, especialmente em um domínio que ainda carecia em alternativas tecnológicas, o que levou a dificuldades de adoção.

Tais dificuldades acabaram popularizando padrões flexíveis, como o Dublin Core, que restrito a 15 metadados não hierarquizados possibilita a descrição de OAs. Além disto, tal padrão possui uma comunidade ativa e composta por iniciativas voltadas a utilização da internet como meio para o aprendizado.

Ambos os padrões não são antagônicos, inclusive possuem mapeamento direto de suas informações. A principal dificuldade que se percebe nas aplicações educacionais é o fato de que as mesmas não tem a filosofia conceitual de que conteúdos educacionais são compostos por diversas características que não são contempladas por apenas um padrão de metadados. Este fato, acaba restringindo a precisão de aplicações inteligentes que porventura pudessem ser utilizadas para aprimorar o processo de ensino e aprendizado.

- Contexto

Foi apresentada a definição de contexto, bem como, sua importância foi justificada através de pesquisadores da área.

O contexto de um usuário, tanto em um ambiente tradicional, como em um ambiente de ensino, assume papel crucial para que possibilite, a algum algoritmo, compreender a situação de algum usuário, e então, adotar alguma métrica de personalização.

Compreender as variáveis envolvidas nesta situação, de maneira a possibilitar uma representação por máquina, pode ser uma alternativa para o aprendizado onde um usuário pode assumir diferentes papéis como, professor ou aprendiz, e também fazer a utilização dos mais diversos dispositivos eletrônicos em situações comuns ao dia a dia.

- Ontologias

Foi apresentada a fundamentação de ontologias, bem como, uma visão rápida sobre os processos de engenharia de ontologias existentes e a opção pelo uso da metodologia 101 com a ferramenta *Protégé*.

Não é recente a utilização de ontologias em aplicações educacionais. O principal aspecto a ser considerado, é o fato de que as mesmas, muitas vezes, não são utilizadas da maneira mais apropriada e não exploram a reutilização, ou um processo de engenharia, que possibilitem seu reuso entre diferentes aplicações.

- Web Semântica

Foi apresentada a fundamentação teórica sobre a WS. Tais tecnologias, foram exploradas pelo seu potencial em atingir interoperabilidade entre sistemas.

O conceito da internet, como alternativa para armazenamento e recuperação de conteúdos interligados, não é inovador. A utilização das técnicas da WS, aproxima os conceitos teóricos propostos por Tim Berners LEE do arcabouço tecnológico necessário para este fim. A utilização de tais técnicas, junto a aplicações educacionais, ainda está em seus passos iniciais, sendo alguns trabalhos relevantes apresentados no próximo capítulo.

- Sistemas de Recomendação

Foi apresentada a revisão teórica e a taxonomia sobre as origens, métodos, e problemas comuns que fazem parte de tais sistemas.

Os SR são amplamente utilizados por aplicações voltadas ao entretenimento, envolvendo principalmente domínios do Cinema, Música, e Comércio Eletrônico. Em tais domínios, a utilização de algoritmos de FC ganham popularidade, e cumprem com elevada taxa de sucesso, com o seu propósito em trazer personalização a tais domínios.

No domínio educacional, as iniciativas para adoção de SR também estão presentes, mas pelo fato de que em tal domínio muitos dos artefatos tecnológicos, que possibilitem interligar aplicações, compartilhar informações de usuários, e também utilizar a massa de usuários, ainda são desafios que devem ser tratados, para que exista uma análise, mais eficiente, de sua aplicabilidade neste domínio.

No capítulo decorrente, serão apresentados os trabalhos relacionados que compõe o estado da arte da presente pesquisa.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

No capítulo 2 foram apresentados os conceitos que fundamentam o núcleo teórico do presente trabalho. O objetivo deste capítulo é delimitar o estado da arte que direciona a presente proposta de pesquisa.

Considerando isto, os trabalhos aqui descritos terão como ponto de interseção SR para ambientes educacionais. Tal interseção, segundo MANOUSELIS et al. (2010) e DRACHSLER; HUMMEL; KOPER (2009) pode ser também caracterizada como parte da área de Aprendizado Apoiado por Tecnologia<sup>1</sup>.

A próxima seção apresenta pesquisas que relacionam o SR com as áreas de Metadados, Ontologias, WS, Contexto e Perfis de Usuário. Também serão apresentados aspectos teóricos correlacionados como, por exemplo: Modelagem de contexto, modelagem e aquisição de perfis de usuários, resultados recentes de algoritmos de recomendação para domínios educacionais específicos, entre outros.

Por fim, é apresentada uma análise crítica unificando os trabalhos e propondo aspectos que não estão presentes no estado da arte e que na visão dos autores deveriam ser considerados em SR educacionais.

Conforme o capítulo 1, serão apresentadas as atividades e produtos referentes a **Etapa A Teórica, Atividade 2 - Estado da Arte** e **Atividade 3 - Análise Crítica**. Fazem parte deste capítulo apresentar também os Requisitos para Recomendação Educacional, complementando então o Objetivo Específico E1.

#### 3.1 Estado da Arte

O detalhamento de cada trabalho parte do resumo de sua pesquisa seguido por semelhanças relevantes e Críticas Relevantes mas presentes no trabalho desenvolvido nesta tese como base teórica. Também são apresentados para alguns trabalhos a Análise quando este contribui com recente arcabouço tecnológico.

**RECKER** (*RECKER, 2001*)

##### *Resumo*

O autor apresenta um dos primeiros trabalhos sobre a recomendação de conteúdos educacionais. São abordados aspectos referentes a utilização de repositórios de conteúdos educacionais que sejam descritos com a utilização de metadados educacionais.

O trabalho apresenta a ideia de se documentar, através de Ontologias, os metadados de maneira que estes possam ser utilizados por aplicações baseadas em IA. Mas para a sua proposta argumenta que apenas a utilização destes metadados não é suficiente, e propõem um pequeno conjunto de metadados que são utilizados como extensão de algum padrão

---

<sup>1</sup>do inglês *Technology-enhanced Learning*

pré-existente e são direcionados a avaliação do conteúdo educacional. Tais avaliações são utilizadas por um algoritmo de FC que sugere os conteúdos de forma cruzada.

#### ***Semelhanças Relevantes***

A utilização dos conceitos de Ontologias e metadados como apoio ao processo de recomendação e reuso de informações.

#### ***Críticas Relevantes***

Não se apresentados aspectos relacionados a como armazenar as avaliações ou artifícios para relacioná-las aos usuários.

O domínio de aplicação é específico e restrito.

Não apresentam aspectos relacionados ao armazenamento do perfil do usuários de forma continuada. Ou seja, visando inferir uma evolução do usuário.

**RECKER; WALKER** (*RECKER; WALKER, 2003*)

#### ***Resumo***

Os autores desenvolveram suas pesquisas no período em que as ferramentas de busca estavam em declínio. Ferramentas como GOOGLE ainda não haviam ganho a popularidade que apresenta na época do desenvolvimento deste trabalho. É mencionado que a motivação para o desenvolvimento de sua pesquisa está no uso da FC como forma de buscar a similaridade entre os usuários, não confiando apenas nos resultados das ferramentas de busca, que em sua época, tratavam apenas de aspectos relacionados a Filtragem de Informações.

O objetivo da ferramenta por eles proposta é de realizar sugestões de conteúdos educacionais presentes na *web* através da avaliação de alunos em um domínio restrito. É também explorada a possibilidade de realizar sugestões de pessoas com interesses semelhantes para uma possível troca de experiências.

#### ***Semelhanças Relevantes***

Consideram que a internet é uma grande fonte de informação, e os conteúdos educacionais descritos por metadados são apenas uma pequena parcela frente o potencial que pode ser explorado.

#### ***Críticas Relevantes***

Apesar de proporem a internet como grande repositório de informações, lidam com uma aplicação que trabalha em um domínio fechado. Desta forma não lidam com aspectos relacionados ao reuso de informações por parte de outros sistemas.

Os autores não deixam claro a se utilizam metadados, e, se sim, como fazem a sua utilização.

**WALKER; RECKER; LAWLESS; WILEY** (*WALKER et al., 2004*)

#### ***Resumo***

Os autores propõem uma Ontologia com o objetivo de descrever uma metodologia de avaliação a ser utilizada pelos usuários de um sistema de recomendação. Desta forma, garantem um vocabulário único descrevendo a alternativa para avaliar um recurso que foi recomendado. A relevância para o presente trabalho é relacionada ao fato do seu algoritmo de recomendação ser baseado em FC.

Os benefícios do sistema de recomendação proposto está em estimular a comunicação direta entre os usuários através da sugestão de pessoas com interesses semelhantes, assim como, estimular uma análise crítica sobre os conteúdos de páginas da *web* que sejam utilizadas como conteúdos educacionais.

#### ***Semelhanças Relevantes***

A utilização de Ontologias.

#### ***Críticas Relevantes***

O presente trabalho é uma evolução dos dois trabalhos previamente mencionados nesta seção e deste mesmo autor. Alguns aspectos relacionados ao aprimoramento do processo de avaliação, através da descrição de uma metodologia, os auxilia a aprimorar os resultados de seu algoritmo de FC. Mas as Críticas Relevantes principais seguem as mesmas já mencionadas.

**AGARWAL; HAQUE; LIU; PARSONS** (*AGARWAL et al., 2005*)

**Resumo**

O trabalho de AGARWAL et al. (2005) apresenta um SR baseado em consultas a artigos científicos realizadas previamente por seus usuários. O objetivo é utilizar pesquisas que foram realizadas com sucesso, ou seja, onde os usuários encontraram aquilo que procuravam para então utilizar este conhecimento junto ao processo de recomendação.

Para apoiar o processo que mensura a similaridade entre usuários para a FC, foi proposto o uso da técnica de clusterização por sub-espacos como alternativa para tratar o problema de *sparsity* e a alta dimensionalidade entre os perfis de usuários. Como resultado, obtiveram resultados melhores que a técnica de FC tradicional, que faz o uso do algoritmo de vizinhos mais próximos como medida de similaridade.

**Análise Crítica**

Os autores propuseram aprimorar a capacidade de detecção de usuários semelhantes para o processo de FC. Concentraram-se apenas em um domínio fechado, não propuseram alguma alternativa para possibilitar a reutilização desta informação, ou até mesmo, a utilização de outras fontes de informação. O trabalho serve como referência no sentido de apresentar que ambientes que lidam com conteúdos voltados ao ensino necessitam de cuidados diferenciados.

**ADOMAVICIUS; SANKARANARAYANAN; SEN; TUZHILIN** (*ADOMAVICIUS et al., 2005*)

**Resumo**

Os autores deste trabalho propõe uma abordagem chamada de multidimensional. Esta é baseada nos modelos de dados utilizados em *Data Warehousing* e *On-Line Analytical Processing - OLAP*. Os benefícios desta abordagem são referentes a considerar, no momento da avaliação de um produto, o seu contexto. Desta maneira, poderia ser considerado, se a avaliação sobre um livro é para leitura pessoal ou com objetivo de sugerir a outra pessoa.

**Análise**

O presente trabalho apresenta uma visão ampla sobre os aspectos que compõem o contexto. Desta forma serve como base para justificar o presente trabalho.

**SCHMIDT** (*SCHMIDT, 2006*)

**Resumo**

O trabalho dos autores apresenta de forma concisa e detalhada, o apanhado teórico sobre o modelo que classifique contextos de usuários. Seu trabalho é voltado para o auxiliar o processo de aprendizado em ambientes empresarias. Para isto, foi realizada a recuperação do contexto atual de um usuário, características relacionadas ao contexto atual, usuários que compartilhem de um mesmo contexto ou a realização de ações específicas conforme algum contexto específico. Os experimentos realizados visam explorar a capacidade de detecção de contexto e classificação frente o modelo proposto.

**Semelhanças Relevantes**

A utilização de tecnologias da WS, como por exemplo, Ontologias descritas com a linguagem OWL.

**Críticas Relevantes**

Embora tenham utilizado Ontologias em OWL, não fizeram a utilização do raciocínio da lógica descritiva, ou qualquer outra forma de raciocínio ontológico.

**GASCUENA; FERNANDEZ-CABALLERO; GONZALEZ** (GASCUENA; FERNANDEZ-CABALLERO; GONZALEZ, 2006)

#### **Resumo**

Os autores propõe uma Ontologia de domínio para associar recursos educacionais a usuários de acordo com o estilo de aprendizado e o dispositivo de hardware e software dos mesmos, com o objetivo de recuperar ao usuário conteúdos educacionais descritos com o padrão LOM compatíveis com uma plataforma de hardware.

#### **Semelhanças Relevantes**

A visão de que Ontologias são uma forma promissora para se superar problemas comuns a aplicações educacionais.

#### **Críticas Relevantes**

Não visam a utilização de raciocínio das informações com apoio das Ontologias. Apresentam a descrição de alguns metadados do LOM apenas, e não o padrão completo, bem como, não deixam claro como estender esta Ontologia inicial.

**RACK; ARBANOWSKI; STEGLICH** (RACK; ARBANOWSKI; STEGLICH, 2007)

#### **Resumo**

Os autores apresentam o *framework* de um sistema de recomendação genérico chamado Amaya. Seu objetivo é de associar os itens utilizados pelos usuários e as avaliações dadas a estes itens ao contexto (horário de acesso, localização, entre outros.) no qual os itens foram acessados ou avaliados. O conhecimento dos itens a serem recomendados é armazenado com auxílio de Ontologias, que os categorizam de acordo com áreas específicas.

Durante os experimentos preliminares, obtiveram sucesso ao identificar e realizar recomendações de acordo com o contexto “estar em casa” e “estar no trabalho”.

#### **Semelhanças Relevantes**

A ideia de criar um *framework* comum para o processo de recomendação, é similar a proposta deste trabalho. A diferença é que está sendo proposta uma visão orientada a serviços, diferente do proposto pelos autores.

#### **Críticas Relevantes**

Não aplicam raciocínio sobre as Ontologias desenvolvidas, desta maneira, inferências relacionadas a alguma ação específica de contexto não são identificadas. Por exemplo, se o usuário estiver utilizando o sistema para a leitura de conteúdos educacionais, este usuário precisa explicitar se está ou não utilizando o sistema para o processo de aprendizado.

**DRACHSLER; HUMMEL** (DRACHSLER; HUMMEL, 2007)

#### **Resumo**

Os autores argumentam sobre as diferenças que SR educacionais devem ter em relação a maneira como são inferidas e utilizadas as informações de cada perfil de usuário. Mencionam que o contexto do aprendiz e as condições do domínio ao qual este está inserido, são fatores que influenciam diretamente em um SR educacional.

Abordam algumas características a serem consideradas dos usuários quando estes estão imersos em domínios educacionais. Por exemplo: Objetivos do aprendizado, conhecimento prévio no assunto, características cognitivas, se as atividades são desenvolvidas em grupos de alunos, avaliações prévias, caminhos de aprendizado, e estratégias de aprendizado.

#### **Semelhanças Relevantes**

Deduzem que uma abordagem híbrida seria uma ótima opção. Esta dedução é atingida através de análise bibliográfica frente aos requisitos elencados como importantes.

#### ***Críticas Relevantes***

Apesar de apresentarem uma pesquisa crítica sobre as necessidades que devem ser consideradas em SR, não fazem nenhuma proposta de *framework* para lidar com estes aspectos na prática.

**DICHEVA** (*DICHEVA, 2008*)

#### ***Resumo***

O trabalho dos autores apresenta um estudo comparando diversos trabalhos que fizeram o uso de Ontologias e WS, para o apoio a aplicações educacionais. São apresentados que tais sistemas podem ser classificados em três gerações. A primeira é caracterizada pelos sistemas gerenciadores de ensino, por exemplo Moodle. A segunda é caracterizada pela utilização de técnicas de IA para auxílio ao processo de aprendizado, como por exemplo os Tutores Inteligentes e a terceira é caracterizada pela utilização de Ontologias e a WS, como por exemplo, o trabalho proposto nesta tese, onde pretende-se trabalhar com sistemas de maneira descentralizada.

#### ***Semelhanças Relevantes***

Os autores relatam a importância da utilização de Ontologias e WS para as aplicações educacionais do “futuro”.

Ressaltam a importância da reutilização de Ontologias para aplicações educacionais.

#### ***Críticas Relevantes***

Não apresentam uma metodologia para a engenharia de Ontologias para a educação que contemple objetos de aprendizagem, usuários e seus relacionamentos prevendo a possibilidade de inferência lógica.

**DRACHSLER; HUMMEL; BERG; ESHUIS; WATERNINK; NADOLSKI; BERLANGA; BOERS; KOPER** (*DRACHSLER et al., 2008*)

#### ***Resumo***

Os autores exploram a utilização de SR para o apoio a redes de aprendizado. Uma rede de aprendizado contém recursos educacionais para alguma tarefa de aprendizado. Tais redes são elaboradas individualmente durante o processo de aprendizado. O sistema de recomendação proposto (ISIS) é um híbrido composto de recomendações apoiadas em Ontologias e uma técnica de filtragem baseada em estereótipos, apoiadas por uma estratégia de recomendação, que infere qual dos métodos utilizar de acordo com o contexto que o usuário se encontra.

Realizaram testes com o Moodle, comparando a tarefa de aprendizado seguindo linhas tradicionais, com uma ordem de leituras pré definidas, com o método de recomendação que sugeria conteúdos conforme a análise das atividades dos usuários. A avaliação era feita através de exercícios relacionados aos conteúdos de uma tarefa. Os resultados das análises apontaram uma melhora pouco significativa quanto utilizando o Sistema de Recomendação.

#### ***Semelhanças Relevantes***

A iniciativa dos autores em integrar sua proposta de recomendação a uma plataforma já solidificada e popular como o Moodle. Outra semelhança é relacionada a proposta de utilização de Ontologias.

#### ***Críticas Relevantes***

A proposta dos autores restringe sua aplicação a um domínio específico. Não são mencionados aspectos que contemplem a reutilização de informações, incluindo de seus usuários. Propõe esta extensão apenas para o Moodle, não visando contemplar outros

sistemas educacionais. Não apresentam detalhes que viabilizem o reuso de Ontologias.

**OGATA; HUI** (*OGATA; HUI, 2008*)

**Resumo**

Os autores apresentam um estudo detalhado contemplando a modelagem, e estudos de caso, com aplicações educacionais desenvolvidas para dispositivos móveis. Dentre tais estudos são apresentados aspectos relacionados as práticas de modelagem de tal tipo de sistema, envolvendo aspectos como por exemplo: A acessibilidade e disponibilidade dos conteúdos educacionais, a possibilidade de interação com outros estudantes, tutores ou professores, a simplicidade para que o aprendizado seja prazeroso, entre outras.

**Semelhanças Relevantes**

A visão de que o aprendizado em sala de aula deve ser complementado pela tecnologia móvel, apresentando esta visão de aprender em qualquer lugar a qualquer momento.

**Críticas Relevantes** Muitas das questões ali apresentadas sobre as limitações de dispositivos móveis, atualmente podem ser consideradas como resolvidas ou próximas a isto, em um contexto de países mais avançados tecnologicamente. Por exemplo, dispositivos com telas pequenas, tempo de duração da bateria reduzido, dificuldades de inclusão de texto, conectividade com a internet, uma plataforma comum a dispositivos móveis, e conexão com outros dispositivos.

**BOBADILLA; SERRADILLA; HERNANDO** (*BOBADILLA; SERRADILLA; HERNANDO, 2009*)

**Resumo**

Os autores propõe distinguir usuários para o processo de FC. São propostas duas classes de alunos: Aqueles com melhor desempenho acadêmico e os com desempenho acadêmico inferior. Com esta distinção eles propõe que a predição das notas no algoritmo tende a apresentar número de erros reduzidos.

**Semelhanças Relevantes**

O princípio de utilizar algoritmos já populares para os primeiros experimentos.

**Críticas Relevantes**

Os testes por eles realizados são sobre uma base de dados de Filmes, sem contar que não compararam diretamente com o método tradicional de FC.

Visam um domínio específico e não apresentam resultados satisfatórios em direção ao auxílio no processo educacional.

**DRACHSLER; HUMMEL; KOPER** (*DRACHSLER; HUMMEL; KOPER, 2009*)

**Resumo**

Os autores abordam questões relacionadas aos motivos de considerar SR para o domínio educacional de maneira diferente a como são tratados em outros domínios. Apresentam o conceito de aprendizado formal, onde o mesmo se formaliza na sala de aula e o informal que ocorre que ocorre de maneira espontânea.

Assumem que uma pessoa pode assumir diversos papéis no contexto educacional durante o processo de aprendizado. Junto a isto, apresentam o comparativo entre SR para educação e comércio eletrônico, bem como, um conjunto de aspectos que devem estar presentes nos perfis dos usuários para o domínio educacional.

Os autores também apresentam um conjunto de metodologias de avaliação a serem empregadas junto a SR educacionais.

**Semelhanças Relevantes**

Fazem referencias a redes de aprendizado e a aproximação de seus conceitos com a Web 2.0.



Lidam com contexto de usuários e sua diferenciação quanto ao processo de recomendação.

#### ***Críticas Relevantes***

Falam da Web 2.0. Mas esquecem de mencionar a WS e os repositório de conteúdos educacionais como forma de reuso e interoperabilidade.

**SICILIA; GARCÍA-BARRIOCANAL; SÁNCHEZ-ALONSO; CECHINEL** (*SICILIA et al., 2010*)

#### ***Resumo***

Os autores exploram a utilização de FC Baseada em usuários junto ao repositório de conteúdos educacionais MERLOT. Apresentam em seus estudos, que tal repositório não é uniforme quanto as avaliações realizadas. Com isto, mencionam que existe a tendência das avaliações para os conteúdos serem consideradas positivas.

Mencionam também, que OAs que possuem uma avaliação pré-definida que reforce a sua qualidade, são considerados mais frequentemente como possíveis recomendações. Infere-se que existe a tendência a avaliar positivamente os conteúdos que foram previamente avaliados desta maneira.

Utilizaram um algoritmo de FC tradicional User-User, fazendo a utilização de distância euclidiana e coeficiente de pearson. Os resultados de predição foram avaliados como ruins, desta maneira, os resultados indicaram que a utilização deste determinado tipo de algoritmo, pode não ser adequada para o repositório.

#### ***Semelhanças Relevantes***

Buscaram a reutilização de um repositório de conteúdos educacionais e aplicaram um algoritmo de recomendação popular para os testes iniciais.

#### ***Críticas Relevantes***

Além dos aspectos relacionados ao reuso de informações, o algoritmo não considera os contextos possíveis que podem influenciar uma recomendação.

#### **ADORNI; BATTIGELLI** (*ADORNI; BATTIGELLI, 2010*) ***Resumo***

Os autores apresentam dois trabalhos apoiados pela utilização de Ontologias e tecnologias da WS, para atividades de design instrucional, ou seja, a engenharia pedagógica e a personalização do processo de aprendizagem. Junto a isto, apresentam o conceito de aprendizado em qualquer lugar, por qualquer pessoa e a qualquer momento sendo a WS utilizada como base para isto.

#### ***Semelhanças Relevantes***

Partem da utilização de Ontologias e técnicas da WS como alternativas para facilitar o processo de aprendizado.

Propõe o uso da WS para inferências que auxiliem no processo educacional.

#### ***Críticas Relevantes***

As alternativas propostas neste artigo, embora estejam de acordo com o princípio da WS, não apresentam uma solução para gerar interoperabilidade entre sistemas educacionais, mas sim para fazer uso de informações presentes na WS.

#### **SANTOS; BOTICARIO** (*SANTOS; BOTICARIO, 2010*)

#### ***Resumo***

Os autores ressaltam que as recomendações em ambientes de aprendizado devem ser diferentes daquelas para domínios de entretenimento. Devem considerar mais que as preferencias dos usuários. Propõe um modelo de recomendação semântica para o aprendizado apoiado em tecnologia, focando na recomendação com o objetivo de apoiar professores na processo de elaboração de suas disciplinas conforme contextos educacionais específicos.

Mencionam que podem ser utilizadas duas abordagens para o desenvolvimento de SR para a educação: Uma de cima para baixo, onde os conteúdos são geridos pelos educadores; Outra de baixo para cima onde os alunos através de suas interações constroem seu conhecimento de forma privativa. Consideram que o processo de recomendação é dependente de domínio.

#### ***Semelhanças Relevantes***

Além de possuírem uma visão similar quanto ao como se deve recomendar para ambientes educacionais, apresentam uma arquitetura orientada a serviços, permitindo acesso por webservices.

#### ***Críticas Relevantes***

Embora tenham uma proposta voltada a WS, não apresentam detalhes de como funcionaria na prática, nem quais as tecnologias que usam como base para a sua pesquisa.

Não exemplificam sua base de conhecimento e não preveem a integração com repositórios educacionais já existentes ou outros sistemas educacionais.

**PRAKASH; KUTTI; SAJEEV** (*PRAKASH; KUTTI; SAJEEV, 2010*)

#### ***Resumo***

Os autores apresentam o conjunto de desafios encontrados por sistemas de gerência de conteúdos educacionais, relacionados a extração de informação de repositórios com este fim. Mencionam das dificuldades de personalização na entrega de conteúdos aos usuários, e que SR podem auxiliar isto. Fazem um apanhado sobre os padrões de metadados, e que, o uso destas informações pode auxiliar na personalização dos conteúdos. Apresentam também um conjunto de iniciativas para recuperação de conteúdos educacionais além do uso de SR.

#### ***Semelhanças Relevantes***

Ressaltam a importância do uso de metadados para personalização e compreensão dos conteúdos. Apontam que a utilização de SR pode ser uma alternativa para usuários de repositórios de conteúdos educacionais.

#### ***Críticas Relevantes***

O presente trabalho não contempla diversos dos fatores que são propostos nesta tese. Considerando que apresenta um estudo atualizado sobre as necessidades de repositórios de conteúdos educacionais coube menção.

**KLAŠNJA-MILIĆEVIĆ; VESIN; IVANOVIC; BUDIMAC** (*KLAŠNJA-MILIĆEVIĆ et al., 2011*)

#### ***Resumo***

Os autores apresentam o modulo de recomendação de um tutor para linguagem de programação. Partem do pressuposto de realizar a recomendação de acordo com a identificação dos estilos de aprendizagem dos alunos. De maneira a atingir este objetivo, são propostos testes com os alunos, sendo os resultados minerados a partir de registros de atividade, com o intuito de classificar o aluno conforme o estilo de aprendizagem.

O conhecimento sobre usuários, domínio, tarefas, e estilos de aprendizagem é modelado com Ontologias. Para o processo de recomendação, eles buscam identificar o padrão de acesso dos usuários, e através destas sequências de acesso e do estilo de aprendizagem, buscam a similaridade entre os usuários para dar apoio ao processo de recomendação baseado em FC.

Para os experimentos utilizaram uma turma de alunos, onde alguns fizeram uso do SR e outros não. Como resultados, descobriram que os alunos que receberam as recomendações em geral demoraram menos tempo para completar as tarefas e as realizaram em maior quantidade. Foi utilizado como base para a pesquisa a hipótese de que a utili-

zação da identificação de estilos de aprendizagem para SR iria melhorar a qualidade do aprendizado dos alunos, alcançando o objetivo de aprimorar o processo de aprendizado.

***Semelhanças Relevantes***

A utilização de Ontologias para a descrição de conhecimento e a proposta de utilizar aspectos pedagógicos intrínsecos aos alunos como alternativa para aprimorar o processo de recomendação.

***Críticas Relevantes***

Os autores tem sua pesquisa direcionada para domínios específicos. Não visam reuso e compartilhamento de informações.

**SANTOS; BOTICARIO** (*SANTOS; BOTICARIO, 2011*) **Resumo** O trabalho dos autores apresenta três requisitos para SR semânticos, em cenários formais de aprendizado. Um modelo de recomendação, uma arquitetura orientada a serviços baseada em padrões abertos e uma interface que seja amigável ao usuário para prover as recomendações.

***Semelhanças Relevantes***

A premissa que os SR, tem tradicionalmente seu foco centrado em aplicações de comércio eletrônico e que para ambientes educacionais isto deve ser modificado.

Reforçam a necessidade de uma solução mais ampla e genérica para utilização em larga escala da personalização na educação.

O ponto de vista que as atuais tecnologias existentes para a educação, não devem ser descontinuadas de imediato, mas que estas, devam possuir meios para migrar a ambientes ubíquos e semânticos.

***Críticas Relevantes***

Não exploram a utilização das tecnologias da WS, apresentam os conceitos em um nível mais amplo e, em seu ponto de vista, mencionam que as tecnologias para atingir tal proposta de ambientes educacionais com semântica e interoperabilidade ainda não estão disponíveis.

## 3.2 Sumário dos Trabalhos

O sumário dos trabalhos relacionados, aqui apresentados, pode ser observado na Tabela 3.1. Onde a coluna **Artigo** representa a referência analisada, a coluna **Algoritmo** apresenta em seu conteúdo o tipo de algoritmo de recomendação utilizado ou “-” quando nenhum algoritmo específico foi utilizado. As demais colunas apresentam “⊙” quando o trabalho analisado dá ênfase a tal área.

Artigo	Metadados	Ontologias	Interoperabilidade	Algoritmo	Contexto	Usuário
RECKER (2001)	⊙	⊙		FC		
RECKER; WALKER (2003)			⊙	FC		
WALKER et al. (2004)		⊙		FC		
AGARWAL et al. (2005)				FC		⊙
ADOMAVICIUS et al. (2005)				BC	⊙	
SCHMIDT (2006)				-	⊙	⊙
GASCUENA; FERNANDEZ-CABALLERO; GONZALEZ (2006)		⊙	⊙	-		
RACK; ARBANOWSKI; STEGLICH (2007)				FC	⊙	
DRACHSLER; HUMMEL (2007)				H	⊙	
DICHEVA (2008)		⊙	⊙	-		
DRACHSLER et al. (2008)		⊙		H		
OGATA; HUI (2008)			⊙	-	⊙	⊙
BOBADILLA; SERRADILLA; HERNANDO (2009)				FC		
DRACHSLER; HUMMEL; KOPER (2009)			⊙	-	⊙	⊙
SICILIA et al. (2010)			⊙	FC		
ADORNI; BATTIGELLI (2010)		⊙	⊙	-		
SANTOS; BOTICARIO (2010)			⊙	Baseado em Regras	⊙	
PRAKASH; KUTTI; SAJEEV (2010)			⊙	-		
KLAŠNJA-MILICEVIĆ et al. (2011)	⊙			H	⊙	
SANTOS; BOTICARIO (2011)			⊙	-		

Tabela 3.1: Sumário dos Trabalhos Relacionados

### 3.3 Considerações e Análise

Neste capítulo foram apresentados estudos relacionados às áreas consideradas pelos autores deste trabalho, como diretamente relacionadas a SR para a educação. Dentre os trabalhos apresentados, distinguiram-se como fundamentais as pesquisas em: Contexto; Interoperabilidade; e Ontologias para o domínio educacional.

Foram mencionados problemas comuns a SR como por exemplo: sparsidade e partida a frio, bem como, as alternativas utilizadas para lidar com tais questões. Ressalta-se que grande parte das pesquisas em SR tangem áreas de entretenimento, sendo reduzido o número de pesquisas para a área educacional.

Tal característica limita a quantidade e a qualidade das bases de conteúdos educacionais disponíveis para testes. Tal fato dificulta a realização de estudos de casos com algoritmos de recomendação que porventura fossem desenvolvidos. As bases de dados com conteúdos relacionados a educação ainda são incipientes e acabam não considerando aspectos relacionados a cognição dos alunos ou contexto de ensino.

Iniciativas como o trabalho de JACK et al. (2010) disponibiliza uma base de dados onde os usuários são associados a conteúdos educacionais através de um conjunto de estrelas que mensuram sua avaliação a este item. Mas não consideram, por exemplo, o contexto desta avaliação, questão esta levantada por HERLOCKER; KONSTAN (2001) nos primórdios dos SR, ou seja, o motivo que levou o usuário a prover  $x$  estrelas a determinado documento. ADOMAVICIUS et al. (2005) apresentam em seu trabalho que os fatores relacionados ao contexto são importantes, mas que além disto, determinar quais aspectos são mais relevantes para a análise é igualmente fundamental.

O trabalho de VUORIKARI (2010), apresenta bases de dados com informações relacionadas ao idioma e localização geográfica dos usuários. Tal base de dados pode auxiliar a distinguir características que aproximem ou distanciem grupos de usuários de países distintos. Mas a razão pela qual ocorrem estas semelhanças e disparidades permanece uma incógnita para os usuários que venham a utilizar tal base de dados.

Desta forma, estudos que estimem o desempenho de algoritmos de recomendação para sistemas educacionais ainda se encontram nos passos iniciais. Iniciativas como o *dataTEL Challenge*<sup>2</sup> são estímulos recentes a divulgação de repositórios com conteúdos educacionais. (DATASET-DRIVEN RESEARCH FOR IMPROVING RECOMMENDER SYSTEMS FOR LEARNING, 2011).

Outro aspecto que vale a menção, é relacionado a inexistência de algum método para descrever e reutilizar Ontologias educacionais. Desta forma, este trabalho também propõe tal método para a descrição de OAs, usuários e seus relacionamentos com ênfase no domínio educacional.

O capítulo decorrente apresenta, baseado nas discussões até então realizadas, a proposta do método para descrição e posterior recomendação de conteúdos educacionais.

---

<sup>2</sup><http://adenu.ia.uned.es/workshops/recsystel2010/datatel.htm>

## 4 MÉTODO DE REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO PARA SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO

Neste capítulo será apresentada a proposta de um método que visa auxiliar os engenheiros de SR a considerar os diversos aspectos pedagógicos presentes no domínio educacional. Para isto está sendo proposto um conjunto de práticas que visam delimitar modelos de usuários, objetos de aprendizagem e representações de conhecimento, que possibilitem a utilização de informações descritas em OAs e perfis de usuários, as quais, até então não consideradas pelos SR educacionais.

São contemplados também aspectos relacionados ao método proposto, onde será apresentada a integração entre as áreas de pesquisa envolvidas, bem como, a proposta que delimita o fluxo das informações e os aspectos que possibilitem re-utilização de algoritmos de recomendação.

Conforme o capítulo 1, serão apresentadas as atividades e produtos referentes a **Etapa B Proposta de Solução**. Além disto, esta capítulo refere-se ao objetivo específico E2, incorporando como produtos o Método, Modelo de Usuário, Modelo de Conteúdo Educacional e Modelo para raciocínio.

### 4.1 Contextualizando o Método

Devido aos aspectos multidisciplinares desta proposta, a Figura 4.1 ilustra como as áreas de conhecimento abordadas nos capítulos anteriores se incorporam ao método proposto.

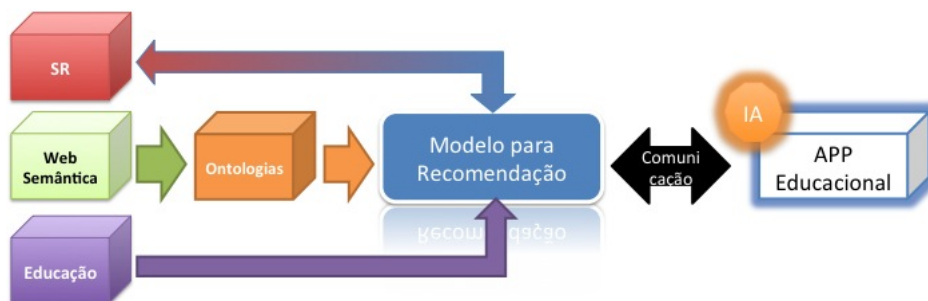


Figura 4.1: Visão Multidisciplinar da Proposta

Na Figura 4.1 são apresentadas as quatro principais áreas de pesquisa envolvidas:

- SR, que considera a área de Sistemas de Recomendação, incluindo seus algoritmos e fundamentação teórica;

- Web Semântica, que dentre vários aspectos, lida com interoperabilidade e troca de informações;
- Ontologias, que representam o método de representação e engenharia de conhecimento, bem como o raciocínio sobre o mesmo;
- Educação, que considera o domínio de aplicação do presente trabalho, e também, provê o conhecimento pedagógico para auxiliar no processo de recomendação.

Almeja-se com este método, que aplicações educacionais possam realizar buscas dentre repositórios de conteúdos por OAs de características específicas.

De maneira a permitir tais funcionalidades, o presente método possui como pilares a descrição de componentes relacionados a comunicação, objetos de aprendizagem, perfis de usuário e seus históricos de utilização e raciocínio sobre informações.

Antes de serem apresentados detalhes sobre os componentes, será descrito o fluxo de funcionamento de um SR que se beneficie de tal proposta, considerando o formalismo e taxonomia dos SR apresentada por ADOMAVICIUS et al. (2005). A escolha de tal taxonomia está relacionada ao fato de ser considerada clássica na área de SR. A figura 4.2 apresenta o referido proposto.

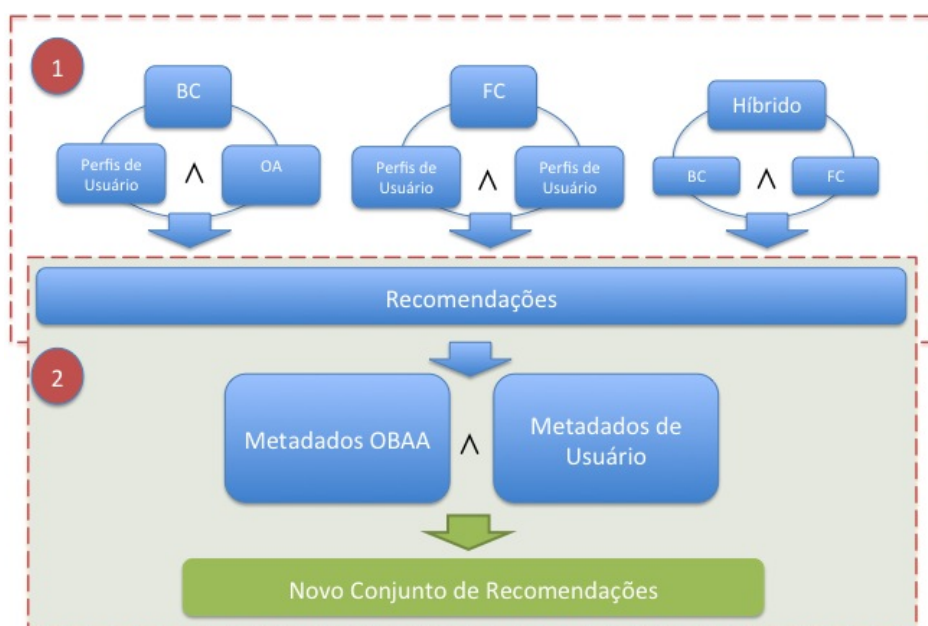


Figura 4.2: Método para a Recomendação de Conteúdos Educacionais

Tendo como referencia a Figura 4.2, a marcação de número **1**, ilustra os três possíveis métodos de recomendação: Baseado em Conteúdo (BC), Filtragem Colaborativa (FC) e Híbrido. Cada qual possui associado os requisitos mínimos para o seu funcionamento. O presente método propõe o pós-processamento das recomendações realizadas por algum destes algoritmos. Tal premissa é baseada no fato de se prever a reutilização de algoritmos que são bem sucedidos em domínios de entretenimento, mas que ainda necessitam ter seu uso mensurado no domínio educacional.

O pós-processamento é ilustrado pelo estágio indicado pelo número **2**. Para que possa ser realizado, o conjunto de recomendações  $o' \in O$  é necessário para qualquer usuário  $u$ , ao menos dois conjuntos de metadados e um conjunto de axiomas.

O primeiro conjunto de metadados se relaciona ao usuário  $u$ , formando  $i'_u$ . O segundo conjunto de metadados se relaciona ao objeto  $o'$ , formando  $i'_o$ . O Terceiro conjunto é relacionado ao conjunto de axiomas que contemplam algum perfil de aplicação  $p$ . Aplicando os axiomas descritos em  $p$  sobre  $i'_u$  e  $i'_o$  permite gerar o conjunto final de recomendações.

Considerando a Lógica Descritiva, base para a construção de ontologias em OWL, os perfis de aplicação formam o *TBox* e os usuários e objetos de aprendizagem o *ABox*. Perfis de aplicação representam conjuntos de regras específicas para algum domínio. Por exemplo: O Conhecimento que tange a construção de OAs para a dispositivos móveis.

Este método tem seu foco em possibilitar a reutilização das tecnologias, métricas e conhecimentos já existentes no domínio educacional e permitir que este possa fazer uso de recursos que possibilitem integração, interoperabilidade de plataformas, análise semântica de conteúdos e possibilidades de personalização do processo de ensino/aprendizado. Pretende-se com isto levar os sistemas educacionais a um paradigma onde a educação possa ser independente de plataforma e geo-localização, próximo a idéia de *educação nas nuvens*.

Para isto, as próximas seções apresentam em maiores detalhes os conjuntos de práticas que devem ser adotadas.

## 4.2 Algoritmos de Recomendação

A proposta não se restringe a utilização de algoritmos de recomendação específicos. É fato que cada algoritmo tem características específicas, muitas delas relacionadas a funções de utilidade e limiares. Propõem-se que após aplicadas heurísticas de recomendação sobre OA's e os perfis de usuários de tais sistemas, os resultados sejam processados através de seus metadados para possibilitar a incorporação de filtros com características específicas.

Determinar o algoritmo de recomendação a ser utilizado é uma atividade associada as características e aos problemas comuns enfrentados por tais sistemas, como por exemplo, partida a frio e esparsidade de informações. Uma vez determinado qual o algoritmo mais apropriado para o domínio, este deve ser adaptado a práticas que possibilitem sua adaptação ao modelo proposto neste trabalho.

## 4.3 Fluxo de Informações

A troca de mensagens entre os componentes deve seguir padrões específicos de maneira a dar funcionalidade ao método. Considerando isto, a utilização de padrões e técnicas propostas na WS se tornam aspectos fundamentais a serem explorados pela sua popularidade e facilidade de uso.

De maneira abstrata, cada componente pode ser considerado um Agente Autônomo<sup>1</sup>. Esta abstração também é contemplada pelas técnicas da WS, por exemplo, o padrão FOAF possibilita descrever qualquer recurso como um agente.

Considera-se que este conceito é tangente ao trabalho e não será explicitamente utilizado. A opção por esta abordagem se deu devido ao fato de que as tecnologias que possibilitam que a *WEB* atue como uma espécie de “sistema multi-agente” fazem uso de seus conceitos, mas não utilizam do arcabouço tecnológico atualmente disponível para este fim.

---

<sup>1</sup>agentes possuem conjuntos de capacidades comportamentais que definem sua competência, objetivos, e a autonomia necessária para utilizar tais capacidades e alcançar seus objetivos



### 4.3.1 Camada de Comunicação

Embora não esteja sendo proposto um protocolo de comunicação, descrever alguns aspectos que possibilitem a troca de informações entre os diferentes componentes se fazem necessários. A abordagem utilizada por este trabalho explora aspectos do conceito de *Linked Data* (BIZER; HEATH; Berners-Lee, 2009). A definição deste conceito, em suma, abrange a descrição de conteúdos através de linguagens de ontologias como, por exemplo, OWL e RDFs permitindo através de vocabulários específicos descrever uma rede de objetos semanticamente interligados pela URI.

Utilizar puramente esta abordagem pode não ser apropriado pelo fato de que atualmente, quando consideramos o contexto educacional brasileiro, os principais repositórios de conteúdos e aplicações educacionais já consolidados, não contemplaram diretamente os aspectos da Web Semântica e sim o arcabouço tecnológico mais tradicional, como a utilização de bases de dados relacionais e protocolos de comunicação como OAI-PMH. Considerando isto, foi necessário propor uma maneira de acessar tais conteúdos sem a necessidade de modificar tais repositórios e ainda assim manter compatibilidade com a tendência atual em se criar aplicações voltas a WS.

A alternativa para atingir tal objetivo veio através da realização da comunicação através de *Web Services*. Propõe-se que cada repositório ou aplicação educacional possua uma interface de comunicação que possibilite acesso aos conteúdos. Propõem-se assim uma rede de comunicação baseada em serviços. Segundo DAGGER et al. (2007) a próxima geração dos sistemas de gerência de aprendizado serão focadas em arquiteturas orientadas a serviços.

A escolha desta abordagem pode ser justificada pelo fato de que grande parte das aplicações educacionais podem ser consideradas grandes “jardins fechados”<sup>2</sup>. Possibilitar alternativas que contemple o compartilhamento de informações é parte fundamental do objetivo do presente trabalho.

A Figura 4.3 ilustra um exemplo de uma situação hipotética da utilização de serviços, onde *Web Services* seriam a alternativa para a comunicação entre Repositórios de Conteúdos Educacionais; Algoritmos Inteligentes e Aplicações Educacionais em uma situação, onde hipoteticamente, é re-utilizado algum SR que recomende conteúdos educacionais em repositórios para apoiar sistemas de aprendizado. As ações GET, PUT, POST e DELETE, são comuns ao protocolo *REST* e representam respectivamente: Recuperar um recurso; mudar o estado de um recurso; Atualizar um recurso; Criar um recurso no servidor; Remover ou deletar um recurso.

O que compõe a base para o desenvolvimento de um *Web Service* são os padrões XML para formato dos dados e *SOAP* ou *REST* para a troca de informações. Não é determinado um padrão para o transporte de dados, sendo a base para o seu funcionamento a utilização do protocolo HTTP.

Tradicionalmente, a comunicação entre *Web Services* é similar a utilização de uma API<sup>3</sup>. É descrito o conjunto de funcionalidades que são remotamente executadas e seus resultados enviados conforme as requisições da aplicação cliente. Desta forma para uma aplicação acessar os conteúdos de um *Web Service* seu desenvolvedor necessita conhecer esta API e ficar atento as suas modificações.

<sup>2</sup>Do termo *Walled Gardens* utilizado para descrever tecnologias que provém serviços fechados e exclusivos a clientes, em contraste as plataformas abertas e de conteúdo livremente compartilhado (SUN; HAWKEY; BEZNOSOV, 2009a) (SUN; HAWKEY; BEZNOSOV, 2009b)

<sup>3</sup>*Application Programming Interface* em tradução para o português: Interface de Programação de Aplicações



Figura 4.3: *Web Services* para comunicação entre aplicações

De maneira a lidar com a curva de aprendizado envolvida no processo de compreensão das funcionalidades de tal API, propõe-se que cada *Web Service* possua associado uma ontologia descrevendo suas funcionalidades, desta forma, entende-se que o desenvolvedor diminuiria a sobrecarga do aprendizado. Esta redução viria através de uma mensagem de requisição a ontologia que descreve as funcionalidades para fazer o uso da API.

Além disto, tal alternativa prevê levar esta rede a outro nível onde aplicações inteligentes possam interpretar tais ontologias e autonomamente decidir se querem ou não utilizar tal serviço. Ressalta-se que isto é uma abordagem que abrange diversas outras áreas de pesquisa que não são o contempladas neste trabalho.

A atual proposta de comunicação possui as seguintes características:

- adequação as ideias da Web Semântica;
- cada engenheiro de software educacional, preocupa-se com a sua aplicação já que existe um padrão para comunicação entre as mesmas;
- caso uma aplicação necessite mais de um serviço, basta “conectar” e realizar a troca mensagens.

São previstos os seguintes desafios de pesquisa:

- desenvolver algum interpretador de ontologias de *Web Services*, possibilitando que as aplicações que os utilizem possam agregar novas funcionalidades sem a necessidade de intervenção humana;
- definir o vocabulário padrão para as ontologias de *Web Services*.

Considerando as tecnologias populares para este fim, o *SOAP* e *REST*, baseamos os estudos realizados no segundo<sup>4</sup>. Tal escolha foi motivada pela sua simplicidade e popularidade frente as aplicações para a Web Semântica.

De maneira a ilustrar as possíveis trocas de mensagens entre aplicações e *Web Services*, utiliza-se como base a Figura 4.4. A marcação de número **1** representa o padrão de troca de mensagens. A marcação de número **2** representa a mensagem relacionada a requisição da ontologia que compõem as funcionalidades do *Web Service*. A marcação de número **3** representa o processo de interpretação dos resultados enviados pelo *Web Service*. A marcação de número **4** representam as demais trocas de mensagens entre o cliente e o *Web Service*.

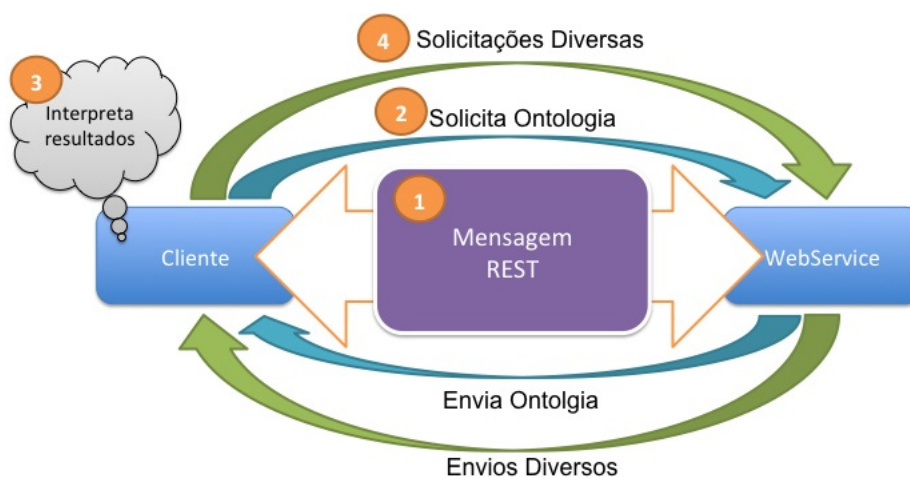


Figura 4.4: Componentes e mensagens para *Web Services*

Apresentado o modelo de comunicação, as definições relacionadas aos perfis de usuários, conteúdos educacionais e os seus relacionamentos serão apresentadas.

## 4.4 Representação de Conhecimento e Raciocínio

Delimitar o modelo de descrição de Objetos de Aprendizagem, Usuários e seus relacionamentos são cruciais para permitir o raciocínio de informações. Além disto torna-se fundamental seguir tais práticas para as ontologias que compõe a descrição dos metadados utilizados. Esta restrição se faz necessária para que a construção de ontologias fique associada a um padrão de engenharia específico.

Em termos tecnológicos, o modelo utilizado para armazenar estas informações parte da utilização de Ontologias descritas com a tecnologia OWL. Adotar esta abordagem dá flexibilidade, no âmbito de utilização por aplicações *WEB*, também possibilita utilizar a lógica descritiva e sua capacidade de raciocínio através de mecanismos de inferência<sup>5</sup> para a linguagem OWL.

### 4.4.1 Descrição das Ontologias conforme o método

O presente método, através de ontologias, visa aumentar as possibilidades de personalização. Para isto, algumas práticas devem estar associadas a sua descrição de maneira

<sup>4</sup><http://www.w3.org/TR/ws-arch/>

<sup>5</sup>mecanismos de inferência é traduzido do inglês *reasoners*

Nr	Nome	Cardinalidade	Espaço de Valores	Tipo de Dado
2	Life Cycle	1		
2.1	Version	1		LangString Max 50
2.2	Status	1	draft, final, revised ...	
2.3	Contribute	30		
2.3.1	Role	1	author, publisher ...	
2.3.2	Entity	40	Vocabulários delimitados.	ChString Max 1000
2.3.3	Date	1	DateTime	2001-08-23

Tabela 4.1: Representação de parte do Grupo 2 do padrão de Metadados LOM

a facilitar o processo de raciocínio de informações.

De forma a apresentar a metodologia, que prevê a criação de ontologias educacionais baseadas em padrões de metadados, utiliza-se como elemento didático a representação do Grupo 2 de metadados do LOM apresentados na tabela 4.1, onde a coluna **Nr** contém a numeração interna dos metadados segundo o próprio padrão, a coluna **Nome** contém o nome do metadado, a coluna **Cardinalidade** representa a restrição do padrão LOM quando a quantidade de itens previstos para o metadado, a coluna **Espaço de Valores** contém o conteúdo restrito a ser utilizado para preencher o metadado e por fim a coluna **Tipo de Dado** contém a definição computacional para o tipo do valor.

A escolha do Grupo 2 para exemplificar esta metodologia é baseada no fato de que ela possui a menor quantidade de metadados e mantém as mesmas características dos grupos maiores em termos semânticos.

Considerando isto, apresenta-se o método:

- Metadados *se transformam* em Classes e Subclasses

Por exemplo: Metadado **titulo** de padrão **X** se torna uma classe de ontologia de nome **X**.

```
<!-- Exemplo de Declaração de Classe -->
1: <Declaration>
2:   <Class IRI="#titulo"/>
3: </Declaration>
```

Exemplo prático onde está declarado que o metadado **Version** é Subclasse do metadado **LifeCycle**:

```
<!-- http://gia.inf.ufrgs.br/ontologies/LOM.owl#Version -->
1: <owl:Class rdf:about="&LOM;Version">
2:   <rdfs:subClassOf rdf:resource="&LOM;LifeCycle"/>
3: </rdfs:subClassOf>
4: </owl:Class>
```

- Definir os espaços de valores compatíveis

Por exemplo: Metadado **titulo** do padrão X possui conjuntos de valores pré-definidos. A propriedade de dado a ser criada, além do nome do metadado, deve

possuir em seu domínio as restrições a estes valores. Como exemplo, segue a descrição da propriedade de dado **temPapel** onde seu espaço de valores deve ser composto de: **Valor A, Valor B ou Valor C**.

```
<!-- Exemplo de Domínio de Propriedade de Dado -->
1: <DatatypePropertyRange>
2:   <DatatypeProperty IRI="#temPapel"/>
3:   <DataOneOf>
4:     <Literal
datatypeIRI="&rdf;PlainLiteral">Valor A</Literal>
5:     <Literal
datatypeIRI="&rdf;PlainLiteral">Valor B</Literal>
6:     <Literal
datatypeIRI="&rdf;PlainLiteral">Valor C</Literal>
7:   </DataOneOf>
```

Exemplo prático onde está descrito que a propriedade **version** está associada ao domínio da classe **Version** e no seu conteúdo são aceitos apenas valores do tipo *string* com tamanho máximo 50 caracteres.

```
<!-- http://gia.inf.ufrgs.br/ontologies/LOM.owl#version -->
1:   <owl:DatatypeProperty rdf:about="&LOM;version">
2:     <rdfs:domain rdf:resource="&LOM;Version"/>
3:     <rdfs:range>
4:       <rdfs:Datatype>
5:         <owl:onDatatype rdf:resource="&xsd:string"/>
6:         <owl:withRestrictions rdf:parseType="Collection">
7:           <rdf:Description>
8:             <xsd:maxLength
rdf:datatype="&xsd;integer">50</xsd:maxLength>
9:           </rdf:Description>
10:        </owl:withRestrictions>
11:       </rdfs:Datatype>
12:     </rdfs:range>
13:  </owl:DatatypeProperty>
```

- Semântica dos Metadados *se transformam em* Axiomas de Restrição

Declarar que determinado metadado deve ter apenas um número restrito de conteúdos. Por exemplo, um objeto de aprendizagem pode ter apenas um título em *string*.

```
<!-- Exemplo de restrição de cardinalidade -->
1: <owl:Restriction>
2:   <owl:onProperty rdf:resource="TITULO"/>
```

```

3:  <owl:qualifiedCardinality
rdf:datatype=
"&xsd;nonNegativeInteger">1
</owl:qualifiedCardinality>
4:  <owl:onDataRange rdf:resource=&XSD;STRING/>
5: </owl:Restriction>

```

Exemplo prático: Classe **Version** completa com a restrição de cardinalidade delimitando que a propriedade **version** só pode ser associada uma vez à classe **Version** em um objeto. Neste caso está sendo descrito que esta classe permite que apenas uma versão seja associada a ela.

```

<!-- http://gia.inf.ufrgs.br/ontologies/LOM.owl#Version -->

1:  <owl:Class rdf:about="&LOM;Version">
2:  <rdfs:subClassOf rdf:resource="&LOM;LifeCycle"/>
3:  <rdfs:subClassOf>
4:  <owl:Restriction>
5:    <owl:onProperty rdf:resource="&LOM;version"/>
6:    <owl:qualifiedCardinality
rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">1
    </owl:qualifiedCardinality>
7:    <owl:onDataRange rdf:resource="&xsd;string"/>
8:  </owl:Restriction>
9:  </rdfs:subClassOf>
10: </owl:Class>

```

- Ligações entre ontologias *se transformam em* Importação<sup>6</sup>

A utilização desta prática visa estender o vocabulário que possibilita a descrição de objetos em uma ontologia. Por exemplo: Uma ontologia de alguma aplicação faz uso da ontologia do FOAF por meio de importação.

```

<!-- Exemplo de importação -->
1: <Import>http://xmlns.com/foaf/0.1/</Import>

```

- Perfis de Aplicação *se transformam em* Classes + Axiomas

Por exemplo: Uma classe **PerfilX** possui axiomas que delimitam as características específicas que possibilitam inferir indivíduos que possuam tais características.

```

<!-- Exemplo de Perfil de Aplicação -->

```

---

<sup>6</sup>do inglês *import*

```

1: <EquivalentClasses>
2:   <Class IRI="#PerfilX"/>
3:   <ObjectIntersectionOf>
4:     <DataSomeValuesFrom>
5:       <DataProperty IRI="#temPapel"/>
6:       <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
7:     </DataSomeValuesFrom>
8:     <DataSomeValuesFrom>
9:       <DataProperty IRI="#title"/>
10:      <Datatype abbreviatedIRI="xsd:string"/>
11:    </DataSomeValuesFrom>
12:  </ObjectIntersectionOf>
13: </EquivalentClasses>

```

Exemplos mais completos sobre perfis de aplicação serão apresentados nas próximas seções, bem como, exemplos do seu funcionamento.

As práticas de nível específico são associadas as asserções a nível de *ABox* onde:

- **Objetos de Aprendizagem e Usuários *se transformam em* Indivíduos**

Por exemplo: Conversão dos metadados de um objeto de aprendizagem para que este seja indivíduo de uma ontologia. Ressalta-se que este é um exemplo simples, onde a cardinalidade é de valor 1 (um).

```

<!-- Exemplo de Perfil de Aplicação -->
1: <ClassAssertion>
2:   <Class abbreviatedIRI=":Thing"/>
3:   <NamedIndividual IRI="#AlgumIndividuo"/>
4: </ClassAssertion>

```

O exemplo prático será apresentado nas próximas seções que descrevem perfis de usuários e objetos de aprendizagem.

- **Conteúdos Específicos *se transformam em* conteúdo de Propriedades de Dados**

Por exemplo: Objeto de Aprendizagem com o título “**Aula de tênis**”, se torna em uma Propriedade de Dado título com o valor “**Aula de tênis**” associado.

```

<!-- Exemplo de asserção de conteúdo específico -->
1: <DataPropertyAssertion>
2:   <DataProperty IRI="#titulo"/>
3:   <NamedIndividual IRI="#AlgumIndividuo"/>
4:   <Literal datatypeIRI="&xsd:string">
Olá Mundo</Literal>
5: </DataPropertyAssertion>

```

- **Raciocínio *realizado através de* Motores de inferência**

Por exemplo: A utilização de motores como: Pellet<sup>7</sup>, Hermit<sup>8</sup> entre outros. Tais mecanismos possibilitam que indivíduos possam ser inferidos como instâncias de classes específicas. Também são utilizados como alternativas para verificar a consistência das informações preenchidas nos indivíduos.

#### 4.4.2 Descrevendo Objetos de Aprendizagem conforme o método

O Objeto de Aprendizagem(OA) pode ser considerado qualquer conteúdo educacional que tenha por finalidade auxiliar no processo de aprendizagem. Desta forma, são exemplos de OA's: Livros; Artigos; Apresentações; Vídeos ou até mesmo objetos físicos. O que os torna "funcionais" para sistemas de aprendizagem e para o modelo de recomendação proposto são os metadados que os descrevem.

Os OA's previstos para este modelo são descritos ao menos por um conjunto de metadados armazenados em um arquivo no formato **XML**. O formato XML é comum as tecnologias da Web Semântica permitindo que seus conteúdos sejam convertidos em vários formatos como OWL ou RDF(s). O Fragmento de código XML abaixo ilustra tal afirmação.

```
<!-- Exemplo de um OA descrito em XML -->
1: <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2: <general>
3: <title>"Mini curso sobre a ferramenta de autoria
Movie Maker"</title>
4: <language>"pt"</language>
5: <description>"Uma animação em flash sobre
como utilizar a ferramenta de autoria Windows
live movie maker"</description>
6: <keyword>"movie maker,mini curso,
ferramenta de autoria"</keyword>
7: <structure>"Collection"</structure>
8: <aggregationlevel>2</aggregationlevel>
9: </general>
```

A partir do conteúdo descrito no formato XML, este precisa ser adaptado conforme a Figura 4.5. Tendo-a como base, divide-se o modelo de conteúdos educacionais em suas definições principais, sendo estas, representadas pela marcação de número **1** e o processo que envolve o consumo e utilização inteligente de conteúdo educacional através das marcas **2** e **3**.

Não é objetivo deste trabalho entrar em detalhes específicos sobre a conversão de informações entre conjuntos distintos de metadados, mas sim, focar nos aspectos relacionados a proposta de adaptar OA's ao modelo da Web Semântica como indivíduos de ontologias. A práticas propostas são consideradas como de **nível geral** quando são associadas a construção das ontologias de metadados e de **nível específico** quando são diretamente relacionadas a descrição dos OA's ou usuários.

Propor que os conteúdos educacionais sejam descritos em OWL torna o modelo adaptável a Web Semântica além de possibilitar a utilização de raciocínio lógico sobre a descrição presente em tais conteúdos, possibilita também classificar e categorizar de forma

<sup>7</sup><http://clarkparsia.com/pellet/>

<sup>8</sup><http://hermit-reasoner.com/>



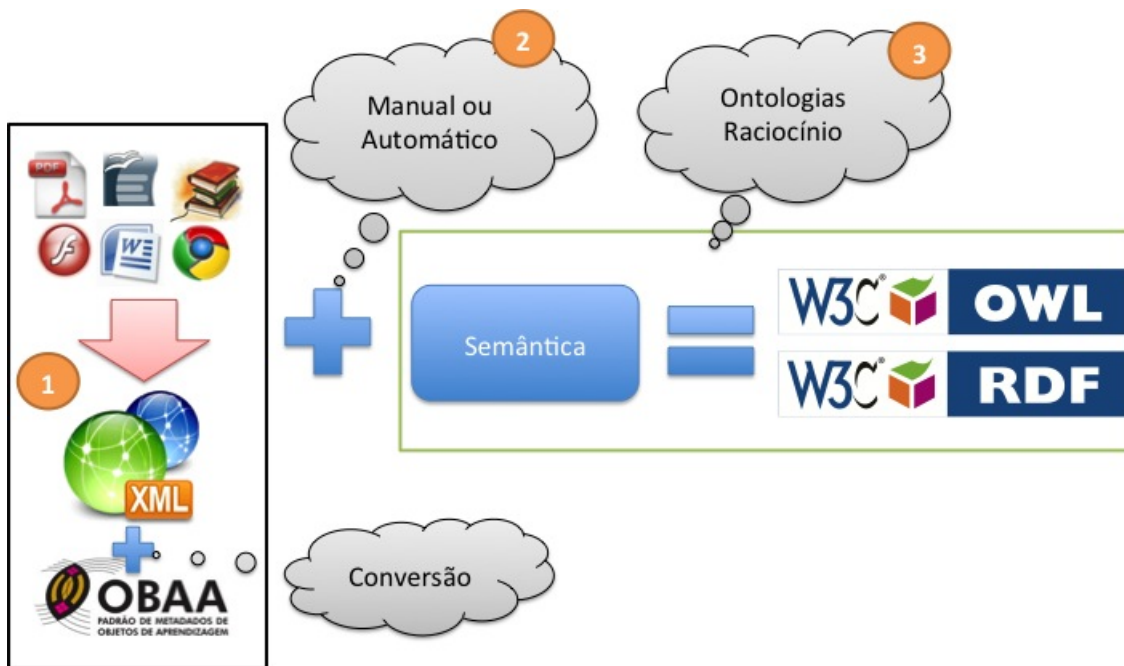


Figura 4.5: Composição de um OA para o modelo

padronizada os conteúdos e suas informações. Facilita o reuso de tais conteúdos educacionais e permite que o modelo possa interpretar resultados provenientes de algoritmos de recomendação de acordo com características pedagógicas, restrições de plataforma e outras presentes no padrão OBAA.

Propõem-se que cada OA seja descrito como indivíduo de  $N$  ontologias. Desta forma, cada ontologia representaria o *TBox* e os OA's o *ABox*. Para tornar tal abordagem factível, o presente método define que um OA é um indivíduo de ontologias podendo ser composto por outros  $N$  indivíduos relacionados através de propriedades.

Tal abordagem é baseada no fato de que determinados metadados podem aparecer diversas vezes na representação de conteúdo de algum OA. Por exemplo, considere a descrição de contribuições realizadas a algum OA conforme o grupo de metadados 2.3 - *Contribuite* do padrão LOM.

Tal metadado em sua especificação possui cardinalidade de valor 30, ou seja, podem existir no máximo 30 contribuições que podem ser relacionadas a outros três metadados *Role*, *Entity* e *Date*. Em outras palavras cada contribuição é composta por um conjunto de metadados não vazio.

Para criar esta descrição em um ontologia, se fez necessário definir indivíduos de contribuição com propriedades de dados específicas, para que estes indivíduos sejam associados a um indivíduo principal que representa o OA. Tal abordagem possibilita que algumas inconsistências quanto ao preenchimento, sejam capturadas. Neste caso, as restrições estão definidas na classe *Contribute*.

A figura 4.6 auxilia na compreensão da complexidade envolvida na descrição de um OA como indivíduo de uma ontologia.

Considerando a porção superior da Figura 4.6 marcada com a seta 1, a caixa com a identificação **Indivíduo OA**, o ilustra como um todo, o ponto de partida para os relacionamentos. Se isto fosse uma representação em árvore, esta caixa seria a raiz. As propriedades de dados, podem ser diretamente associadas a qualquer indivíduo e as rela-

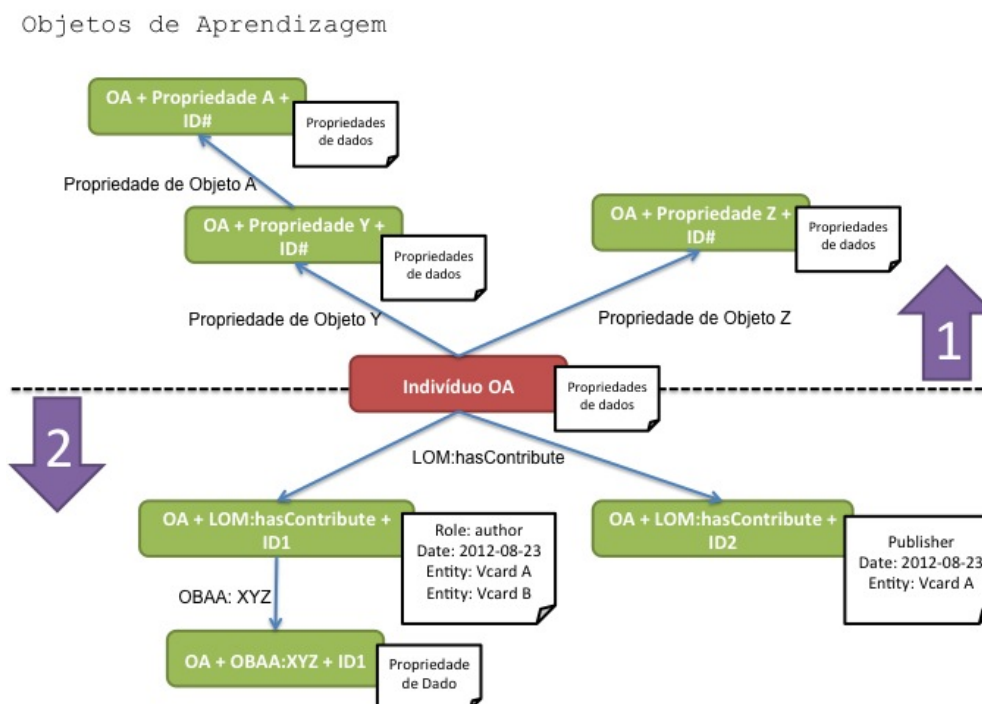


Figura 4.6: Ilustração de OA como indivíduo

ções entre os indivíduos são realizadas através das propriedades de objetos. De maneira a definir o padrão para os descrever, é proposto que cada indivíduo que compõe um OA seja composto pela Identificação do OA concatenado ao nome da Propriedade de Objeto que realizou a ligação e a um identificador numérico ID# que representa o número da ligação corrente.

A parte inferior da Figura 4.6 marcada com a seta 2, apresenta o exemplo da descrição do metadado **Contribute** do padrão LOM e de algum metadado XYZ como exemplo de extensão. As propriedades de dados, propriedades de objetos e indivíduos são descritos conforme as práticas previamente definidas.

#### 4.4.3 Modelo de Usuário

O modelo de usuário proposto é inspirado nos trabalhos de PRIMO; LOH (2006) e LICHTNOW et al. (2006), sendo ilustrado pela Figura 4.7. A marcação de número 1 ilustra o histórico de atividade de um usuário. Este histórico pode abranger avaliações realizadas a conteúdos educacionais, históricos de acesso, interesses explicitados entre demais aspectos relacionados a experiência de uso. A marcação de número 2 ilustra como pretende-se armazenar e descrever semanticamente as informações implícitas/explicitas dos usuários, para isto é mencionado o uso do Padrão FOAF como alternativa. As informações implícitas são obtidas através de heurísticas que monitoram as ações dos usuários em um sistema, as explícitas são aquelas que são providas pelos usuários.

Optar pelo padrão de metadados FOAF contextualiza o presente trabalho conforme as atuais tecnologias da Web Semântica. A escolha por esta tecnologia é relacionada as seguintes observações frente os benefícios observados:

- permite descrever pessoas, suas relações e atividades que estas realizam.



Figura 4.7: Modelo abstrato de Perfil de Usuário

- vem sendo adotada por iniciativas que focam no uso da Web Semântica (Facebook, API's de grafos sociais do GOOGLE, entre outros);
- facilita a aquisição de conhecimento sobre o perfil dos usuários, permitindo que seja fornecida uma URI apontando para o seu perfil FOAF reduzindo problemas de Partida Fria;
- compatibilidade com ontologias OWL, facilitando o processo de inferência sobre os perfis de usuários;
- possibilidade de utilizar a linguagem de consulta SPARQL, facilitando a recuperação de informações específicas sobre os usuários. (A utilização desta linguagem também pode ser uma alternativa para a recuperação de conteúdos educacionais)

É fato que o FOAF não foi elaborado com o objetivo de contemplar aspectos relacionados as informações educacionais, muitas de suas classes não são ainda consideradas como estáveis para uso e a sua popularidade ainda é restrita a desenvolvedores e não usuários finais. Mas, devido a sua aderência a WS e facilidade de extensão, se tornou adequado a proposta.

Usuários de sistemas educacionais também são considerados como uma composição de indivíduos de  $n$  ontologias. A forma como são descritos os relacionamos com outros usuários e objetos de aprendizagem serão apresentados no decorrer.

#### 4.4.4 Construindo Relacionamentos entre OA's e Usuários conforme o método

Além da descrição de conteúdos educacionais e perfis de usuários, é importante ressaltar que o modelo prevê a descrição em termos ontológicos das possíveis relações entre estes indivíduos. A questão que tange esta relação é direcionada a aspectos que possibilitem delimitar a granularidade das informações.

Para isto, os relacionamentos são associados a uma classe de “Registro de Colaboração”. Esta classe prevê conjuntos de propriedades que descrevem as formas de relacionamentos que podem ocorrer entre indivíduos. Esta classe pertence a uma ontologia que descreve comunidades de prática, sendo descrita nos trabalhos de RIBEIRO et al. (2011), PRIMO et al. (2012), RIBEIRO et al. (2012). Tais trabalhos auxiliaram a delimitar e colocar em prática a referente proposta de relacionamentos de usuários.

Pelo fato de ser uma classe, “Registro de Colaboração” possui indivíduos que representam “colaborações” ou seja conjuntos de ações realizadas entre usuários ou entre usuários e OA's. Desta forma cada colaboração é descrita através de um indivíduo da ontologia.

De maneira a ilustrar esta proposta de construção de relacionamentos a figura 4.8 serve como apoio. Nela são ilustrados o indivíduo Registro #X e suas relações através de RC: PO # (que exemplifica alguma propriedade de objeto da classe Registro de Colaboração) e RC: PD # (que exemplifica alguma propriedade de dado da classe Registro de Colaboração). Cada circulo representa uma associação com alguma ontologia, resalta-se que um indivíduo pode ser composto por  $n$  ontologias.

Registro de Colaboração: Registro #X

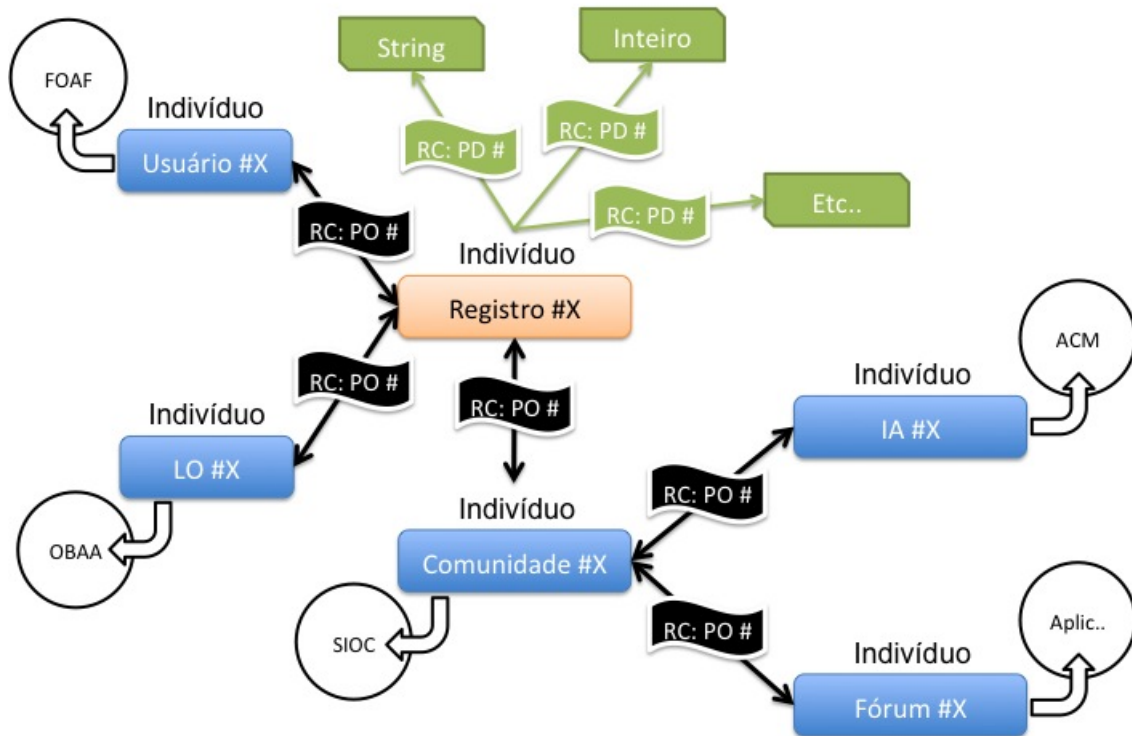


Figura 4.8: Registro de Colaboração

Na prática o seguinte código OWL exemplifica a descrição de relacionamentos:

```

1: <Declaration>
2:     <NamedIndividual IRI="#Registro_1"/>
3: </Declaration>
4:
5: <ObjectPropertyAssertion>
6:     <ObjectProperty abbreviatedIRI="Ontol:hasActivity"/>
7:     <NamedIndividual IRI="#Registro_1"/>
8:     <NamedIndividual abbreviatedIRI="Ontol:Usuario"/>
9: </ObjectPropertyAssertion>
10: <ObjectPropertyAssertion>
11: <ObjectProperty abbreviatedIRI="Ontol:hasActivity"/>
12: <NamedIndividual IRI="#Registro_1"/>
13: <NamedIndividual abbreviatedIRI="Ontol:Exercise_List"/>
14: </ObjectPropertyAssertion>

```

```

15: <ObjectPropertyAssertion>
16:   <ObjectProperty abbreviatedIRI="Onto1:hasInteraction"/>
17:   <NamedIndividual IRI="#Registro_1"/>
18:   <NamedIndividual abbreviatedIRI="Onto1:Comunidade"/>
19: </ObjectPropertyAssertion>
20:
21: <DataPropertyAssertion>
22:   <DataProperty IRI="#postagem"/>
23:   <NamedIndividual IRI="#Registro_1"/>
24:   <Literal datatypeIRI="xsd:string">Olá Mundo!</Literal>
25: </DataPropertyAssertion>
26: <DataPropertyAssertion>
27:   <DataProperty abbreviatedIRI="sioc:last_activity_date"/>
28:   <NamedIndividual IRI="#Registro_1"/>
29:   <Literal datatypeIRI="xsd:date">1982-04-23T18:32:52
</Literal>
30: </DataPropertyAssertion>

```

O Fragmento de código OWL apresentado, descreve o indivíduo # Registro\_1 (linha 2). Este indivíduo possui relações com propriedades de objeto (linhas 5 - 19) com outros indivíduos que descrevem que atividades (*hasActivity*), e interação (*hasInteraction*) em uma comunidade. Relações de propriedades de dados (linhas 21 - 30) que descrevem mensagens postadas (*postagem*) em datas específicas (*sioc : last\_activity\_date*).

Não é escopo deste trabalho delimitar o conjunto de propriedades associadas as interações de algum usuário. O foco é descrever o modelo que permite agregar propriedades que ampliem a semântica de uma descrição.

#### 4.4.5 Raciocínio sobre Perfis de Aplicação

O pós processamento pode ser considerado como processo de raciocínio. Dito isto, pode ser realizado através de regras de produção, raciocínio baseado em casos ou qualquer outro método que faça uso de funções estatísticas. Para o escopo deste trabalho o uso de Ontologias foi adotado. O método proposta não tem a presunção de definir algum método de raciocínio para ontologias, mas sim, em prover meios que permitam seu uso e tragam benefícios ao processo de ensino e aprendizado.

Considerando o método como um todo, o processo de raciocínio é atualmente a última parte do fluxo de funcionamento antes que os usuários recebam suas recomendações, desta forma pode ser descrito através de um conjunto de recomendações  $o' \in O$  para qualquer usuário  $u$  e ao menos dois conjuntos de metadados. O primeiro conjunto descreve o perfil do usuário  $u$  com informações  $i'_u$ . O segundo conjunto descreve o objeto  $o'$  com a informação  $i'_o$ . Aplicando raciocínio sobre  $i'_u$  e  $i'_o$  origina-se o conjunto final de recomendações.

No presente trabalho o método de raciocínio apresentado faz uso de mecanismos de inferência apoiados em lógica descritiva através de Perfis de Aplicação(PA). PA's são compostos por conjuntos de axiomas e restrições que descrevem práticas relacionadas ao processo de construção de um OA, validação, ou inferência de conhecimento. Desta forma um PA é composto por um conjunto de práticas que são associadas a construção e

uso de algum OA.

Em suma, um PA é composto pela especificação de subconjuntos de metadados e características relacionadas aos seus conteúdos. Por exemplo, a presença de metadados técnicos com valores específicos para a utilização em dispositivos móveis. Outro exemplo é relacionado a utilização em aplicações educacionais, onde conjuntos de perfis compatíveis com o seu domínio de aplicação podem ser descritos. Tal característica possibilita que conjuntos de metadados educacionais com valores específicos necessitem estar presentes nos OA's a serem utilizados, caso contrário o OA não tem validade para o domínio.

Na prática um PA é tido como uma classe de uma ontologia e aqueles indivíduos, sejam usuários ou OA's, que estejam de acordo com seus axiomas são inferidos através de um mecanismo de inferência como instâncias das mesmas.

A inferência decorrente do processo de raciocínio é parte da relação indivíduo e um perfil de aplicação. Desta forma, a inferência *IN* é composta pela relação entre um indivíduo *I* e um perfil de aplicação *PA*, onde *I* é composto por propriedades de dados *pd*, propriedades de objetos *po*. *PA* é composto por classes *c* e axiomas de restrição *ar* construídos sobre cada *pd* e *po*.

Apoiado por cada *ar*, o *PA* realiza o processo *IN* sobre *I* considerando se as propriedades *pd* e *po* do *PA* são satisfeitas pelo *I*. Este processo verifica se o indivíduo *I* tem suas propriedades preenchidas de acordo com os axiomas descritos em *PA*, bem como, se este indivíduo pode ser considerado como parte deste perfil de aplicação.

Em uma aplicação real, tal abstração se resume através do seguinte exemplo: Suponha que um professor deseja separar conteúdos para uma disciplina a ser ministrada que seja composta por alunos com deficiência auditiva. Através de determinado perfil de aplicação, que tenha descrito o conhecimento para tal fim, se faz possível realizar inferências sobre repositórios de OAs onde apenas objetos com as características relacionadas serão recuperados.

## 4.5 Considerações do Capítulo

Neste capítulo foi apresentada a proposta para um método de representação de conhecimento para a recomendação de conteúdos educacionais.

Pelo fato de ser uma proposta multidisciplinar, se fez necessário propor através de *Web Services* e Ontologias estratégias que possibilitassem a troca de mensagens entre aplicações educacionais, a representação de conhecimento, e posterior raciocínio.

A utilização de *Web Services* pode ser considerada madura para a troca de informações em ambiente *WEB*. A sua utilização em domínios educacionais ainda não é amplamente difundida. O diferencial desta proposta reside no conceito de descreve-los através de ontologias, que possibilitem seu uso por Agentes.

Para o processo de representação de conhecimento, foi apresentada a proposta que visa a descrição de objetos de aprendizagem, usuários, e suas relações como indivíduos de ontologias. Esta proposta propiciou a capacidade de raciocínio sobre conteúdos educacionais, algo não visto até então na bibliografia pesquisada. Ressalta-se que para isto, as práticas propostas para a construção das ontologias devem ser seguidas.

Várias são as linhas de pesquisa que ocorrem em paralelo a esta proposta por esta estar incluída em um grupo de pesquisa em Inteligência Artificial aplicada a educação. Desta forma, ressalta-se que o foco a ser seguido nesta proposta tange aspectos relacionados a recomendação de objetos de aprendizagem através de raciocínio a partir de ontologias. Não serão delimitados metadados ou propriedades específicas, apenas o modelo que pos-

sibilita o seu raciocínio.

Este capítulo contemplou as atividades, e produtos propostos pelo objetivo específico E2. No próximo capítulo serão apresentados os resultados parciais obtidos com a aplicação do método proposto neste capítulo.

## 5 APLICAÇÕES SOBRE O MÉTODO

Este capítulo contempla as atividades e produtos propostos no objetivo específico E3 e são diretamente relacionadas com o método proposto no capítulo 4. Como alternativa para organizar as informações, tem-se como base a Figura 5.1 onde as contribuições são divididas, conforme o método proposto na seção 4, em: Conhecimento; Conteúdo; Raciocínio e Acesso.

Realizar tal divisão objetiva delimitar os produtos do objetivo específico E3. Ainda com base na figura 5.1, as ontologias de domínio (DM), formam a base da descrição do conhecimento. Os objetos de aprendizagem (OA), usuários (USU) e seus relacionamentos (REL) são indivíduos de ontologias e representam os conteúdos utilizados pelo método proposto. Os perfis de metadados (PM) e os perfis técnicos (PT) representam os perfis de aplicação que complementam o método de raciocínio, e por fim, os *Web Services* são a base para os serviços de acesso as informações.



Figura 5.1: Visão geral das contribuições do capítulo

No decorrer do capítulo, as seções serão divididas conforme os produtos propostos.

### 5.1 Representação de Conhecimento

A representação do conhecimento fez utilização de Ontologias. Tais ontologias são descritas de acordo com a linguagem OWL e tem suporte a utilização de mecanismos de inferência baseados na lógica descritiva. Para os testes realizados, foram descritas quatro ontologias conforme o método proposto no capítulo 4. São elas:

- OBAA;

a ontologia OBAA descreve o padrão de metadados para conteúdos educacionais interoperáveis para o domínio brasileiro.



- LOM;
 

a ontologia LOM é referente ao padrão de metadados para OA's proposto pela IEEE.
- IMS Access For All ( Versão 1.0 );
 

a ontologia do IMS Access For All ( Versão 1.0 ) é referente ao padrão de metadados para a descrição de recursos de acessibilidade em conteúdos educacionais.
- VideoAula@RNP;
 

a ontologia VideoAula@RNP descreve o padrão de metadados específico para este domínio, faz o uso do padrão OBAA como base.

Tais ontologias são relacionadas conforme a Figura 5.2. Como pode ser observado, existe uma relação de importação entre VideoAula sobre OBAA, e OBAA sobre LOM e IMS Access For All. Através destes relacionamentos é possível inferir que a ontologia VideoAula é composta pelas classes e propriedades das demais ontologias.

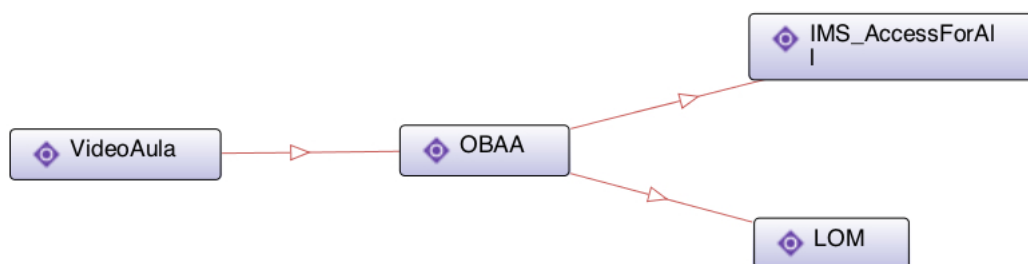


Figura 5.2: Ontologias desenvolvidas

As próximas seções apresentam as ontologias desenvolvidas e seus objetivos.

### 5.1.1 Ontologia LOM

O padrão de metadados LOM, para o escopo deste trabalho, refere-se a base de metadados que descreve os OAs. Por ser considerado um padrão de fato (DEVEDZIC; JOVANOVIC; GASEVIC, 2007) e popular junto aos pesquisadores da área de tecnologias educacionais, sua escolha para compor a base do padrão OBAA foi natural.

Não são poucas as opções para reutilização de ontologias no formato OWL que descrevam os metadados de tal padrão. A dificuldade para tal reuso reside nos métodos de engenharia de ontologia utilizados. Tais métodos não são descritos de maneira clara.

Tendo isto em vista, a ontologia LOM descrita neste trabalho segue um conjunto de práticas pré-definidas com o objetivo de facilitar o seu reuso por outros engenheiros de ontologias, bem como, facilitar a utilização por aplicações educacionais.

O padrão LOM é composto por sessenta e sete elementos que podem ser utilizados para descrever OAs. A Figura 5.3 apresenta uma imagem capturada da ontologia apresentando suas nove principais categorias através de classes. Ressalta-se atenção para os retângulos LOM.Educational e LOM.Technical, ambos respectivamente são conectados

a OBAA.Technical e OBAA.Educational. Esta ligação representa o ponto de interseção com o padrão OBAA e será explorada no decorrer do trabalho.

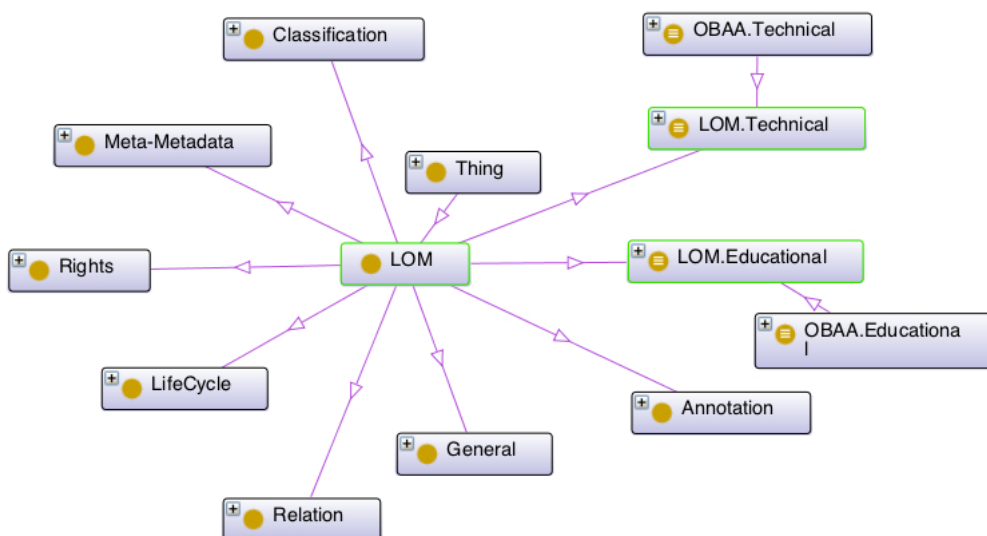


Figura 5.3: Ontologia LOM

Além do conjunto de classes, foram descritas propriedades de objetos e propriedades de dados para esta ontologia. Esta prática possibilita a detecção de inconsistências relacionadas a descrição de OAs que façam uso das mesmas. As figuras 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 e 5.8 são utilizadas como base para ilustrar tais inconsistências relacionadas a descrição de indivíduos.

A figura 5.4 ilustra um exemplo de inconsistência originada a partir da descrição da propriedade *annotation.Date* do indivíduo *Testing*. De acordo com o padrão LOM tal propriedade deve ser associada uma única vez a um único objeto. *Testing* teve duas vezes a mesma propriedade associada originando a inconsistência. Tais restrições de cardinalidade podem ser definidas livremente na ontologia, seja através de propriedades de dados ou propriedades de objetos. No decorrer da seção serão apresentados estes casos.

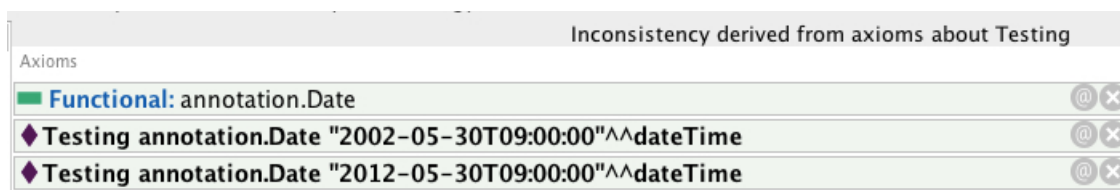


Figura 5.4: Inconsistência a partir da restrição por Propriedades de Dados com cardinalidade fazendo o uso da ferramenta Protégé

A figura 5.5 apresenta um exemplo onde o indivíduo *Testing* teve a propriedade de dado *aggregationLevel* preenchido com o valor *WRONG DATA* do tipo *string*. Tal preenchimento originou uma inconsistência na ontologia por dois motivos. O primeiro pelo fato de que tal propriedade permite apenas valores maiores ou iguais a 1 e valores menores ou iguais a quatro, em segundo, o tipo de dado deve ser *int*.

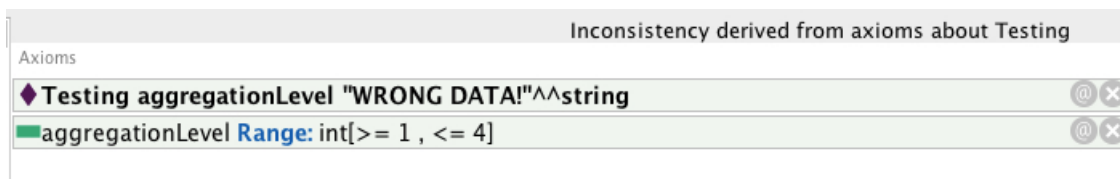


Figura 5.5: Inconsistência a partir da restrição de Propriedades de Dados por domínio com valores numéricos

A utilização deste axioma de restrição serve para delimitar espaços de valores específicos para propriedades de dados. Tais restrições não são limitadas a conjuntos numéricos. Como pode ser observado na figura 5.5, o indivíduo *Testing* foi descrito através da propriedade de dado *intendedEndUserRole* com o valor *WRONG DATA!* do tipo string. A inconsistência foi gerada pois esta propriedade tem um conjunto específico<sup>1</sup>, e descrito pelo padrão LOM, onde são permitidos os valores *author*; *learner*; *manager* e *teacher*.

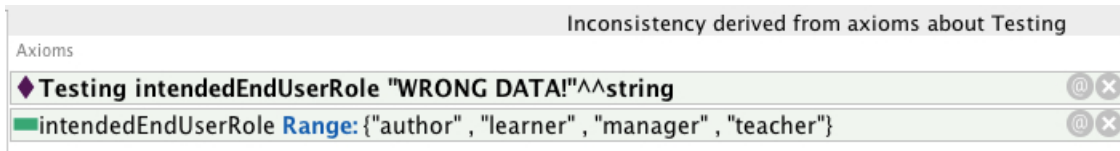


Figura 5.6: Inconsistência a partir da restrição de Propriedades de Dados por domínio com valores textuais

Utilizar este tipo de restrição é importante em conjuntos de metadados que delimitam os valores específicos a serem preenchidos. Podem também existir restrições relacionadas a cardinalidade de utilização de determinadas propriedades de objetos. Como exemplo, a figura 5.7 apresenta uma restrição de cardinalidade sobre a propriedade de objeto *hasGeneralIdentifier*, segundo o padrão LOM o metadado *General.Identifier*, representado através da referida propriedade, pode ser associado apenas 10 (dez) vezes a qualquer OA. A inconsistência foi originada pela descrição de 11 (onze) relações do indivíduo *Main* com os indivíduos *1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 e 11*.

<sup>1</sup>O conjunto específico de valores de um metadado pode ser chamado de **domínio do metadado**

Inconsistency derived from axioms about Main	
Axioms	
◆ DifferentIndividuals: 1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, Main	@ x
● General.Identifier SubClassOf hasGeneral.Identifier max 10 Thing	@ x
◆ Main hasGeneral.Identifier 1	@ x
◆ Main hasGeneral.Identifier 10	@ x
◆ Main hasGeneral.Identifier 11	@ x
◆ Main hasGeneral.Identifier 2	@ x
◆ Main hasGeneral.Identifier 3	@ x
◆ Main hasGeneral.Identifier 4	@ x
◆ Main hasGeneral.Identifier 5	@ x
◆ Main hasGeneral.Identifier 6	@ x
◆ Main hasGeneral.Identifier 7	@ x
◆ Main hasGeneral.Identifier 8	@ x
◆ Main hasGeneral.Identifier 9	@ x
■ hasGeneral.Identifier Domain General.Identifier	@ x

Figura 5.7: Inconsistência a partir da restrição de Cardinalidade a partir de Propriedades de Objetos

Este tipo de inconsistência requer maior processamento de máquina, principalmente quando se busca informações sobre o motivo de tal fato ( uso do artifício de explanação (*explain*) no *reasoner*). Outro tipo de restrição a ser descrito é referente a associação entre conteúdos de metadados. Por exemplo, quando um OA tem preenchido determinado valor em um metadado, outro metadado necessita de valores específicos.

Como forma de apresentar tal restrição a figura 5.8 apresenta o exemplo da inconsistência originada sobre o indivíduo *Testing*, em que as propriedades *interactivityLevel* e *interactivityType* foram preenchidas respectivamente com os valores *medium* e *active*.

Para o padrão LOM o preenchimento de tais propriedades, considerando *interactivityType* preenchido com *active*, o conteúdo da propriedade *interactivityLevel* deve ser com valores *high* ou *low*. Se a propriedade *interactivityLevel* for *medium* a propriedade *interactivityType* deve ser *expositive* ou *mixed*.

Inconsistency derived from axioms about Testing	
Axioms	
■ Functional: interactivityType	@ x
● InteractivityLevel SubClassOf (((interactivityLevel value "high") or (interactivityLevel value "low")) and (interactivityType value "active")) or (((interactivityLevel value "high") or (interactivityLevel value "low") or (interactivityLevel value "medium")) and (interactivityType value "expositive")) or (interactivityType value "mixed")	@ x
● InteractivityLevel SubClassOf interactivityLevel exactly 1 string	@ x
◆ Testing interactivityLevel "medium"^^string	@ x
◆ Testing interactivityType "active"^^string	@ x
■ interactivityLevel Domain InteractivityLevel	@ x

Figura 5.8: Inconsistência a partir do conteúdo presente no domínio de uma propriedade de dado

Os axiomas de restrição apresentados em conjunto a prática de descrição de indivíduos

possibilitou realizar inferências sobre OAs de maneira a determinar se os mesmos estão de acordo com o padrão LOM. Tais inferências podem ser úteis para ferramentas de autoria, repositórios de conteúdos ou outras aplicações que façam uso deste padrão de metadados.

### 5.1.2 Ontologia OBAA

A ontologia do Padrão OBAA de metadados tem o objetivo de descrever o referido padrão. A Figura 5.9 apresenta uma figura ilustrando a mesma. Como pode ser observado algumas classes como: *OBAA.Educational* e *OBAA.Technical* possuem relação com *LOM.Educational* e *LOM.Technical*.

Esta relação é referente a ligação de equivalência entre classes. Seu objetivo é descrever que as referidas classes são as mesmas em ambas as ontologias OBAA e LOM. Esta ligação foi realizada pela existência de novos metadados que estendem a semântica das referidas classes junto ao padrão OBAA.

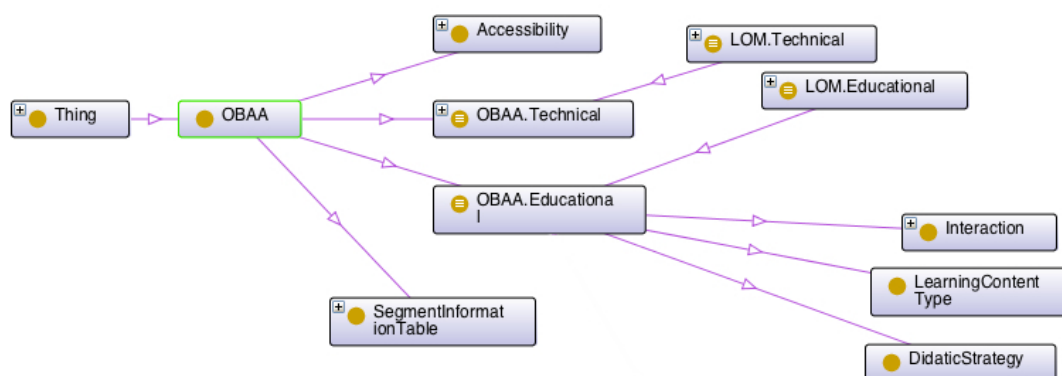


Figura 5.9: Visão da ontologia do padrão OBAA

Tanto as classes como as propriedades que descrevem a ontologia OBAA possuem características, em termos de descrição pela linguagem OWL, idênticas as do padrão LOM. Ressaltasse que a classe *Acessibility* representa a classe que descreve o padrão *IMS Access for ALL*. Em termos conceituais a ontologia OBAA é uma extensão da ontologia do LOM.

### 5.1.3 Ontologia IMS Access for All

A ontologia do padrão IMS Access for All foi descrita com o objetivo de possibilitar que aspectos de acessibilidade possam ser incorporados a OAs, a figura 5.10 ilustra tal ontologia. São exemplos de tais aspectos: *HasAuditory*, *HasText*, *HasTactile* e *HasVisual*. Estes são referidos como modalidades e representam características intrínsecas a um OA para se apropriado a pessoas com tais necessidades.

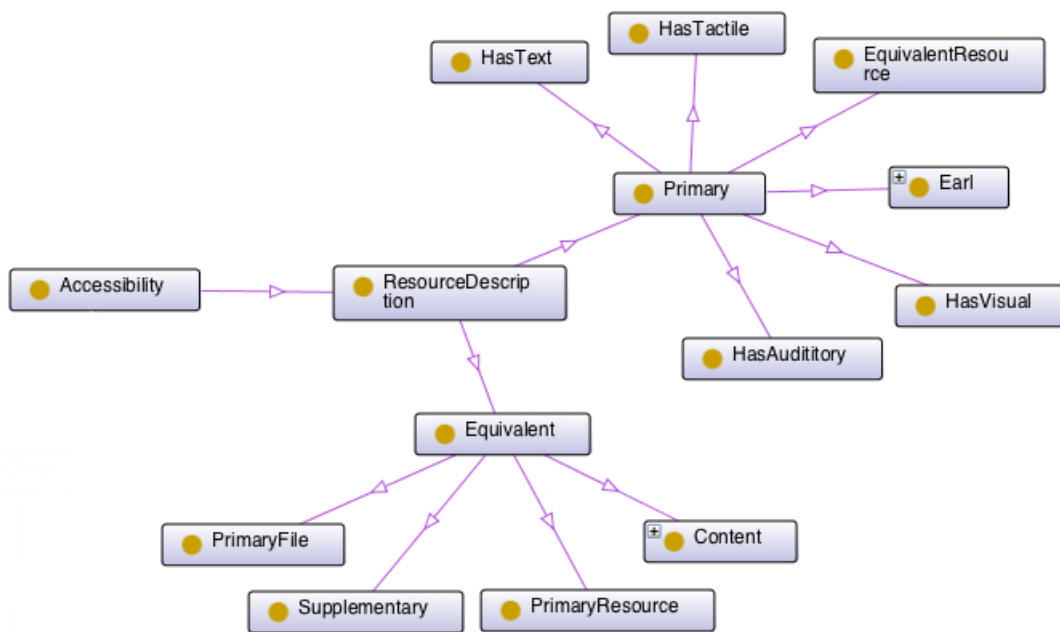


Figura 5.10: Visão da ontologia do padrão IMS Access for ALL

Ressalta-se que esta ontologia é descrita a partir da versão 1.0 do referido padrão. Atualmente a versão 2.0 já se encontra disponível, em sua versão estável, e a versão 3.0 está em testes.

#### 5.1.4 Ontologia VideoAula

O processo de engenharia de conhecimento foi constituído pelas seguintes etapas:

- **Análise do domínio;**

foi realizado o estudo sobre a definição e composição de uma videoaula.

esta etapa teve como principal resultado a aproximação com a equipe do VideoAula@RNP e compreensão do que era proposto pelos mesmos, ou seja, o domínio de aplicação.
- **Delimitação de requisitos;**

foi realizado o estudo sobre quais as necessidades de descrição, em termos de meta-informação, de uma videoaula.

como resultado desta etapa, foi elaborada a delimitação do conjunto de metadados necessários a compor uma videoaula junto a padrão OBAA, bem como, no caso dos metadados de domínio, as cardinalidades foram definidas.
- **Elaboração da Ontologia;**

com base nos metadados definidos, a ontologia foi descrita e publicada em uma URI de acesso.
- **Elaboração do Perfil de Aplicação;**

o desenvolvimento do perfil de aplicação VideoAula@RNP possibilita realizar inferências sobre indivíduos que visem tal descrição. Detalhes serão apresentados no decorrer das seções deste capítulo.

Cada etapa foi realizada em ciclos curtos com interação direta com a equipe do VideoAula@RNP, bem como do projeto OBAA. Cada ciclo era composto por versões, quantas necessárias, para que se pudesse completar a etapa corrente e passar para a próxima. As etapas relacionadas a Elaboração da Ontologia e do Perfil de Aplicação tiveram como base o as práticas para descrição de ontologias propostas neste trabalho.

A Figura 5.11 ilustra as classes descritas conforme a necessidade do domínio da VideoAula@RNP.

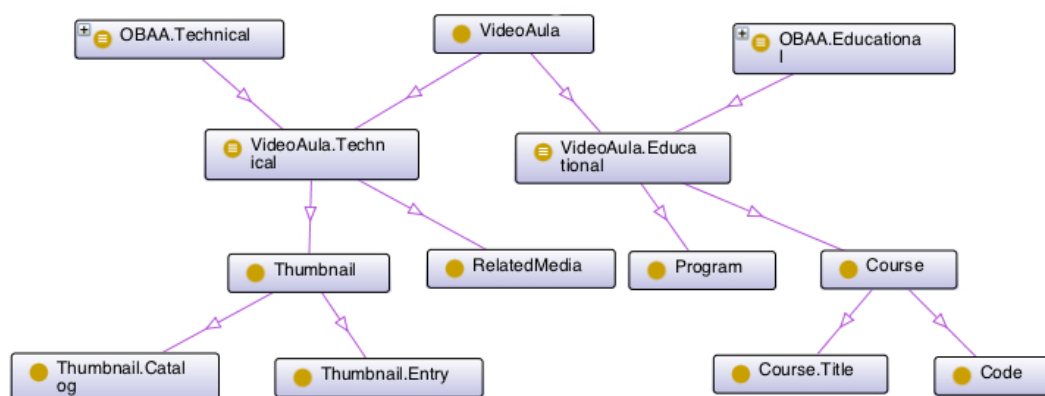


Figura 5.11: Visão da ontologia do domínio de aplicação VideoAula@RNP

O perfil VideoAula@RNP foi desenvolvido com o objetivo de possibilitar que tais conteúdos possam ser indexados, catalogados e acessados por repositórios de conteúdos educacionais através de seus metadados. Sejam eles repositórios legados ou baseados nas técnicas da web semântica.

## 5.2 Conteúdos

Os conteúdos educacionais apresentados nesta seção foram desenvolvidos por especialistas na área da educação. Os mesmos estão disponíveis<sup>2</sup> para visualização e uso. Não foi parte do presente trabalho o desenvolvimento pedagógico dos mesmos.

Tais conteúdos foram convertidos de seu formato de descrição original baseado em XML para o método proposto neste trabalho. Os OA's convertidos, junto aos seus endereços para acesso são:

- Ramis;

URI: “<http://gia.inf.ufrgs.br/ontologies/OAS/Ramis/Ramis.owl>”

- Outras Infâncias

URI: “<http://gia.inf.ufrgs.br/ontologies/OAS/OutrasInfancias/OutrasInfancias.owl>”

<sup>2</sup>Objetos de Aprendizagem interoperáveis OBAA, disponíveis em: <http://gia.inf.ufrgs.br/OBAI> ou em: <http://www.portalobaa.org/padroo-obaaexemplos-de-oa-convertidos-para-o-obaajobjetos-interoperaveis>

- Viva Saudável

URI: “<http://gia.inf.ufrgs.br/ontologies/OAS/VivaSaudavel/VivaSaudavel.owl>”

- De onde vem a TV?

URI: “<http://gia.inf.ufrgs.br/ontologies/OAS/DeOndeVemTV/DeOndeVemTV.owl>”

- Tv Educativa

URI: “<http://gia.inf.ufrgs.br/ontologies/OAS/TVEducativa/TVEducativa.owl>”

Cada OA convertido para o modelo, é composto por um conjunto de indivíduos conforme será apresentado nas próximas seções. De maneira a exemplificar as figuras que serão apresentadas, cada retângulo que possui um diamante representa um indivíduo, os retângulos com um círculo em sua parte interna são as classes principais dos padrões de metadados utilizados. As propriedades de objetos que descrevem as ligações entre os indivíduos são representadas por linhas tracejadas com um triângulo no centro, onde a parte ponte-aguda representa especializações do indivíduo mais próximo a parte plana. A variação na coloração da linha tracejada representa propriedades com características diferentes. As propriedades de dados não serão apresentadas nas referidas figuras mas podem ser consultadas através da URI de cada objeto.

## 5.2.1 Objetos de Aprendizagem

### 5.2.1.1 *Ramis*

A figura 5.12 ilustra a estrutura de indivíduos do OA *Ramis*. Como pode ser observado a indicação de número **1** está sobre o indivíduo nomeado *Ramis*, o indivíduo principal; A indicação de número **2** representa a propriedade de objeto *hasRequirement*; A indicação de número **3** representa a propriedade de objeto *hasPlatformSpecificFeatures*; A indicação de número **4** representa a propriedade de objeto *hasSpecificRequirement*; A indicação número **5** representa a propriedade de objeto *hasSpecificOrComposite* e por fim a indicação de número **6** representa a propriedade de objeto *hasOrComposite*.



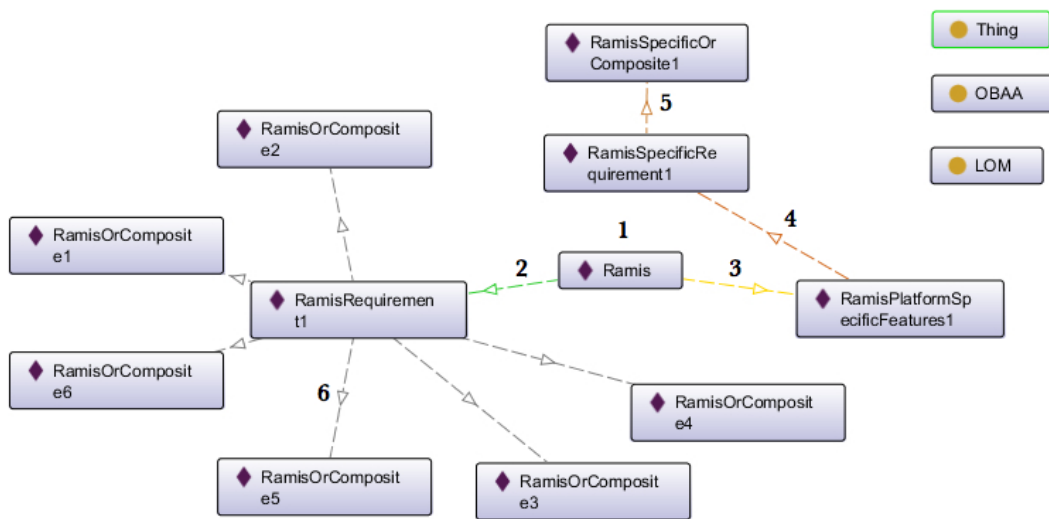


Figura 5.12: Composição de indivíduos do OA Ramis

#### 5.2.1.2 Outras Infâncias

A figura 5.13 ilustra a estrutura de indivíduos do OA Outras Infâncias. A indicação de número 1 representa o indivíduo principal; A indicação de número 2 representa a propriedade de objeto *hasLifeCycleContribute*; A indicação de número 3 representa a propriedade *hasEducational*; A indicação de número 4 representa a propriedade *hasPlatformSpecificFeatures*; A indicação de número 5 representa a propriedade *hasSpecificRequirements*; A indicação de número 6 representa a propriedade *hasSpecificOrComposite*; A indicação de número 7 representa a propriedade *hasRequirement* e por fim a indicação de número 8 representa as propriedades *hasOrComposite*.

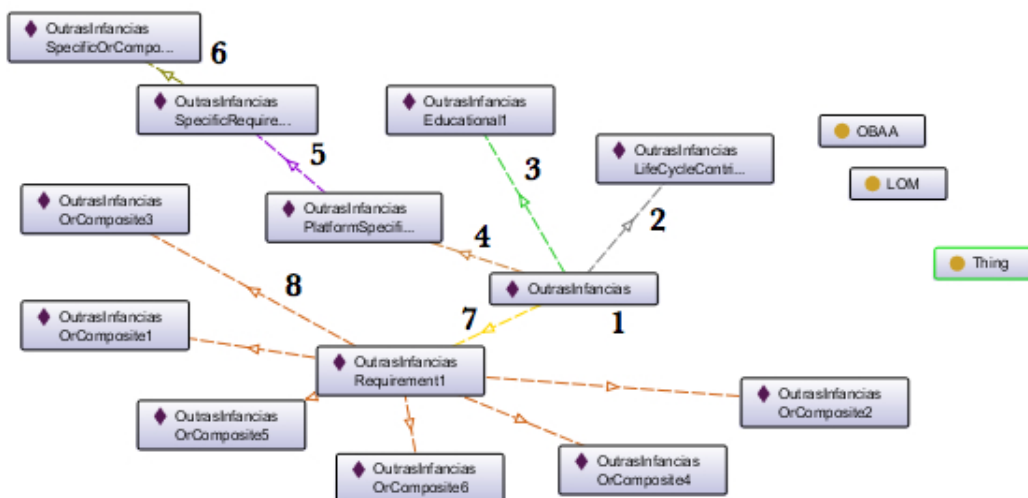


Figura 5.13: Composição de indivíduos do OA Outras Infâncias

### 5.2.1.3 Viva Saudável

A figura 5.14 ilustra a estrutura de indivíduos do OA Viva Saudável. A indicação de número **1** representa o indivíduo principal; A indicação de número **2** representa a propriedade *hasPlatformSpecificFeatures*; A indicação de número **3** representa a propriedade *hasRequirement*; A indicação de número **4** representa a propriedade *hasSpecificRequirement*; A indicação de número **5** representa a propriedade *hasSpecificOrComposite* e por fim a indicação de número **6** representa a propriedade *hasOrComposite*.

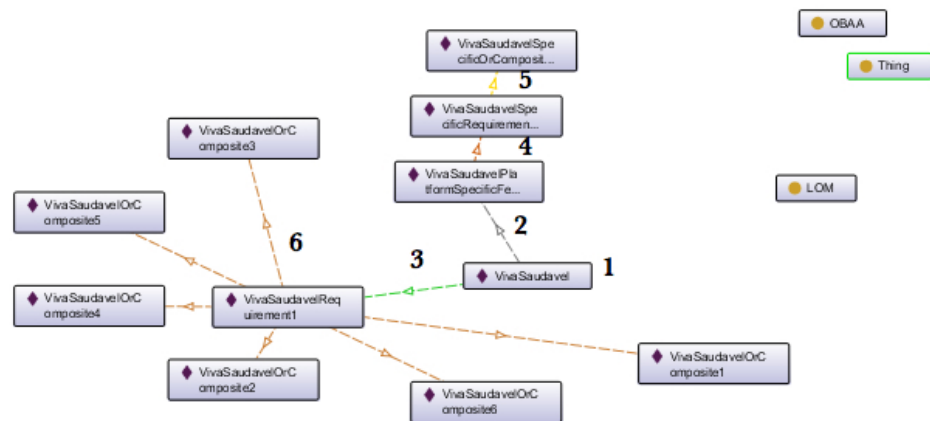


Figura 5.14: Composição de indivíduos do OA Viva Saudável

### 5.2.1.4 De Onde Vem a TV

A figura 5.15 ilustra a estrutura de indivíduos do OA De Onde Vem a TV. A indicação de número **1** representa o indivíduo principal; A indicação de número **2** representa a propriedade *hasplatformspecificFeatures*; A indicação de número **3** representa a propriedade *hasSpecificRequirement*; A indicação de número **4** representa a propriedade *hasSpecicOrComposite*; a indicação de número **5** representa a propriedade *hasRequirement* e por fim a indicação de número **6** representa a propriedade *hasOrComposite*.

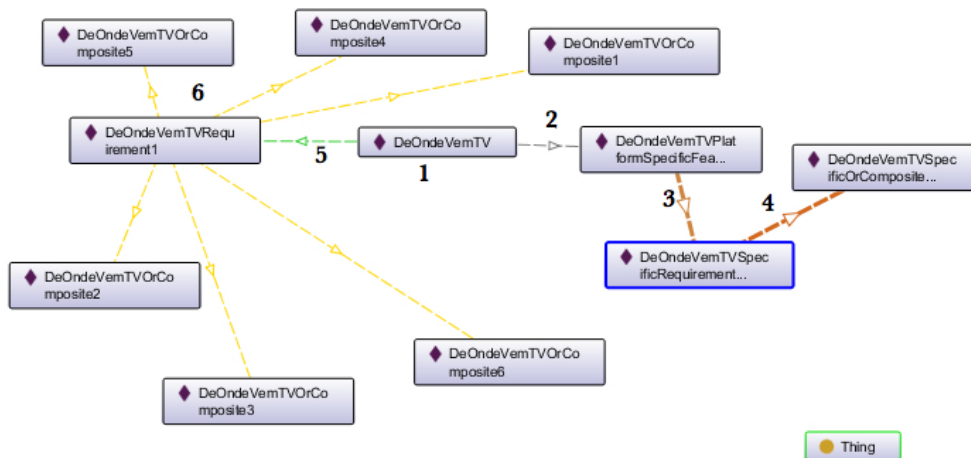


Figura 5.15: Composição de indivíduos do OA De Onde Vem a TV

5.2.1.5 Tv Educativa

A figura 5.16 ilustra a estrutura de indivíduos do OA Tv Educativa. A indicação de número **1** representa o indivíduo principal; A indicação de número **2** representa a propriedade *hasPlatformSpecificFeatures*; A indicação de número **3** representa a propriedade *hasSpecificRequirement*; A indicação de número **4** representa a propriedade *hasSpecificOrComposite*; A indicação de número **5** representa a propriedade *hasRequirement* e por fim a indicação de número **6** representa a propriedade *hasOrComposite*.

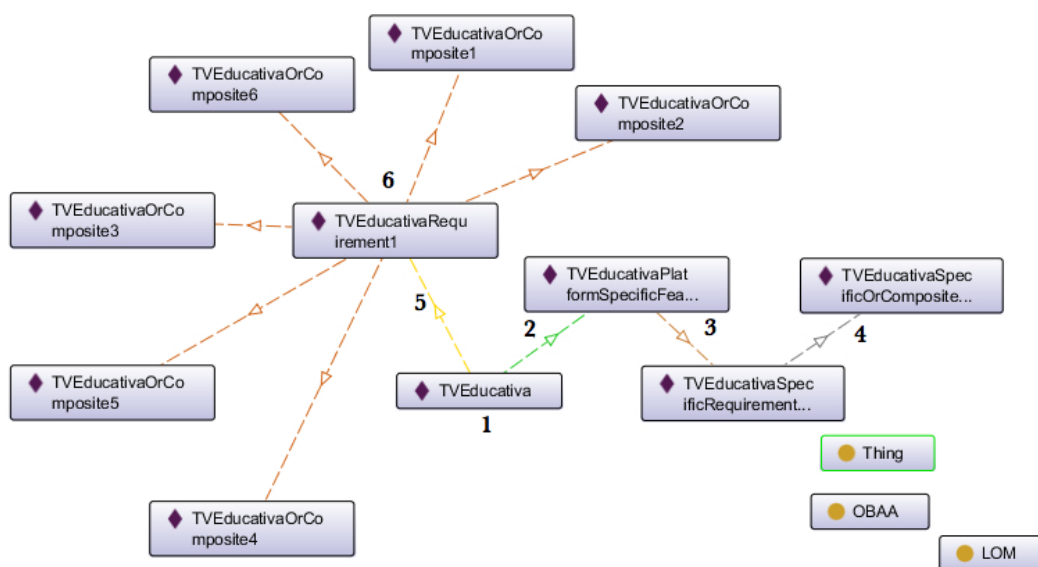


Figura 5.16: Composição de indivíduos do OA TV Educativa

## 5.2.2 Usuários

Os relacionamentos que compõem os indivíduos que descrevem algum usuário pode ser observada com o exemplo apresentado na figura 5.17. A flexibilidade e semântica da representação depende das propriedades e ontologias utilizadas.

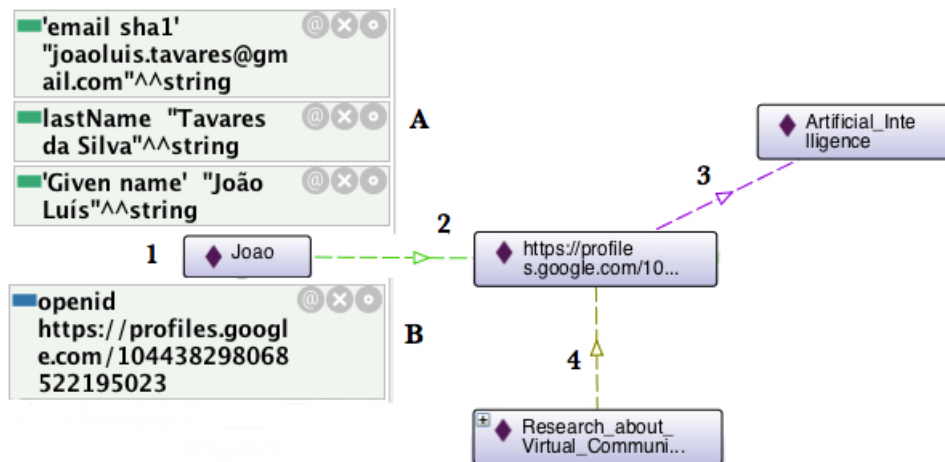


Figura 5.17: Composição de indivíduos e propriedades de um Usuário Fictício

Considerando a figura 5.17, a indicação de número **1** representa o indivíduo *Joao*. Associado a este indivíduo existem propriedades de dados que descrevem algumas informações pessoais, como representado pela indicação **A**, e uma propriedade de objeto representada pela indicação **B** e **2** para a associação com o indivíduo *https://profiles.google.com/10...*

Tal representação indica que um indivíduo que carrega informações pessoais pode ser associado a outro indivíduo que então é utilizado como referência para outras aplicações da Web Semântica, ou até mesmo um identificador único para o usuário *Joao*.

Continuando no exemplo, a indicação de número **3** tem uma associação com o indivíduo *Artificial\_Intelligence*. E a marca de número **4** indica uma relação do indivíduo *Research\_about\_Virtual\_Communi* com o indivíduo *https://profiles.google.com/10...*

A indicação **3** pode representar algum interesse, área de conhecimento, competência entre outros. A interpretação depende das características que foram descritas junto ao indivíduo *Artificial\_Intelligence* e da propriedade **3**. A indicação **4** pode descrever uma relação onde associa-se alguma autoridade no assunto, a presença em algum tópico, autoria de textos entre outros. A semântica é determinada pelas características do indivíduo *Research\_about\_Virtual\_Communi* e da propriedade **4**.

## 5.2.3 Relacionamentos dos Usuários

Além de descrever as características e interesses dos usuários se faz necessária a descrição das suas interações em um ambiente, principalmente em um ambiente dinâmico e distribuído. Tais tipos de relações são referidas como registros de colaboração, sendo exemplificados com auxílio da figura 5.18.

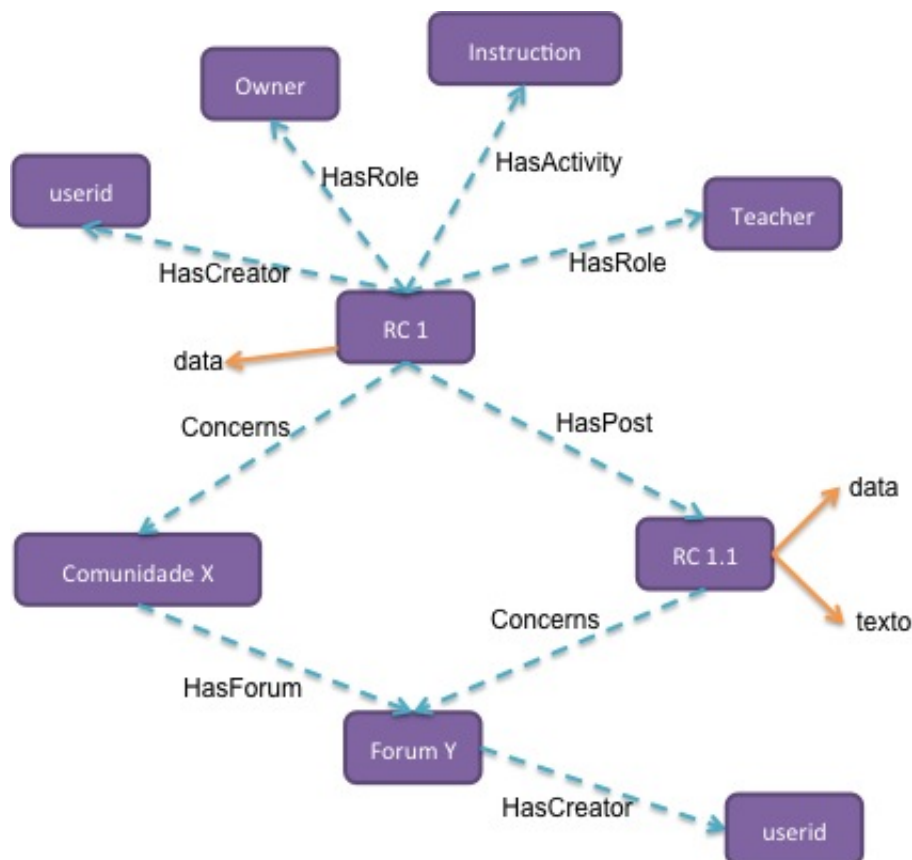


Figura 5.18: Composição de indivíduos e propriedades de um Registro de Colaboração

Tendo como base a figura 5.18, os retângulos representam indivíduos, linhas pontilhadas propriedades de objetos e as planas propriedades de dados. O indivíduo *RC 1* representa um registro de colaboração, este está relacionado através da propriedades de objeto *HasCreator* ao indivíduo *userid* como forma de representar o usuário que o criou; A propriedade *HasRole* associada ao indivíduo *Owner* e ao indivíduo *Teacher* como maneira de representar o papel assumido por este usuário neste Registro e Colaboração; A propriedade *Concerns* descreve que este registro de colaboração está relacionado a alguma comunidade de prática representada pelo indivíduo *Comunidade X*.

Ainda tendo como base o indivíduo *RC 1* o mesmo está relacionado através da propriedade *HasPost* com o indivíduo *RC 1.1*, tal relação serve para descrever relacionamos como outros registros de colaboração que sejam relacionados e descreve a ação de uma postagem; A relação através da propriedade *Concerns* representa que o indivíduo *RC 1.1* está relacionado a algum fórum em específico representado pelo indivíduo *Forum Y* sendo o mesmo relacionado através da propriedade *HasCreator* com o indivíduo *userid* descrevendo que o criador do fórum de discussão foi *userid* e que *Forum Y* foi apontado pela propriedade *HasForum* pelo indivíduo *Comunidade X*.

Além dos relacionamentos através de propriedades de objetos, as propriedades de dados podem ser utilizadas para armazenar datas, postagens específicas ou demais informações pertinentes ao domínio de aplicação e ao registro de colaboração.

### 5.3 Raciocínio

O raciocínio é realizado através dos mecanismos de inferência baseados na lógica descritiva. A premissa para o seu funcionamento se faz presente na definição de axiomas junto as classes e propriedades. Tais axiomas possibilitam a realização de inferências sobre os indivíduos. Não apenas restrito a isto, existe também a verificação de consistência na descrição dos indivíduos quanto a descrição.

Mecanismos de inferência como, por exemplo, Hermit<sup>3</sup> e Pellet<sup>4</sup> possibilitam que seja identificada e justificada alguma inconsistência. Tal característica é de útil quando lida-se com a descrição de OA's que devem seguir rigorosamente algum padrão de metadados. As facilidades vão deste a verificação do tipo de conteúdo até a cardinalidade quanto ao preenchimento das informações.

A alternativa deste trabalho para utilizar de raciocínio emprega a nomenclatura de perfis de aplicação. É comum quando se trabalha com metadados tal nomenclatura, a qual, passa a ser utilizada apenas com o intuito de delimitar subconjuntos de metadados. Neste contexto o perfil de aplicação armazena conhecimentos relacionados a aspectos referentes a algum domínio de aplicação possibilitando a adoção de mecanismos de inferência.

Perfis de aplicação podem ser utilizados para realizar inferências sobre os OA's e os usuários. Tal característica pode ser utilizada para explorar recomendações considerando contextos específicos. Dentre os perfis de aplicação desenvolvidos, menciona-se o OBAA Core que foi desenvolvido por SILVA; VICARI (2011), DTV que é um dos perfis propostos pelo padrão OBAA para conteúdos educacionais compatíveis com a TV digital (SIMIONI et al., 2009) e o perfil VideAula@RNP.

#### 5.3.1 OBAA Core

O perfil de aplicação OBAA Core (SILVA; VICARI, 2011), foi desenvolvido com o intuito de reunir o menor e mais eficiente conjunto de metadados e práticas para a descrição de objetos de aprendizagem com o padrão OBAA. A classe OBAA-CORE é composta pelo axioma apresentado na figura 5.19.



Figura 5.19: Classes do Perfil OBAA Core

Da mesma maneira que pode-se verificar os motivos que levaram a alguma inconsistência frente a descrição de algum indivíduo é possível verificar os motivos que levaram o mesmo a ser inferido por algum perfil de aplicação. Desta forma a figura 5.20 ilustra um conjunto de indivíduos referentes ao OA chamado OutrasInfancias que foi inferido por este perfil por conter propriedades relacionadas aos axiomas que descrevem o mesmo.

<sup>3</sup><http://www.hermit-reasoner.com/>

<sup>4</sup><http://clarkparsia.com/pellet/>



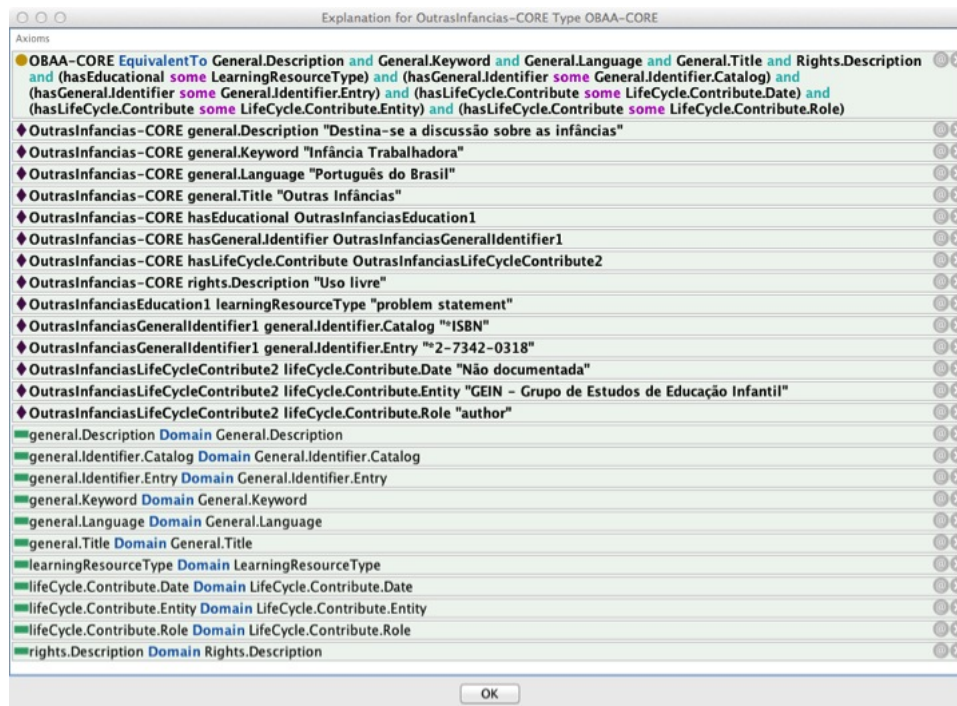


Figura 5.20: Explicação da Inferência do indivíduo ao Perfil OBAA Core

### 5.3.2 DTV

O Perfil DTV (SIMIONI et al., 2009) faz parte do padrão OBAA e delimita aspectos relacionados a construção de OA's compatíveis com a Tv Digital. Além disto, a importância de tal perfil pode ser observada nos trabalhos de CHEN (2002) e CURTIS et al. (2002) onde são apresentados diversos aspectos que devem ser considerados quando lida-se com aprendizado direcionado a dispositivos móveis.

Para descrever este perfil de aplicação foi necessária a descrição de uma cadeia de propriedades<sup>5</sup>. Uma cadeia de propriedades permite descrever que alguma propriedade é composta por um conjunto de outras propriedades. A figura 5.21 apresenta alguns exemplos de cadeias de propriedades.

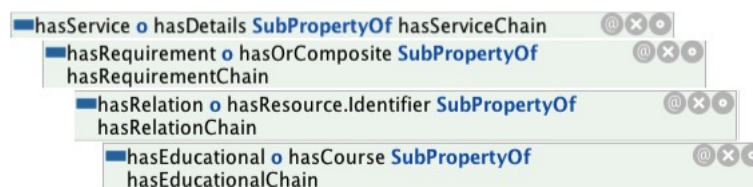


Figura 5.21: Cadeias de Propriedades (*chains*)

Tendo em vista a figura 5.21, interpreta-se que *hasServiceChain* é uma propriedade composta por *hasService* e *HasDetails*; *hasRequirementChain* é composta por *hasRequirement* e *hasOrComposite* e assim por diante.

A utilização das cadeias permite que os indivíduos descritos com as propriedades mencionadas, por inferência, sejam associados a propriedade que descreve a cadeia. Con-

<sup>5</sup>Cadeias de propriedades são disponíveis na OWL 2

siderando que a propriedade que descreve a cadeia faça parte do axioma do perfil de aplicação, o indivíduo, por transitividade passa a ser inferido como parte da classe.

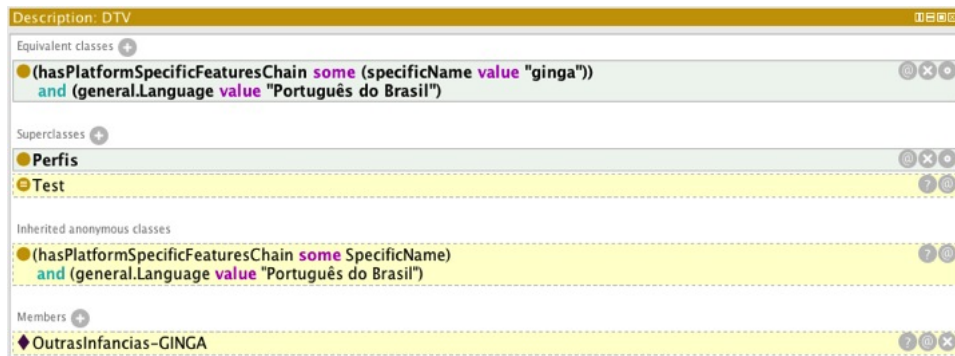


Figura 5.22: Exemplo de Inferência Perfil DTV

Considerando isso, o axioma que compõe o perfil DTV, bem como, o exemplo da inferência mencionada pode ser visualizado na figura 5.22. A propriedade *hasPlatformSpecificFeaturesChain* é uma cadeia composta pelas propriedades *hasPlatformSpecificFeatures* e *hasSpecificRequirement*. A presença de tais propriedades na composição do indivíduo *OutrasInfancias-INGA* fez com que o mesmo passasse a ser inferido pela classe que representa o perfil OBAA-DTV.

### 5.3.3 VideoAula@RNP

O Perfil VideoAula@RNP foi descrito em conjunto ao referido projeto. Os desafios encontrados em sua elaboração foram relacionados a delimitação de metadados educacionais e técnicos de maneira a contemplar os aspectos inerentes a tal domínio.

Pelo fato de existir um volume significativo de metadados que foram delimitados, o axioma que compõe a classe do perfil de aplicação ficou bastante extenso. Tal axioma pode ser visualizado na figura 5.23.



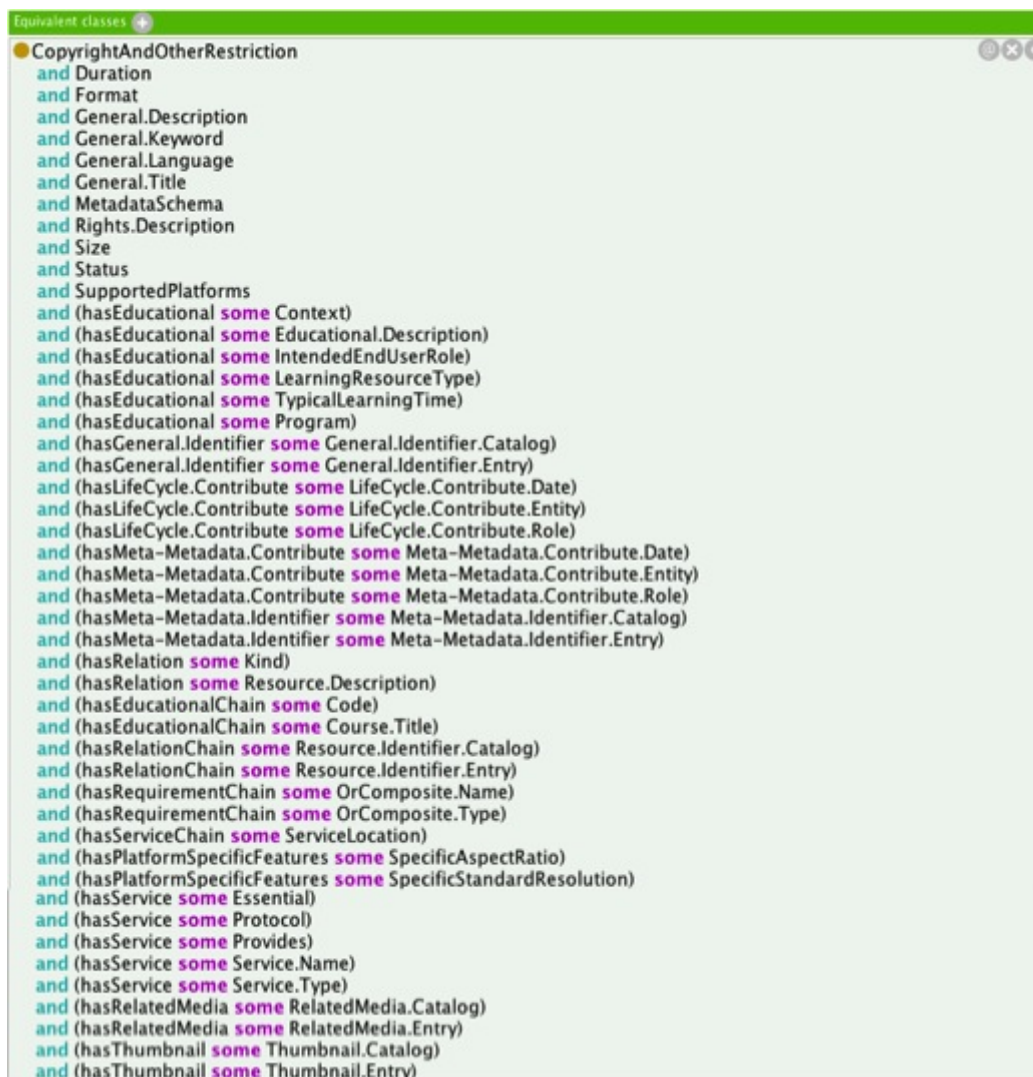


Figura 5.23: Classes do Perfil VideoAula@RNP

## 5.4 Acesso

Os testes de acesso que foram realizados utilizaram do repositório OBAA<sup>6</sup>. Tal repositório é construído com a tecnologia DSpace. Tal fato faz com que precise-se levar em consideração os seguintes aspectos:

1. Em sua implementação, originalmente o padrão de metadados é *Dublin Core*;
2. A interface de comunicação com outros repositórios é OAI-PMH

De acordo com o item 1, as dificuldades de adaptação da ferramenta DSpace para que seu conjunto de metadados básico utilizasse o padrão OBAA são exploradas no trabalho de SCHWARZ et al. (2013), e são basicamente relacionadas ao fato de que o OBAA é um padrão hierárquico. Para lidar com o item 2, os estudos partiram por duas frentes.

<sup>6</sup><http://repositorio.portalobaa.org>

A primeira delas poderia ser a utilização da própria interface OAI-PMH para realizar a recuperação dos conteúdos existentes no repositório. Tal abordagem, na visão dos autores, não iria confrontar os conceitos da WS, já que tal protocolo foi desenvolvido com o objetivo de possibilitar o compartilhamento de conteúdos educacionais em um ambiente *web*.

A busca por outra alternativa foi direcionada pela necessidade em buscar flexibilidade quanto a realização das consultas aos OA's. Atualmente em sua versão 2.0, tal protocolo possibilita seis tipos de requisições, em termos técnicos seriam os *verbs* de uma requisição. Os tipos são:

- *Identify*  
possibilita recuperar informações sobre um recurso.
- *ListMetadataFormats*:  
possibilita recuperar informações relacionadas aos schemas de metadados disponíveis para o recurso.
- *ListSets*:  
possibilita recuperar a estrutura de um repositório.
- *ListIdentifiers*:  
possibilita recuperar os identificadores únicos dos recursos.
- *ListRecords*:  
possibilita recuperar os recursos do repositório.
- *GetRecord*:  
possibilita a recuperação dos metadados de algum recurso em específico.

Embora tais tipos de requisição sejam suficientes para a recuperação de OA's, requisições que possibilitassem recuperar os mesmos considerando aspectos específicos como por exemplo: "Existem OA's com o estilo de aprendizagem visual?", não são contempladas de maneira trivial por tal protocolo devido as suas características.

A proposta de acesso e recuperação busca garantir flexibilidade em termos de consultas para a recuperação dos OA's, devido a isto, a segunda frente explora a utilização de serviços web. Tais serviços funcionam como pontos de acesso a informações sendo independentes de implementação tendo sua utilização baseada em um protocolo.

Devido as características deste trabalho, serviços web baseados no protocolo de comunicação REST foram a opção adotada. Além disto, busca-se também que tais serviços sejam compatíveis com a linguagem de consulta SPARQL<sup>7</sup>. Tal linguagem de consultas é compatível com arquivos no formato OWL, bem como, possibilita a construção de consultas em uma linguagem parecida com a SQL.

A utilização do SPARQL possibilita utilizar a internet como um grande repositórios de conteúdos, desde que, os mesmos estejam devidamente descritos e relacionados através de propriedades RDF. Para que este objetivo seja atingido, seria necessária uma solução que possibilitasse a utilização dos atuais repositórios de conteúdos educacionais no ambiente da WS.

Para que esse objetivo seja atingido, duas questões se tornam cruciais:

---

<sup>7</sup><http://www.w3.org/2009/Talks/0615-qbe/>

- Seria possível realizar a migração dos repositórios DSpace para a WS?
- Como realizar o armazenamento destes recursos utilizando da WS?

Considerando a questão de número um, os testes realizados consistiram do uso de uma extensão que desse suporte REST ao DSpace<sup>8</sup>. Tal extensão possibilita a recuperação dos conteúdos do repositório através de uma URI<sup>9</sup>. Esta URI recupera todos os conteúdos de uma única vez no formato JSON não possibilitando a utilização de consultas no formato SPARQL. Uma solução que contemple ambas características não foi encontrada durante as pesquisas realizadas por este trabalho.

Utilizar tal extensão não resolve o problema, mas funciona como um etapa preliminar, onde realizar um processo de conversão automática de tais conteúdos para o modelo proposto neste trabalho, que considera um OA como indivíduo de  $N$  ontologias, e armazena-lo em um repositório de triplas seria a alternativa a ser explorada.

O processo de conversão não é trivial e levou as seguintes observações:

- o DSpace tem um seu modelo padrão uma estrutura plana, derivada do padrão Dublin Core. Seus metadados não são hierárquicos;

mesmo que seja adotado um padrão de metadados hierárquico junto a seu schema de metadados, adaptações na sua interface e codificação se fazem necessárias. Tais adaptações visam manter a semântica no momento da recuperação dos conteúdos. Por exemplo: Considerando o padrão LOM e sua árvore de metadados, o metadado *Educational* pode ser utilizado até 100(cem) vezes, sendo que, as informações de cada utilização são distintas entre si. Se no momento da recuperação isto não estiver devidamente codificado, a tendência é que o OA apresente inconsistências quanto a informação descrita. Metadados que possibilitem esta agregação de metadados seria uma possível solução.

atualmente a solução encontrada utiliza de regras de conversão específicas para o domínio referente ao repositório OBAA, não sendo uma solução definitiva, funciona com a análise individual de conteúdos com o objetivo de extrair regras que possibilitem a migração automática. Por exemplo: Ordem de leitura dos metadados.

- atualizações para novas versões;

todo o esforço na modificação do código do repositório pode ser perdido no momento de uma atualização a uma versão mais recente. Este é o principal problema na utilização da extensão REST, não se tem certeza de sua continuidade.

A etapa de migração se mostrou custosa principalmente com os recursos descritos através de metadados hierárquicos, onde além de serem necessárias análises manuais por um especialista para determinar a semântica na descrição de alguns OA's, repositórios grandes podem inviabilizar o processo.

Uma vez superados estes problemas, a utilização de repositórios de triplas<sup>10</sup> possibilita a realização de consultas em SPARQL, bem como, a comunicação através do protocolo REST.

<sup>8</sup><https://wiki.duraspace.org/display/DSpace/REST+API>

<sup>9</sup><http://repositorio.portalobaa.org/dspace-rest-1.8.2/items.json>

<sup>10</sup>[http://www.w3.org/wiki/LargeTripleStores#AllegroGraph\\_.281.2BTrillion.29](http://www.w3.org/wiki/LargeTripleStores#AllegroGraph_.281.2BTrillion.29)



foram descritos perfis de aplicação, que através de axiomas sobre classes e propriedades delimitam indivíduos com características específicas.

Foram descritos três perfis de aplicação OBAA Core, DTV e VideoAula@RNP. Tais perfis inferiram às suas classes principais indivíduos apenas com as características definidas em seus axiomas. Exemplos de inferência, realizadas com auxílio da ferramenta protégé podem ser visualizados na figura 5.5 onde a classe Perfis destacada por um retângulo tem associada quatro indivíduos de teste ressaltados abaixo do círculo com o sinal de positivo. Interpreta-se que estes indivíduos pertencem ao menos a uma das subclasses de Perfis.

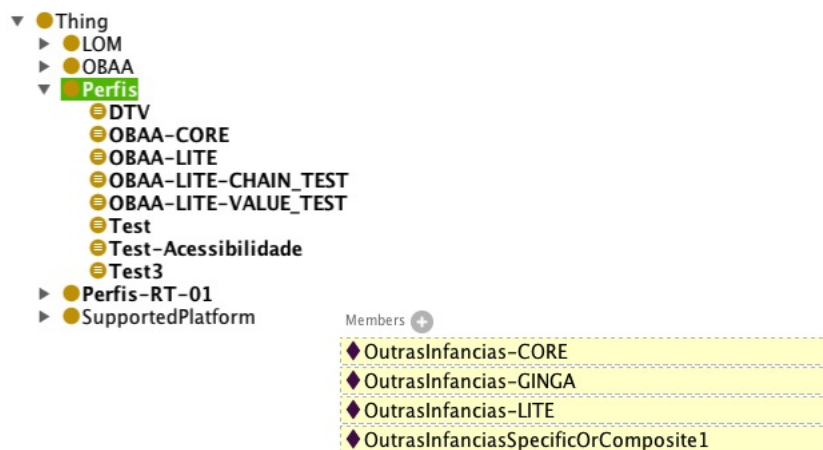


Figura 5.25: Inferência de Indivíduos a classe Perfis

As contribuições relacionadas ao acesso apresentaram um estudo sobre a utilização e migração do repositório de conteúdos educacionais OBAA, atualmente implementado com a tecnologia DSpace, para um ambiente baseado na Web Semântica. São apresentadas as dificuldades desta migração, as alternativas exploradas para contornar tais dificuldades e por fim a proposta de utilização com um repositório de triplas.

A utilização de tal tipo de repositório seria a alternativa mais apropriada quando lidamos com os conceitos de conteúdos distribuídos propostos neste trabalho, mas, considerando que não deve-se descartar os diversos repositórios de conteúdos educacionais já existentes e toda a sua estrutura já popularizada entre diversas instituições de ensino, sugere-se, através dos estudos realizados, a adoção de tais repositórios com cautela já que os mesmos, apesar de realizar inferências e relacionamos de maneira eficaz, ainda não são populares na área educacional.

No próximo capítulo, serão apresentadas as atividades e produtos referentes a **Etapa D Análise**.

## 6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho incorporou diversas área de pesquisa com o objetivo de propor uma solução que atendesse a proposta de um método para a descrição de conhecimento baseado em ontologias que apoiem SR educacionais. O Objetivo geral, como recuperado da introdução é:

*Propor uma alternativa para a descrição e armazenamento de objetos de aprendizagem e perfis de usuários através de ontologias de maneira a possibilitar a recomendação dos mesmos através de um método de raciocínio sobre estas informações.*

Para atingir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- *E1 realizar o levantamento bibliográfico sobre Sistemas de Recomendação e educação;*
- *E2 definir um método que possibilite a utilização e reutilização das informações presentes em sistemas educacionais e a futura troca de informações entre os mesmos;*
- *E3 propor um método para descrição, armazenamento e recuperação dos conteúdos educacionais e seus relacionamentos entre usuários e outros conteúdos educacionais de maneira a apoiar os Sistemas de Recomendação.*

Considerando isto, neste capítulo cada seção retomará as atividades propostas nos objetivos específicos, seguido pelos desafios de pesquisa e então uma breve consideração final.

### 6.1 Objetivo Específico E1

O Objetivo específico E1 foi *Realizar o levantamento bibliográfico sobre Sistemas de Recomendação e educação*. Esta etapa foi caracterizada pelo arcabouço teórico e delimitação dos projeto de pesquisa que fizeram parte do presente trabalho. Considerando a figura 1.1 este objetivo está relacionado a etapa A, Teórica.

Projetos de pesquisa como o Projeto OBAA que visa o desenvolvimento de um padrão de metadados para OA's no domínio brasileiro, *Framework* de Comunidades de Prática que visa o interligar usuários e suas comunidades através de um modelo ontológico e *VideoAula@RNP* que visa a descrição de vídeos que auxiliem o processo de aprendizagem foram apresentados, bem como, sua relação com o presente trabalho.

Além dos projetos de pesquisa, também foi apresentado o conjunto de áreas de conhecimento que contemplaram o núcleo teórico do presente trabalho. Dentre estas, o Perfil

de Usuário; Objetos de Aprendizagem; Contexto; Ontologias; Web Semântica e Sistemas de Recomendação.

Optar por tais áreas para compor a base do presente trabalho foi uma decisão baseada na observação frente o atual contexto das pesquisas relacionadas a recomendação para domínios educacionais. O trabalho de ADOMAVICIUS; KWON (2007) apresenta que os desafios presentes na área de SR estão relacionados ao uso da WS e a expansão para outros domínios, dentre eles o educacional. Tal domínio carece de SR apropriados as suas características (SANTOS; BOTICARIO, 2010).

O domínio educacional aponta para carências em suas aplicações atuais <sup>1</sup> sendo que a utilização das tecnologias da WS foram apontadas alternativa a suprir esta carência (DICHEVA, 2008).

As tecnologias da WS gradualmente adquirem maturidade com a popularização de aplicações na internet e a necessidade de compartilhamento de tais informações. A utilização de ontologias possibilita flexibilidade na descrição do conhecimento interpretável por máquina, sendo que desafio realizado neste trabalho é de propor um conjunto de métodos para a descrição das mesmas, principalmente no domínio educacional.

As áreas de Contexto e Perfil de Usuário, são na opinião dos autores, fundamentais para que se obtenha melhores resultados dos SR para o domínio educacional. Embora experimentos com usuários sejam necessários para comprovar tal hipótese, infere-se que em situações de uso real, onde estudantes ou professores podem assumir diferentes papéis dentro do processo de aprendizagem, sistemas que possam identificar tais papéis e sugerir conteúdos conforme tal informação seja o diferencial frente as aplicações atuais.

Buscar por este diferencial parte inicialmente da definição da base de conhecimento. Diferente dos trabalhos de PRAKASH; KUTTI; SAJEEV (2010), DRACHSLER; HUMMEL; KOPER (2009) ou DICHEVA (2008) o presente trabalho não focou apenas na utilização de ontologias, mas sim, delimitando o conjunto de práticas que possibilitem a descrição de OAs, usuários, os relacionamentos entre os mesmos, a utilização de inferência ontológica e uma proposta de comunicação entre aplicações educacionais apoiadas as técnicas da WS.

## 6.2 Objetivo Específico E2

O Objetivo Específico E2 foi: *Definir um método que possibilite a utilização e reutilização das informações presentes em sistemas educacionais e a futura troca de informações entre os mesmos.* Considerando a figura 1.1, atividades das etapas B e C foram contempladas.

Foi apresentada uma proposta para lidar com a comunicação entre aplicações educacionais. Para isto foi apresentado um conjunto de práticas apoiadas nas tecnologias da Web Semântica.

Na prática foi proposta a utilização de *Web Services* como base para a comunicação entre as aplicações educacionais. Utilizar esta abordagem contextualiza o presente trabalho na tendência atual das aplicações voltadas a Web Semântica.

A vantagem de se utilizar *Web Services* está na possibilidade de se manter uma padrão para a comunicação entre as aplicações e dispositivos heterogêneos. Desta forma independente da arquitetura utilizada as troca de dados, informações e funcionalidades se realiza através de APIs.

---

<sup>1</sup>The Engineering Education Report

### 6.3 Objetivo Específico E3

O Objetivo Específico E3 foi: *Propor um método para descrição, armazenamento e recuperação dos conteúdos educacionais e seus relacionamentos entre usuários e outros conteúdos educacionais de maneira a apoiar os Sistemas de Recomendação.* Conforme a figura 1.1 tal objetivo contempla atividades presentes nas etapas B e C.

As etapas e atividades envolveram o proposta de representação de conhecimento onde foi apresentada a alternativa para a descrição de OAs, usuário e seus relacionamentos como indivíduos de ontologias na linguagem OWL. Também foi apresentada a proposta que permite a descrição de perfis de aplicação para realizar raciocínio semântico baseado na lógica descritiva.

De acordo com os trabalhos apresentados no capítulo 3, nenhum dos trabalhos pesquisados propôs tal alternativa apoiada por um processo de engenharia do conhecimento visando a flexibilidade quanto a utilização de algoritmos de recomendação. Ressalta-se que a base para o funcionamento está na conversão dos usuários, OAs e relacionamentos em indivíduos de ontologias.

O método proposto delimita o fluxo no qual as informações devem percorrer para então prover o resultado do processo de recomendação. Este fluxo é iniciado pela escolha, por parte do desenvolvedor, do algoritmo de recomendação. A única restrição é relacionada ao fato de que usuários e OAs devem estar descritos através de metadados que possibilitem o processo de raciocínio e inferência sobre as informações, isto então caracteriza a parte final do fluxo.

A metodologia para a descrição de ontologias foi inspirada na 101, proposta por NOY; MCGUINNESS (2002b). Esta qual utilizada pela ferramenta de edição de ontologias Protégé. Utilizar esta ferramenta auxiliou nos testes realizados neste trabalho, bem como, a mesma além de ser considerada a mais popular no presente momento para tal fim, possibilita a descrição de ontologias na linguagem OWL.

Com o objetivo a possibilitar a descrição destas ontologias, foi apresentado um conjunto de práticas que possibilitam: 1 - Migrar um padrão de metadados educacionais para uma ontologia; 2 - Definir restrições inerentes ao padrão metadados como axiomas de ontologias; 3 - Juntar ontologias, descritas com a mesma metodologia, de maneira a possibilitar maior capacidade de descrição de seus indivíduos; 4 - Possibilitar a descrição de axiomas que infiram indivíduos com características específicas; 5 - Verificar se os indivíduos estão corretamente descritas quanto a algum padrão de metadados e 6 - Possibilitar a descrição de OAs, Perfis de Usuário e Registros de Colaboração como indivíduos de tais ontologias. Fazer a utilização de ontologias para este fim não foi até então observado na literatura.

Foram apresentados diversos algoritmos de recomendação que, caso sejam utilizados em conjunto ao método proposto, podem se beneficiar do processo de raciocínio proposto neste trabalho.

### 6.4 Objetivo Geral

Neste trabalho o objetivo Geral foi *Propor uma alternativa para a descrição e armazenamento de objetos de aprendizagem e perfis de usuários através de ontologias de maneira a possibilitar a recomendação dos mesmos através de um método de raciocínio sobre estas informações.* Considerando a figura 1.1, serão apresentadas as considerações em relação a etapa D.



O capítulo 5.1 apresentou os resultados alcançados com o método proposto. Os contribuições foram apresentadas considerando quatro pilares: (1) - Conhecimento; (2) - Conteúdos; (3) - Raciocínio e, por fim, (4) - Acesso.

Levando em consideração o primeiro pilar, foram desenvolvidas quatro ontologias de acordo com o processo de engenharia de conhecimento proposto. Foram elas: OBAA; LOM; IMS Access For All e VideoAula@RNP. Estas forma publicadas em um servidor web e possuem sua documentação e URIs disponíveis para acesso<sup>2</sup>.

No segundo pilar foram apresentadas as descrições de cinco OA's como indivíduos das ontologias OBAA e LOM. Cada OAs foi apresentado como sendo composto por um conjunto de indivíduos, tal abordagem facilita no processo de reutilização de informações que sejam comuns a diferentes versões de um único OA. Por exemplo, o indivíduo, ou algum conjunto deles, que descrevam características gerais podem ser reutilizados por diferentes versões de um mesmo OA.

Ainda no grupo 2, foi apresentada a descrição de um usuário fictício, bem como, como seria o relacionamento deste usuário como OAs e outros usuários. Menciona-se também que cada usuário, e relacionamentos são compostos também por  $N$  indivíduos. Ressalta-se que os indivíduos foram descritos através de propriedades de dados e propriedades de objetos.

No terceiro pilar foi apresentado o processo de raciocínio proposto neste trabalho. Em suma o processo de raciocínio foi realizado através de mecanismos de inferência baseados na lógica descritiva. Para que a inferência lógica pudesse ser realizada foram apresentados três perfis de aplicação, OBAA Core, DTV e VideoAula@RNP. Cada um destes perfis de aplicação é composto por axiomas que inferiram OA's conforme suas características.

Por fim no quarto pilar, foram apresentados os estudos realizados sobre o acesso e armazenamento de OAs considerando o repositório DSpace, bem como, os desafios frente a utilização do modelo apresentado com tal modelo de repositório. Para lidar com isto, foi apresentada uma alternativa apoiada na utilização de um *Web Service* com a tecnologia *REST*.

## 6.5 Síntese e Desafios Futuros

As perspectivas de trabalhos futuros são extensas. A figura 6.1 ilustra síntese das tarefas realizadas no presente trabalho e aponta para os desafios de pesquisa futuros. Como pode ser observado, são ilustrados os quatro pilares previamente mencionados: Conhecimento; Conteúdo; Raciocínio e Acesso. Cada qual constituído por um conjunto de conceitos principais para o grupo e um símbolo. O símbolo similar a letra  $V$ , quando sozinho, destaca que a tarefa foi realizada por este trabalho, o triângulo com uma exclamação, quando sozinho, destaca que a tarefa é um desafio futuro e quando ambos aparecem em conjunto e destacam que a tarefa foi parcialmente realizada neste trabalho.

---

<sup>2</sup><http://gia.inf.ufrgs.br/ontologies>

Conhecimento	Método de descrição	✓
	Tornar disponível para reuso	✓
	Uso em larga escala	⚠
	Uso em diferentes domínios	⚠
Conteúdo	Descrever Oas	✓
	Descrever Usuários	✓
	Descrever Relacionamentos	✓
	Adaptar os que já existem para o presente modelo	✓ ⚠
	Uso Real	⚠
Raciocínio	Propor alternativa de raciocínio	✓
	Interface para usuários	✓ ⚠
	Desempenho com volume maior de indivíduos	⚠
	Usar a web para novas inferências de OAs e Usuários	⚠
Acesso	Proposta de comunicação apoiada a Web Semântica	✓
	Converter os OAs automaticamente ao presente método	⚠
	Usar repositórios de triplas	⚠
	Fazer utilização conjunta com apoio de Web Services	⚠
	Propor um vocabulário comum de comunicação através de serviços	⚠

Figura 6.1: Visão sobre os desafios futuros

Paralelo as pesquisas realizadas neste trabalho, algumas publicações foram realizadas em períodos e anais de conferências. Apresenta-las em conjunto a figura 6.1 nas próximas seções, junto aos desafios em aberto contemplam a continuidade do texto.

### 6.5.1 Conhecimento

Fazem parte desta seção, conforme o figura 1.1 os produtos relacionados foram: Método, Modelo de Usuário, Modelo de Conteúdo Educacional, Modelo para Raciocínio e Ontologias de Domínio. Para o escopo deste trabalho os referidos produtos contemplam as seguintes publicações:

BEZ, M. ; VICARI, R. M. ; SILVA, J. M. C. ; RIBEIRO, A. M. ; Gluz, J. C. ; Passerino, Liliana Maria ; SANTOS, É. R. ; **PRIMO, Tiago** ; ROSSI, L. ; BEHAR, P. ; Filho, R. ; ROESLER, V. . *Proposta Brasileira de Metadados para Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA)*. RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 8, p. 1-10, 2010.

BEZ, M. R. ; SILVA, J. M. C. ; SANTOS, E. R. ; **PRIMO, Tiago** ; BORDIGNON, A. . *Projeto OBAA: Uma abordagem com objetos de aprendizagem interoperáveis baseados na web e na televisão digital*. Informática na Educação (Impresso), v. 12, p. 119-126, 2009.

VICARI, R. M. ; RIBEIRO, A. M. ; SILVA, J. M. C. ; SANTOS, É. R. ; **Primo, T.T.** ; BEZ, M. R. . *Brazilian Proposal for Agent-Based Learning Objects Metadata Standard - OBAA*. In: 4th International Conference, MTSR 2010, 2010, Alcalá de Henares. Metadata and Semantic Research. New York : Springer Berlin Heidelberg, 2010. v. 108. p. 300-311.

VICARI, R. M. ; Gluz, J. C. ; PASSERINO, L. M. ; SANTOS, E. R. ; **Primo, T.T.** ; ROSSI, L. H. L. ; BORDIGNON, A. ; BEHAR, P. ; ROESLER, V. . *The OBAA Proposal for Learning Objects Supported by Agents*. In: Multi-Agent Systems for Education and Interactive Entertainment (MASEIE), 2010, Toronto. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS), 2010. v. 1. p. 43-46.

VICARI, R. M. ; Bez, M ; SILVA, J. M. C. ; RIBEIRO, A. M. ; Gluz, J. C. ; SANTOS, E. R. ; **PRIMO, T.T.** ; BORDIGNON, A. . *Proposta de Padrão de Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA)*. In: Latin American Conference on Learning Objects, 2010, São Paulo. Latin American Conference on Learning Objects ( LACLO), 2010.

Bez, M ; SILVA, J. M. C. ; SANTOS, E. R. ; **PRIMO, Tiago** ; BORDIGNON, A. . *OBAA project: An approach to interoperable learning objects based on Web and digital television*. In: 9th IFIP World Conference on Computers in Education, 2009, Bento Gonçalves. Proceedings of the 9th WCCE, 2009.

**PRIMO, T.T.** ; RIBEIRO, A. M ; SILVA, J.L.T; BOFF, E. ; VICARI, R. *Towards Ontological Profiles in Communities of Practice* IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine. 2012

RIBEIRO, A. M ; SILVA, J.L.T; BOFF, E. ; **PRIMO, T.T.** ; VICARI, R. *A Reference Profile Ontology for Communities of Practice*. International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies. 2012

Behr, A ; **Primo, T.T.** ; VICARI, R. . *An Ontology for the OBAA Metadata Standard*. In: SBIE 2012, 2012, Rio de Janeiro. Anais do 23 Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2012. v. 1.

Considerando a figura 6.1, as observações relacionadas aos: Método de Descrição e Tornar disponível para reuso; foram realizadas neste trabalho, provendo ontologias e suas devidas URIs conforme as práticas de engenharia de ontologias e técnicas da Web Semântica.

Cabe como trabalho futuro realizar a utilização de tais ontologias em um sistemas educacionais, de maneira a mensurar seu desempenho em casos de uso reais, para isto, prevê-se a utilização junto ao Uso em larga escala. Situações que constituam uma massa crítica de usuários fazendo uso das arquiteturas computacionais atualmente existentes.

Considerando que o presente trabalho visa flexibilidade na descrição dos elementos que compõem o processo de recomendação educacional, outra perspectiva de trabalho futuro prevê o Uso em diferentes domínios, como por exemplo: Medicina, Ensino Básico, Pós Graduação em Ciência da Computação entre demais. O processo de engenharia de conhecimento previsto para isto será importante para a evolução do método proposto neste trabalho.

Ainda considerando o Uso em diferentes domínios, analisar e desenvolver aplicações que permitam também a usuários comuns, como por exemplo professores do ensino básico descreverem suas próprias ontologias para seus domínios, também é um desafio que merece menção.

## 6.5.2 Conteúdo

Fazem parte desta seção, conforme o figura 1.1, os seguintes produtos relacionados: Usuários, OAs e seus relacionamentos como indivíduos. Para o escopo deste trabalho os referidos produtos incorporam as seguintes publicações:

**PRIMO, T.T.**; VICARI, R.M *User Profiles and Learning Objects as Ontology Individuals to Allow Reasoning and Interoperability in Recommender Systems*. IEEE Engineering Education Conference, EDUCON 2012

Silva, J.L.T. ; RIBEIRO, A. M. ; BOFF, E. ; **PRIMO, T.T** ; VICARI, R. M. . *A Reference Ontology for Profile Representation in Communities of Practice*. In: Metadata and Semantics Research Conference, 2011. Fifth Metadata and Semantics Research Conference (MTRS 2011). v. 1.

**Primo, T.T** ; VICARI, R. M. ; SILVA, J. M. C. . *Rumo ao Uso de Metadados Educacionais em Sistemas de Recomendação*. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE 2010, 2010, João Pessoa. XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2010.

Considerando a figura 6.1, as observações relacionadas a: Descrever Oas; Descrever Usuários; Descrever Relacionamentos foram realizadas neste trabalho. Adaptar os já existentes OAs e perfis de usuários ao presente modelo foi parcialmente realizada, já que, apenas alguns OAs foram convertidos, bem como, apenas um usuário e um conjunto de relacionamentos, considerando uma situação complexa de uso, foi também descrito.

Como desafio futuro pretende-se desenvolver um serviço que crie e manipule indivíduos em um sistema de aprendizado. Tal tarefa é relacionada a um sistema educacional compatível com os conceitos da Web Semântica, bem como, facilidade de integração com outros sistemas educacionais e intercambio de dados, informações e conhecimento.

### 6.5.3 Raciocínio

Fazem parte desta seção, conforme o figura 1.1 o seguinte produto relacionado: Perfis de Aplicação. Para o escopo deste trabalho os referidos produtos incorporam as seguintes publicações:

**PRIMO, T.T** ; VICARI, R. M. . *A Recommender System that Allows Reasoning and Interoperability over Educational Content Metadata*. In: IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2011, Athens. Proceedings of the 2011 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2011. v. 1. p. 598-599.

**PRIMO, T.T** ; VICARI, R. M. . *A recommender system infrastructure to allow educational metadata reasoning*. In: International Conference on Information Technology in Asia, 2011, Sarawak. 7th International Conference on Information Technology in Asia (CITA 11), 2011. v. 1. p. 1-6.

Considerando a figura 6.1, as observações relacionadas a: Propor Alternativa de Raciocínio foi realizada. A Interface para usuários, foi demarcada como parcialmente realizada pois é possível com o auxílio da ferramenta Protégé descrever axiomas e realizar inferências com base no processo de engenharia de conhecimento proposto e nas ontologias descritas.

Como desafio futuro menciona-se a realização de experimentos em ambientes repletos de indivíduos, relacionamentos e axiomas de inferência. Tais experimentos visam mensurar a escalabilidade do presente modelo de raciocínio em ambientes repletos de usuários. Ressalta-se que para este caso, não se descarta uma abordagem que pré-execute o raciocínio em momentos de pouco uso, sendo os resultados armazenados de maneira a possibilitar o rápido acesso e consulta.

Outro desafio é relacionado a Usar a web para novas inferências de OAs e Usuários. Este desafio parte da premissa que tais sistemas educacionais baseados na Web Semântica são possíveis, e que realizar cruzamentos de informações entre diferentes aplicações educacionais, com o propósito de auxiliar no processo de recomendação, seria o desafio. Ressalta-se que tal ligação carece ainda cuidados relacionados a privacidade dos usuários.

#### 6.5.4 Acesso

Fazem parte desta seção, conforme o figura 1.1 os seguinte produto relacionado: Proposta de Armazenamento e Comunicação. Ainda não foi realizada nenhuma publicação relacionada diretamente a estas pesquisas relacionadas.

Considerando a figura 6.1, as observações relacionadas a: Proposta de comunicação apoiada a Web Semântica foi realizada. Ressalta-se que junto ao acesso, considera-se também o armazenamento.

Como desafios futuros, menciona-se converter os OAs automaticamente para a proposta de engenharia de conhecimento deste trabalho. Algumas atividades neste sentido já foram iniciadas, mas uma alternativa flexível ao ponto de trazer os atuais repositórios de conteúdos educacionais para um ambiente que considere cada OA como um conjunto de indivíduos ainda é um trabalho a ser realizado.

Uma vez convertidos estes OAs para um modelo baseado em indivíduos, Usar repositórios de triplas é o próximo caminho a ser pesquisado. Esta atividade estaria trazendo para o domínio da Web Semântica os atuais repositórios como DSpace, Fedora entre outros. Tal abordagem poderia originar um novo paradigma para a reutilização, divulgação e criação de OAs em domínios educacionais.

Uma vez armazenados em repositórios de triplas distribuídos, e as aplicações educacionais compatíveis com os conceitos da Web semântica, Fazer utilização conjunta com apoio de *Web Services*, seria a porta para que tais aplicações pudessem trocar informações entre sí trazendo interoperabilidade e flexibilidade aos desenvolvedores de tais sistemas.

Para que isto seja possível, Propor um vocabulário comum de comunicação através de serviços poderia ser o desafio futuro para que Agentes inteligentes possam navegar sobre esta rede de informações e deliberar a respeito do melhor conteúdo a ser recomendado, ou até mesmo qual pessoa poderia auxiliá-lo em alguma tarefa ou qual competência a ser desenvolvida para a realização de algum curso específico.

## 6.6 Considerações Finais

O presente trabalho integrou dentre as diversas áreas mencionadas três, que são consideradas como cruciais para a evolução das aplicações educacionais: Sistemas de Recomendação, Web Semântica e Objetos de Aprendizagem. Esta multidisciplinaridade derivou um objetivo educacional ambicioso, visando estruturar as bases de conhecimento, o processo de raciocínio, interoperabilidade e por fim a recomendação de OAs. Agregar estas áreas em uma proposta de solução, partiu da definição de práticas e métodos que até então não haviam sido integrados com propósito educacional.

O trabalho de DICHEVA (2008) apresenta que os sistemas educacionais baseados na *web* podem ser classificados em três gerações: A primeira geração contempla arquiteturas centralizadas e apresentam formato proprietário dos conteúdos educacionais; A segunda geração também é centralizada, emprega técnicas de IA, propõe conceituações para a apresentação dos conteúdos, adotam características de personalização apoiadas pela identificação dos perfis de usuários e mantém o formato proprietário quanto aos conteúdos; A terceira geração não é centralizada sendo baseada em arquiteturas orientadas a serviços, são baseadas em ontologias, contemplam reuso de informações e componentes educacionais e são coerentes aos princípios da Web Semântica.

Atualmente percebe-se que as aplicações educacionais transitam entre a primeira e segunda geração, fato que motivou o aparecimento de iniciativas (conferências, *workshops* e projetos de pesquisa) que estimulam a transição para a terceira geração. O presente

trabalho deu um passo em direção a isto.

Algo que ainda não é amplamente explorado, e que merece atenção e cuidados, é relacionado a conservação e/ou migração sem a perda de informações, entre as aplicações educacionais durante a transição entre gerações. Tamanho esforço por parte de equipes de desenvolvimento, teria como benefícios diretos, o histórico de uma pessoa desde o momento em que esta fez a utilização do primeiro software de gerencia de aprendizado. A riqueza de informações que podem ser obtidas contribui diretamente para a singularidade tecnológica.

Utilizar de arquiteturas apoiadas por serviços surge como alternativa para esta transição entre gerações, sua principal característica é exaltar e padronizar os formatos de requisição e comunicação entre as aplicações da *web*. Podem ser consideradas como a camada que possibilita a comunicação entre diferentes aplicações, estas com linguagens de programação que podem ser distintas.

Além da comunicação entre aplicações educacionais, compreender o que está ali armazenado é crucial. Prover estruturas computacionais que manipulem e possibilitem extrair conhecimento, de maneira autônoma, sobre as informações armazenadas se torna fundamental. A tendência parte para a utilização de Ontologias, o desafio que se faz presente está em prover um método para sua construção que contemple extensões, conexões entre as informações e compatibilidade conceitual entre diferentes domínios.

Apoiar-se sobre esta tendência, abre espaço para o desenvolvimento criativo de serviços apoiados ou não por técnicas de IA, que derivem novos conhecimentos, realizem inferências, recuperem conteúdos de diferentes servidores, agrupem-se de maneira flexível compondo novas aplicações educacionais, estimulem o relacionamento entre estudantes e professores distribuídos geograficamente e principalmente possibilite que seus usuários se tornem imersos em um ambiente de aprendizado permanente.

Muito trabalho ainda precisa ser realizado, principalmente porque que junto a isto existem questões relacionadas a privacidade de perfis de usuários, direitos autorais sobre conteúdos, políticas de segurança destas informações e, por que não, políticas públicas que estimulem tais princípios de conhecimento aberto, para então mensurar se seguir esta tendência será o diferencial do atual processo de ensino e aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

ADOMAVICIUS, G. et al. Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach. **ACM Trans. Inf. Syst.**, [S.l.], v.23, n.1, p.103–145, 2005.

ADOMAVICIUS, G.; KWON, Y. New Recommendation Techniques for Multicriteria Rating Systems. **IEEE Intelligent Systems**, [S.l.], v.22, n.3, p.48–55, 2007.

ADORNI, G.; BATTIGELLI, S. CADDIE and IWT: two different ontology-based approaches to anytime, anywhere and anybody learning. **Journal of e-Learning**, [S.l.], 2010.

AGARWAL, N. et al. Research Paper Recommender Systems: a subspace clustering approach. **Advances in Web-Age Information Management**, [S.l.], p.475–491, 2005.

ANDERSON, T.; WHITELOCK, D. **The Educational Semantic Web**: visioning and practicing the future of education. 2004.

BALABANOVI C, M.; SHOHAM, Y. Fab: content-based, collaborative recommendation. **Commun. ACM**, [S.l.], v.40, n.3, p.66–72, 1997.

BARGMEYER, B.; GILLMAN, D. **Metadata standards and metadata registries**: an overview. 2000.

BASU, C.; HIRSH, H.; COHEN, W. W. Recommendation as Classification: using social and content-based information in recommendation. In: AAAI/IAAI. **Anais...** AAAI Press / The MIT Press, 1998. p.714–720.

BELKIN, N. J.; CROFT, W. B. Information filtering and information retrieval: two sides of the same coin? **Commun. ACM**, New York, NY, USA, v.35, n.12, p.29–38, Dec. 1992.

BERNERS-LEE, T. **The Semantic Web Road Map**. 1998.

BILLSUS, D.; PAZZANI, M. J. Learning Collaborative Information Filters. In: ICML '98: PROCEEDINGS OF THE FIFTEENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING, San Francisco, CA, USA. **Anais...** Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1998. p.46–54.

BIZER, C.; HEATH, T.; Berners-Lee, T. Linked data - the story so far. **Int. J. Semantic Web Inf. Syst.**, [S.l.], v.5, n.3, p.1722, 2009.

BOBADILLA, J.; SERRADILLA, F.; HERNANDO, A. Collaborative filtering adapted to recommender systems of e-learning. **Know.-Based Syst.**, Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, v.22, n.4, p.261–265, May 2009.

BOGERS, T.; BOSCH, A. van den. Comparing and evaluating information retrieval algorithms for news recommendation. In: ACM CONFERENCE ON RECOMMENDER SYSTEMS, 2007., New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2007. p.141–144. (RecSys '07).

BORST, W. N. **Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse**. 1997.

BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model-building and response surfaces**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1987.

BRACHMAN, R.; LEVESQUE, H. **Knowledge Representation and Reasoning**. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2004.

BRASE, J.; PAINTER, M.; NEJDL, W. Completing LOM How Additional Axioms Increase the Utility of Learning Object Metadata. In: IEEE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, 2013., Los Alamitos, CA, USA. **Anais...** IEEE Computer Society, 2003. v.0, p.493.

BREESE, J. S.; HECKERMAN, D.; KADIE, C. Empirical analysis of predictive algorithms for collaborative filtering. In: FOURTEENTH CONFERENCE ON UNCERTAINTY IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE, San Francisco, CA, USA. **Proceedings...** Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1998. p.43–52. (UAI'98).

BREITMAN, K. **Web Semântica: a internet do futuro**. [S.l.]: LTC, 2005.

BRIDGE, D. et al. Case-based recommender systems. **The Knowledge Engineering Review**, [S.l.], v.20, n.03, p.315–320, May 2006.

BRUSILOVSKY, P.; SOSNOVSKY, S.; YUDELSON, M. **Ontology-based Framework for User Model Interoperability in Distributed Learning Environments**. 2005.

BURKE, R. Knowledge-Based Recommender Systems. **Encyclopedia of Library and Information Science**, [S.l.], v.69, n.32, 2000.

BURKE, R. Hybrid Recommender Systems: survey and experiments. In: USER MODELING AND USER-ADAPTED INTERACTION, Hingham, MA, USA. **Anais...** Kluwer Academic Publishers, 2002. v.12, n.4, p.331–370.

BURKE, R. Hybrid Recommender Systems: survey and experiments. **User Modeling And User-Adapted Interaction**, [S.l.], v.12, n.4, p.331–370, 2002.

BRUSILOVSKY, P.; KOBSA, A.; NEJDL, W. (Ed.). **The adaptive web**. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. 377–408p.

CACHEDA, F. et al. Comparison of Collaborative Filtering Algorithms: limitations of current techniques and proposals for scalable, high-performance recommender systems. **ACM Trans. Web**, [S.l.], v.5, n.1, p.1–33, Feb. 2011.

CARROLL, J. M.; ROSSON, M. B. **Paradox of the active user**. [S.l.: s.n.], 1987.

CHEN, C. et al. The thematic and citation landscape of Data and Knowledge Engineering. **Data & Knowledge Engineering**, [S.l.], v.67, n.2, p.234–259, 2008.



CHEN, W. Web services - what do they mean to Web-based education? **Computers & Education**, [S.l.], 2002.

CHEN, W.; MIZOGUCHI, R. Communication Content Ontology for Learner Model Agent in Multi-agent Architecture. **WORKSHOP ON ONTOLOGIES FOR INTELLIGENT EDUCATIONAL SYSTEMS**, [S.l.], 1999.

CLAYPOOL, M. et al. Combining Content-Based and Collaborative Filters in an Online Newspaper. **Miscellaneous**, [S.l.], 1999.

CONSORTIUM, I. G. L. **IMS AccessForAll Meta-data Overview**. 2004.

CURTIS, M. et al. Handheld use in K-12: a descriptive account. In: IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON WIRELESS AND MOBILE TECHNOLOGIES IN EDUCATION. **Anais...** IEEE Comput. Soc, 2002. p.23–30.

DAGGER, D. et al. Service-Oriented E-Learning Platforms: from monolithic systems to flexible services. **Internet Computing, IEEE**, [S.l.], v.11, n.3, p.28–35, 2007.

VERBERT, K. et al. **Dataset-driven research for improving recommender systems for learning**. New York, NY, USA: ACM, 2011. p.44–53. (LAK '11).

DEVEDZIC, V.; JOVANOVIC, J.; GASEVIC, D. The Pragmatics of Current E-Learning Standards. **Internet Computing, IEEE**, [S.l.], v.11, n.3, p.19–27, 2007.

DEY, A. K. Understanding and Using Context. **Personal and ubiquitous computing**, [S.l.], v.5, n.1, p.4–7, Feb. 2001.

DICHEVA, D. Ontologies and semantic web for e-learning. **Handbook on Information Technologies for Education and Training**, [S.l.], p.47–65, 2008.

DOWNES, S. Learning Objects: resources for distance education worldwide. **The International Review of Research in Open and Distance Learning**, [S.l.], v.2, n.1, p.Article 2.1.6, Jan. 2001.

DRACHSLER, H. et al. Effects of the ISIS Recommender System for navigation support in self-organised Learning Networks. **Proceedings of Special Track on Technology Support for Self-Organised Learners**, [S.l.], p.106–124, Sept. 2008.

DRACHSLER, H.; HUMMEL, H. Recommendations for learners are different: applying memory-based recommender system techniques to lifelong learning. **Proceedings of the EC-TEL Conference**, [S.l.], 2007.

DRACHSLER, H.; HUMMEL, H. G. K.; KOPER, R. Identifying the Goal , User model and Conditions of Recommender Systems for Formal and Informal Learning. **Journal of Digital Information**, [S.l.], v.10, n.2, p.4–24, 2009.

FELFERNIG, A.; BURKE, R. Constraint-based recommender systems: technologies and research issues. In: **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2008. p.1–10.

FERNANDEZ, M.; GOMEZ-PEREZ, A. Methontology: from ontological art towards ontological engineering. In: AAAI97 SPRING SYMPOSIUM SERIES ON ONTOLOGICAL ENGINEERING. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1997.

FLEDER, D. M.; HOSANAGAR, K. Recommender systems and their impact on sales diversity. In: ACM CONFERENCE ON ELECTRONIC COMMERCE, 8., New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2007. p.192–199. (EC '07).

FOSKET, D. J. Theory of clumps. **Readings in Information Retrieval**, [S.l.], 1997.

FRIESEN, N.; ROBERTS, A.; FISHER, S. CanCore: metadata for learning objects. **Canadian Journal of Learning and Technology / La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie**, [S.l.], v.28, n.3, Mar. 2008.

GALLIANO, A. G. **O Método Científico**. Harba.ed. São Paulo: [s.n.], 1979. (Teoria e Prática).

GANGEMI, A. et al. Sweetening Ontologies with DOLCE. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE ENGINEERING AND KNOWLEDGE MANAGEMENT. ONTOLOGIES AND THE SEMANTIC WEB, 13., London, UK, UK. **Proceedings...** Springer-Verlag, 2002. p.166–181. (EKAW '02).

GASCUENA, J. M.; FERNANDEZ-CABALLERO, A.; GONZALEZ, P. Domain Ontology for Personalized E-Learning in Educational Systems. In: SIXTH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES (ICALT'06). **Anais...** IEEE, 2006. p.456–458.

GLUZ, J. a. C.; VICARI, R. M. An OWL ontology for IEEE-LOM and OBAA metadata. In: INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS, 11., Berlin, Heidelberg. **Proceedings...** Springer-Verlag, 2012. p.691–693. (ITS'12).

GLUZ, J. C.; VICARI, R. M. Uma Ontologia OWL para Metadados IEEE-LOM, Dublin-Core e OBAA. In: SBIE - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2011. p.204–213.

GOLDBERG, D. et al. Using collaborative filtering to weave an information tapestry. **Commun. ACM**, [S.l.], v.35, n.12, p.61–70, 1992.

GRUBER, T. A translation approach to portable ontology specifications. **Knowledge acquisition**, [S.l.], v.5, n.April, p.199–199, 1993.

GUARINO, N. Ontological Foundations of Conceptual Modeling and Knowledge Representation. In: SIXTEENTH ITALIAN SYMPOSIUM ON ADVANCED DATABASE SYSTEMS (SEBD). **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. p.1.

GUARINO, N.; GIARETTA, P. Ontologies and knowledge bases. **Towards Very Large Knowledge Bases**, [S.l.], 1995.

GUARINO, N.; OBERLE, D.; STAAB, S. What is an Ontology? **Handbook on Ontologies**, [S.l.], p.1–17, 2009.

HERLOCKER, J. et al. An algorithmic framework for performing collaborative filtering. **SIGIR '99: Proceedings of the 22nd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval**, [S.l.], Aug. 1999.

HERLOCKER, J. L. et al. Evaluating collaborative filtering recommender systems. **ACM Trans. Inf. Syst.**, [S.l.], v.22, n.1, p.5–53, 2004.

HERLOCKER, J. L.; KONSTAN, J. A. Content-Independent Task-Focused Recommendation. **IEEE Internet Computing**, [S.l.], v.5, n.6, p.40–47, 2001.

HERLOCKER, J. L.; KONSTAN, J. A.; RIEDL, J. Explaining collaborative filtering recommendations. In: ACM CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK, 2000., New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2000. p.241–250. (CSCW '00).

HILL, W. et al. Recommending and evaluating choices in a virtual community of use. In: SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1995. p.194–201. (CHI '95).

HITZLER, P.; KRÖTZSCH, M.; RUDOLPH, S. **Foundations of Semantic Web Technologies**. [S.l.]: Chapman & Hall/CRC, 2009.

HODGINS, W.; DUVAL, E. Draft standard for learning technology-Learning Object Metadata-ISO/IEC 11404. **IEEE P1484. 12.2/D1**, [S.l.], 2002.

JACK, K. et al. Mendeley's Reply to the DataTEL Challenge. **Procedia Computer Science**, [S.l.], v.1, n.2, p.1–3, 2010.

JEONG, B.; LEE, J.; CHO, H. User credit-based collaborative filtering. **Expert Systems With Applications**, [S.l.], p.1–4, Oct. 2008.

KANTOR, P. et al. **Recommender systems handbook**. 2011.

KLAŠNJA-MILIĆEVIĆ, A. et al. E-Learning personalization based on hybrid recommendation strategy and learning style identification. **Computers & Education**, [S.l.], v.56, n.3, Apr. 2011.

KONSTAN, J. A.; RIEDL, J. An algorithmic framework for performing collaborative filtering. In: CONFERENCE ON RESEARCH AND DEVELOPMENT IN INFORMATION RETRIEVAL. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1999. p.230–237.

KRULWICH, B. Lifestyle finder: intelligent user profiling using large-scale demographic data. **AI Magazine**, [S.l.], 1997.

LANG, K. NewsWeeder: learning to filter netnews. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING (ICML95), 12. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1995. p.331–339.

LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web. **Scientific American**, [S.l.], 2001.

LICHTNOW, D. et al. O Uso de Técnicas de Recomendação em um Sistema para Apoio à Aprendizagem Colaborativa. **Revista Brasileira de informática na educação (RBIE)**, [S.l.], v.14, n.3, p.49–59, 2006.

LINDEN, G.; SMITH, B.; YORK, J. Amazon.com Recommendations: item-to-item collaborative filtering. **IEEE Internet Computing**, [S.l.], v.7, n.1, p.76–80, 2003.

LITTLESTONE, N.; WARMUTH, M. The Weighted Majority Algorithm. In: INFORMATION AND COMPUTATION. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1994. v.108, n.2, p.212 – 261.

LORENZI, F. Case-based recommender systems: a unifying view. **Intelligent Techniques for Web Personalization**, [S.l.], 2005.

MAHMOOD, T.; RICCI, F. Improving recommender systems with adaptive conversational strategies. In: ACM CONFERENCE ON HYPERTEXT AND HYPERMEDIA, 20., New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2009. p.73–82. (HT '09).

RICCI, F. et al. (Ed.). **Recommender Systems Handbook**. Boston, MA: Springer US, 2010.

MCNEE, S. M.; RIEDL, J.; KONSTAN, J. A. Being accurate is not enough: how accuracy metrics have hurt recommender systems. **CHI'06 extended abstracts on Human factors in computing systems**, [S.l.], p.1097–1101, 2006.

MELVILLE, P.; MOONEY, R. J.; NAGARAJAN, R. Content-boosted collaborative filtering for improved recommendations. In: EIGHTEENTH NATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, Menlo Park, CA, USA. **Anais...** American Association for Artificial Intelligence, 2002. p.187–192.

MIDDLETON, S. E.; SHADBOLT, N. R.; ROURE, D. C. D. Ontological User Profiling in Recommender Systems. **ACM Transactions on Information Systems (TOIS)**, [S.l.], v.22, n.1, p.54–88, 2004.

MONTANER, M. Collaborative Recommender Agents Based on Case-Based Reasoning and Trust. **Tese de Doutorado**, [S.l.], 2003.

MOONEY, R. J.; BENNETT, P. N.; ROY, L. Book Recommending using Text Categorization with Extracted Information. In: IN RECOMMENDER SYSTEMS. PAPERS FROM 1998 WORKSHOP. **Anais...** AAAI Press, 1998. p.49–54.

MOVIELENS. MovieLens. **Web Site**, [S.l.], 2004. Disponível em: <http://movielens.umn.edu> Acessado em: Novembro 2004.

NICOLAO, M. et al. FEDERAÇÃO DE REPOSITÓRIOS EDUCA BRASIL - FEB. In: LATIN-AMERICAN CONFERENCE ON LEARNING OBJECTS, São Paulo. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2009.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. Ontology Development 101: a guide to creating your first ontology. **Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report**, [S.l.], p.1–25, June 2002.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. Ontology Development 101: a guide to creating your first ontology. **Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report**, [S.l.], p.1–25, June 2002.

O'CONNOR, M. et al. PolyLens: a recommender system for groups of users. In: EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK, Norwell, MA, USA. **Proceedings...** Kluwer Academic Publishers, 2001. p.199–218. (ECSCW'01).

OGATA, H.; HUI, G. Design and Case Studies on Mobile and Wireless Technologies in Education. **Handbook on Information Technologies for Education and Training**, [S.l.], p.67–77, 2008.

PAGE, L. et al. **The PageRank Citation Ranking**: bringing order to the web. [S.l.]: Stanford Digital Library Technologies Project, 1998.

PAZZANI, M. J. A Framework for Collaborative, Content-Based and Demographic Filtering. **Artificial Intelligence Review**, [S.l.], v.13, n.5-6, p.393–408, 1999.

PAZZANI, M.; MURAMATSU, J.; BILLSUS, D. Syskill &#38; webert: identifying interesting web sites. In: ARTIFICIAL INTELLIGENCE - VOLUME 1. **Proceedings...** AAAI Press, 1996. p.54–61. (AAAI'96).

PRAKASH, L. S.; KUTTI, N. S.; SAJEEV, A. Review of challenges in content extraction in web based personalized learning content management systems. In: WAS '10: PROCEEDINGS OF THE 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION INTEGRATION AND WEB-BASED APPLICATIONS & SERVICES. **Anais...** ACM Request Permissions, 2010.

PRIMO, T.; LOH, S. Técnicas de Recomendação para Usuários de Bibliotecas Digitais. In: SBSI. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2006.

PRIMO, T. T. et al. Towards Ontological Profiles in Communities of Practice. **IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine**, [S.l.], 2012.

PU, P.; CHEN, L.; HU, R. Evaluating recommender systems from the user's perspective: survey of the state of the art. **User Modeling And User-Adapted Interaction**, [S.l.], v.22, n.4-5, p.317–355, Mar. 2012.

RACK, C.; ARBANOWSKI, S.; STEGLICH, S. A Generic Multipurpose recommender System for Contextual Recommendations. In: AUTONOMOUS DECENTRALIZED SYSTEMS, 2007. ISADS '07. EIGHTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2007. p.445–450.

RECKER, M. A non-authoritative educational metadata ontology for filtering and recommending learning objects. **Interactive learning environments**, [S.l.], 2001.

RECKER, M.; WALKER, A. What do you recommend? Implementation and analyses of collaborative information filtering of web resources for education. **Instructional Science**, [S.l.], 2003.

RESNICK, P. et al. GroupLens: an open architecture for collaborative filtering of netnews. In: ACM CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK, 1994. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1994. p.175–186.

RESNICK, P.; VARIAN, H. R. Recommender systems. **Commun. ACM**, [S.l.], v.40, n.3, p.56–58, 1997.

RIBEIRO, A. et al. Towards Ontological Profiles in Communities of Practice. **SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, [S.l.], v.1, p.10, Apr. 2011.

RIBEIRO, A. et al. A Reference Profile Ontology for Communities of Practice. **International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies**, [S.l.], 2012.

SALTON, G. **Automatic Text Processing**: the transformation, analysis, and retrieval of information by computer. [S.l.: s.n.], 1989.

SANTOS, O. C.; BOTICARIO, J. G. Modeling recommendations for the educational domain. **Procedia Computer Science**, [S.l.], v.1, n.2, p.2793–2800, 2010.

SANTOS, O. C.; BOTICARIO, J. G. Requirements for Semantic Educational Recommender Systems in Formal E-Learning Scenarios. **Algorithms**, [S.l.], v.4, n.2, p.131–154, June 2011.

SARWAR, B. et al. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms. In: **WORLD WIDE WEB**, 10. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2001. p.285–295.

SARWAR, B. M. et al. Using filtering agents to improve prediction quality in the GroupLens research collaborative filtering system. In: **ACM CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK**, 1998., New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 1998. p.345–354. (CSCW '98).

SCHAFFER, J. B.; KONSTAN, J.; RIEDL, J. Recommender systems in e-commerce. In: **ACM CONFERENCE ON ELECTRONIC COMMERCE**, 1., New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 1999. p.158–166. (EC '99).

SCHEIN, A. I. et al. Methods and metrics for cold-start recommendations. In: **ACM SIGIR CONFERENCE ON RESEARCH AND DEVELOPMENT IN INFORMATION RETRIEVAL**, 25., New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM, 2002. p.253–260. (SIGIR '02).

SCHMIDT, A. Bridging the gap between knowledge management and e-learning with context-aware corporate learning. **Professional Knowledge Management**, [S.l.], 2005.

SCHMIDT, A. Ontology-Based User Context Management: the challenges of imperfection and Time-Dependence. In: MEERSMAN, R.; TARI, Z. (Ed.). **On the Move to Meaningful Internet Systems 2006**: coopis, doa, gada, and odbase. [S.l.]: Springer Berlin / Heidelberg, 2006. p.995–1011. (Lecture Notes in Computer Science, v.4275).

SCHMIDT, A.; BEIGL, M.; GELLERSEN, H.-W. There is more to context than location. **Computers & Graphics**, [S.l.], v.23, n.6, p.893–901, 1999.

SCHWARZ, G. et al. Perfil de metadados OBAA utilizado no ensino de profissionais de saúde. **RENTE**, [S.l.], v.10, n.3, May 2013.

SHADBOLT, N.; BERNERS-LEE, T.; HALL, W. The Semantic Web Revisited. **IEEE Intelligent Systems**, [S.l.], v.21, n.3, p.96–101, May 2006.

SHANI, G.; GUNAWARDANA, A. **Evaluating Recommender Systems**. [S.l.: s.n.], 2009.

SHARDANAND, U.; MAES, P. Social information filtering: algorithms for automating word of mouth. In: **SIGCHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS**, New York, NY, USA. **Proceedings...** ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1995. p.210–217. (CHI '95).

SICILIA, M.-Á. et al. Exploring user-based recommender results in large learning object repositories: the case of merlot. **Procedia Computer Science**, [S.l.], v.1, n.2, p.2859–2864, 2010.

- SILVA, J. M. C. da; VICARI, R. M. Evaluating a Brazilian Metadata to Learning Objects to Web, Mobile and Digital Television Platforms. **IEEE Communications Surveys and Tutorials**, [S.l.], Feb. 2011.
- SIMIONI, A. et al. **Mecanismos para criação de conteúdo interoperável entre Web, TV Digital e Móveis**. [S.l.: s.n.], 2009.
- SMYTH, B.; COTTER, P. Personalized Electronic Program Guides for Digital TV. **AI Magazine**, [S.l.], v.22, n.2, p.89–98, 2001.
- SOSTERIC, M.; HESEMEIER, S. When is a Learning Object not an Object: a first step towards a theory of learning objects. **The International Review of Research in Open and Distance Learning**, [S.l.], v.3, n.2, p.Article 3.2.8, Jan. 2002.
- STEWART, T. A. **Intellectual capital: the new wealth of organizations**. New York, NY, USA: [s.n.], 1997.
- STUDER, R.; BENJAMINS, V. R.; FENSEL, D. Knowledge engineering: principles and methods. **Data { & } Knowledge Engineering**, [S.l.], v.25, n.1-2, p.161–197, 1998.
- SUN, S.-T.; HAWKEY, K.; BEZNOSOV, K. Towards Enabling Web 2.0 Content Sharing beyond Walled Gardens. In: COMPUTATIONAL SCIENCE AND ENGINEERING, 2009. CSE '09. INTERNATIONAL CONFERENCE ON. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2009. p.979–984.
- SUN, S.-T.; HAWKEY, K.; BEZNOSOV, K. Secure Web 2.0 Content Sharing Beyond Walled Gardens. In: COMPUTER SECURITY APPLICATIONS CONFERENCE, 2009. ACSAC '09. ANNUAL. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2009. p.409–418.
- TERVEEN, L.; HILL, W. Beyond Recommender Systems: helping people help each other. In: HCI IN THE NEW MILLENNIUM. **Anais...** Addison-Wesley, 2001. p.487–509.
- TORRES, R. Combining Collaborative and Content-based Filtering to Recommend Research Papers. **Dissertação de Mestrado**, [S.l.], 2004.
- TRAN, T.; COHEN, R. Hybrid Recommender Systems for Electronic Commerce. **AAAI Press**, [S.l.], p.78–83, 2000.
- VICARI, R. et al. Brazilian Proposal for Agent-Based Learning Objects Metadata Standard-OBAA. **Metadata and Semantic Research**, [S.l.], v.108, p.300–311, 2010.
- VICARI, R. et al. **FEB**. Disponível em: <http://feb.ufrgs.br/>, Acessado em Abril de 2012.
- VRANDECIC, D. et al. The DILIGENT Knowledge Processes. **Journal of Knowledge Management**, [S.l.], v.9, n.5, p.85–96, Oct. 2005.
- VUORIKARI, R. **dataTEL challenge**: european schoolnet's travel well dataset. [S.l.]: 1st Workshop on Recommender Systems for Technology Enhanced Learning, 2010.
- WALKER, A. et al. Collaborative Information Filtering: a review and an educational application. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, [S.l.], v.14, n.1, p.3–28, Jan. 2004.

YU, K. et al. Removing redundancy and inconsistency in memory-based collaborative filtering. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND KNOWLEDGE MANAGEMENT, New York, NY, USA. **Anais...** ACM, 2002. p.52–59. (CIKM '02).

ZAIER, Z.; GODIN, R.; FAUCHER, L. Evaluating Recommender Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATED SOLUTIONS FOR CROSS MEDIA CONTENT AND MULTI-CHANNEL DISTRIBUTION (AXMEDIS), 2008. **Anais...** IEEE, 2008. p.211–217.